

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

С. С. Аяжанов, Ш. Е. Омарова,
Қ. С. Аяжанов

АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ НЕГІЗДЕРІ

Оқулық

Алматы, 2012

УДК 004 (075.8)
ББК 32.81
А 99

*Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің «Оқулық»
республикалық ғылыми-практикалық орталығы ұсынған*

Пікір жазғандар:

экономика ғылымдарының докторы, профессор **С. Байзақов**;
педагогика ғылымдарының докторы, профессор **Г. О. Тәжіғұлова**;
техника ғылымдарының кандидаты, доцент **Г. Т. Дәненова**.

Аяжанов С. С. және т.б.

А 99 **Ақпараттық жүйелердің негіздері: Оқулық. / С.С. Аяжанов,
Ш.Е. Омарова, Қ.С. Аяжанов** – Алматы: ЖШС РПБК «Дәуір»,
2012. – 400 бет.

ISBN 978-601-217-336-9

Оқулықта қазіргі ақпараттық жүйелердің сипатты ерекшеліктері, жүйелік талдау мен ақпараттық жүйелерді синтездеудің негіздері, макро және микро деңгейлерде есептердің қойылуы мен алгоритмдеу әдіснамасы, математикалық дабыл модельдері, байланыстардың үзіліссіз және дискретті арналарының моделі, дабыл мен арнаның ақпараттық сипаттамалары, кодтау теориясының жалпы түсініктері, ақпаратты қысу әдістері қарастырылған.

Оқулық оқыту жүйесінің кредиттік технологиясына негізделіп жазылып, әрбір тақырыптың мақсатынан, дәріс жоспарынан, негізгі түсініктерден, тақырыптың мазмұнынан, түйіндемеден, білім деңгейін бағалауға арналған бақылау сұрақтарынан, тақырып бойынша тест тапсырмаларынан тұрады.

Оқулық жоғары оқу орындарының ақпараттық жүйелер мамандығының студенттері мен оқытушыларына, сонымен қатар ақпараттық технологияға қызығушылық танытқан көпшілік қауымға арналған.

УДК 004 (075.8)
ББК 32.81

ISBN 978-601-217-336-9

© Аяжанов С. С., Омарова Ш. Е.,
Аяжанов Қ. С., 2012

© Қазақстан Республикасы Жоғары оқу
орындарының қауымдастығы, 2012

1-ТАҚЫРЫП. КІРІСПЕ

Дәрістің мәнмәтіні

Мақсаты: Ақпараттық жүйелердің негізгі қасиеттерін қарастыру.

Дәріс жоспары

1. «Ақпараттық жүйелердің негіздері» курсының мақсаттары мен есептері

2. Қазіргі ақпараттық жүйелердің сипатты ерекшеліктері

Негізгі түсініктер: өндірісті автоматтандыру, жүйе, жиын, атқарымдық ықпалдасу, гетерогендік, ашық жүйелер

Тақырыптың мазмұны: Есептеу техникаларын кеңінен қолданбай және әртүрлі бағытта ақпараттық жүйелерді құрусыз қазіргі кезеңдегі адам қызметінің әртүрлі аяларының дамуы мүмкін емес. Осындай жүйелерде ақпараттарды өңдеу дербес ғылыми-техникалық бағытқа айналды.

Ғылыми-техникалық революция (ҒТР) – ғылымды қоғамдық өндірісті дамытудың жетекші факторына айналдыру негізінде өндіргіш күштерді түбегейлі, сапалық қайта құру. Бастауы ХХ ғасырдың ортасына келетін ҒТР барысында қарқынды дами отырып, ғылымның тікелей өндірістік күшке айналу үдерісі аяқталады. Ғылыми-техникалық революция қоғамдық өндірістің бет-бейнесін, еңбек жағдайын, сипаты мен мазмұнын, өндіргіш күштердің құрылымын, қоғамдық еңбек бөлінісін өзгертеді, өндіргіш күштердің шапшаң өсуіне мүмкіндік береді, адамдардың мәдениетін, тұрмысын, психологиясын, қоғамның табиғатпен өзарақатынасын қоса алғанда, қоғамдық өмірдің барлық жақтарына ықпал етеді, ғылыми-техникалық ілгерілеуді (ҒТІ) күрт жеделдетуге әкеледі.

ҒТІ-нің бастауы техникадағы революциямен байланысты. Жобаланатын жүйелердің күрделенуі мемлекетті ірі ұлттық ғылыми-техникалық жобалар шеңберлерінде ғылым мен техниканың келісімді өзара іс-қимылын ұйымдастыруға «итермеледі». Ғылымға қаржы бөлу мен зерттеу мекемелері санының күрт өсуі басталды. Ғылыми қызмет жаппай кәсіпке айналды. 50-ші жылдардың екінші жартысында елдердің көпшілігінде ғылыми қызметті жоспар-

лау мен басқарудың жалпы мемлекеттік органдары құрыла бастады. Ғылыми және техникалық әзірлемелер арасындағы тікелей байланыстар күшейді, өндірісте ғылым жетістіктерін пайдалану жеделдетілді. 50-ші жылдары ғылыми зерттеулерде, өндірісте, содан кейін басқаруда, FTI символына айналған, электрондық есептеу машиналары (ЭЕМ) жасалып, кеңінен қолданыла бастады. Олардың пайда болуы өндіріс үдерісіндегі адамның жағдайы мен рөлін өзгертетін, өндіріс пен басқаруды кешенді автоматтандыруға бірте-бірте көшудің басталуымен байланысты.

FTI-нің бірнеше басты ғылыми-техникалық бағыттарын бөліп көрсетуге болады:

- өндірісті, өндірісті бақылау мен басқаруды кешенді автоматтандыру;

- энергияның жаңа түрлерін ашу және пайдалану; жаңа конструкциялық материалдар жасау және қолдану.

Өндірісті автоматтандыру – бұл бұрын адам орындаған басқару мен бақылау функцияларын аспаптарға және автоматты құрылғыларға беретін машиналық өндірісті дамытудағы үдеріс.

Өндірісті автоматтандырудың мақсаты өндірістің бүкіл қорларын оңтайлы пайдалану үшін еңбек өнімділігін арттыру, шығарылатын өнімдердің сапасын жақсарту, жағдай жасау болып табылады.

Аса күрделі (үлкен) жүйелердің пайда болуы қоғамды дамытудың сипатты үдерістерінің бірі болып саналады. Бұның негізгі себептері мыналар: халық шаруашылығында қолданылатын техникалық құралдардың үздіксіз ұлғая түсіп отырған күрделілігі; техникалық және сол сияқты ұйымдық жүйелердің (кәсіпорындар, сала, мемлекет және т.б.) басқару сапасын арттыруға деген қажеттілігі; кәсіпорындардың мамандануы мен бірігуінің кеңейе түсуі – халық шаруашылығын дамытудың негізгі үдерістері.

Жай жүйелерді жобалаудың дәстүрлі тәжірибесінен өзгешелігі - ірі автоматтандырылған, технологиялық, энергетикалық, аэроғарыштық, ақпараттық және өзге күрделі кешендерді әзірлеу кезінде, элементтердің атқарымдық функционалдану қасиеттері мен заңдарын қарастырумен байланысты – аздау, ал ең жақсы құрылымдарды таңдаумен, элементтердің өзара әрекетін оңтайлы ұйымдастырумен, олардың атқарылымының оңтайлы режимдерін анықтаумен, сыртқы ортаның әсерін ескерумен және т.б. байланысты - көбірек проблемалар туындайды. Жүйелердің күрделене

түсуімен байланысты осы кешенді жалпыжүйелік мәселелерге барған сайын маңыздырақ орын беріледі.

ҒТІ қарқыны халық шаруашылығының барлық аялары мен салаларында жобалау, жоспарлау мен басқару үдерістерінің күрделенуін туғызады. Салалардың дамуы мен олардың бір-біріне өзара ықпалының күшеюі, кәсіпорынның, бірлестіктің, саланың және т.б. жобалау, өндіру және пайдалану, жоспарлау мен басқару кезінде шешімдер қабылдау жағдайларында қарастырылатын мүмкін нұсқалар санын арттыруға әкеледі. Осы нұсқаларды талдай отырып, әртүрлі білім салаларындағы мамандарды тарту, олардың арасындағы өзара іс-қимыл мен өзара түсіністікті ұйымдастыру қажет.

Осылардың барлығы, үлкен жүйелерді талдауға жаңа, жүйелік көзқарастың пайда болуына әкелді. Олар көбінесе толық сипаттауға көне бермейді және олардың әрбірі сондай-ақ жекелеген атқарымдық ішкі жүйелер арасында көпқырлы байланыстарға ие болатын олардың әрбірі, сондай-ақ үлкен жүйе болып көрінуі мүмкін. Арнайы теория – жалпы (абстрактылы) жүйелер теориясы – жүйелік көзқарастың негізі болып қаланған.

«Жүйе» ұғымын пайдалануға деген қажеттілік өте ертедегі уақыттан әртүрлі физикалық табиғат объектілері үшін пайда болды: сол кездің өзінде-ақ Аристотель, тұтастық (яғни, жүйе – авт.) – оны құраушы бөліктердің қосындысы ғана еместігіне назар аударды.

Нақтылай айтқанда, «жүйе» термині және онымен байланысты кешенді, жүйелік көзқарасты философтар, биологтар, психологтар, кибернетиктер, физиктер, математиктер, экономистер әртүрлі мамандықтардағы инженерлер зерттейді және солар ой елегінен өткізеді. Осы терминді пайдалануға деген қажеттілік математикалық өрнекпен әлденені көрсету, бейнелеу, көзге елестету мүмкін болмаған жағдайларда туындайды және бұл үлкен, күрделі, бірден толық түсінікті (анық емес) емес және тұтас, бірыңғай болады. Мысалы – «күн жүйесі», «станокты басқару жүйесі», кәсіпорынды (қаланы, өңірді және т.б.) ұйымдық басқару жүйесі, «экономикалық жүйе», «қан айналысы жүйесі» және т.б.

Математикада жүйе термині математикалық өрнектер немесе ережелер жиынтығы – «теңдеулер жүйесін», «санау жүйесін», «өлшемдер жүйесін» және т.б. бейнелеу үшін пайдаланылады. Осы жағдайларда «жиын» немесе «жиынтық» терминдерін пайдалануға

болатын сияқты болып көрінеді. Бірақ жүйелер ұғымы реттілік, тұтастық, белгілі бір заңдылықтардың болуын атап көрсетеді.

Жүйелік түсініктерге деген қызығушылық, ыңғайлы жинақтаушы ұғым ғана емес, сонымен бірге үлкен анықталмағандық пен есептердің қойылым құралы ретінде де көрінеді.

Өндірістік үдерістердің күрделіленуі мен ғылымның дамуына қарай, дәстүрлі математикалық әдістердің көмегімен шешілмеген және есептердің қойылым үдерісінің өзі барған сайын көбірек орын ала бастаған есептер пайда болды, эвристикалық әдістердің рөлі өсті, формалды математикалық модельдердің бара-барлығын дәлелдейтін эксперимент күрделіленді.

Осындай есептерді шешу үшін математиканың жаңа бөлімдері әзірлене бастады; практикалық есептерге жуықтатылған математикалық әдістер дербес қолданбалы математика ретінде қалыптасты; есептердің қойылымын осы шешу кезеңіне тең деп танытын шешімдер қабылдау ұғымы содан кейін оның бағыты пайда болды.

Бірақ есептерді қою құралдары жаңа бағытты қамтымады, өйткені дамудың көпғасырлық тарихы С. Лемнің бейнелеп айтуы бойынша «математиктер, мәнді қолдануды өз ойларының қарастыру шегінен шығарып тастады», яғни есептердің қойылу құралдарын әзірлеуді математиканың функциялары емес деп санады.

Есептердің қойылу үдерістерін, күрделі жобаларды әзірлеу үдерісін зерттеу адамның негізгі рөліне назар аударуға мүмкіндік берді: адам тұтасты қабылдаушы, проблемаларды бөліктеу, жұмыстарды бөлу кезінде тұтастықты сақтаушы, шешімдер қабылдау өлшемдері, құндылықтары жүйесінің иесі болып саналады. Жобалау үдерісін ұйымдастыру үшін жобалауды ұйымдастыру жүйелері, әзірлемелерді басқару жүйелері және т.б. құрыла бастады.

«Жүйе» ұғымы білімнің әртүрлі салаларында кеңінен пайдаланыла бастады және ғылыми білімнің белгілі бір даму сатыларында жүйелер теориясы дербес ғылым болып қалыптасты.

Оқулықта берілген ақпарат ақпараттық жүйелерді (АЖ) жобалау және әзірлеу саласындағы мамандар – жүйелік талдаушылар, жүйелік жобалаушылар мен интеграторлар, қолданбалы бағдарламалаушылар даярлау бағдарламаларының құрамына кіретін, «Ақпараттық жүйелердің негіздері» пәні бойынша оқитын студенттерге арналған. Өнеркәсіптік кәсіпорындардың,

сауда фирмаларының, қаржы топтары мен холдингтердің, коммерциялық банктер мен ел экономикасының негізін құрайтын өзге де ұйымдардың корпоративтік АЖ жобалау объектілері болып ұйғарылады. Оған сондай-ақ кеден және салық қызметтері, құқық қорғау органдары және т.б. сол сияқты мемлекеттік құрылымдардың ақпараттық жүйелері жатады.

Мәлім болғандай, осы жүйелерге, олардың атқарымдық жауапкершілігімен, нарықтық экономикадағы бизнестің үздіксіз өзгермелі жағдайларына бейімделу қажеттілігімен, мемлекеттік органдар мен бизнес-серіктестердің шектес ақпараттық жүйелерімен ақпараттық өзара іс-қимыл жасаумен байланысты аса жоғары талаптар қойылады.

Ықпалдастыруға (интеграция) деген үдерісті қазіргі АЖ дамытудың неғұрлым маңызды ерекшеліктерінің бірі деп санау қажет. Сөз, атқарымдық ықпалдасу, біртекті емес ақпараттық қорларды ықпалдастыру, ақпараттық жүйелерді пайдаланушылар үшін ақпараттар берудің әртүрлі тәсілдерін ықпалдастыру, ақпараттық және/немесе есептеу жүйелерін телекоммуникациялық жүйелермен ықпалдастыру туралы болып отыр.

Қазіргі уақытта бұл үдеріс, сөзбе-сөз мағынасында АЖ архитектуралары мен құрылымдарының барлық құрамдас бөліктерінен көрінуде.

Атқарымдық ықпалдасу бір-біріне қатыссыз («автоматтау аралдары» сияқты, мысалы, 70-ші және 80-ші жылдардағы өндірістік кәсіпорындарда) бұрын автономды жұмыс істеген жүйелерді, барлық атқарымдарға, бөлімше мен объекті, кәсіпорын немесе мекеме қызметтеріне қызмет көрсететін, бірыңғай ықпалдасқан АЖ-ге біріктірумен байланысты болып отыр. Осындай көзқарас, ішкі жүйелердің өзара іс-қимылын және тұтастай алғанда АЖ құруды жүзеге асыратын қолданбалы бағдарламалар кешендерінің архитектурасы мен құрылымына жаңа көзқарасты айқындап берді. Кәсіпорын немесе ұйымдар қызметінің жаңа сапасын (мысалы, нарық талаптарына тез әрекет ету және өндірісті тиісінше қайта құру тұрғысында) қамтамасыз ете отырып, атқарымдық ықпалдасу АЖ күрделіленуін күрт арттыруға әкеледі. АЖ-ның күрделіленуінің арта түсуі, өз негізінде, қолданбалы бағдарламалар мен мәліметтер қорларын жобалау, әзірлеу әдістері мен құралдарына қосымша талаптар қояды.

Қазіргі АЖ-нің екінші маңызды ерекшелігі – бөлінген мәліметтерді өңдеу, атқарымдық ықпалдасумен байланысты.

Бірыңғай АЖ-ге ықпалдасатын функциялар мен ішкі жүйелер, бір-бірінен аумақтық алыс тұруы мүмкін кәсіпорын бөлімшелерінде орналасқан, **гетерогендік** (грекше. heterogenes – әртекті) бағдарламалық-ақпараттық платформаларда жүзеге асырылуы мүмкін. Компьютерлердің сыныптары мен типтеріндегі, операциялық жүйелердегі, мәліметтер қорларын басқару жүйелеріндегі (МҚБЖ) және өзге де жүйелік бағдарламалардағы айырмашылық, я осы платформалардың шешілетін есептер сыныптарының талаптарына сәйкес келу керектігінен, я осыған дейін пайдаланылған техникалық және бағдарламалық құралдарды пайдалану қажеттілігінен болады. Осындай гетерогендік платформалардың сипатты мысалы – бұл кәсіпорынның жергілікті немесе корпоративтік желісі арқылы байланысатын пайдаланушылардың автоматтандырылған жұмыс орындарынан (дербес компьютерлерден немесе жұмыс стансаларынан) және серверлердің (қосымшалар серверлері, мәліметтер қорлары серверлері, файлдық серверлер және т.б.) жиынтықтарынан тұратын, «клиент-сервер» архитектурасымен бөліктелген ақпараттар өңдеу кешендері.

Осындай бөліктеліп ықпалдасқан АЖ-ні жобалай отырып, жүйелік ықпалдастырушы (интегратор), әртүрлі операциялық жүйелер қолдайтын қосымшалардың өзара әрекетін қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін шешімді табуы тиіс. Бұл ретте, бөліктелген өңдеу ортасы қызметімен желілік бағдарламалық қамтамасыз етуді жүзеге асыратын, аралық қабаттың (қосымшалар мен операциялық жүйелер арасындағы) бағдарламалық қамтамасыз етуі пайдаланылуы тиіс. Осындай гетерогендік ортада бірлесіп жұмыс жасауға арналған қолданбалы бағдарламалар, қызметтер интерфейстеріне және осы ортаның қызметтеріне сәйкес келетін бағдарламалық интерфейстерге ие болуы тиіс.

Ақпараттық қорлардың ықпалдасуы қазіргі АЖ-ні құруда маңызды рөл атқарады. Мәліметтер қорлары, білім қорлары, қайталап пайдаланатын бағдарламалар қорлары ақпараттық қорлар болып түсіндіріледі. Осы қорларды құруға жұмсалатын шығындар аса елеулі, ал осыған дейін қолда бар қорлардың көлемі мен құндылығы аса зор және тез өсіп отырады. Сондықтан қазіргі АЖ-ні құру кезінде екі есепті шешуге тура келеді:

- жаңаны әзірлеу немесе осыған дейін қолданыстағы АЖ-ні дамыту кезінде, қолда бар ақпараттық қорларды пайдалануды қалай қамтамасыз ету керек;

- әртүрлі мақсаттағы бірнеше АЖ-нің жалпы (бөлінетін) ақпараттық қорларды бірлесіп пайдалануын қалай қамтамасыз ету керек.

Бұл ретте құрылатын АЖ-де пайдалануға жататын ақпараттық қорлардың мәліметтерді берудің, білімді берудің, бағдарламалау тілдерінің әртүрлі модельдерінің көмегімен жүзеге асырылуы және әртүрлі операциялық жүйелерде жұмыс жасауы мүмкін екенін ескеру қажет.

Демек АЖ құру үшін қолданылатын инструментальдық құралдар, сондай-ақ қосымша жұмыс істейтін, құрылатын АЖ ортасына, ақпараттық қорлардың бірыңғайланған көрсетілімі мен оған жүгіну тәсілдерін қамтамасыз ететін компоненттер кіруі тиіс.

Қазіргі АЖ-де сипаты ақпараттар беру тәсілдерімен анықталатын, ақпараттық технологиялардың (АТ) бірнеше түрлерінің ұштасуы талап етіледі:

- есептеу есептерін және/немесе басқару есептерін шешу;
- мәліметтерді өңдеу;
- мәтіндерді өңдеу;
- машиналық кескіндемелер;
- бейнелерді өңдеу (статикалық немесе бейнекескіндер);
- сөйлесу хабарларын өңдеу.

Осы технологиялар үшін тиісті мәліметтер қорларын қолдайтын АЖ (мысалы, МҚБЖ) орталарының жүйелік бағдарламаның қамтамасыз етілуі мен мәліметтердің тиісті типтерін өңдейтін қолданбалы бағдарламаларды талап етеді. Ақпараттарды берудің осы тәсілдерін пайдаланатын интерфейс құралдары қолдауы тиіс.

Соңғы жылдары **ықпалдасқан ақпараттық-телекоммуникациялық жүйелер** (ЫАТЖ) құру мен оны пайдалану үдерісі белсенді дамуда. Осындай жүйелерде АЖ функциялары мен мәліметтер беру жүйелері біріктіріледі және осы кезде, мысалы, байланыс арналары бойынша оларды сақтау, өңдеу және беру кезінде мәліметтерді қорғау бойынша жоғары талаптар қойылады. ЫАТЖ-нің осындай мысалдары мыналар: электронды банкаралық есеп айырысу жүйелері мен қаржы-несие аясының өзге де жүйелері, әуе тасымалдауын басқару жүйелері, құқық қорғау органдарына қызмет көрсететін жүйелер.

ЫАТЖ өзге сыныбы – бұл дәстүрлі байланыс қызметтері мен мәліметтер беру, жаппай пайдаланушыларға ақпараттық қызмет көрсету қызметтерімен толықтырылатын, жаһандық ақпараттық желілер. Ақпараттық қорлардың иелері оларды пайдаланушыларға тиісті серверлер беретін Интернеттің қарқынды дамуы, Web-технологиялар деп аталатын ақпараттық қорлар беру мен оған кіру технологияларын дамытуды ынталандырды.

ЫАЖТ-ге Web-технологияларды қолдану электронды бизнес (виртуалды биржалармен қоса көтерме және бөлшек сауда – Интернет-супермаркеттер; тұтынушылармен және жеткізушілермен өнеркәсіптік кәсіпорындардың өзара іс-қимылы – business-to-business), электронды кітапхана, қашықтықтан оқыту (виртуалдық университеттермен қоса) сияқты салаларды дамытуды қамтамасыз етеді.

ЫАТЖ, оларды құру әдістері мен құралдары, қосымшаларды жобалау және бағдарламалау құралдарын сүйемелдеу және дамыту ақпараттық қорларды беру құралдары мен оған қатынау, ақпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз ету құралдары көзқарасы тұрғысынан қазіргі заманауи АЖ-нің неғұрлым күрделі сыныбын білдіреді.

Қазіргі АЖ-нің ілгеріде айтылған ерекшеліктерін ескере отырып, АЖ-ні әзірлеушілер мен пайдаланушылар, АЖ-нің өсе түскен күрделілігі мен оларды жобалау және енгізудің мерзімдері мен жұмсалатын шығындарға қатаң шектеулер арасындағы объективті қарама қайшылықтармен бетпе-бет келетінін атап өту қажет.

Нарықтағы бәсекелетік күрес жағдайларындағы кәсіпорындар мен ұйымдардың қызметі үздіксіз өзгерістерге ұшырайды.

Бұл, қазіргі уақытта кәсіпорынның ажырағысыз бөлігін құрайтын және онымен бірге бизнес-реинжинрингке тартылатын, ақпараттық жүйелерде соған сәйкес өзгерістердің болуын талап етеді. Бұл жағдайда АЖ, өзгеріс, талап етілетін АЖ-ның атқарымдық бөліктеріне ғана қатысты болатындай және өзге атқарымдық бөліктерді қозғамайтындай, модульдік ретінде жобалануы тиіс екені ақиқатқа айналады. АЖ-нің бұл қасиеті кеңейішілік (extensibility) деп аталады. Сондай-ақ АЖ-нің сандық сипаттамалары – қызмет көрсетілетін пайдаланушылардың саны, шешілетін есептердің өлшемділігі өзгерістерге ұшырайды. Осыдан – АЖ-нің масштабтылығын (scalability) қамтамасыз ету қажеттілігі туындайды.

АЖ-нің өмірлік циклінің, жекелей алғанда қолданбалы бағдарламалық қамтамасыз етудің ұзақтығы, техникалық және

жүйелік бағдарламалық құралдардың моральдық және физикалық ескіру мерзімдерінен әлденеше рет асып кетеді. Сондықтан әртүрлі ақпараттық-бағдарламалық платформалар (portability) арасында қолданбалы бағдарламалық құралдардың тасымалдаушылығын қамтамасыз ету қажет. Қосымшалардың тасымалданушылығына қойылатын талап мәліметтерді бөліктеп өңдеу қолданылатын гетерогендік платформалардан туындайды.

АЖ-ның өзге жүйелермен деректер алмасу бойынша, сол сияқты оларды өңдеу үдерістерін басқару бойынша (мысалы, транзакцияларды орындау кезінде) өзара іс-қимылын қамтамасыз ету талабы АЖ-ні интероперабельділік (interoperability) қасиетімен ерекшелу қажеттілігін анықтайды.

Ең соңында, АЖ-мен жұмыс жасауға пайдаланушыларды даярлауға жұмсалатын шығындар мен уақытты қысқарту талабы тұрақты және достық пайдаланушылық интерфейсін (friendly user interface) қамтамасыз ету қажеттілігін анықтайды.

Ілгеріде айтылған қасиеттердің жиынтығы ашық АЖ-ні (ААЖ) сипаттайды. Жекелей алғандағы бұл қасиеттер қандай да бір шектерде АЖ-нің бұрынғы буындарында жүзеге асырылған болатын. Ашықтық қасиеттерін қамтамасыз ету тәсілдері ендігі уақытта өзара байланыста кешенді түрде қарастырылатындығы, ашық АЖ-ге деген қазіргі көзқарастың ерекшелігі болып саналады.

ААЖ идеологиясы мен стандарттары АЖ-нің өсе түсіп отырған күрделілігі мен оларды құруға жұмсалатын қаржы мен уақыт шектеулері арасындағы ілгеріде айтылған қарама қайшылықтарға берілетін жауап болып табылады.

Ашық жүйелердің артықшылығы тегін сыйға берілмейтіні түсінікті. Ол үшін жабық, монолиттік жүйелердің ең аз қорларымен салыстырғанда, жүйелік қорларды (өнімділікпен, жадылардың көлемімен) біршама артық төлеуге тура келеді.

Бірақ аппаратуралар мен жүйелік бағдарламалық қамтамасыз етуді дамытудағы қазіргі уақытқа дейін қол жеткізген ілгерілеушілік, қолайлы бағаға ашық АЖ-де қажетті мол қорларға ие болуға мүмкіндік береді. Қорлардың осындай молшылығы, егер ашық жүйелердің идеологиясы мен стандарттарын сақтамаса, оны өндіруге тура келетін, АЖ-ні жобалауға және бағдарламалауға жұмсалатын шығындарды үнемдей отырып, сондай-ақ ашық АЖ құруға салған инвестицияларды сақтау жолымен өзін-өзі ақтайды.

Ілгеріде айтылғандай, ашық жүйелер тұжырымдамасы бірден пайда бола салған жоқ. Ол бірте-бірте, АЖ пайдаланушыларының олардың қажеттіліктері мен мүмкіндіктерін, олардың техникалық және бағдарламалық құралдардың бір жеткізушісіне тәуелді болудан босағысы келетіндігін сезінулеріне қарай қалыптасты. Осы құралдардың әзірлеушілері мен жеткізушілері сондай-ақ, тіпті аса ірі фирмалардың өзі құралдардың барлық спектрінде іс-қимыл жасай алмайды және тұйық фирмалық идеологияның орнына өзге фирмалардың ең жақсы жетістіктерін оңтайлы пайдаланған тиімдірек деген қорытындыға келді.

Сондықтан ашық жүйелер тұжырымдамаларының тарихы ақпараттық технологияларды стандарттау үдерісімен тығыз байланысты.

Ашық жүйелер тарихын – ашық жүйелер стандарттарының тарихы деп анық айтуға болады.

60-шы жылдардың өзінде архитектурасы әртүрлі компьютерлер арасындағы қосымшаларды тасымалдаушылық туралы қамқаракет жоғары деңгейде бағдарламалау тілдерін жасауға және осы тәсілдерге стандарттар қабылдауға әкелді. Бағдарламалау тілдерінің бұрынғы нұсқалары, мысалы, КОБОЛ, ФОРТРАН және т.б. бір ақпараттық платформалардан екіншісіне ауысу кезінде (стандарттық шеңберлермен атқарымдық мүмкіндіктерді шектесе де) бағдарламалардың (және қолданбалы бағдарламалаушылардың) тасымалданушылық проблемаларын шешуге мүмкіндік берді. Бұл стандарттарды іс жүзінде платформалардың бүкіл пайдаланушылары жүзеге асырған болатын.

Стандарттау жөніндегі халықаралық және ұлттық ұйымдар бағдарламалау тілдеріне де-юре стандарттар қабылданған кезде, тілдер нақты өндірушіге тәуелсіз болды. Сондықтан ФОРТРАН-ды, мысалы, IBM фирмасының жасап шығарғанының, ендігі уақытта ешқандай маңызы болмады. Тілдің синтаксисі мен семантикасы нормаларын сақтай отырып, өндірушілердің компиляторларды жетілдіру есебінен бәсекелесе алуы, ал пайдаланушылардың – қандай да бір нақты машинаға қатал байланусыз қолданбалы бағдарламаларды жасай алуы, түбегейлі болды.

Тасымалдаушылықтың осындай деңгейіне жету ашық жүйелер мүмкіндіктерінің бірінші мысалы болды.

Бұйрықтардың бірыңғай жиынына ие және бір операциялық

жүйенің басқаруымен жұмыс істеуге қабілетті IBM/360 компьютерлер буынының жасалуы тасымалдау үшін бағдарламаны қайта компиляциялау талап етілмегенде, ал тиімділік аппаратураның барлық мүмкіндіктерін пайдалану қамтамасыз етілген кезде орындалатын код деңгейінде бағдарламалардың тасымалдануына жетудегі алға басқан қадам болды. Бірақ тасымалдаушылық, аталған архитектуралар шектерінде ғана қамтамасыз етілді және IBM/360 компьютерлерде құрылған АЖ-нің қасиеті болды.

VAX VMS операциялық жүйенің басқаруымен жұмыс жасайтын Digital Equipment фирмасының VAX компьютерлер үйірі қосымшаларды операциялық ортада виртуалдық мекенжайлық кеңістікпен тасымалдаушылық бағытындағы ашық жүйелер тұжырымдамаларын дамытудың келесі сатысы болды.

Бір мезгілде, алдымен IBM фирмасының SNA, Digital фирмасының DECnet ЭЕМ желілерінің фирмалық архитектуралары түрінде, содан соң, мысалы, ARPA желілерінің TCP/IP хаттамаларының жергілікті және жаһандық желілерінің стандарттық хаттамаларының, содан кейін Интернеттің желілік технологияларының қарқынды дамуы жүрді.

Стандарттау жөніндегі ұйымдардың желілік технологияларға назар аударуы ашық жүйелердің өзара байланыстарының (АЖӨ) эталондық модельдерін OSI/ISO құруға және интерфейстерде стандарттар мен осы модельдердің бүкіл жеті деңгейінің хаттамаларын әзірлеуге әкелді.

Unix операциялық жүйесі (ОЖ) тасымалданушылықтың жалпы базасын жасаудың тарихи өте өміршең нұсқасы болып саналды. Оның интерфейстерінің спецификацияларын түсінікті және жеңіл сипатталатын деңгейде жеткізуге мүмкіндік беретін Unix қарапайым болды. Бұл Unix-тің әртүрлі жүзеге асырылуын басқара отырып жұмыс жасайтын әртүрлі аппараттық платформалардың, сол сияқты POSIX (Portable Operating System Interfaces) және X/Open интерфейстеріне стандарттарды қанағаттандыратын, өзге ОЖ платформаларының арасында жеңіл тасымалданатын қолданбалы (және тіпті, ОЖ ядросынан өзге, жүйелік) бағдарламалар әзірлеуге мүмкіндік берді. Әрине, бұл мүмкіндік Си бағдарламалаудың бірыңғай тілінің болуымен тікелей байланысты. Айтпақшы, Си тілі неғұрлым анық және дәл стандарт болып саналады.

Unix ОЖ-нің өзі тұтастай дерлік Си тілінде жазылған, модульдік

және салыстырмалы түрде икемді болып саналады. Оған мыналар кіреді: аппаратурамен тікелей өзара әрекет ететін бағдарламалардың аппараттық тәуелді ядросы, мәліметтерді өңдеу бойынша негізгі әрекетті орындайтын инструменталдық утилиттер жиыны және пайдаланушылық интерфейсті білдіретін қабықша.

Пайдаланушының бір платформадан екіншісіне Unix-те қарапайым ауысу мүмкіндіктері әуелгі бастан-ақ қарастырылған болатын. Пайдаланушының жүйемен өзара әрекет ететін жалғыз интерактивті интерфейсі – бұл қабықша (shell). Unix пен shell тілі диалектілері қаншалықты жүзеге асырылса да, өзара әрекет ету қағидаты өзгеріссіз, сол күйінде қалды. Бірақ барлық Unix – платформаларда қолдайтын және жүйемен өзара әрекет етудің кестелік пайдаланушылық интерфейстерінің біркелкі құралдарын қамтамасыз ететін терезелік жүйе (XWindows System) құру пайдаланушылық интерфейсті стандарттаудағы шешуші қадам болды.

Ең соңында, Unix-те TCP/IP (OSI/ISO модельдерінің үшінші және төртінші деңгейлері) хаттамалары стегін жүзеге асыру, жүйелер тұжырымдамаларын қалыптастырудағы аса маңызды қадам болды. Бұл әртүрлі компьютерлерде әртүрлі операциялық орталарда жұмыс істейтін, әзірленген бағдарламалық компоненттерге қатыссыз, нақты интероперабельділік мүмкіндігін қамтамасыз етті.

Unix-тің және POSIX стандарттарының пайда болуымен ашық жүйелер тұжырымдамаларында, олар жұмыс істейтін орта мен қосымшалар арасында қолданбалы бағдарламалау интерфейстері ұғымы пайда болғанын көру қиын емес. Бұл ұғым ашық жүйелерді стандарттау үшін негізгіге айналды.

Әртүрлі АЖ арасында электронды мәлімет алмасуды (Electronic Data Interchange - EDI) қамтамасыз ету қажеттілігі осы АЖ қосымшалары деңгейінде бірлесіп жүзеге асыру стандарттарын жасауға әкелді. АЖ-ні қолданудың әртүрлі салалары үшін халықаралық стандарттар әзірленген болатын:

- осы құжаттармен алмасудың құрылтайшылық құжаттары мен форматтарының архитектуралары – ISO Open Document Architecture (ODA) және Open Document Interchange Format (ODIF);

- тдүниежүзілік банк қауымдастығы – Society for World – Wide Interbank Financial Telecommunications қабылдаған, SWIFT алмасу хаттамалары мен банкаралық төлем құжаттарының форматтары;

- EDIFACT (Electronic Data Interchange For Administration,

Commerce and Transport) әкімшілік, сауда және көлік үшін электронды мәліметтермен алмасу форматтары.

Осы бағытты одан әрі дамыту әртүрлі салалар, әсіресе, ғылым, мәдениет және білім беру салалары үшін электронды мәліметтер алмасу форматтарына стандарттар әзірлеумен байланысты болды. Ғылыми жарияланымдардың электронды көрсетілулерімен алмасудың стандартталған форматтары, осы салалардағы объектілердің өзіндік ерекшеліктерін ескере отырып, математика, химия, биология және медицина мен өзге де ғылым салалары үшін ұсынылған. Сондай-ақ мұражай коллекцияларының (сәулет, живопись, мүсін, музыкалық шығармалар) және құжаттамалық мұрағаттардың электронды көрсетілулері үшін стандартталған форматтар бар.

Электронды кітапханалар құру проблемалары электронды каталогтарды, библиографиялық сипаттамаларды, жарияланымдардың толық мәтіндерін көрсетуге, осы құжаттардағы қажетті ақпараттарды іздеуге және онымен алмасуға қолданылатын стандарттар көмегімен шешіледі.

Осылардың барлығы, ақпараттық қорлардың жиынтығы мен осы қорларға қатынау құралдарын білдіретін, **қоғамның ақпараттық инфрақұрылымдарын** (бүкіл дүниежүзі үшін жаһандық, ұлттық немесе өңірлік) құру және дамыту проблемасын шешуге мүмкіндік берді. Жаһандық немесе корпоративтік желілер арқылы ұжымдық пайдалану үшін берілетін ақпараттық қорларды, ашық жүйелер идеологиясы мен стандарттар негізінде құрылған АЖ қалыптастырады және қолдайды. Сондықтан ақпараттық инфрақұрылымдар проблемасы, жекелей алғанда оны жүзеге асыру, әрбір АЖ-ге ғана емес, сонымен бірге инфрақұрылымдар шеңберлерінде өзара бірлесіп жүзеге асыратын жиынтық АЖ-ге ашық жүйелер идеологиясын таратуға саяды.

Бүгінгі күні ашық жүйелер тұжырымдамаларында ОЖ мен мәліметтер қорлары (МК) стандарттарына ғана емес, сонымен бірге қолданылатын жүйелерді, қосымшалар мен пайдаланушыларды біріктіретін стандартталған интерфейстерге де назар аударылған. Бұл көзқарас дүниежүзінде танылған стандарттарды интерфейстерге, хаттамаларға, мәліметтер алмасу форматтарына шоғырландыруды талап етеді. Қазіргі ашық АЖ-нің гетерогендік ортасында мейнфрейдер (әмбебап ЭЕМ) мен суперкомпьютерлер,

Unix және Windows платформаларда серверлер, жергілікті және жаһандық желілер арқылы байланысқан дербес компьютерлер мен жұмыс стансалары біріктірілуі мүмкін. Осылардың барлығы желілерге және желілердің өзіне қосылатын әрбір жүйедегі ашық жүйелер стандарттарын таңдау мен жүзеге асыру үшін жүйелік әдіснамалық негіздерді қажет етеді.

Осыдан ары қарайғы тақырып мазмұны осы әдіснаманы зерделеуге арналған және оған мыналар кіреді:

- ашық жүйелердің негізгі анықтамасы мен қасиеттері;
- ашық жүйелердің тұжырымдылық моделі (жүйелер тәртібінің моделінен өзгешілігі референстік модель деп түсіну керек);
- пәннің әдіснамалық негізі болып қабылданған OSE/RM (Open System Environment/Reference Model) эталондық модельдердің интерфейстері;
- ашық жүйелердің негізгі қасиеттерін қамтамасыз ету құралдары;
- ашық жүйелер профильдерін қалыптастыру және қолдану әдіснамасы;
- ашық ақпараттық жүйелер мен ақпараттық технологиялардың базалық стандарттары.

Осы пәнді оқып үйренетін студенттер, құрылымдық және объектіге бағдарланған талдау жасау мен ақпараттық жүйелерді жобалау және осы жүйелер үшін қолданбалы бағдарламалық кешендерді бағдарламалау әдіснамаларымен таныс деген ұйғарым жасаймыз. Осы пәнді оқып үйрену, олардың қолданылатын стандарттар мен спецификациялардың ұшы-қиыры жоқ шексіз мұхитынан, нақты қолданбалы сала үшін қажетті және жеткілікті стандартталған ортаны таңдай алуына және ең соңында, құрылатын АЖ-ні қандай стандарттар қанағаттандыруы тиіс деген сұраққа жауап беруге көмектеседі.

АЖ-ні жобалау барысында алынған, осы сұраққа берілген толық жауап, құрылатын қосымша ұзақ өмір сүретін, жаңа жобаларда және аталған АЖ-ні дамыту кезінде қайталап пайдалануға болатын жағдайды қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Бұл, онсыз айналып өтуге болмайтын, оны сүйемелдеу және дамыту қиын (кейде мүмкін емес) бұрынғы жүйелерден «мұра болып қалған» проблема болашақта туындамас үшін қажет.

ҚОРЫТЫНДЫ

- Ғылыми-техникалық революция қоғамдық өндірістің бет-бейнесін, еңбек жағдайын, сипаты мен мазмұнын, өндіргіш күштердің құрылымын, қоғамдық еңбек бөлінісін өзгертеді, өндіргіш күштердің шапшаң өсуіне мүмкіндік береді, адамдардың мәдениетін, тұрмысын, психологиясын, қоғамның табиғатпен өзара қатынасын қоса алғанда, қоғамдық өмірдің барлық жақтарына ықпал етеді, ғылыми-техникалық ілгерілеуді (ҒТИ) күрт жеделдетуге әкеледі. Өндірісті автоматтандыру – бұл бұрын адам орындаған басқару мен бақылау функцияларын аспаптарға және автоматты құрылғыларға беретін машиналық өндірісті дамытудағы үдеріс.

- Өндірісті автоматтандыру – бұл бұрын адам орындаған басқару мен бақылау функцияларын аспаптарға және автоматты құрылғыларға беретін машиналық өндірісті дамытудағы үдеріс.

- Өндірісті автоматтандырудың мақсаты өндірістің бүкіл қорларын оңтайлы пайдалану үшін еңбек өнімділігін арттыру, шығарылатын өнімдердің сапасын жақсарту, жағдай жасау болып табылады.

- «Жүйе» ұғымын пайдалануға деген қажеттілік, өте ертедегі уақыттан әртүрлі физикалық табиғат объектілері үшін пайда болды: сол кездің өзінде-ақ Аристотель, тұтастық (яғни жүйе – авт.) – оны құраушы бөліктердің қосындысы ғана еместігіне назар аударды.

- Ақпараттық қорлардың ықпалдасуы қазіргі АЖ-ні құруда маңызды рөл атқарады. Мәліметтер қорлары, білім қорлары, қайталап пайдаланатын бағдарламалар қорлары ақпараттық қорлар болып түсіндіріледі. Осы қорларды құруға жұмсалатын шығындар аса елеулі, ал осыған дейін қолда бар қорлардың көлемі мен құндылығы аса зор және тез өсіп отырады. Сондықтан қазіргі АЖ-ні құру кезінде екі есепті шешуге тура келеді.

- Соңғы жылдары ықпалдасқан ақпараттық-телекоммуникациялық жүйелер (БІАТЖ) құру мен оны пайдалану үдерісі белсенді дамуда. Осындай жүйелерде АЖ функциялары мен мәліметтер беру жүйелері біріктіріледі және осы кезде, мысалы, байланыс арналары бойынша оларды сақтау, өңдеу және беру кезінде мәліметтерді қорғау бойынша жоғары талаптар қойылады. БІАТЖ-нің осындай мысалдары болып мыналар саналады: электронды банкаралық есеп айырысу жүйелері мен қаржы-несие аясының өзге де жүйелері, әуе

тасымалдауын басқару жүйелері, құқық қорғау органдарына қызмет көрсететін жүйелер.

• Осы бағытты одан әрі дамыту әртүрлі салалар, әсіресе, ғылым, мәдениет және білім беру салалары үшін электронды мәліметтер алмасу форматтарына стандарттар әзірлеумен байланысты болды. Ғылыми жарияланымдардың электронды көрсетілулерімен алмасудың стандартталған форматтары осы салалардағы объектілердің өзіндік ерекшеліктерін ескере отырып, математика, химия, биология және медицина мен өзге де ғылым салалары үшін ұсынылған. Сондай-ақ мұражай коллекцияларының (сәулет, живопись, мүсін, музыкалық шығармалар) және құжаттамалық мұрағаттардың электронды көрсетілулері үшін стандартталған форматтар бар.

СОӨЖ және СӨЖ тапсырмалары

1. Тақырып бойынша бақылау сұрақтарына жауап беру:

1. Өндірісті автоматтандыру дегеніміз не?
2. «Жүйе» ұғымын қалай түсінеміз?
3. Ашық жүйелер не үшін қажет?
4. Ашық жүйелер тұжырымдамасы қалай пайда болды?
5. АЖ-нің маңызды ерекшеліктері қандай?
6. Ақпараттық қорлардың ықпалдасуы қазіргі АЖ-ні құруда қандай рөл атқарады?
7. Ықпалдасқан ақпараттық-телекоммуникациялық жүйелер құру мен пайдалану принциптері қандай?
8. АЖ-ні қолданудың әртүрлі салалары үшін қандай халықаралық стандарттар әзірленген?
9. Ашық жүйелердің қандай әдіснамалық негіздері бар?
10. ААЖ идеологиясы мен стандарттары қандай?

2. Тақырып бойынша тест тапсырмаларының сұрақтарына жауап беру:

1. Экономикалық ақпараттық жүйенің компоненттеріне не жатады?
А) Есептеуге арналған бастапқы және анықтамалық ақпараттар
В) Материалдық

- C) Мәліметтер
- D) Дұрыс жауабы жоқ
- E) Аталғандардың барлығы жатады

2. Ақпараттық жүйенің компоненттері дегеніміз -

- A) Есептеуге арналған бастапқы және анықтамалық ақпараттар
- B) Бағдарламалық құжаттар
- C) Деректерді басқару және сақтау жүйесін түзететін ақпараттық процессор
- D) Материалдық жүйелердің қызмет ету процесінде іске асатын бағдарлама
- E) Мәліметтер базасы

3. ЭАЖ сақталатын және өңделетін мәліметтердің жинақталған түрі -

- A) Форматталмаған мәліметтер
- B) Форматталған мәліметтер
- C) Мәліметтер
- D) Бағдарлама
- E) Аталғандардың барлығы жатады

4. Деректер базасы (ДБ) дегеніміз не?

- A) Сәйкес материалдық жүйе үшін жалған болады
- B) Сәйкес емес материалдық жүйе үшін ақиқат болады
- C) Сәйкес емес материалдық жүйе үшін жалған болады
- D) Дұрыс жауабы жоқ
- E) Сәйкес материалдық жүйе үшін ақиқат болып табылады

5. ДБ қандай түрде сақталады?

- A) Анықтама түрінде
- B) Материалдық түрде
- C) Мәліметтер түрінде
- D) Ақпарат бірлігі түрінде
- E) Форма түрінде

6. Атрибут дегеніміз не?

- A) Кейбір құбылыстың не үрдістің жеке қасиеттерінің ақпараттық кескіні
- B) Мәліметтердің материалдық кескіні
- C) Сақталатын құжаттардың кескіні

- D) Деректер жинағы
- E) Формулалар жиынтығы

7. **Кез келген мәлімет қандай түрде жазылады?**

- A) Форматталмаған
- B) Материалдық
- C) Мәліметтер
- D) Дұрыс жауабы жоқ
- E) Форматталған

8. **ЭАЖ деректер базасы есептеуіш жүйесінің қандай құрылысында сақталады?**

- A) ДБ
- B) Кез келген жерінде
- C) Есте сақтау
- D) Сақтамайды
- E) Дискетада

9. **Концептуалды концепт сөзінен шыққан қандай мағынаны білдіреді?**

- A) Сақтау
- B) Ұғым, түсінік
- C) Мәлімет
- D) Өңдеу
- E) Аталғандардың барлығы жатады

10. **Ақпараттық процессор -**

- A) Есептеуге арналған бастапқы және анықтамалық ақпараттар
- B) Нәтижеге жетпес үшін ДБ және концептуалды схема операцияларының командасын атқаратын механизм
- C) Нәтижені алу үшін ДБ және концептуалды схема операцияларының командасын атқаратын механизм
- D) ДБ мәліметтерді сақтайтын құрылғы
- E) Дұрыс жауабы жоқ

11. **Оперативті есте сақтау құрылғысы неге арналған?**

- A) Бағдарлама мен деректерді сақтау үшін
- B) Бағдарлама мен деректерді өңдеу үшін
- C) Мәліметтерді жинау үшін
- D) Бағдарлама мен деректерді жою үшін
- E) Мәліметтерді тез табу үшін

12. Деректер базасын басқару жүйесі дегеніміз не?

- A) Бастапқы және анықтамалық ақпараттар
- B) Бағдарламаларды есте сақтау құрылғысы
- C) Мәліметтер жиынтығы
- D) ДБ енетін деректерді орталықтан сақтау, жинау, өзгерту және беруді қамтамасыз ететін бағдарламалар кешені
- E) Аталғандардың барлығы жатады

13. Заттық облыс -

- A) ЭАЖ-де сақталатын және өңделетін ақпараттарды, материалдық жүйенің элементтерін атайды
- B) ЭАЖ-де сақталмайтын, бірақ өңделетін ақпараттарды, материалдық жүйенің элементтерін атайды
- C) Мәліметтер базасының аймағындағы деректер жиынтығын айтады
- D) Кез келген облыстағы мәліметтер
- E) Дұрыс жауабы жоқ

14. Ақпараттық база -

- A) Есептеуге арналған бастапқы және анықтамалық ақпараттардан тұрады
- B) Материалдық құндылықтардан тұрады
- C) Бір немесе бірнеше бағдарламалардан тұрады
- D) Бір мәліметтен тұрады
- E) Бір немесе бірнеше деректер базасынан тұрады

15. Объект -

- A) Қандай да бір жүйенің кез келген элементі
- B) Кез келген облыстағы бір дерек
- C) Мәліметтердің бір жерде шоғырлануы
- D) Элементтер базасының жиынтығы
- E) Аталғандардың барлығы жатады

16. Транзакция дегеніміз не?

- A) Өзара байланыс
- B) ДБ жиынтығы
- C) Есте сақтау
- D) Кез келген өзгеріс
- E) Объектілерді өңдеу

17. **ДБ администраторы -**

- A) ДБ Мәліметтерді жояды
- B) ДБ мәліметтерді сақтаушы
- C) ДБ қолданушыларына қызмет ететін маман не мамандар тобы
- D) Объектілерді іздестіретін бағдарлама
- E) Аталғандардың барлығы жатады

18. **Үш деректер моделі бар**

- A) Ақпараттық, реляциялық, желілік
- B) Реляциялық, желілік, қолданушылық
- C) Мәліметтік, иерархиялық, желілік
- D) Дұрыс жауабы жоқ
- E) Реляциялық, желілік, иерархиялық

19. **Ақпараттың негізгі екі түрі бар, бірі ақпараттың құрама бірлігі, екіншісі -**

- A) Ақпарат
- B) Атрибут
- C) Мәлімет
- D) Бағдарлама
- E) ДБ

20. **Ақпарат бірлігінің атын өзгерту -**

- A) Анықтамалық ақпараттарды өзгертуді айтады
- B) Материалдық құндылықтарды сақтауды айтады
- C) Мәліметтерді қорғауды айтады
- D) Жаңа ат беруді айтады
- E) Аталғандардың барлығы жатады

2-ТАҚЫРЫП. ЖҮЙЕЛЕР ТЕОРИЯСЫНЫҢ ЕСЕПТЕРІ

Дәрістің мәнмәтіні

Мақсаты: Ақпараттық жүйелердің негізгі ұғымдары мен құрылымын оқып білу, жүйелік талдау.

Дәріс жоспары

1. Жүйелер теориясының терминологиясы
2. Ақпараттық жүйе ұғымы
3. Жүйелік талдау

Негізгі түсініктер: деректер базасы, ақпарат бірліктері, пәндік аймақ, ақпараттық қор, объектінің қасиеті, элемент, құрылым, сатыластық, байланыс, күй, модель

Тақырыптың мазмұны: Қазіргі уақытта «жүйе» ұғымын анықтауда бірлік жоқ деуге болады. Қандай да бір формалардағы алғашқы анықтамаларда, жүйе – бұл элементтер және олардың арасындағы байланыстар (қатынас) екендігі туралы айтылады. Мысалы, жүйелер теориясының негізін қалаушы Людвиг фон Берталанфи жүйені өзара әрекеттесуші элементтер кешені немесе бір-бірімен және ортамен белгілі бір қатынастарда болатын элементтердің жиынтығы ретінде анықтады. А. Холл жүйені заттар арасындағы және олардың белгілері арасындағы байланыстармен бірге заттар жиыны ретінде анықтайды. Қай термин - «қатынас» немесе «байланыс», қолданысқа жақсы деген талас жүруде.

Одан кейінірек жүйелер анықтамаларында мақсаттар ұғымы пайда болады. Мәселен, «Философиялық сөздікте» жүйе белгілі бір түрде бір-бірімен қатынастарда және байланыстарда болатын, кейбір тұтастық бірлікті құрайтын элементтер жиынтығы ретінде анықталады.

Кибернетиканың негізін қалаушылардың бірі У. Р. Эшби алғашқы болып зерттеуші мен зерттелетін жүйе арасындағы өзара әрекетті есепке алу қажеттілігін атап көрсетсе де, соңғы уақыттарда жүйелер ұғымын анықтауда элементтермен, байланыстармен және олардың қасиеттерімен, мақсаттарымен қатар бақылаушы термині енгізіле бастады.

М. Месарович пен Я. Такахара «Жалпы жүйелер теориясы» кітабында, жүйе – «Бақыланатын белгілер мен қасиеттер арасындағы формалды өзара байланыс» деп санайды.

Осылайша, ескерілетін факторлардың саны мен абстрактылық дәрежелеріне қатысты «жүйе» ұғымын анықтауды келесі символ формасында көз алдымызға елестетуге болады. Әрбір анықтаманы D әрпімен (латынша definitions) және факторларды анықтауда ескертілетін санмен сәйкес келетін реттік нөмірмен белгілейміз.

D1. Жүйе бұл тұтастық:

$$S=A(1,0)$$

Бұл анықтама бар болу мен тұтастық фактісін білдіреді. $A(1,0)$ екілік байымдау осы сапалардың бар болуын немесе жоқ болуын бейнелейді.

D2. Жүйе дегеніміз - ұйымдасқан жиын (Темников Ф. Е.)

$$S=(\text{ұйымд.}, M),$$

мұндағы *ұйымд.* – ұйымның операторы; M – жиын.

D3. Жүйе дегеніміз - заттардың, қасиеттер мен қатынастардың жиыны (Уемов А. И.):

$$S=(\{m\}, \{n\}, \{r\}),$$

мұндағы, m – заттар, n – қасиеттер, r – қатынастар.

D4. Жүйе дегеніміз - құрылымдар құратын және қоршаған орта жағдайларында белгілі бір тәртіпті қамтамасыз ететін элементтер жиыны:

$$S=(e, ST, BE, E),$$

мұндағы e – элементтер, ST – құрылым, BE – тәртіп, E – орта.

D5. Жүйе дегеніміз - өтулер операторымен және шығулар операторларымен сипатталатын, кірулер жиыны, шығулар жиыны, жай-күйлер жиыны:

$$S=(X, Y, Z, H, G),$$

мұндағы, X – кірулер, Y – шығулар, Z – жай-күй, H – өтулер (ауысулар) операторы, G – шығулар операторы. Бұл анықтама автоматикада қарастырылатын бүкіл негізгі компоненттерді ескереді.

D6. Бұл - кейін сөзбен тұжырымдау қиын болатын, алтымүшелі анықтама. Ол биожүйелер деңгейіне сәйкес келеді және генетикалық (тектік) GN бастауды, KD өмір сүру жағдайын, MB алмасу құбылысын, EV дамуды, FC қызметін және RP көшірмені (жаңғыртуды) ескереді:

$$S=(GN, KD, MB, EV, FC, RP).$$

D7. Бұл анықтама F модельдері, SC байланыстар, R қайта санау,

FL өз бетімен оқу, *FO* өзін-өзі ұйымдастыратын, *CO* байланыстарды өткізгіштік және *JN* модельдерді өршіту ұғымдарына сүйеніп пайдаланылады:

$$S=(F, SC, R, FL, CJ, JN).$$

Аталған анықтама нейрокибернетикалық зерттеулер кезінде ыңғайлы.

D8. Егер D5 анықтаманы уақыт және атқарымдық функционалдық байланыстар факторымен толықтырсак, онда әдетте автоматты басқару теориясында пайдаланылатын жүйелер анықтамасын аламыз:

$$S=(T, X, Y, Z, W, V, \eta, \varphi),$$

мұндағы, *T* – уақыт, *X* – кірулер, *Y* – шығулар, *Z* – жай-күйі, *W* – шығулардың операторлар сыныбы, *V* – шығулардағы операторлардың маңызы, $\eta - y(t_2) = \eta(x(t_1), z(t_1), t_2)$ тендеулердегі атқарымдық байланыс, $\varphi - z(t_2) = \varphi(x(t_1), z(t_1), t_2)$ тендеулердегі атқарамдық байланыс.

D9. Ұйымдық жүйелер үшін жүйелерді анықтауда төмендегіні ескерген ыңғайлы болады:

$$S=(PL, RO, RJ, EX, PR, DT, SV, RD, EF),$$

мұндағы, *PL* – мақсаттар мен жоспарлар, *RO* – сыртқы қорлар, *RJ* – ішкі қорлар, *EX* - орындаушылар, *PR* - үдеріс, *DT* - кедергілер, *SV* - бақылау, *RD* - басқару, *EF* – эффект (әсер).

Анықтамалар тізбегін қойылған мақсаттарға жетуде, шешілетін есептер үшін қажет нақты жүйелердегі элементтер, байланыстар мен әрекеттердің сондай саны ескерілетіндей, $D_n(n=9, 10, 11, \dots)$ -ге дейін жалғастыруға болады. Жүйелер ұғымын анықтауда жүйелер теориясы жөніндегі әдебиеттерде көбінесе: жүйе – белгілі бір тұтастықты, бірлікті құрайтын, бір-бірімен қатынаста және байланыста болатын элементтер жиыны екені қарастырылады.

Жүйе қалдықсыз, оның қасиеті дискреттік элементтердің құрамды бөліктерінің қасиеттеріне (қасиеттердің аддитивті еместігі) жатқызылмайтын объекті болып түсіндіріледі. Жүйенің біріктірушілік қасиеті оның тұтастығын, оны құрайтын бөліктермен салыстырғанда сапалық жаңа құрылымды қамтамасыз етеді.

Жүйенің кез келген элементін, негізінен, неғұрлым төмен реттегі сияқты, дербес жүйе (қандай да бір атқарылымдық блокты немесе зерттелетін проблеманың аспектісін сипаттайтын математикалық модель) ретінде қарастыруға болады. Жүйенің әрбір элементі өзінің функцияларымен сипатталады. Кіретін және шығатын

үдерістер арасындағы тірі және сүйектік материяларға тән заттық-энергетикалық және ақпараттық қатынастар атқарымы болып түсіндіріледі. Егер осындай элемент ішкі құрылымға ие болса, онда оны ішкі жүйе деп атайды және осындай сипаттама жүйелерді синтездеу мен талдау әдістерін жүзеге асыру кезінде пайдаланылуы мүмкін. Бұл, жүйелік талдау қағидаттарының бірінде – кез келген элемент я кейбір жүйеде ішкі жүйе болуы мүмкін, я осындай санаттардағы объектілер жиынының арасында ішкі жүйе болуы мүмкін екендігі туралы айтатын жүйелілік заңда көрініс тапты. Элемент әрқашанда жүйенің бөлігі болып саналады және одан тыс өз мағынасын жоғалтады.

Жүйелер анықтамасын таңдау. Жүйенің әртүрлі анықтамасын қарастыра отырып және олардың бірде-бірін негізгі ретінде бөліп көрсетпестен, әдетте жүйелер ұғымының күрделілігін, зерттеудің әртүрлі сатыларындағы сипаттау формаларын таңдаудың біржақты еместігін атап көрсетеді. Жүйелерді сипаттау кезінде барынша толық тәсілді пайдалануға, содан кейін, оның жұмысына әсер ететін неғұрлым маңызды компоненттерді бөліп көрсетуге және жүйенің жұмыстық сипаттамасын тұжырымдауға кеңес береді.

Жүйелердің құрылымы мен жұмыс істеуін сипаттайтын негізгі ұғымдарды қарастырамыз.

Элемент. Жүйенің ең қарапайым бөлінбейтін бөлігін элемент деп түсіну қабылданған. Осындай бөлік болып не саналады деген сұраққа біржақты жауап беру мүмкін емес және жүйе ретінде объектіні қарастыру мақсаттарына, оған деген көзқарасқа немесе оны зерттеу аспектісіне қатысты болады. Осылайша, элемент – бұл қойылған мақсатты және нақты есептерді шешу көзқарасы тұрғысынан жүйелердің бөліну шегі. Жүйені, мақсаттардың тұжырымдалуына және зерттеу үдерісінде оны нақтылауға қатысты әртүрлі тәсілдермен элементтерге бөлшектеуге болады.

Ішкі жүйе. Жүйе элементтерге бірден бөлінбеуі мүмкін, ол элементтерге қарағанда неғұрлым ірі компоненттер және сол мезілде, тұтас жүйеге қарағанда, неғұрлым дәл толық компоненттер болып көрінетін ішкі жүйелерге тізбекпен жүйелі бөлшектенеді. Жүйелердің ішкі жүйелерге бөліну мүмкіндігі, жүйенің жалпы мақсаттарына жетуге бағытталған ішкі мақсаттарды, салыстырмалы тәуелсіз функцияларды орындауға қабілетті, өзара байланысты элементтердің жиынтықтарын бөлшектеумен байланысты

болады. «Ішкі (қосалқы) жүйе» атауымен, осындай бөлік жүйелер қасиеттеріне (жекелей алғанда, тұтастық қасиетіне) ие болуы керек екендігі атап көрсетіледі. Осы арқылы ішкі жүйе, ол үшін ішкі мақсат тұжырымдалмаған және тұтастық қасиеті орындалмайтын (осындай топтар үшін «компоненттер» атауы пайдаланылады), элементтердің қарапайым топтарынан өзгешеленеді. Мысалы, АБЖ ішкі жүйелері, ірі қаладағы жолаушылар көлігінің ішкі жүйелері.

Құрылым. Бұл ұғым, құрылым, орналасуы, тәртібі дегенді білдіретін, латын structure сөзінен шыққан. Құрылым жүйедегі өзгерістер кезінде шамалы өзгертін және жүйелер мен оның негізгі қасиеттерінің өмір сүруін қамтамасыз ететін элементтер мен олардың топтары арасындағы неғұрлым түбегейлі өзара қатынастарды көрсетеді. Құрылым – бұл элементтер мен олардың арасындағы байланыстардың жиынтығы. Құрылым кестелер мен теориялық-жиындық сипаттамалар графтар мен құрылымдарды модельдеудің өзге тілдерінде берілуі мүмкін.

Құрылымдарды көбінесе сатыластықтар (иерархиялар) түрінде береді. **Сатыластық** – бұл маңыздылық (көпсатылық, қызметтік баспалдақ) дәрежелері бойынша компоненттердің реттілігі. Баспалдақтық құрылымдар деңгейлері арасында төмен жатқан деңгейдегі компоненттердің (түйіндердің) жоғары жатқан деңгейдегі компоненттердің біріне қатаң бағыну өзара қатынасы, яғни ағашқа ұқсас тәртіп деп аталатын қатынас болуы мүмкін. Осындай сатыластықтар күшті немесе «ағаш» типтес сатыластықтар деп аталады. Олардың басқару жүйелерін беруде оларды ыңғайлы құрал жасайтын бірқатар ерекшеліктері бар. Бірақ сатыластықтардың бір деңгейі шектерінде байланыстар болуы мүмкін. Төмен жатқан деңгейдегі сол, түйін бір мезгілде жоғары жатқан деңгейдің бірнеше түйіндеріне бағынуы мүмкін. Осындай құрылымдар «байланыстары әлсіз» сатыластық құрылымдар деп аталады. Сатыластық құрылымдар деңгейлері арасында неғұрлым күрделі, мысалы, «страт», «қабаттар», «эшелондар» типтес өзара қатынастар бар болуы мүмкін. Сатыластық құрылымдардың мысалдары: энергетикалық жүйелер, АБЖ, мемлекеттік аппарат.

Байланыс. «Байланыс» ұғымы «элемент» ұғымымен қатар жүйелердің кез келген анықтамасына кіреді және құрылымдардың және жүйелердің тұтастық қасиеттерінің пайда болуын және сақталуын қамтамасыз етеді. Бұл ұғым бір мезгілде жүйенің

құрылымын (статикасын) және атқарылымын (динамикасын) сипаттайды.

Байланыс бағытпен, күш-қуатпен және сипатпен (немесе түрмен) сипатталады. Алғашқы екі белгілер бойынша байланыстарды бағытталған және бағыттылмағанға, күшті және әлсіз, ал сипаты бойынша – бағыну, генетикалық, теңқұқылы (немесе талғаусыз) байланыстарға, басқару байланыстарына бөлуге болады. Байланыстарды сондай-ақ қосымша орны бойынша (ішкі және сыртқы), тұтастай алғанда жүйедегі немесе оның жекелеген ішкі жүйелеріндегі үдерістердің бағытталушылығы (тура және кері) бойынша бөлуге болады. Нақты жүйелердегі байланыстар бір мезгілде бірнеше аталған белгілермен сипатталуы мүмкін.

Жүйелерде «кері байланыстар» ұғымы маңызды рөл атқарады. Бұл ұғым техникалық құрылғылар мысалдарында оңай иллюстрацияланады, әрқашан ұйымдық жүйелерде қолдануға болмайды. Бір физикалық табиғат объектілеріне тән кері байланыстар тетігін өзге табиғат объектілеріне ауыстыру мүмкіндігі зерделенетін кибернетикада осы ұғымды зерттеуге баса назар аударылады. Кері байланыс өзін-өзі реттеудің және жүйелерді дамытудың, олардың өмір сүруінің өзгермелі жағдайларына бейімделуінің негізі болып саналады.

Күй. «Күй» ұғымы әдетте лездік суретке түсіруді, жүйелер «кесігін», оның дамуындағы тоқтауды сипаттайды. Оны я кіретін эсерлер және шығатын сигналдар (нәтижелер) арқылы я жүйелердің макропараметрлері, макроқасиеті (мысалы, қысым, жылдамдық, үдеу – физикалық жүйелер үшін; өнімділік, өнімдердің өзіндік құны, пайда – экономикалық жүйелер үшін) арқылы анықтайды.

Егер күйін анықтайтын ε элементтерді (немесе компоненттерін, атқарымдық блоктарын) қарастыратын болсақ, «кірістерді» басқарушы u -ге және ауытқушы (бақыланбайтын) x -қа бөлетін болсақ және «шығыстар» (шығатын нәтижелер, сигналдар) ε , u және x -қа тәуелді, яғни $z_i = f(\varepsilon_i, u_i, x_i)$ болса, күйді неғұрлым толық анықтауға болады. Сол уақытта есептерге қатысты күй $\{\varepsilon, u\}$, $\{\varepsilon, u, z\}$ немесе $\{\varepsilon, x, u, z\}$ сияқты анықталуы мүмкін.

Осылайша, **күй** – жүйе сол уақыт мезетінде ие болатын, түбегейлі қасиеттердің жиыны болады.

Жүріс-тұрыс бағыты (тәртіп). Егер жүйе бір күйден екінші күйге (мысалы, $z_1 \rightarrow z_2 \rightarrow z_3$) ауысуға қабілетті болса, онда ол жүріс-

тұрыс бағытына ие деп айтылады. Бір күйден екінші күйге ауысу заңдылықтары белгісіз болғанда, осы ұғым пайдаланылады. Сол уақытта, жүйе қандай да бір тәртіпке ие деп айтылады және оның заңдылықтары анықталады. Ілгерідегі енгізілген белгілеулерді ескере отырып, тәртіпті $z_i = f(z_{i-1}, x_i, u_i)$ функция ретінде көз алдымызға елестетуге болады.

Сыртқы орта. Жүйеге кірмейтін, бірақ олардың күйін өзгерту жүйенің тәртібінің өзгеруін туғызатын элементтер жиыны сыртқы орта болып түсіндіріледі.

Модель. Оның қасиеттерінің белгілі бір тобын бейнелейтін жүйелердің сипаттамасы жүйелердің моделі болып түсіндіріледі. Сипаттаманы тереңдету – модельдерді дәл толық сипаттау. Жүйелер моделін құру, жағдайлардың белгілі бір диапазонында оның тәртібін топшылауға мүмкіндік береді.

Жүйелердің атқарымдылық (тәртіп) моделі – бұл уақыт аралықтарындағы жүйелер күйінің өзгеруін топшылайтын модель, мысалы: қалыптық (ұқсас), электрлік, ЭЕМ-де машиналық және т.б.

Тепе-теңдік – бұл сыртқы ауытқытушы әсерлер (немесе тұрақты әсерлер кезінде) болмаған кезінде қанша уақытқа болсын ұзақ өзінің күйін сақтайтын, жүйелердің қабілеті.

Орнықтылық. Сыртқы ауытқытушы әсерлерлерден ол осы күйден шыққаннан кейін, жүйенің тепе-теңдік күйге оралу қабілеті орнықтылық болып түсіндіріледі. Әдетте бұл қабілет тұрақты болған кездегі жүйелерге тән және егер ауытқыту кейбір шектен артып кетпейтін болса ғана.

Жүйе қайта оралуға қабілетті тепе-теңдік күйі техникалық құрылғылармен ұқсастықтар бойынша тепе-теңдіктің орнықты күйі деп аталады. Экономикалық және ұйымдық жүйелердегі тепе-теңдік пен орнықтылық техникадағыға қарағанда, аса күрделі ұғым және осыдан шамалы уақыт бұрын оны жүйе туралы кейбір алдын ала сипаттаушылық түсініктер үшін ғана пайдаланды. Соңғы уақыттарда, олардың өтуі мен өзара байланысына әсер ететін параметрлерді анықтауға көмектесетін күрделі ұйымдық жүйелерде осы үдерістерді нысандандырылған түрде бейнелеуге деген ұмтылыс пайда болды.

Даму. Даму үдерісін, даму мен орнықтылық үдерістерінің арақатынасын зерттеуге, олардың негізіне жататын тетіктерді зерделеуге кибернетика мен жүйелер теориясында баса назар аударыла-

ды. Даму ұғымы табиғат пен қоғамдағы күрделі термодинамикалық және ақпараттық үдерістерді түсіндіруге көмектеседі.

Мақсат. «Мақсат» ұғымы мен онымен байланысты мақсатты бағытталушылық, мақсаткерлік, мақсатқа сай келушілік ұғымдарын қолдану, нақты жағдайларда оларды біржақты түсіндіру қиындығынан тежелуде. Бұл мақсат қоюшылық пен оған сәйкес ұйымдық жүйелердегі мақсаттарды негіздеу үдерісі аса күрделі екендігімен және соңына дейін зерделенбегендігімен байланысты деу керек. Психологияда, философияда, кибернетикада оны зерттеуге баса назар аударылады. Тәжірибеде қолданудағы мақсат – бұл нақты ұмтылыстар жолында кезекті кезенді уақытылы аяқтауды қамтамасыз ететін нақты мүмкіндіктерді немесе болашақты ұжымның көре білуіне мүмкіндік беретін мақсаткерлік нақты ұмтылыстар.

Қазіргі уақытта жоспарлаудағы бағдарламалық – мақсатты қағидаттардың күшеюімен байланысты мақсат қоюшылық пен нақты жағдайларда мақсаттарды елестетушілік заңдылықтарын зерттеуге барған сайын көбірек назар аударылуда. Мысалы: энергетикалық бағдарлама, азық-түлік бағдарламасы, тұрғын үй бағдарламасы, нарықтық экономикаға өту бағдарламасы. Мақсат ұғымы жүйені дамытудың негізі болып қаланған.

Ақпараттар ұғымы. Ақпарат – қоршаған ортадан қабылданатын, қоршаған ортаға берілетін я ақпараттық жүйенің ішінде сақталатын, мәліметтер жиынтығы.

Деректер – заттық аймақтағы объектілер, осы саладағы оқиға мен ахуалды көрсететін олардың қасиеттері мен өзара байланыстары туралы нақты ақпаратты формалды түрде елестету.

Деректер ақпараттық жүйелердің оларды жинауды, сақтауды және ары қарай өндеуді автоматтандыруына мүмкіндік беретін түрде беріледі. Деректер – бұл сәйкес кодта жазу.

ЭЕМ-дегі ақпарат былай бөлінеді:

- рәсімдік (орындалатын бағдарламалар);
- мағлұмдаушы (бағдарламалар өңдейтін деректер).

Ақпараттардың үлкен көлемдерін сақтау мен өндеуді ұйымдастыру мәліметтер қорларының пайда болуына әкелді.

Жүйелердің моделі мен мақсаты. Модельдер ұғымы біржақты түсіндірілмейді. Нақты болмыста және алмастырылатын модельдердің нақты объектілерінде өтетін үдерістердің ұқсастығы

оның негізі болып қаланған. Философияда түпнұсқаны неғұрлым терең тану мақсатымен, зерделенетін объектіні оның оңайлатылған түсінігімен алмастыратын кибернетиканың кең категориясы модель болып түсіндіріледі. Зерттелетін объектінің мінсіз математикалық көрсетілуі математикалық модель (ары қарай жай модель) ретінде түсіндіріледі.

Фундаментальдық (іргелі, толық) модельдер негізгі физикалық жорамалдардың (алғашқы қағидаттар) санынан бастап, жүйенің тәртібін немесе қасиеттерінің мүмкін шамасын сандық тұрғыдан сипаттайды. Осындай модельдер олар сипаттайтын құбылыстар үшін өте нақты және дәл болады.

Феноменологиялық модельдер дәл арақатынасы белгісіз, я қолдану үшін өте күрделі болған кезде, физикалық үдерістерді сапалық тұрғыдан сипаттау үшін пайдаланылады. Осындай жуықтатылған немесе орташа алынған модельдер әдетте физикалық тұрғыдан негізделген және эксперименттен немесе неғұрлым іргелі теориялардан алынған, енгізілетін деректерден тұрады. Феноменологиялық модель физикалық ахуалдарды сапалық тұрғыдан түсінуге негізделеді. Феноменологиялық модельдер алу кезінде сақтаудың жалпы қағидаттары мен шарты пайдаланылады.

Басқару. Белгілі бір мақсаттарға жетуге бағытталған және функцияларды жүзеге асыратын ұйымдық қызмет, кең мағынасында басқару болып түсіндіріледі.

Басқару жүйелерінің құрылымы. Зияткерлік ақпараттық жүйелерді келесі түрде жіктеуге болады:

- сараптамалық жүйелер;
- пайдаланушылардың қалың көпшілігіне арналған жүйелер;
- мамандарға арналған жүйелер;
- зияткерлік жүйелер;
- есеп айырысу – логикалық жүйелері;
- оқытушы жүйелер және т.б.

Ақпараттық үдерістер теориясы (АҮТ) – техникалық, экономикалық, әлеуметтік, биологиялық, экологиялық және өзге де жүйелерде болатын, ақпараттық үдерістерді (АҮ) талдауға арналған статистикалық әдістердің жиынтығы.

Негізгі ақпараттық үдерістер: ақпараттарды қалыптастыру, жаңғырту, түрлендіру, жинау, сақтау, өңдеу, бөлу, пайдалану және

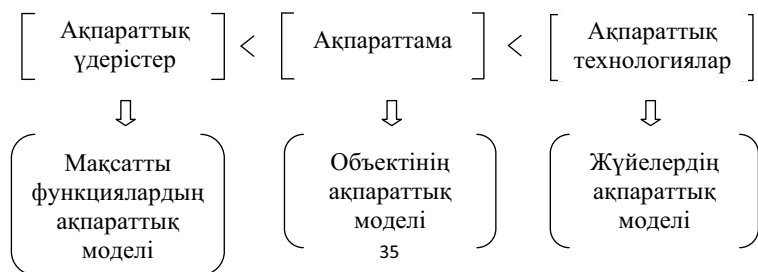
т.б. Әрбір ақпараттық үдеріс, нақты техникалық құралдармен жүзеге асырылатын **мақсатты атқарымдармен** сипатталады.

Әрбір мақсатты функциялармен, математикалық өрнектермен, шартты белгілермен немесе символдармен сипатталатын (мақсатты функциялардың ақпараттық-математикалық моделі) **ақпараттық модель** салыстырылуы мүмкін.

Ақпараттама (информатика) – есептеу техникалары құралдарымен оларды автоматтандыру үдерістері мен әдістерін зерделейтін ғылым мен техника саласы. Ақпараттама ғылым ретінде объектінің ақпараттық модельдерін құрудың әдіснамалық (әдіснамалық) негіздерін қалыптастырады. Осындай модельдерді жасау (техникалық, биологиялық, экономикалық, әлеуметтік және өзге де жүйелерде мақсатты бағытталған қызметті ұйымдастыру үшін) ақпараттық үдерістерді іске асыру негізінде жүзеге асырылады.

Ақпараттық технологиялар кең мағынасында - күрделі жүйелерді (техникалық, ақпараттық, биологиялық, экономикалық, әлеуметтік және т.б.) талдау және синтездеу мақсатында алгоритмдерді, бағдарламаларды әзірлеу және компьютерде оларды қолдану.

Осылайша, «ақпараттық үдерістер», «информатика» және «ақпараттық технологиялар» ұғымдарының арақатынасы былайша көрінуі мүмкін:



1-сурет. Ұғымдардың арақатынасы

ЮНЕСКО қабылдаған анықтамаға сәйкес, **ақпараттық технологиялар (АТ)** – бұл ақпараттарды өңдеумен және сақтаумен айналысатын адамдар еңбегін тиімді ұйымдастырудың әдістерін;

есептеу техникасы мен ұйымдастыру және адамдармен, өндірістік жабдықтармен өзара іс-қимыл жасау әдістерін, олардың тәжірибелік қосымшасын, сондай-ақ осылардың барлығымен байланысты әлеуметтік, экономикалық және мәдени проблемаларды зерделейтін, өзара байланысты, ғылыми, технологиялық инженерлік пәндердің кешені.

АТ-ның негізгі мақсаты – бастапқы ақпараттарды өңдеу бойынша мақсатты бағытталған іс-қимылдар нәтижесінде, оны талдау және соның негізінде қандай да бір әрекетті орындау бойынша шешім қабылдау мақсатымен, пайдаланушы үшін қажет ақпарат алу. АТ-ның жалпы құрылымы базалық рәсімдердің тізбектілігіне бөлінуі мүмкін:

- Зерделетін немесе пайдаланылатын объектілердің, үдерістер мен құбылыстардың жай-күйі туралы жаңа ақпараттарды жинау және ақпараттардың әртүрлі көздерінде жинақталған деректерді іздеу.

- Жинау орнынан өңдеу орнына ақпараттарды беру немесе кедергілер бар кезде ақпараттарды сақтай отырып пайдалану.

- Қолданылатын модельдерге жаңа деректерді бейімдеу, ақпараттарды кешенді өңдеу, есептеу эксперименттерін өткізу, оңтайлы тәртіп шешімдері мен сценарийлерін әзірлеу, шешімдер қабылдау.

- Математикалық модельдерді жетілдіру, білімдер базаларын кеңейту, сараптамалық жүйелерді жетілдіру.

- Техникалық және технологиялық құралдар (жұмыс стансалары, ақпараттық қоймалар, модельдер мен ақпараттарды бейнелеу құралдары, ақпараттарды редакциялау құралдары, ақпараттық-талдамалық орталықтар, коммуникациялық жүйелер және т.б.) жасау.

- Ақпараттардың дұрыстығын бақылауды жетілдіру, бұрын қабылданған шешімдер нұсқаларын нақтылау мақсатында ақпараттар өңдеудің оңтайлы жүйелерін жоспарлау.

- Ақпараттандыру жүйелерін пайдаланудың тәжірибелік нәтижелерін талдау, тиімділікті бақылау, қызметке болжам жасау, ішкі жүйелер жұмыстарының диагностикасы.

Ақпараттық жүйе (АЖ) – бұл алға қойған мақсаттарға жету мүдделерінде ақпараттарды сақтау, өңдеу және беру үшін пайдаланылатын, АТ құралдары мен әдістерінің ұйымдық, тәртіпке келтірілген өзара байланысты жиынтығы. Ақпараттық жүйелерді осылай түсіну

негізгі техникалық құралдар ретінде ЭЕМ ақпараттарын өңдеу мен кез келген саладағы есептерді орындауда шешімдер қабылдау үдерісіне қажет ақпараттарды беру мен ақпараттық үдерістерді жүзеге асыратын байланыс құралдарын пайдалануды ұйғарады.

АЖ функцияларын жүзеге асыру оған бағдарланған АТ-ны білмей мүмкін емес. АТ, АЖ аяларынан тыс та қолданылуы мүмкін. Осылайша, АТ, ақпараттық қоғамдағы ақпараттардың түрленуі мен жаңғыртылуы үдерістерінде қазіргі түсінікті көрсететін, неғұрлым кең ауқымды ұғым болып саналады.

Нақты қолдану аяларына қатысты АЖ өзінің функциялары, архитектурасы жүзеге асырылуы бойынша өте күшті өзгешеленуі мүмкін. Бүкіл АЖ үшін ортақ болып саналатын, негізгі қасиеттерін бөліп көрсетуге болады:

- АЖ құрылымы, оның атқарымдық маңызы қойылған мақсаттарға сәйкес келуі тиіс.

- Мәліметтер қоры, сараптамалық жүйелер мен білімдер базасын пайдалануға негізделген, дұрыс сенімді, уақытылы және жүйеленген ақпараттар өндіру. Өйткені кез келген АЖ ақпараттарды жинауға, сақтауға және өңдеуге арналған, сондықтан деректерді сақтау мен деректерге кіру ортасы, кез келген АЖ-нің негізі болып қаланған. Орта АЖ-ні қолдану саласына сәйкес келетін, деректердің сақталу сенімділік деңгейі мен оған кіру (қолжетімділік) тиімділігін қамтамасыз етуі тиіс.

- Кәсіпорынның АЖ-ге стандарты түрінде жүзеге асырылған негізгі қағидаттарына сәйкестікте, АЖ-ні адамдар бақылауы, түсінуі және пайдалануы қажет. АЖ-ні пайдаланушының интерфейсі түйсік деңгейінде жеңіл түсінетіндей болуы тиіс.

- Деректерді беру желілерін пайдалану.

АЖ мынадай **негізгі есептерді шешеді**:

- Ұзақ жинақталатын және жоғалған орнын толтыруға келмейтін ақпараттарды іздеу, өңдеу және сақтау. Компьютерлендірілген АЖ, адамға тән кездейсоқ қателіктерді болдырмау, шығындарды үнемдеу, адамдардың өмірін барынша жайлы ету үшін ақпараттарды тез және сенімді өңдеуге арналған.

- Әртүрлі құрылымдардағы деректерді сақтау. Деректердің жалғыз біртекті файлымен жұмыс жасайтын дамыған АЖ жоқ. Оның дамитындай болуы ақпараттық жүйеге қойылатын парасатты талап болып саналады. Оны орындау үшін жаңа құрылымы бар

қосымша деректер қажет болатын, жаңа атқарымдар пайда болуы мүмкін. Бұл ретте бұрын жиналған (жинақталған) ақпарат сақталған күйде қалуы тиіс.

- *Қоғамда жылжығыш ақпараттардың әртүрлері мен типтерінің ағындарын талдау және болжам жасау.* Есептеу машиналарында тиімді өңдеу үшін оларды барынша азайту, стандарттау және бейімдеу мақсатында, ақпараттарды таратудың әртүрлі арналары арқылы өтетін ақпараттар ағындары зерттеледі.

- *Ақпараттарды беру мен сақтау тәсілдерін зерттеу,* табиғаты әртүрлі ақпараттарды формалды сипаттау үшін арнайы тілдер жасау, ақпараттарды қысу мен шартты белгі берудің арнайы тәсілдерін әзірлеу, көлемді (ауқымды) құжаттарды аннотациялау және оларды рефераттау. Осы бағыттар шеңберлерінде, есептеу машиналары үшін қолжетімді формадағы әртүрлі білім салаларынан алынған ақпарат сақталатын, үлкен көлемде мәліметтер қорларын жасау жұмыстары дамытылуда.

- Есептеу машиналарына арналмаған, ал олар адамның қабылдауына бағдарланған құжаттардан ақпарат алуды жүзеге асыру үшін ақпараттар алу үдерісін автоматтандыруға болатын *рәсімдер мен техникалық құралдар құру.*

- Осындай типтегі жүйелер үшін сұратып алудың арнайы тілдерінде, сондай-ақ табиғи тілде тұжырымдалған ақпараттық қоймаларға жасалған сұратуларды қабылдауға қабілетті *ақпараттық-іздеу жүйелерін құру.*

- Ақпараттық деректер қорлары, терминалдар, өңдеуші орталықтар мен байланыс құралдары құрамына кіретін, *ақпараттар сақтау, өңдеу және беру желілерін құру.*

Ақпараттық жүйе шешуі тиіс нақты есептер жүйе соған арналған қолданбалы салаға қатысты болады.

Қазіргі ақпараттық технологиялардың даму үдерістері әртүрлі салаларда құралатын АЖ-нің күрделене түсуіне әкеледі. Қазіргі ірі АЖ жобалары, негізінен, бірнеше ***ерекшеліктермен*** сипатталады:

- *Сипаттаудың күрделілігі* – деректер мен үдерістерді мұқият модельдеу мен талдауды қажет ететін, функциялардың жеткілікті аса үлкен санының, үдерістердің, деректер элементтерінің және олардың арасындағы күрделі өзара байланыстардың болуы.

- Үлкен көлемдегі деректерге, регламенттелмеген сұратуларды пайдаланатын, атқарымдық өзінің ішкі есептері мен мақсаттары (мы-

салы, транзакцияларды өңдеумен және регламенттік есептерді шешумен байланысты дәстүрлі қосымшалары мен талдамалық өңдеу (шешімдер қабылдауды қолдау) қосымшалары) болатын, *тығыз өзара бірлесіп жүзеге асыратын компоненттер (ішкі жүйелер) жиынтығының бар болуы.*

- Қандай да бір типтік жобалық шешімдер мен қолданбалы жүйелерді пайдалану мүмкіндігін шектейтін *тікелей ұқсастықтардың жоқ болуы.*

- Біртекті емес ортада бірнеше аппараттық платформаларда жұмыс істеуі.

- Біліктілік деңгейі мен қандай да бір инструменталдық құралдарды пайдаланудың қалыптасқан дәстүрлері бойынша әзірлеушілердің жекелеген топтары *бастарының бірікпеушілігі (қарым-қатынасының үзілушілігі) мен әртектілігі.*

- Біріншіден, әзірлеушілер ұжымының шектеулі мүмкіндіктерімен, екіншіден, тапсырыс беруші ұйымдардың масштабтары мен оның жекелеген бөлімшелерінің АЖ-ні енгізуге дайындықтарының әртүрлі дәрежесімен шарттастырылған, жобаның түбегейлі уақыттық ұзақтығы.

Ақпараттық жүйелердің түрлері. АЖ былай жіктеледі: ақпаратты берудің нысандандырылған аппаратының түрі бойынша (детерминацияланған, стохастикалық); құрылымдары мен тәртібінің күрделілігі бойынша; ұйымдасқандық дәрежесі («жақсы» және «нашар» ұйымдасқан, өздігінен ұйымдасатын) бойынша.

Жүйелер әртүрлі белгілері бойынша сыныптарға бөлінеді және шешілетін есептерге қатысты жіктеудің әртүрлі қағидаттарын таңдауға болады. Бұл ретте жүйені бір немесе бірнеше белгілермен сипаттауға болады. Жүйе келесі түрде жіктеледі:

- бейнелетін объектінің түрі бойынша – биологиялық, техникалық және т.б.;

- ғылыми бағыт түрі бойынша – математикалық, физикалық, химиялық және т.б.;

- жүйені ұсынудың нысандандырылған аппаратының түрі бойынша – детерминацияланған және стохастикалық;

- мақсаткерлік типі бойынша – ашық және жабық;

- құрылымдары мен тәртібінің күрделілігі бойынша – жай және күрделі;

- ұйымдасқандық дәрежесі бойынша – жақсы ұйымдасқан,

нашар ұйымдасқан (диффузиялық), өздігінен ұйымдасатын жүйелер.

Жіктеулер әрқашанда салыстырмалы. Мәселен, детерминацияланған жүйеден стохастикалық жүйелер элементтерін табуға болады.

Кез келген жіктеудің мақсаты жүйені бейнелеу тәсілдемелерін (көзқарастарын) таңдауды шектеу және әдістерді таңдау бойынша ұсынымдар беру болып табылады.

Техникалық жүйелер. Қозғалатын объектілер, энергетика объектілері, химиялық өнеркәсіп объектілері, машина жасау, тұрмыстық техника және т.б. көптеген объектілер техникалық объектілер параметрлері болып саналады. Техникалық жүйелер объектілері басқару теорияларында жақсы зерттелген.

Экономикалық объектілер. Экономикалық объектілер мыналар болып саналады: цех, зауыт, әртүрлі салалар кәсіпорындары. Өзгермелілердің бірі ретінде онда экономикалық көрсеткіштер, мысалы, пайда қатысады.

Биологиялық жүйелер. Тірі жүйелер өзінің тіршілігін онда қаланған басқару тетіктерінің арқасында ұстап тұрады.

Детерминацияланған және стохастикалық жүйелер. Егер жүйеге (басқарушы және ауытқымалы) түсірілген сыртқы әсер $u=f(t)$ уақыттың белгілі атқарымдарымен анықталған болып саналса, кәдімгі дифференциалды теңдеулермен сипатталатын жүйелердің жай-күйі, t уақыттың оның алдындағы мезетіндегі жүйенің жай-күйі бойынша біржақты сипатталуы мүмкін. Ол үшін жүйелердің жай-күйі біржақты бастапқы мәндерімен анықталатын жүйелердің уақыттың кез келген сәті үшін топшылануы мүмкін екендігі детерминацияланған деп аталады.

Стохастикалық жүйелер – өзгеріс кездейсоқ сипатқа ие болатын жүйелер. Мысалы, әртүрлі пайдаланушылардың энергожүйесіне әсер ету. Жүйелердің жай-күйі туралы деректердің кездейсоқ әсерлері кезінде уақыттың кейінгі мезетінде топшылау үшін жеткіліксіз болады.

Кездейсоқ әсерлер жүйеге сырттан болуы немесе кейбір элементтердің ішінде туындауы мүмкін (ішкі шуылдар). Кездейсоқ әсерлер кезінде жүйелерді зерттеуді, кездейсоқ параметрлердің әсерін өткізбес үшін модельдеу қадамын барынша азайта отырып, кәдімгі әдістермен жүргізуге болады. Бұл ретте кездейсоқ

шамалардың ең жоғары мәні (негізінен техникада қалыпты бөлу басымдық танытады) сирек кездеседі, сондықтан ең аз қадамды таңдау көбінесе негізделмейді.

Басым көпшілік жағдайларда жүйелерді жобалау кезінде кездейсоқ параметрлердің ең үлкен емес, неғұрлым ықтимал мәні алынады. Бұл жағдайда, жекелеген уақыт аралығында жүйе жұмысының нашарлайтынын күні бұрын топшылай отырып, неғұрлым рационалды жүйе алынады. Мысалы, катодтық қорғанысты орнату.

Кездейсоқ әсерлер кезінде жүйелерді есептеу арнайы статистикалық әдістер көмегімен жүргізіледі. Сынақтар жиіні негізінде орындалған, кездейсоқ параметрлерді бағалау енгізіледі. Мысалы, жерасты сулары деңгейі бетінің картасы.

Кездейсоқ шамалардың статистикалық қасиеттері оның функциялары бойынша бөлуді немесе ықтималдық тығыздықтарын анықтайды.

Жүйелерді ашу және жабу. Ашық жүйелер ұғымын Л.фон Бер-таланфи енгізді. Ашық жүйелердің негізгі өзгешелікті белгілері – сыртқы ортада энергиялармен және ақпараттармен алмасу қабілеті. Жабық (тұйық) жүйелер сыртқы ортадан (модельде қабылданған дәлдікпен) оқшауланған.

Жақсы және нашар ұйымдасқан жүйелер. Жақсы ұйымдасқан жүйелер. Талданатын объектіні немесе «жақсы ұйымдасқан жүйелер» түріндегі үдерісті көзге елестету - жүйелер элементтерін, олардың өзара байланысын, неғұрлым ірі компоненттерге біріктіру ережесін анықтауды, яғни жүйелердің барлық компоненттері мен мақсаттары арасындағы, объекті сол көзқарас тұрғысынан қарастырылатын немесе соған жету үшін жүйе құрылатын байланыстарды анықтауды білдіреді. Проблемалық ахуал, мақсатты құралдармен байланыстыратын математикалық өрнек түрінде, яғни күрделі теңдеумен немесе теңдеулер жүйесімен берілуі мүмкін тиімділік өлшемі, жүйенің атқарымдық өлшемі түрінде сипатталуы мүмкін.

Оны жақсы ұйымдасқан жүйелер түрінде ұсыну кезінде есептерді шешу жүйелерді нысандандырылған түрде көрсетудің талдамалық әдістерімен жүзеге асырылады.

Жақсы ұйымдасқан жүйелердің мысалдары: Күннің төңірегінде планеталар қозғалысының неғұрлым түбегейлі заңдылықтарын сипаттайтын күн жүйесі; атомды, ядролар мен электрондардан тұратын планетарлық жүйелер түрінде бейнелеу;

оның жұмыс жағдайларының ерекшеліктерін (шуылдардың болуы, корек алу көздерінің тұрақты еместігі және т.б.) ескеретін теңдеулер жүйелерінің көмегімен күрделі электрондық құрылғылардың жұмысын сипаттау.

Объектіні жақсы ұйымдасқан жүйелер түрінде бейнелеу үшін түбегейлілерін бөліп көрсету және компоненттерді қарастырудың аталған мақсаттары үшін салыстырмалы түбегейлі еместерін ескермеу қажет: мысалы, күн жүйесін қарастыру кезінде метеориттерді, астероидтарды және планетааралық кеңістіктегі планеталармен салыстырғандағы өзге ұсақ элементтерді ескермеу керек.

Объектіні жақсы ұйымдасқан жүйелер түрінде сипаттау детерминацияланған сипаттамаларын ұсынуға болатын және оны қолданудың заңдылығын, модельдердің нақты үдеріске барабарлығын экспериментпен дәлелдеу мүмкін болған жағдайларда қолданылады. Күрделі компонентті, объектілерді немесе көпөлшемді есептерді көрсету үшін жақсы ұйымдасқан жүйелер сыныбын (классын) қолдану ұмтылыстары нашар жүзеге асады: олар аса үлкен уақыт шығындарын қажет етеді, іс жүзінде жүзеге асыруға көне бермейді және қолданылатын модельдерге бара-бар емес.

Нашар ұйымдасқан жүйелер. Объектіні «нашар» ұйымдасқан немесе «диффузиялық жүйелер» түрінде көрсету кезінде бүкіл ескеретін компоненттерді, олардың қасиеттері мен олардың және жүйелер мақсаттары арасындағы байланыстарды анықтау есептері қойылмайды. Жүйе бүкіл объектінің немесе құбылыстар сыныбын зерттеу негізінде емес, кейбір ережелердің көмегімен анықталған зерттелетін объектіні немесе үдерісті сипаттайтын компоненттерді іріктеу негізінде болатын, макропараметрлер мен заңдылықтардың кейбір жиынымен сипатталады. Осындай іріктеп зерттеу негізінде сипаттамаларды немесе заңдылықтарды (статистикалық, экономикалық) алады және оларды тұтастай алғанда бүкіл жүйеге таратады. Бұл ретте тиісті қосымша ескертулер жасалады. Мысалы, статистикалық заңдылықтарды алу кезінде оларды кейбір сенімгерлік ықтималдықпен бүкіл жүйенің тәртібіне таратады.

Объектілерді диффузиялық жүйелер түрінде бейнелеу тәсілдемесі (көзқарасы): жаппай қызмет көрсету жүйелерін сипаттау, кәсіпорындар мен мекемелердегі штаттар санын анықтау, басқару жүйелеріндегі ақпараттардың құжаттамалық ағындарын зерттеулер кезінде кеңінен қолданылады.

Өздігінен ұйымдасатын жүйелер. Объектіні өздігінен ұйымдасатын жүйе түрінде бейнелеу – аздау зерттелген объектілер мен үдерістерді зерттеуге мүмкіндік беретін тәсілдеме. Өздігінен ұйымдасатын жүйелер диффузиялық жүйелер белгілеріне: тәртіптің стохастикалық жекелеген параметрлер мен үдерістердің стационар емес белгілеріне ие. Осыған, тәртіпті (жүріс-тұрысты) алдын ала болжап білудің мүмкін еместігі; ортаның өзгеруші жағдайларына бейімделу қабілеттілігі; бұл ретте тұтастық қасиетін сақтай отырып, жүйенің ортамен өзара әрекеттесуі кезінде құрылымды өзгерту қабілеттілігі, тәртіптің мүмкін нұсқаларын қалыптастыру және олардың ішінен ең жақсысын таңдау қабілеті сияқты белгілерді қосуға болады. Кейбір уақытта бұл сынып адаптивті немесе өздігінен бейімделетін жүйелерге бөле отырып, ішкі сыныптарға және дамушы жүйелердің әртүрлі қасиеттеріне сәйкес келетін өздігінен қалпына келетін, өздігінен жаңғыртылатын (көбейетін) және өзге сыныптарға бөлінеді.

Мысалдар: биологиялық ұйымдар, адамдардың ұжымдық тәртібі (мінез-құлқы), кәсіпорын, салалар, тұтастай алғанда мемлекет деңгейінде, яғни адам факторы міндетті түрде болатын жүйелерде басқаруды ұйымдастыру.

Объектіні өздігінен бейнелеуді қолдану кезінде мақсаттарды анықтау мен құралдарды таңдау есептері, негізінен, бөлінеді. Бұл ретте мақсаттарды таңдау есебі, өз кезегінде, өздігінен ұйымдасатын жүйелер түрінде сипатталуы мүмкін, яғни АБЖ-нің атқарымдық бөліктерінің құрылымы, мақсаттар мен жоспар құрылымы, АБЖ-нің қамтамасыз ететін бөлігінің құрылымы (АБЖ техникалық құралдарының кешені) немесе басқару жүйелерінің ұйымдық құрылымы сияқты бөлінуі мүмкін.

Жүйелік талдауды қолдану мысалдарының басым көпшілігі өздігінен ұйымдасатын жүйелер түрінде көрсетуге негізделген.

Күрделіліктері бойынша жүйелер жіктеуі. Үлкен жүйелерді анықтау. Күрделіліктері бойынша жүйелерді жіктеуде бірқатар көзқарастар бар. Жекелей алғанда, Г. Н. Поваров жүйеге кіретін элементтер санына қатысты, жүйелердің үш сыныбын бөледі:

- шағын жүйелер ($10 \dots 10^3$ элементтер),
- күрделі ($10^4 \dots 10^7$ элементтер),
- ультра күрделі ($10^7 \dots 10^{30}$ элементтер),
- супер жүйелер ($10^{30} \dots 10^{200}$ элементтер).

Өйткені элемент ұғымы жүйелерді зерттеу есептері мен мақсаттарына қатысты туындайды, сондықтан күрделіліктің аталған анықтамасы абсолютті емес, салыстырмалы болып саналады.

Ағылшын кибернетигі С. Бир барлық кибернетикалық жүйелерді, сипаттау тәсіліне: детерминацияланғандығына немесе теориялық-ықтималдығына қатысты жай және күрделіге жіктейді. А. И. Берг күрделі жүйені, кем дегенде екі әртүрлі математикалық тілдерде (мысалы, Бульдің дифференциалды теңдеулер және алгебралар теориясының көмегімен) сипаттауға болатын жүйе ретінде анықтайды.

Математикалық түрде мінсіз сипаттауға болмайтын, я бір-бірімен белгісіз түрде байланысқан элементтердің өте көп саны болғандықтан, я жүйеде өтетін құбылыстар табиғаты белгісіз болғандықтан, жүйелерді өте жиі күрделі жүйелер деп атайды.

Жүйелердің күрделілігі: құрылымдық күрделілік және тәртіп күрделілігі сияқты екі аспектілерде қарастырылады.

Қазіргі уақытта басқарудың құрылымдық күрделі сызықтық емес жүйелерінің дәл анықтамасы мен өлшемдері жоқ. Бірақ көпөлшемділік, көпбайланыстылық, көпконтурлық, сондай-ақ ол бойынша модельді басқарудың құрылымдық-күрделі сызықтық емес жүйелеріне жатқызуға болатын құрылымның көпдеңгейлі, құрамды және көпмақсатты сипаты сияқты белгілері бар. Аталған термин А. А. Вавиловтың ғылыми мектебінің жұмыстарында пайдаланылды.

Күрделі жүйелерді әзірлеу кезінде, олардың элементтері мен ішкіжүйелерін құрайтын қасиеттерге ғана емес, сонымен бірге тұтастай алғанда жүйенің атқарымдық заңдылықтарына жататын проблемалар да туындайды. Бұл ретте өзіндік ерекшелікті есептердің кең шеңбері пайда болады, атап айтқанда олар:

- жүйелердің жалпы құрылымдарын анықтау;
- элементтер мен ішкі жүйелер арасындағы өзара әрекетті ұйымдастыру;
- сыртқы орта әсерінің есебі;
- жүйелердің атқарымдық оңтайлы режимдерін таңдау;
- жүйені оңтайлы басқару және т.б.

Жүйе неғұрлым күрделі болған сайын, осы мәселелерге соғұрлым көбірек көңіл бөлінеді. Жүйелер теориясы күрделі жүйелерді зерттеудің математикалық базасы болып саналады. Жүйелер тео-

риясында, егер ол бір-бірімен өзара байланысты және өзара әрекет ететін элементтердің үлкен санынан тұрса және күрделі функцияны орындауға қабілетті болса, жүйені үлкен жүйе (күрделі, үлкен масштабтағы жүйе, Large Scale Systems) деп атайды.

Жай жүйелерді үлкен жүйелерден бөліп тұратын дәл шекара-лар жоқ. Бөлу – бұл шартты және артық атқарамдық жүйенің болуымен, өзінің құрамында ішкі жүйелер жиынтығына ие болатын жүйелердің пайда болуынан туындады. Жай жүйе екі күйде ғана болуы мүмкін: жұмысқа қабілеттілік (жарамдық) және істен шығу (жарамды емес) күйінде. Элементтің істен шығуы кезінде жай не өз қызметін орындауды толық тоқтатады, не, егер істен шыққан (жарамсыз болып қалған) элементтің резерві болса, оны толық көлемде орындауын жалғастыратын болады. Үлкен жүйе жекелеген элементтердің және тіпті тұтас ішкі жүйелердің істен шығуы кезінде әрқашанда жұмыс қабілетін жоғалтпайды, көбінесе оның тиімділік сипаттамалары ғана азаяды. Үлкен жүйелердің бұл қасиеті олардың артық атқарымдығымен байланысты және өз кезегінде, жүйелердің «істен шығу» ұғымын тұжырымдауды қиындатады.

Материалдық қорларды, ақпараттарды жинау, беру және өңдеу құралдарының, осы құралдарға қызмет көрсетумен айналысатын адам-операторлардың және шешімдер қабылдау үшін қажетті құқықтар мен жауапкершілікке ие болатын адам-жетекшілердің жиынтығы үлкен жүйе болып түсіндіріледі. Материалдық қорлар – бұл шикізат, материалдар, жартылай фабрикаттар, ақша құралдары, энергияның әр түрлері, станоктар, жабдықтар, өнімдер шығарумен айналысатын адамдар және т.б. Қорлардың бүкіл көрсетілген элементтері, берілген ережелер бойынша ортақ мақсаттарға немесе мақсаттар топтарына жету үшін элементтер арасындағы өзара әрекет үдерісін анықтайтын байланыстардың кейбір жүйелерінің көмегімен біріктірілген.

Үлкен жүйелердің мысалдары:

- ақпараттық жүйе;
- ірі қаладағы жолаушылар көлігі;
- өндірістік үдеріс;
- ірі аэродромда ұшуды басқару жүйесі;
- энергетикалық жүйе және т.б.

Үлкен жүйелердің сипатты ерекшеліктері. Оған мыналар жатады:

- жүйедегі элементтердің үлкен саны (жүйелердің күрделілігі);
- элементтер арасындағы өзара байланыс пен өзара әрекеттер;
- басқару құрылымдарының сатылығы;
- басқарудың неғұрлым жауапты атқарымдарының бөлігі жүктелетін басқару контурында адамның міндетті болуы.

Жүйелердің күрделілігі. n элементтердің жиынтығы бар деп алайық. Егер олар окшауланған, бір-бірімен байланысты емес болса, онда осы n элементтер әлі де жүйе болып саналмайды. Осы жиынтықтарды зерделеу үшін, n зерттеулерден аспайтын зерттеулер жүргізсе жеткілікті болады. Жалпы жағдайда жүйеде A элементтің B элементпен, B элементтің C элементпен байланысы эквивалентті емес, сондықтан $n(n-1)$ байланыстарды қарастыру қажет. Егер әрбір байланыстың күйін аталған мезеттегі болуымен немесе жоқ болуымен сипаттайтын болсақ, онда жүйелер күйлерінің (осындай өте қарапайым тәртіп үшін) жалпы саны 2^n -ге тең болады. Тіпті n үлкен емес болған кезде бұл фантастикалық сан болады. Мысалы, мейлі $n=10$ болсын дейік. Байланыстар саны $n(n-1)=90$.

Сондықтан оның күйін тікелей тексеру жолымен үлкен жүйелерді (ҮЖ) зерделеу аса үлкен болып шығады. Демек ЭЕМ-ді пайдалану және үлкен жүйелердің ескерілетін күйлерінің санын қысқартуға мүмкіндік беретін әдістерді әзірлеу қажет. ҮЖ күйлерінің санын қысқарту – жүйелерді формалды сипаттаудағы алғашқы қадам болып саналады.

Үлкен жүйелердегі элементтер арасындағы өзара байланыс пен өзара әрекет. Жүйелердің элементтерге және ішкі жүйелерге бөлінуі әртүрлі тәсілдермен жүргізілуі мүмкін. Аталған зерттеулер кезінде бір бөлінбейтін тұтас ретінде қарастырылатын, әртүрлі техникалық құралдар мен адамдардың жиынтығын жүйелер элементі деп атайтын боламыз.

Жүйелерді элементтерге бөлшектеу – жүйелерді формалды сипаттау кезіндегі екінші қадам. Бұл ретте ішкі құрылым зерттеу пәні болып саналады. Тұтастай алғанда, жүйелердің сипатына әсер ететін және оның жүйелердің өзге элементтерімен өзара әрекетін анықтайтын қасиеті ғана маңызға ие болады.

Жүйелер элементтерінің формалды кез келген жиынтығы олардың арасындағы байланыстармен бірге оның ішкі жүйесі ретінде қарастырылуы мүмкін. Осы ұғымды пайдалану, көбірек немесе азырақ дербестікке ие кейбір жүйелердің дербес жұмыс

істейтін бөлшектері көрінген жағдайларда, әсіресе, жемісті болады.

Ұшақтың ұшуын басқару жүйесінде мына ішкі жүйелерді бөліп көрсетуге болады:

- алыстан анықтау және басқару жүйесі;
- көпарналы алыс байланыстар жүйесі;
- ұшақтың көрмей, жердің бағытына қарамай қону және ұшу көпарналы жүйесі;
- диспетчерлеу жүйесі;
- ұшақтың борт аппаратурасы.

ҮЖ ішкі жүйелерінің өзі, тиісті ішкі жүйелерге оңай бөлшектеуге болатын үлкен жүйелер болуы мүмкін. Мәселен, «Қалалық жолаушылар көлігі» үлкен жүйесін көлік түрлері бойынша ішкі жүйелерге: троллейбустарға, автобустарға, трамвайға, метрополитенге, таксиге бөлшектеуге болады. Осы ішкі жүйелердің әрбірі, өз кезегінде, ҮЖ болып саналады. Мәселен, таксомотор шаруашылығы жүздеген (мындаған) автомобильдер мен жүргізушілерден, әлденеше автопарктерден, техникалық күтім жасау және басқару құралдарынан тұрады.

Ішкі жүйелердің бөлінуі – ҮЖ-ні формалды сипаттау кезіндегі үшінші маңызды қадам болып саналады.

Жүйелік талдау. Қазіргі уақытта жүйелік талдау неғұрлым сындарлы бағыт болып саналады. Бұл термин біржақты қолданылмайды. Бір көздерде ол «жоспарлау мен байланысты басқару функцияларына жүйелік тұжырымдамалардың қосымшасы» ретінде анықталады. Өзге бір дерек көздерінде – «жүйелерді талдау» (Э. Квейд) терминінің немесе «жүйелік зерттеу» (С. Янч) терминінің синонимі ретінде қолданылады. Бірақ оның тек жүйе мақсаттарының құрылымдарын анықтауға, атқарымдық және қамтамасыз етушілік бөлікті қоса, тұтастай жүйені жоспарлауға немесе зерттеуге қолданылатынына байланыссыз, жүйелік талдау жұмыстарында, әрқашанда зерттеу жүргізу әдіснамасында зерттеу кезеңдерін бөліп көрсетуге және осы кезеңдерді орындау әдістемесін нақты жағдайларда орындауға талпыныс жасауға ұсынылатындығымен ілгеріде қарастырылғандардан түбегейлі өзгешеленеді. Бұл жұмыстарда әрқашанда жүйелер мақсаттарын анықтау, мақсаттарды көрсетуді нысандандыру мәселелеріне ерекше назар аударылады. Кейбір авторлар тіпті бұны анықтауда: жүйелік талдау – бұл мақсатты бағытталған жүйелерді зерттеу әдіснамасы (Д. Киланд, В. Кинг) екенін атап көрсетеді.

«Жүйелік талдау» термині алғаш рет RAND Corporation (1948) зерттеулерінде әскери басқару есептерімен байланысты пайда болды, ал отандық әдебиетте 1969 жылы С. Опткердің «Іскерлік және өнеркәсіптік проблемаларды шешу үшін жүйелік талдау» кітабы шыққаннан кейін кең таралды.

Бастапқы кезде жүйелік талдау бойынша жұмыстар басым көпшілік жағдайларда операцияларды оңтайландыру мен зерттеу теорияларының идеяларына негізделді. Бұл ретте қандай да бір формаларда, мақсатты жұмыс істеу немесе тиімділік көрсеткіштері өлшеміне ұқсас құралдармен байланыстыратын, яғни объектіні жақсы ұйымдасқан жүйелер түрінде бейнелейтін өрнектер алуға ұмтылуға ерекше назар аударылды.

Мысалы, ертеректегі автоматтандырылған басқару жүйесін (АБЖ) әзірлеу жөніндегі басшылыққа алған материалдарда мақсаттарды есептер жиыны ретінде көзге елестету және есептерді оған жету әдістерімен және құралдарымен байланыстыратын материалдар құру ұсынылған болатын. Шынында да, осы тәсілдемені тәжірибеде қолдану кезінде оның жеткіліксіздігі тез арада анықталды және зерттеушілер ең алдымен, олардың арасындағы мақсаттарды, компоненттерді және байланыстарды ғана емес, ақпараттар жинақтауға, жаңа компоненттер енгізуге, жаңа байланыстарды анықтауға, яғни объектіні (оны қалай жасау керектігін әрқашан ұсынбастан) дамушы жүйелер түрінде белгілеуге мүмкіндік беретін модельдер құру қажеттілігіне назар аудара бастады.

Кейінірек жүйелік талдау «зерделенетін үдерісті ішкі үдерістерге тізбектік бөліктеу үдерісі» (С. Янч) ретінде анықтай бастайды және зерттеу мен орындаушылар әдістерін іріктеу ол үшін мүмкінге айналатын ішкі проблемаларға және кезеңдерге бөліктеу жолымен күрделі проблемаларды шешуге мүмкіндік беретін тәсілдерді іздеуге басты назар аударады. Жұмыстардың көпшілігінде көпсатылы бөлшектеуді «ағаш» типіндегі сатыластық құрылымдар түрінде көзге елестетуге ұмтылады, бірақ бірқатар жағдайларда функциялардың уақыттық тізбектіліктерімен анықталатын құрылымдар нұсқаларын алу әдістемелері әзірленді.

Қазіргі уақытта жүйелік талдау жоспарлау мен басқару проблемаларына қолданылатындай ыңғайда дамуда және жоспарлаудағы бағдарламалық-мақсатты қағидаттарға назар аударудың күшеюімен байланысты бұл термин іс жүзінде «мақсат құру» және

«бағдарламалық-мақсатты жоспарлау мен басқару» терминдерінен бөлінбейтін тұтастыққа айналды. Осы кезеңдегі жұмыстарда жүйелер тұтас ретінде талданады, тұтасты дамытудағы мақсат құру үдерістерінің рөлі, адамның рөлі қарастырылады. Бұл ретте, жүйелік талдауда құралдар жетпейтін болып шықты: негізінен бөліктерге бөлшектеу құралдары дамығанымен, бөлшектеу кезінде тұтасты қалай жоғалтпау керектігі туралы ұсыныстар болмады. Сондықтан жүйелік талдау жүргізу кезінде нысандандырылмаған әдістердің рөліне назар аударудың күшейгені байқалады. Жүйелік талдау жүргізу кезіндегі формалды және формалды емес әдістердің ұштасуы мен өзара әрекет ету мәселелері шешілмеген. Бірақ осы ғылыми бағытты дамыту оларды шешу жолымен келеді деп айтуға болады.

ҮЖ теориясы проблемаларды жүйелік талдау көзқарасы тұрғысынан мынадай үш негізгі ғылыми бағытты енгізеді:

1. басқарумен байланысты жүйелердегі ақпараттық үдерістерді талдау кіретін, басқару туралы ғылым ретінде – кибернетика;

2. жүйелердің мақсатты тағайындалуына басқарудың сәйкестік дәрежесінің сандық негіздемесін беретін ғылым ретінде операцияларды зерттеу;

3. жүйелердің негізгі құралдарының атқарымдық үдерісін талдау мүмкіндігін беретін экономикалық (техникалық-экономикалық, әскери-экономикалық зерттеу) зерттеу.

Демек адамдар ұжымдарының мақсатты бағытталған қызметін, адамдар басқаратын техниканың және табиғат күштері мен техниканың жұмыс істеуін талдаумен байланысты проблемалар шеңбері, үлкен ұйымдық жүйелерге қолдануға ыңғайлы жүйелер теориясының пәні болып саналады.

ҚОРЫТЫНДЫ

• Жүйенің әртүрлі анықтамасын қарастыра отырып және олардың бірде-бірін негізгі ретінде бөліп көрсетпестен, әдетте жүйелер ұғымының күрделілігін, зерттеудің әртүрлі сатыларындағы сипаттау формаларын таңдаудың біржақты еместігін атап көрсетеді. Жүйелерді сипаттау кезінде барынша толық тәсілді пайдалануға, содан кейін, оның жұмыс жасауына әсер ететін неғұрлым маңызды

компоненттерді бөліп көрсетуге және жүйенің жұмыстық сипаттамасын тұжырымдауға кеңес беріледі.

- Модельдер ұғымы біржақты түсіндірілмейді. Нақты болмыста және алмастырылатын модельдердің нақты объектілерінде өтетін үдерістердің ұқсастығы оның негізі болып қаланған. Философияда, түпнұсқаны неғұрлым терең тану мақсатымен, зерделенетін объектіні оның оңайлатылған түсінігімен алмастыратын, кибернетиканың кең категориясы модель болып түсіндіріледі. Зерттелетін объектінің мінсіз математикалық көрсетілуі математикалық модель (ары қарай жай модель) болып түсіндіріледі.

- АТ-ның негізгі мақсаты – бастапқы ақпараттарды өңдеу бойынша мақсатты бағытталған іс-қимылдар нәтижесінде, оны талдау және соның негізінде қандай да бір әрекетті орындау бойынша шешім қабылдау мақсатымен, пайдаланушы үшін қажет ақпарат алу.

- АЖ былай жіктеледі: ақпаратты берудің нысандандырылған аппаратының түрі бойынша (детерминацияланған, стохастикалық); құрылымдары мен тәртібінің күрделілігі бойынша; ұйымдасқандық дәрежесі («жақсы» және «нашар» ұйымдасқан, өздігінен ұйымдасатын) бойынша.

- Объектіні өздігінен ұйымдасатын жүйе түрінде бейнелеу – зерттелген объектілер мен үдерістерді зерттеуге мүмкіндік беретін тәсілдеме. Өздігінен ұйымдасатын жүйелер диффузиялық жүйелер белгілеріне: тәртіптің стохастикалық жекелеген параметрлер мен үдерістердің стационар еместік белгілеріне ие.

- Математикалық түрде мінсіз сипаттауға болмайтын, я бір-бірімен белгісіз түрде байланысқан элементтердің өте көп саны болғандықтан, я жүйеде өтетін құбылыстар табиғаты белгісіз болғандықтан, жүйелерді көбінесе күрделі жүйелер деп атайды.

- Жүйелер теориясы күрделі жүйелерді зерттеудің математикалық базасы болып саналады. Жүйелер теориясында, егер ол бір-бірімен өзара байланысты және өзара әрекет ететін элементтердің үлкен санынан тұрса және күрделі функцияны орындауға қабілетті болса, жүйені үлкен жүйе деп атайды.

- Бастапқы кезде жүйелік талдау бойынша жұмыстар басымкөпшілік жағдайларда операцияларды оңтайландыру мен зерттеу теорияларының идеяларына негізделді. Бұл ретте қандай да бір формаларда, мақсатты жұмыс істеу немесе тиімділік көрсеткіштері өлшеміне ұқсас құралдармен байланыстыратын, яғни объектіні

жақсы ұйымдасқан жүйелер түрінде бейнелейтін өрнектер алуға ұмтылуға ерекше назар аударылды.

• Қазіргі уақытта жүйелік талдау жоспарлау мен басқару проблемаларына қолданылатындай ыңғайда дамуда және жоспарлаудағы бағдарламалық-мақсатты қағидаттарға назар аударудың күшеюімен байланысты бұл термин іс жүзінде «мақсат құру» және «бағдарламалық-мақсатты жоспарлау мен басқару» терминдерінен бөлінбейтін тұтастыққа айналды. Осы кезеңдегі жұмыстарда жүйелер тұтас ретінде талданады, тұтасты дамытудағы мақсат құру үдерістерінің рөлі, адамның рөлі қарастырылады.

СОӨЖ және СӨЖ тапсырмалары

1. Тақырып бойынша бақылау сұрақтарына жауап беру:

1. Жүйелердің құрылымы мен жұмыс істеуін сипаттайтын негізгі ұғымдарды атаңыз?

2. Жүйелердің моделі мен мақсаты қандай?

3. Негізгі ақпараттық үдерістерге не жатады?

4. АТ-ның негізгі мақсаты қандай?

5. Бүкіл АЖ үшін ортақ болып саналатын негізгі қасиеттері қандай болады?

6. АЖ қандай негізгі есептерді шешеді?

7. Ақпараттық жүйелердің түрлерін атаңыз.

8. Күрделіліктері бойынша жүйелер қалай жіктеледі?

9. Күрделі жүйелерді әзірлеу кезінде, олардың элементтері мен ішкі жүйелерін құрайтын қасиеттер?

10. Қазіргі уақытта жүйелік талдау қандай бағыт болып саналады?

2. Тақырып бойынша тест тапсырмаларының сұрақтарына жауап беру:

1. **Атрибут қандай операция?**

A) Қайта кодтау

B) Қайта сақтау

C) Түрлендіру

D) Тасымалдау

E) Жою

2. **Іріктеу дегеніміз -**

- A) Бір облыстағы жинақталған АҚБ мәндері
- B) Бір аймақтағы АҚБ мәндер көпшісін бөлу операциясы
- C) Кез келген АҚБ мәндер жиынтығы
- D) Барлық АҚБ мәндерін алу операциясы
- E) Алын ала қойылған іріктеу шартын қанағаттандыратын АҚБ мәндер көпшесін бөлу операциясы

3. **Декомпозиция -**

- A) Есептеуге арналған бастапқы және анықтамалық ақпараттар
- B) Бастапқы АҚБ-н әртүрлі құрылымды бірнеше АҚБ-не түрлендіру операциясы
- C) Кейінгі АҚБ-н бірдей құрылымды бір АҚБ-не түрлендіру операциясы
- D) АҚБ-н барлық аймақтағы бірнеше түрлерінің өңдеу операциясы
- E) Аталғандардың барлығы жатады

4. **Композиция -**

- A) Әртүрлі құрылымды АБҚ-н бірнеше АБҚ-не сақтау операциясы
- B) Бірдей құрылымды АБҚ-н бірнеше АБҚ-не өзгерту операциясы
- C) Әртүрлі құрылымды АБҚ-н бір АБҚ-не түрлену операциясы
- D) Ұқсас АБҚ-н бірнеше АБҚ-не түрлену операциясы
- E) Дұрыс жауабы жоқ

5. **Деректер моделі нешеу?**

- A) 5
- B) 2
- C) 1
- D) 4
- E) 3

6. **Көрсеткіш дегеніміз не?**

- A) Есептеуге арналған бастапқы және анықтамалық ақпараттар
- B) Кез келген мәндердің заттық облысы
- C) Мәліметтердің жиынтығын өңдеу операциясы
- D) Кейбір үрдіс пен объектіні кескіндейтін толық сандық параметр сипаты
- E) Аталғандардың барлығы жатады.

7. **Атрибут белгі дегеніміз не?**

- A) Объектінің, заттың, процестің сапалық қасиетінің ақпараттық кескінін білдіреді
- B) Объектінің, заттың, процестің сандық қасиетінің ақпараттық кескінін көрсетеді
- C) Ешнәрсе көрсетпейді
- D) Үрдіс пен объектіні кескіндейді
- E) Дұрыс жауабы жоқ

8. Атрибут белгі қалай белгіленеді?

- A) C
- B) A
- C) Q
- D) K
- E) P

9. Атрибут-негіз қалай белгіленеді?

- A) Q
- B) P
- C) A
- D) C
- E) K

10. Атрибут-негіз дегеніміз не?

- A) Есептеуге арналған бастапқы және анықтамалық ақпараттар
- B) Кез келген мәндердің заттық облысы
- C) Мәліметтердің жиынтығын өңдеу операциясы
- D) Кейбір үрдіс пен объектіні кескіндейтін толық сандық параметр сипаты
- E) Объектінің, заттың, процестің сандық қасиетінің ақпараттық кескінін көрсетеді

11. Алгебра қасиеттерін Сызықтық оптимизациялау моделін ненің көмегімен дұрыс түсінуге болады?

- A) Геометриялық интерпритация
- B) Алгебралық конфигурация
- C) Алгебралық мағынамен
- D) Геометриялық иерархия
- E) Дұрыс жауабы жоқ

12. Төменде көрсетілген абстракциялардың ортасында қайсысы артық?

- A) Символдық
- B) Мәтіндік
- C) Эвристикалық
- D) Логикалық
- E) Динамикалық

13. **Күрделі жүйелерді пайдаланғанда нені қолданғанда көптеген сынаулар мен зерттеулер жүргізу қажет? Ол неге байланысты?**

- A) Есептеуге арналған бастапқы және анықтамалық ақпараттарда
- B) Дұрыс жауабы жоқ
- C) Мәліметтердің жиынтығын өңдеу операциясына
- D) Жүйелердің әртүрлі қасиеттерін көрсететін бағалау көрсеткіштеріне
- E) Объектінің, заттың, процестің сандық қасиетінің ақпараттық кескінін көрсетеді

14. **Қандай түрде бейнелеу абстракцияның ең жоғарғы түрі болады?**

- A) Логикалық
- B) Алгебралық
- C) Лингвистикалық
- D) Геометриялық
- E) Динамикалық

15. **Хабарламалар ненің көмегімен беріледі?**

- A) Сигнал
- B) Ток
- C) Өткізгіш
- D) Сым
- E) Адам

16. **Берілген хабарламаға сәйкес ақпараттық параметрді басқару қалай аталады?**

- A) Фильтрлеу
- B) Модельдеу
- C) Кескіндеу
- D) Суреттеу
- E) Бейнелеу

17. **Егер тасымалдау сигналының ақпараттық параметрі үздіксіз өзгертін болса, онда модельдеу әдістері қандай болады?**

- A) Анықталған
- B) Қосылған

- C) Үздікті
- D) Үздіксіз
- E) Дұрыс жауабы жоқ

18. **Тасымалдаушы сигнал ретінде импульстардың ілеспелілік әдісін қолданса, онда ол -**

- A) Анықталған
- B) Қосылған
- C) Үздікті
- D) Үздіксіз
- E) Импульсты

19. **Ақпараттық параметр мәндерінің сандық көлеміне ие болатын модельдеу әдісі қалай аталады?**

- A) Модельденген
- B) Импульсті
- C) Дискретті
- D) Үзіліссіз
- E) Дұрыс жауабы жоқ

20. **ЖМ сигналдар үшін қарапайым демодуляторды не үшін пайдалануға болады?**

- A) Геометриялық интерпретация
- B) Алгебралық дискриминатор
- C) Жиілікті модельдеу
- D) Девиация
- E) Жиілікті дискриминатор

3-ТАҚЫРЫП. КИБЕРНЕТИКАЛЫҚ ТӘСІЛДЕМЕ

Дәрістің мәнмәтіні

Мақсаты: Кибернетикалық тәсілдеме негіздерін үйрену

Дәріс жоспары

1. АЖ құру кезіндегі кибернетикалық тәсілдеме
2. Ақпарат және басқару

Негізгі түсініктер: кибернетикалық тәсілдеме, басқару есептері, еліктемелік модель, агенттік модельдеу, дискреттік-оқиғалық модельдеу, жүйелік динамика, белгіленген қадам тәсілі, оқиғалық әдіс, тұрақтандыру, шектеу.

Тақырыптың мазмұны: *Кибернетика* – динамикалық жүйелермен, басқарумен байланысты ақпараттық үдерістерді зерделейтін, табиғаттағы, қоғамдағы, тірі организмдердегі және машиналардағы басқарудың жалпы заңдары туралы ғылым. *Кибернетикалық тәсілдеме* – кибернетика қағидаттары негізінде, жекелей алғанда, тікелей және кері байланыстарды анықтау, басқару үдерістерін зерделеу, жүйелер элементтерін әлдебір «қара жәшіктер» (олардың кіретін және шығатын ақпараты ғана зерттеушіге қолжетімді, ал ішкі құрылғы белгісіз болуы мүмкін жүйе) ретінде жүйелер элементтерін қарастыру көмегімен жүйелерді зерттеу.

Жүйелердің ішкі құрылымы модельденетін талдамалық тәсілдемеден өзгешелігі - «қара жәшік» әдісінде жүйелердің сыртқы атқарымы модельденеді. Осылайша, эксперимент жасаушы көзқарасы тұрғысынан жүйелер (модельдер) құрылымы, жүйелердің тәртіптік ерекшеліктерін ғана имитациялайтын (еліктеу) қара жәшікте жасырынған.

Кибернетикалық тәсілдемеде, оған жасалатын сұратулар типі бойынша ажыратылатын ақпараттық модельдерді зерттейді: жүйелердің сыртқы әсерге жауап қатуын модельдеу; жүйелердің өзгеру динамикасын болжау; құндылықтардың берілген атқарымдарына қатынасы бойынша жүйелер параметрлерін оңтайландыру; жүйені адаптивті басқару.

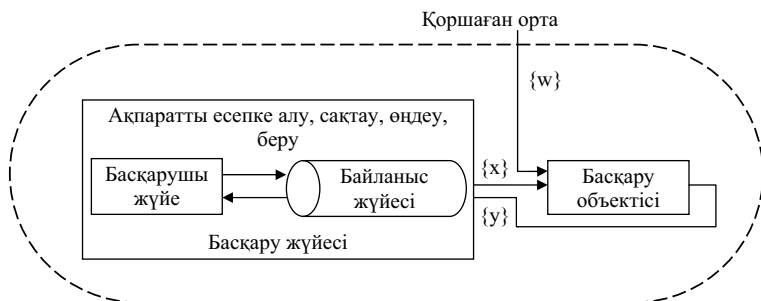
Кибернетика мен жүйелердің жалпы теориясының ортақ нәр-

селері көп, мысалы, зерттеу объектісін жүйелер түрінде елестету, жүйелердің атқарымдары мен құрылымдарын зерделеу, басқару проблемаларын зерттеу және т.б. Бірақ жүйелер теорияларынан өзгешелігі кибернетика, зерттеу объектілерінде ақпараттар ағындарының әр түрлерін, оларды өңдеу, талдау, түрлендіру, беру тәсілдерін бөліп көрсететін және зерделейтін, басқару үдерістерін зерттеуге ақпараттық тәсілдемені тәжірибеде қолданады.

Адам немесе құрылғы тудыратын ақпараттық әсер арқылы жүйелердің мақсатты бағытталған тәртібін қалыптастыру үдерісі жалпыланған түрде басқару болып түсіндіріледі. Басқарудың мынадай есептерін атауға болады:

- мақсат құру есебі (жүйенің тәртібін немесе қажет күйді анықтау); тұрақтандыру есебі (ауытқымалы әсерлер жағдайларында жүйелерді сол күйде ұстап тұру);
- бағдарламалдарды орындау есебі (басқарылатын шамалардың мәні белгілі детерминацияланған заң бойынша өзгерген кездегі жағдайларда жүйені талап етілетін күйге ауыстыру);
- *қадағалау* есебі (басқарылатын шамалардың өзгеру заңдары белгісіз немесе өзгертін жағдайлардағы жүйелердің талап етілетін тәртібін қамтамасыз ету);
- *оңтайландыру* есебі (берілген жағдайлар және шектеулер кезінде жүйелерді сипаттамалардың экстремалды мәндері күйінде де ауыстыру немесе ұстап тұру).

Кибернетикалық тәсілдеме тұрғысынан АЖ-ні басқару ақпараттар алмасу, өңдеу және түрлендіру үдерістерінің жиынтығы ретінде қарастырылады. Кибернетикалық тәсілдеме АЖ-ні үш ішкі жүйе: басқарушы жүйе, басқару объектісі және байланыс жүйесі құрамына кіретін басқарылатын жүйе (2-сурет) ретінде қарастырады.



2-сурет. АЖ-ні сипаттайтын кибернетикалық тәсілдеме

Басқарушы жүйе байланыс жүйесімен бірге *басқару жүйесін* құрады. Байланыс жүйесіне бойымен кіретін ақпарат $\{x\}$ берілетін тіке байланыс арнасы мен бойымен басқарушы жүйеге басқару объектісінің күйі $\{y\}$ туралы ақпараттар берілетін кері байланыс арнасы кіреді. Басқарылатын объекті және сыртқы орта туралы ақпаратты басқарушы жүйе қабылдайды, басқарудың қандай да бір мақсаттарына сәйкес қайта өңделеді және басқарушылық әсерлер түрінде басқару объектісіне беріледі. Кері байланыс ұғымын пайдалану кибернетикалық тәсілдеменің ерекше белгісі болып саналады.

Басқару жүйелері атқарымдарының негізгі топтары болып мыналар саналады:

- *шешімдер қабылдау* немесе *ақпараттар мазмұнын түрлендіру* атқарымдары басқару жүйесіндегі бастысы болып саналады, басқару объектісі мен сыртқы орталардың жай-күйі туралы ақпараттар мазмұнын басқарушы ақпаратқа түрлендіру арқылы көрінеді;

- ақпараттар өңдеудің бұрыннан белгілі атқарымдары ақпараттар мазмұнын өзгертпейді, ақпараттарды есепке алу, бақылау, сақтау, іздеу, бейнелеу, таралымын көбейту, түрлендіру формаларын ғана қамтиды.

- *ақпараттар алмасу атқарымдары* қабылданған шешімдерді басқару объектісіне дейін жеткізумен және шешімдер қабылдайтын тұлғалар арасында ақпараттар алмасу (мәтіндік, кестелік, графикалық, электрондық және басқа ақпараттарды жинау, телефонмен, факспен, жергілікті және жаһандық желілермен және т.б. жіберу).

Кибернетикалық тәсілдемені жүзеге асыру үшін еліктемелік (имитациялық) модельдеу немесе компьютерлік модельдеу жиі пайдаланады.

Еліктемелік модельдеу – зерделенетін жүйе, нақты жүйені жеткілікті дәлдікпен сипаттайтын модельмен алмастырылатын және осы жүйе туралы ақпараттар алу мақсатында онымен эксперименттер жүргізілетін зерттеу әдісі. Модельмен эксперимент жасау - *еліктеме* (еліктеме – бұл нақты объектіде эксперименттерге жүгінбей, құбылысты түсіну деп аталады).

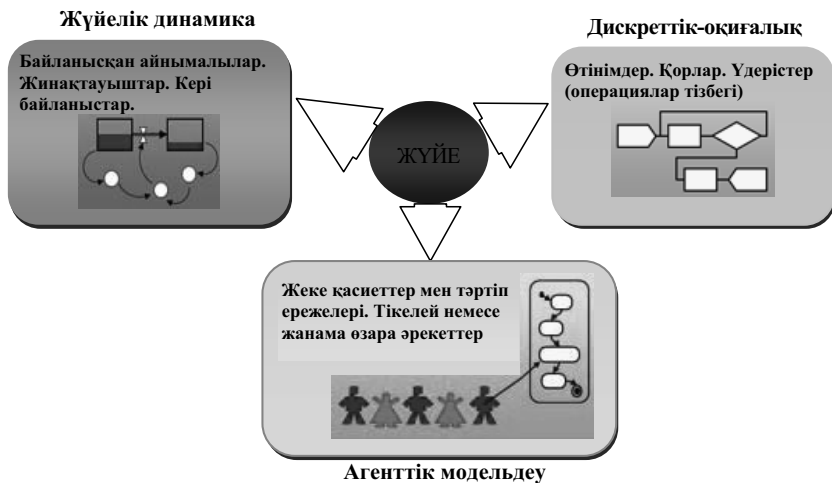
Еліктемелік модельдеу – бұл математикалық модельдеудің жеке жағдайы. Әртүрлі себептер бойынша талдамалық модельдер әзірленбеген, я алынған модельдерді шешу әдістері әзірленбеген объектілер сыныбы бар. Бұл жағдайда математикалық модель *имитатормен* немесе *еліктемелік* модельмен алмастырылады.

Еліктемелік модель - объектінің атқарымдығын жобалау, талдау және бағалау мақсаттарында компьютерде эксперимент жасау үшін пайдаланылуы мүмкін, объектіні логикалық-математикалық сипаттау. Осындай модельді бір сынақ үшін, сол сияқты олардың берілген жиыны үшін уақыт бойынша «ойнатуға» болады. Мұнда нәтижелер үдерістердің кездейсоқ сипатымен анықталатын болады. Осы деректер бойынша жеткілікті орнықты статистика алуға болады.

Еліктемелік модельдеудің түрлері 3-суретте көрсетілген.

Агенттік модельдеу – атқарымдық динамикасы жаһандық ережелермен және заңдармен емес (модельдеудің өзге парадигмаларындағы сияқты), керісінше, осы жаһандық ережелермен заңдар, топтар мүшелерінің жеке белсенділіктерінің нәтижесі болып саналатын кездегі ережелермен және заңдармен анықталатын, орталықтандырылмаған (децентрализованных) жүйелерді зерттеу үшін пайдаланылатын еліктемелік модельдеудегі салыстырмалы (1990 – 2000-ші жылдар) жаңа бағыт. *Агенттік модельдердің мақсаты* – оның жекелеген белсенді объектілерінің жеке тәртіптері және осы объектілердің жүйедегі өзара әрекеті туралы жорамалдарға сүйене отырып, жүйелердің жалпы тәртіптерінің осы жаһандық ережелері туралы түсінік алу. *Агент* – ережелердің кейбір жиынына сәйкес шешім қабылдауы, төңірегімен өзара әрекет етуі, сондай-ақ өздігінен өзгеруі мүмкін, белсенділікке, автономиялы тәртіпке ие болатын кейбір мәні.

Дискреттік-оқиғалық модельдеу – оқиғалардың үзіліссіз табиғатынан абстракциялануды және модельденетін жүйелердің негізгі оқиғаларын ғана қарастыруды ұсынатын модельдеу тәсілдемесі. Дискреттік-оқиғалық модельдеу неғұрлым дамыған және жаппай қызмет көрсететін логистикалар мен жүйелерден көлік және өндірістік жүйелерге дейін – қосымшалардың аса үлкен аясына ие. Модельдеудің осы моделі өндірістік үдерістерді модельдеу үшін көбірек дәл келеді. Оны Джеффри Гордон 1960 жылдары негіздеген болатын.



3-сурет. Еліктемелік модельдеудің үш тәсілдемесі

Жүйелік динамика – зерттелетін жүйелер үшін уақыт аралығында бір параметрлердің өзге параметрлерге себептік байланыстары мен жаһандық әсерлерінің графикалық диаграммалары құрылатын, содан кейін осы диаграммалар негізінде жасалған модель компьютерде имитацияланған модельдеу парадигмасы. Негізі бойынша модельдеудің осындай түрі объектілер мен құбылыстар арасындағы себептік-салдарлық байланыстарды анықтау негізін бүкіл өзге парадигмалардан көбірек жақсы түсінуге көмектеседі. Жүйелік динамикалар көмегімен бизнес-үдерістер, қалаларды дамыту модельдері, өндіріс, көбею динамикасы, экология және эпидемиялардың даму модельдері құрылады. Әдісті Джей Форрестерон 1950 жылдары негіздеген болаты.

Абстрациялар шкаласында еліктемелік модельдеу тәсілдемелері 4-суретте көрсетілген.

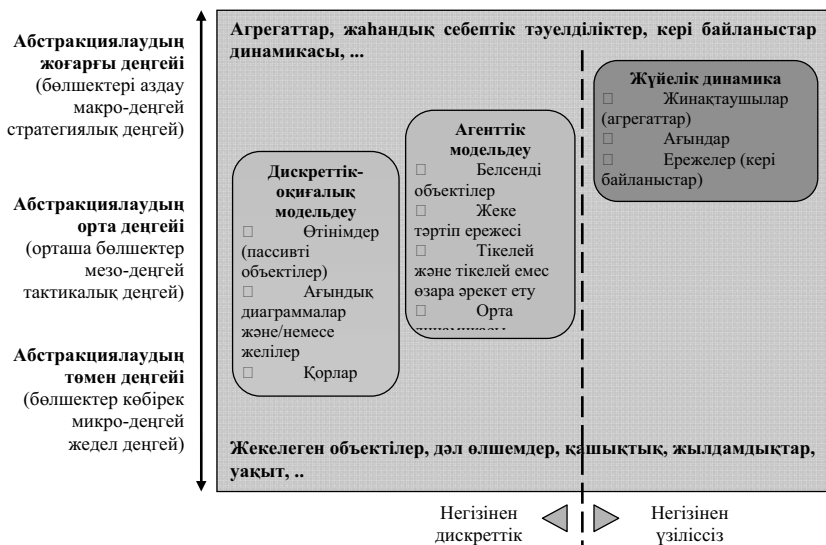
Олардың логикалық құрылымдарын сақтай отырып; тәртіптік (жүйеде болатын оқиғалардың уақыт аралығындағы кезектесу тізбектілігін) қасиеттерін, яғни өзара әрекет ету динамикасын сақтай отырып, модельденетін объектілерді жаңғыртуға мүмкіндік беретін еліктемелік модель еліктемелік модельдеудің ерекшелігі болып саналады.

Еліктемелік модельдеу кезінде модельденетін жүйелердің құрылымы модельдерде бара-бар бейнеленеді, ал оның атқарымдық

үдерістері құрылған модельдерде имитацияланады. Сондықтан еліктемелік модельдер құру модельденетін объектінің немесе жүйелердің атқарымдық құрылымдары мен үдерісін сипаттау болып табылады. Еліктемелік модельдерді сипаттауда екі негізгі құрамды бөлік бөліп көрсетіледі:

- *жүйелерді статикалық сипаттау*, негізінен, оның құрылымдарын сипаттау болып саналады (еліктемелік модельдерді әзірлеу кезінде модельденетін үдерістердің құрылымдық талдауын қолдану қажет);

- *жүйелерді динамикалық сипаттау* немесе оның элементтерінің өзара әрекет ету динамикасын сипаттау (оны сипаттау кезінде модельденетін динамикалық үдерістердің атқарымдық модельдерін құру қажет болады).



4-сурет. Абстракциялар шкаласындағы еліктемелік модельдеу тәсілдемелері

Еліктемелік модель құру үшін: өзара әрекет етуші элементтердің жиынтығы ретінде нақты жүйені (үдерісті) көзге елестету; жекелеген элементтердің атқарымын алгоритмдік сипаттау; әртүрлі элементтердің бір-бірімен және сыртқы ортамен өзара әрекетінің үдерісін сипаттау керек.

Жүйелер күйлерінің бөлінуі мен оны сипаттау еліктемелік

модельдеудің негізгі мезеті болып саналады. Жүйе әрбір комбинациясы нақты күйді сипаттайтын *күйлердің өзгермелі* жиынымен анықталады. Демек осы айнымалылардың мәндерін өзгерту жолымен жүйелердің бір күйден екінші күйге ауысуын имитациялауға болады. Осылайша, *еліктемелік модельдеу* – бұл оны бір күйден белгілі бір ережелерге сәйкес екінші күйге өту арқылы жүйелердің динамикалық тәртібін елестету. Күйлердің осы өзгеруі я үзіліссіз, я уақыттың дискреттік мезеттерінде болуы мүмкін. Еліктемелік модельдеу уақыт өте келе жүйелер күйінінің өзгеруін динамикалық көрсету болып саналады.

Еліктемелік модельдерде модельденетін үдерістердің динамикасын сипаттау үшін жүйедегі бүкіл оқиғалардың синхрондалуын қамтамасыз ететін *модельдік (жүйелік) t_0 уақытты беру темігі* жүзеге асырылған.

Бұл тетік нақты жүйелердегі параллель оқиғаларды имитациялау үшін модельдеу жүйелерінің басқарушы бағдарламаларына орнатылған.

t_0 -ді өзгертудің екі негізгі тәсілі бар: *қадамдық* (модельдік уақыттарды өзгертудің белгіленген интервалдары қолданылады); *оқиғалық* (модельдік уақыттарды өзгертудің айнымалы интервалдары қолданылады, мұнда қадамның шамасы келесі оқиғаға дейінгі интервалмен өлшенеді).

Қадамдық әдіс жағдайында уақытты жылжыту қадамның ең аз мүмкін тұрақты ұзындығымен жүзеге асырылады (t қағидаты). Бұл алгоритмдер оны жүзеге асыруға машиналық уақытты пайдалану тұрғысынан аса тиімді емес.

Белгіленген қадам тәсілі мынадай жағдайларда қолданылады:

- егер уақыттан өзгеру заңы интегралдық-дифференциалдық теңдеулермен сипатталса (осындай әдістер кезінде модельдеу қадамы интегралдау қадамына тең, модельдер динамикасы нақты үзіліссіз үдерістердің дискреттік жуықтауы болып саналады);
- оқиға бірқалыпты бөлінген кезде және уақыттық координаталардың өзгеру қадамын таңдауға болады;
- белгілі бір оқиғалардың пайда болуын топшылау күрделі болған кезде;

• оқиға көп болғанда және олар топтасып пайда болған кезде.

Қалған жағдайларда оқиғалық әдіс қолданылады, мысалы, оқиға уақыт осьтерінде бірқалыпты бөлінбегенде және елеулі уақыт интервалдарында пайда болған кезде.

Оқиғалық әдіс («ерекше күйлер» қағидаты). Ондағы уақыт координаталары, жүйелер күйі өзгерген кезде болады. Оқиғалық әдістер кезінде уақыттық жылжу қадамының ұзындығы барынша үлкен болуы мүмкін. Модельдік уақыт ағымдағы мезеттен келесі оқиға болатын жақын мезетке дейін өзгереді. Егер оқиғалардың болу жиілігі сирек болса, сол жағдайларда оқиғалық әдісті қолданған жөн болады. Сол уақытта қадамның үлкен ұзындығы модельдік уақыттың барысын желдетуге мүмкіндік береді. Тәжірибеде оқиғалық әдіс көбірек таралымға ие болды.

Осылайша, ЭЕМ-де ақпараттар өңдеудің тізбектік сипаты салдарынан модельдерде болатын параллель үдерістер қарастырылған тетік көмегімен тізбекті түрленеді. Көрсетілімнің осындай тәсілі *квазипараллель* үдеріс атауына ие болған.

Еліктемелік модельдердің негізгі түрлерінің ең қарапайым жіктеуі модельдік уақытты жылжытудың осы екі тәсілін қолданумен байланысты. Еліктемелік модельдер: үзіліссіз, дискреттік; үзіліссіз-дискреттік болып ажыратылады.

Үзіліссіз еліктемелік модельдерде айнымалылар үзіліссіз өзгеріп отырады, модельденетін жүйелердің күйі уақыттың үзіліссіз функциясы ретінде өзгереді және негізінен, бұл өзгеріс дифференциалдық теңдеулер жүйелерімен сипатталады. Тиісінше модельдік уақытты жылжыту дифференциалдық теңдеулерді шешудің сандық әдістеріне қатысты болады.

Дискреттік еліктемелік модельдерде айнымалылар дискретті, еліктемелік уақыттың (оқиғаның болу) белгілі бір мезетінде өзгереді. Дискреттік модельдер динамикасы кезекті оқиғаның болу мезетінен келесі оқиғаның болу мезетіне өту үдерісін көрсетеді.

Өйткені нақты жүйелерде үзіліссіз және дискретті үдерістерді бөлу жиі түрде мүмкін емес, сондықтан осы екі үдерістерге тән уақытты жылжытудың тетіктері үйлесетін *үзіліссіз-дискреттік* модельдер әзірленген болатын.

Еліктемелік модельдердің жарамдылығын бағалау үшін, жекелей алғанда, мынадай өлшемдерді пайдаланады: модельдеу нәтижесінде алынған айнымалылар шамаларының қандай дәрежелері өткен кезеңдер үшін белгілі уақыт деректерімен сәйкес келеді (егер, әрине, бұл деректер бар болса) және болашақта нақты жүйенің тәртібіне қатысты еліктемелік модельдердің топшылауы қаншалықты дәл болады?



5-сурет. Жүйені басқаруды әзірлеу кезеңдері

Ақпараттық үдеріс ретіндегі басқару үдерісі: үдерістің өту барысы туралы ақпарат жинау; жинақтау пункттеріне ақпараттар беру және ақпараттарды өңдеу; түсетін, жинақталған анықтамалық ақпараттарды талдау; басқарушылық әсерді тұжырымдау болып табылады.

Оңтайлы басқару жүйелерінде, берілген нақты жағдайлар мен шектеулер кезінде жүйе алдына қойылған есепті өте жақсы түрде орындау талап етіледі.

1. Басқару мақсаттарының жиыны жүйелердің сыртқы, сол сияқты ішкі факторларымен анықталады. Мақсаттардың үш түрі ажыратылады:

- *тұрақтандыру* – объектінің берілген деңгейге шығуларын ұстап тұру;
- *шектеу* – мақсатты айнымалылардың берілген шекараларында жүйелер параметрлерін табу;
- *экстремалдық* – экстремалды күйлерде мақсатты айнымалыларды ұстап тұру.

2. Субъекті өзгертуі мүмкін және сол арқылы өзінің қажеттіліктерін қанағаттандыратын орта күйі бөліктерінің бөлінуі болады. Бұл кезең объектінің ортамен және объектінің орталардан бөлектенуі кезінде

туындайтын қиындықтар мен байланыстарының алуандығын туғызады. Оларды барынша азайту үшін объектінің өзін азайту керек, бірақ бұл кезде мақсаттар жиынын сақтау және қорларды шектеу шеңберлерінен шығып кетпеу қажет.

3. Мұнда 4 және 5 кезеңдері сияқты X кірумен U басқарумен, Y шығумен байланыстыратын жүйелер жасау есептерін шешумен байланысты. Бұл кезде модельге ST құрылымы, $C = \{c_1, \dots, c_k\}$ параметрлері қоса салынуы тиіс. Осы кезеңде жүйелер құрылымы берілген параметрлерге дейінгі дәлдікпен анықталады. Модельдердің сыртқы құрылымы, оның декомпозициясы мен модельдер элементтерінің ішкі құрылымы анықталады. Құрылымдар синтезі $F = \{ST, C\}$ операторды анықтауға саяды, $Y = F(X, U, C)$ – құрылымдарды түрлендіру операторы болады.

4. Қалыпты атқарымдық режимде жүйелердің C параметрлерінің сандық мәндері анықталады. U басқарудан Y жүйенің шығу тәуелділігін анықтау үшін жүйенің қалыпты атқарымдығын бұзбастан оны әдейі өзгерту қажет.

5. Эксперимент жоспары басқару объектісі модельдерінің ізделетін параметрлерін аса тиімділікпен анықтау үшін қажет. Егер объекті статикалық болса, онда эксперимент жоспары объектіні басқару күйлерінің жиыны болып табылады. Егер объекті динамикалық болса, онда әлдебір жоспар-функция алынады. Алынған ақпарат модель параметрлерін анықтаудың басы болады.

6. Құрылған модельге Z мақсатқа, X ортасы туралы ақпаратқа, R жүйелерінің қорларына сүйенетін Z берілген мақсатқа жету үшін U басқару түрінде шешім қабылданады. Шешу тәсілдері модельдер құрылымдарына тәуелді болатын кейбір экстремалдық есеп алынады. Егер объекті статикалық болса, онда модель-функция, яғни математикалық бағдарламалау есебіне келеміз. Егер объекті динамикалық болса, онда модель-оператор, демек вариациялық есеп аламыз.

7. Егер басқару жүзеге асырылса, бірақ мақсатқа қол жетпеген болса, онда алдындағы кезеңге қайтып ораламыз. Егер мақсатқа қол жетсе, бірақ орта күйі өзгерсе, я мақсат өзгерсе, онда келесі кезеңге, содан кейін алдындағының біріне көшеміз.

8. Сыртқы ортаның өзгергіштігі мен әртүрлі шуылдардың болуынан алдындағы кезеңдерде алынған ақпараттың, жүйелердің күйін жуықтап көрсететіндігі күрделі жүйелерді басқарудың өзіндік ерекшелігі болып табылады. Бұл жүйелерді коррекция-

лау қажеттілігін туғызады. Ең қарапайым коррекция – модельдер параметрлері мәндерінің өзгеруі. Осылайша, адаптивті басқаруды аламыз. Кейде модель құрылымының өзін түзетуге тұра келеді.

Объектілер (мәндері) сыныптары мен олардың арасындағы байланыстарды анықтау және сипаттау пәндік аймақты талдаудың маңызды кезеңдерінің бірі болып саналады. Сипаттау еркін түрде алынуы мүмкін, бірақ жобалау үдерісінің ыңғайлылығы үшін оны кестелер түрінде қалыптастырады.

Объектілер сыныбы (мәндерінің типі, мәні) – бұл маңызды нәрсе, кәсіпорын ол туралы ақпарат сақтауы тиіс. *Объектілер сыныбының белгілері:* кәсіпорын үшін қызығушылық туғызатын объекті; қандай да бір заттардың сыныбы, санаты, типі; атау берілген ұғым; зат есім; егер нақты маңызды объекті бар болса, объектілер сыныбы бар; бір маңызды нәрсе, кәсіпорын ол туралы ақпарат сақтауы қажет.

Объектілер сыныбын анықтап, оған ат беру қажет. Ол бірегей болуы тиіс. Аты ретінде кәсіпорындарда пайдаланылатын терминдер таңдалынады. Егер қалған барлық мүмкіндіктер таусылған болса, аты ойлап табылады, өйткені ойлап тапқан аты дұрыс түсінбеуге және қайталануға әкелуі мүмкін. Аты тапсырыс берушімен келісілген болуы тиіс. Аты бір сөзден асатын атаудан тұруы мүмкін (атын нақтылайтын сөз – сын есім және басқа). Көбінесе бір нәрсені әртүрлі атаулармен атайды, сол уақытта бір басты атын таңдап, қалғанын синонимдері ретінде сипаттау керек.

Объектілер сыныбын анықтау кезінде жекелеген элементтерден (объектілерден) тұратын заттар тобы анықталады. *Объектілер сыныбы* – бұл заттар сыныбы немесе санаты. Объектілердің анықталған сыныбының барлық даналары (объектілері) біржақты анықталуы, сәйкестендірілуі тиіс. Егер объекті объектілер сыныбына біржақты сәйкестендіруге көнбейтін болса, онда бұл жалпы айтқанда объектілер сыныбы болмауы мүмкін.

Объектілер сыныбын анықтау және модельдеу кезеңдері:

- кәсіпорындарда пәндік аймақты талдау барысында анықталған әрбір зат есімді зерттеу;
- осы зат есім туралы ақпаратты анықтап, аталған кәсіпорын үшін оны сақтау қажет;
- объектілер сыныбына жекеше ат беру;
- объектілер сыныбының бір объектісінен екіншісін айыруға болатындығын тексеру;

• барлығы (әзірлеушілер, тапсырыс берушілер) осы терминге сол бір мәнді беретіндігін тексеру үшін объектілер сыныбын сипаттау.

Объектілердің әрбір сыныбы үшін оның қасиетін (*мәндерінің атрибуттарын*) анықтайды. *Қасиет* – бұл ақпараттардың нақты элементі. Қасиет объектілер сыныбын сипаттайды. Бұл – объектілер сыныбын сапалық немесе сандық сипаттау. Қасиет мына түрде көрінуі мүмкін: сипаттамалық сөздер, сөз тіркестері; септік құрылымдар; тәуелдік зат есімдер және есімдік.

Әрбір қасиетке ат беріледі. Аттары түсінікті және бірімәнді болуы тиіс. Қасиеттерді анықтау кезінде қоюға ұсынылатын сұрақтар: объектілер сыныбы туралы қандай ақпаратты сақтау керек; объектілер сыныбы туралы қандай ақпаратты экранға шығару немесе басып шығару керек; шын мәнісінде бұл қасиет қажет пе.

Кәсіпорында бар құжаттаманы зерделей отырып, бұрынғы жүйелердің ескірген талаптарына назар аудару қажет. Сондай-ақ туынды және агрегатталған деректерді атап көрсету қажет, объектілердің әрбір сыныбы үшін алғашқы қасиеттері ғана тіркеледі. Туынды және агрегатталған қасиеттер бөлек сипатталады, негізінен, алғашқы қасиеттердің мәндері негізінде бағдарламамен қалыптасады. Осындай қасиеттерді сақтау қажеттілігі аса сирек болады.

Пәндік аймақты талдау барысында анықталған қасиетті мағынасы бар өте ұсақ компоненттерге бөліктеу қажет. Бөлу деңгейі кәсіпорынның қажеттіліктеріне байланысты болады.

Объектілер (мәндер) сыныбының қасиеттен (атрибуттан) өзгешелігі 1-кестеде көрсетілген.

1-кесте.

Объектілер сыныбы мен қасиеті арасындағы өзгешелік

Объектілер сыныбының сипаттамалары	Қасиеттің сипаттамалары
Өзі туралы ақпаратты сақтау қажет, зат	Объектілер сыныбын дәрежелейді
Бір немесе одан да көп қасиеттері бар	Өзіндік қасиеттері жоқ (оған қарсы жағдайда, бұл – сәтсіз атау берілген, объектілер сыныбы немесе қасиеттер комбинациясы)
Бірнеше даналарға ие болуы мүмкін және объектілердің өзге сыныбымен маңызды байланысқа ие болуы тиіс	Объектілер сыныбының әрбір данасы үшін бір ғана мәні бар

Қасиетті анықтағаннан кейін әрбір нақты объекті үшін қасиеттің бір ғана жаңғыз мәні болуы мүмкін екендігіне көз жеткізу. Егер қандай да бір қасиеттің бірден артық мәні бар екені анықталатын болса, бұл объектілер сыныбына немесе объектілердің жаңа сыныбына үміткердің жеткілікті емес қасиетін растайды. Бұл пәндік аймақтарды таңдаудың неғұрлым кештеу кезеңдерінде анықталуы мүмкін.

Қасиеттердің мәні мәліметтер қорында нақты объекті туралы ақпаратты сақтау кезінде міндетті немесе міндетті емес болуы мүмкін. Мұндай сипаттама қасиеттің *опционалдығы* деп аталады. Қасиеттердің міндетті мәні болуы тиіс және қарастырылатын объектілер сыныбының әрбір объектісі үшін белгілі болуы қажет. Қасиеттердің міндетті емес мәні оны құру кезіндегі қандай да бір объекті үшін белгісіз (немесе жоқ) болуы мүмкін.

Әрбір қасиет сондай-ақ пәндік аймақта анықталады және сипатталады: *формат* (тип, ең үлкен ұзындығы, орташа ұзындығы (кәдімгі өлшемі), ондық нүктелер орны, өлшем бірлігі; *жарамды мәні* (диапазон, мәндер тізімі, бірнеше диапазондар, айтылмағандағы мәндер).

Қасиеттердің сипаттамаларын анықтау кезінде және домендер анықталуы мүмкін. *Домен* – бұл бизнес көзқарасы тұрғысынан тексерулер ережелерінің жиыны, бір қасиеттен де көпке қатысты шектеулер. Доменнің көмегімен: мәндер диапазонын; нақты мәндер тізімін; бірнеше диапазондарды; математикалық теңдеуді; айтылмағандағы мәнін беруге болады. Бұл ережелер МҚ бір рет сипатталады және әртүрлі қасиеттер үшін қолданылады. Ең белгілі домен {иә, жоқ}.

Қадамдардан тұратын мынадай *қасиеттері бар жұмыс технологиясы* қолданылады: қасиетке үміткерді анықтау; қасиеттерді объектілер сыныбымен байланыстыру; қасиетке ат беру; қасиеттер форматын анықтау; қасиеттердің логикалық шектеулерін анықтау (мәнің диапазонға кіруі және т.б.); мұның шындығында объектілер сыныбы емес, қасиет екендігін тексеру; қажет болған жағдайда доменді әзірлеу.

Объектілердің әрбір сыныбы үшін бірегей сәйкестендіргіштер міндетті түрде анықталуы тиіс. *Бірегей сәйкестендіргіш* – бұл объектілер сыныбында объектіні біржақты сәйкестендіру үшін пайдаланылатын қасиет, қасиеттер жиынтығы немесе қасиеттер мен байланыстар комбинациясы. Бірегей сәйкестендіргіш құрамына кіретін қасиет міндетті опционалдыққа ие болуы тиіс. Объектілер

сыныбындағы бірегей сәйкестендіргіштердің саны кез келген болуы мүмкін. Бірегей сәйкестендіргіш құрамына кіретін компоненттер (қасиеттер мен байланыстар) саны, қанша болса да болуы мүмкін. Бірегей сәйкестендіргішті пәндік аймақты талдаудың кез келген кезеңінде анықтауға болады, алайда объектілер сыныбын сипаттауға және жобалауға кірісу үшін объектілердің әрбір сыныбының бірегей сәйкестендіргіштері болуы қажет.

Объектілер сыныбы объектілерін, сәйкестендіру тәсілін таңдай отырып, әзірленетін жүйелердің технологиялық қажеттіліктерін емес, бизнес қажеттілігін модельдеу қажет. Сандық кодты бірегей сәйкестендіргіш ретінде пайдалану кезінде пәндік аймақта осындай код бейнеленетін тиісті құжаты бар екеніне көз жеткізу қажет.

МҚ жобалау кезеңінде бірегей сәйкестендіргіш техникалық генерациялануы мүмкін, бірақ пәндік аймақты талдау уақытында кәсіпорын пайдаланатын бірегей сәйкестендіргіштер бірнешеу болса, бастысын анықтау қажет болады. Бизнесіте жиі пайдаланылатын сәйкестендіргіштің, я ұзындығы мен сандық типі кішіректеу кез келген сәйкестендіргіштің осылай бастысы анықталады. Пәндік аймақты таңдау барысында объектілердің неғұрлым көбірек сыныптары анықталатын болса, деректердің реляциялық базаларының құрылымы соғұрлым қалыпқа келтірілген болады. Пәндік аймақтағы кез келген дерлік зат есім объектілер сыныбы ретінде анықталу құқығына ие, өйткені әрбір дерлік зат есім, аз дегенде үш қасиеттің жиынына: объектінің атауына, объектінің қысқаша атауына, объекті атауының сандық эквивалентіне (код, нөмір, шифр) ие болады.

Кәсіпорындардағы автоматтандыруға жататын ақпараттар ағындарын толық зерделеу арқылы объектілердің сыныптарын көруге болады. Ақпараттық ағындар құжаттар арқылы көрсетіледі. Кез келген құжат объектілер сыныбына үміткер болып саналады. Құжатта, негізінен, құжаттың аты мен оның ресімделген жылы, айы, күні көрсетілген шәпкісі болады. Құжат сапалық және сандық көрсеткіштері болатын ақпараттылық бөлімге ие. Құжаттың төменгі бөліктерінде аты-жөндері мен құжатқа қол қойылған тұлғалардың лауазымы болады. Құжатта сондай-ақ құжатты шығаратын кәсіпорынның атауы, мекенжайы және өзге де деректемелері орналасуы мүмкін. Осылайша, құжатты зерделей отырып, объектілердің әртүрлі сыныптарын бөлуге болады.

Әрбір пәндік аймақтар үшін бүкіл пәндік салалар міндетті

объектілер сыныптарының тізбесін көруге болады. Әрбір пәндік аймақ үшін сөздің кең мағынасында қандай да бір кәсіпорынның немесе ұйымдардың – өндірістік кәсіпорынның, оқу немесе емдеу мекемесінің, сауда ұйымдарының, қойманың, жалға беру пунктінің, үйдің экономикалық аяларының және т.б. жұмысын бейнелейді. Кәсіпорын немесе ұйымдар атауы (толық немесе қысқаша) әртүрлі шығыс (выходные) құжаттары мен берген есептерінде көрсетіледі. Осылайша, пәндік аймақтарда кәсіпорын немесе кәсіпорынның құрылымдық бірлігі объектілер сыныбы қатысады. Мұнан өзге, осы кәсіпорынның жиі түрде мекен жай және телефон есебін жүргізу қажет болады. Пәндік аймақтарда өзінің қолдарын қандай да бір объектінің есеп беруі (кірісі немесе шығысы) үшін қоятын қандай да бір лауазымдарды атқаратын жеке тұлғалар міндетті түрде қатысады. Әрі деректерді талдау есептерін шешу және содан кейін тиісті басқару шешімдерін қабылдау үшін, пәндік аймақтар үшін қандай да бір объектінің жай-күйі есебінің тарихы туралы білімді сақтау қызығушылық туғызады. Объектілер сыныптарының әрбір пәндік аймақтары үшін міндетті тағы бір санат – бұл соның негізінде берілген пәндік аймақтағы бүкіл үдерістер болатын құжаттар.

Объектілер сыныптары мен олардың қасиеттерін анықтау барысындағы пәндік аймақты талдаудың бүкіл қорытындыларын нысандандырылған түрде сипаттау, кестелер: объекті/қасиет; бірегей сәйкестендіргіш; қасиеттердің физикалық сипаттамалары (тип, ұзындығы); қасиеттің опционалдығы (иә/жок); қасиеттердің логикалық шектеулілігі (мәндердің диапазоны, символдық қасиеттер үшін басқы және кіші әріптер және т.б.); қасиеттер мәндері үшін үдерістер түрінде көрсетуге болады.

Осыдүниедегініңбарлығыбайланыстаболатындықтан, объектілер арасында туындайтын байланыстарды, қауымдастықтарды анықтау қадамы, объектілер сыныптары мен олардың қасиеттерін анықтаумен қатар пәндік аймақтарды талдау барысындағы параллель қадам болып саналады. Байланыстар кәсіпорындардағы бизнес ережесі мен ақпараттық қажеттіліктер болып көрінеді, олардың анықтамасын мына түрде көрсетуге болады: объектілердің екі сыныптары арасындағы атау берілген маңызды қауымдастық; бір заттың екінші затқа қатынасының болуы. Байланысты қарастырғанда, оның екіжақты, екі бағыттылығы туралы ойлау қажет болады.

Әрбір байланыс белгілі бір сипаттамаларға ие. Олар сипаттамалар-

дың бірі – *байланыстардың опциондығы* (ең аз кардиналь сан). Бұл объектілер сыныбының әрбір объектісі үшін байланыс (міндетті байланыс) қажет екенін немесе мұның қажет емес екенін (міндетті емес байланыс) нұсқап көрсететін бизнес-ереже. Байланыстардың тағы бір маңызды сипаттамасы – *қуаттылық* (ең үлкен кардиналь сан). Бұл қанша байланыстар болатынын – бір және біреу ғана немесе көп екенін нұсқап көрсететін бизнес-ереже. Егер қуаты «нөл» байланыс анықталса, бұл міндетті емес байланыс болады.

Сонымен қатар байланыстардың әрбір жағының аты бар болады. Бұл – бизнес ережелерінің сипатталуы. Мысалы, «сәйкес келеді», «соған жатады». Аттар жиі жұптар құрайды: «...негізделген» - «...үшін негіз болып саналады»; «...содан сатып алынады» - «жеткізіледі»; «...үшін жауап береді» - «жауапкершілігінде болады». Аттың үлкен мәні бар, ол ақпараттың өзара байланысы қаншалықты жақсы түсінікті екенін көрсетеді.

2-кесте.

Байланыстарды оқу ережесі

1-бөлім	Әрбірі
2-бөлім	Объектілердің бірінші сыныбының аты
3-бөлім	Байланыстардың опционалдығы (болуы тиіс немесе болуы мүмкін)
4-бөлім	Байланыстар аты
5-бөлім	Байланыстар қуаты (бір немесе көп)
6-бөлім	Объектілердің екінші сыныбының аты

Байланыстарды көріп, оның мағынаға ие екеніне көз жеткізу қажет. Бұл үшін байланыстардың айтылу ережесін пайдаланып, екі жағындағы кәдімгі сөйлем сияқты (кез келген байланыс екіжақты) оны айту қажет (2-кесте).

ҚОРЫТЫНДЫ

- *Кибернетикалық тәсілдеме* – кибернетика қағидаттары негізінде, жекелей алғанда, тікелей және кері байланыстарды анықтау, басқару үдерістерін зерделеу, жүйелер элементтерін

әлдебір «кара жәшіктер» (олардың кіретін және шығатын ақпараты ғана зерттеушіге қолжетімді, ал ішкі құрылғы белгісіз болуы мүмкін жүйе) ретінде жүйелер элементтерін қарастыру көмегімен жүйелерді зерттеу.

- Адам немесе құрылғы тудыратын ақпараттық әсер арқылы жүйелердің мақсатты бағытталған тәртібін қалыптастыру үдерісі жалпы түрде басқару болып түсіндіріледі.

- Кибернетикалық тәсілдеме тұрғысынан АЖ-ні басқару ақпараттар алмасу, өңдеу және түрлендіру үдерістерінің жиынтығы ретінде қарастырылады. Кибернетикалық тәсілдеме АЖ-ні үш ішкі жүйе: басқарушы жүйе, басқару объектісі және байланыс жүйесі құрамына кіретін басқарылатын жүйе ретінде қарастырады.

- Басқарушы жүйе байланыс жүйесімен бірге *басқару жүйесін* құрады. Басқарылатын объекті және сыртқы орта туралы ақпаратты басқарушы жүйе қабылдайды, басқарудың қандай да бір мақсаттарына сәйкес қайта өңделеді және басқарушылық әсерлер түрінде басқару объектісіне беріледі. Кері байланыс ұғымын пайдалану кибернетикалық тәсілдеменің ерекше белгісі болып саналады.

- Кибернетикалық тәсілдемені жүзеге асыру үшін еліктемелік (имитациялық) модельдеу немесе компьютерлік модельдеу жиі пайдаланады.

- Еліктемелік модель құру үшін: өзара әрекет етуші элементтердің жиынтығы ретінде нақты жүйені (үдерісті) елестету; жекелеген элементтердің атқарымын алгоритмдік сипаттау; әртүрлі элементтердің бір-бірімен және сыртқы ортамен өзара әрекетінің үдерісін сипаттау керек.

- Еліктемелік модельдердің негізгі түрлерінің ең қарапайым жіктеуі модельдік уақытты жылжытудың осы екі тәсілін қолданумен байланысты. Еліктемелік модельдер: үзіліссіз, дискреттік; үзіліссіз-дискреттік болып ажыратылады.

- Объектілер (мәндері) сыныптары мен олардың арасындағы байланыстарды анықтау және сипаттау пәндік аймақты талдаудың маңызды кезеңдерінің бірі болып саналады. Сипаттау еркін түрде алынуы мүмкін, бірақ жобалау үдерісінің ыңғайлылығы үшін оны кестелер түрінде қалыптастырады.

- Объектілердің әрбір сыныбы үшін оның қасиетін (*мәндерінің атрибуттарын*) анықтайды. *Қасиет* – бұл ақпараттардың нақты элементі. Қасиет объектілер сыныбын сипаттайды. Бұл – объектілер

сыныбын сапалық немесе сандық сипаттау. Қасиет мына түрде көрінуі мүмкін: сипаттамалық сөздер, сөз тіркестері; септік құрылымдар; тәуелдік зат есімдер және есімдік.

• Қадамдардан тұратын мынадай *қасиеттері бар жұмыс технологиясы* қолданылады: қасиетке үміткерді анықтау; қасиеттерді объектілер сыныбымен байланыстыру; қасиетке ат беру; қасиеттер форматын анықтау; қасиеттердің логикалық шектеулерін анықтау (мәннің диапазонға кіруі және т.б.); мұның шындығында объектілер сыныбы емес, қасиеті екендігін тексеру; қажет болған жағдайда доменді әзірлеу.

• Байланыстар кәсіпорындардағы бизнес ережесі мен ақпараттық қажеттіліктер болып көрінеді, олардың анықтамасын мынадай түрде көрсетуге болады: объектілердің екі сыныптары арасындағы атау берілген маңызды қауымдастық; бір заттың екінші затқа қатынасының болуы. Байланысты қарастырғанда, оның екіжақты, екі бағыттылығы туралы ойлау қажет болады.

СӨӨЖ және СӨЖ тапсырмалары

1. Тақырып бойынша бақылау сұрақтарына жауап беру:

1. Кибернетикалық тәсілдеменің анықтамасы.
2. Басқарудың қандай есептерін атауға болады?
3. Кибернетикалық тәсілдеме тұрғысынан АЖ-ні басқаруға не жатады?
4. Басқару жүйелері атқарымдарының негізгі топтарын атаңыз.
5. Еліктемелік модельдеу дегеніміз не?
6. Еліктемелік модельдеудің тәсілдемелері қандай?
7. Еліктемелік модель қалай құрылады?
8. Оқиғалық әдіс анықтамасы?
9. Еліктемелік модельдер қандай түрлерге ажыратылады?
10. Жүйені басқаруды әзірлеу кезеңдері?
11. Объектілер сыныбының белгілері?

2. Тақырып бойынша тест тапсырмаларының сұрақтарына жауап беру:

1. Дискриминатордың шығу жолына нені қосқан жөн болады?
А) Шектенушіні

- B) Сигналды
- C) Жиілікті
- D) Девиацияны
- E) Аталғандардың барлығы дұрыс

2. **Жоғары жиілікті күшейткіш қабылданған сигналды не істейді?**

- A) Төмендетеді
- B) Күшейтеді
- C) Өзгертпейді
- D) Басқа қалыпқа келтіреді
- E) Дұрыс жауабы жоқ

3. **Аталмыш арақатынас берілетін сигнал қуаттылығы және аталмыш жүйенің екі реттік аппаратты бере алатындығы нені сипаттайды?**

- A) Жиілікті
- B) Уақытты
- C) Жылдамдықты
- D) Ортаны
- E) Арақатынасты

4. **Дельта-модуляция -**

- A) Сандық формадағы сигналдың тиімді тәсілін өзгертпейді
- B) Сандық формадағы сигналдың тиімді тәсілін өңдейді
- C) Сандық формадағы сигналдың тиімді тәсілін жояды
- D) Сандық формадағы сигналдың тиімді тәсілін қайта құрады
- E) Дұрыс жауабы жоқ

5. **Мыналар:**

- Статикалық
 - Динамикалық
 - Транспорттық
- қандай кластың моделіне жатады?

- A) Сандық
- B) Сапалық
- C) Иерархиялық
- D) Үздіксіз
- E) Сызықтық

6. **Статикалық модельдер -**

- A) Алдын ала есептелген уақыт интервалы үшін басқарылатын шешімдерді талдайды
- B) Алдын ала таңдалған уақыт интервалы үшін басқарылатын шешімдерді талдайды
- C) Алдын ала анықталмаған уақыт интервалы үшін басқарылатын шешімдерді талдайды
- D) Алдын ала анықталған уақыт интервалы үшін басқарылатын шешімдерді талдайды
- E) Дұрыс жауабы жоқ

7. **Өндіру деңгейлері келесі шектеулерді қамтамасыз етеді:**

- A) Технологиялық, шикілік, адамдық
- B) Уақыттық,сандық
- C) Жылдық, шикілік, адамдық
- D) Орталық, уақыттық
- E) Технологиялық, уақыттық

8. **Бөлінгіштік -**

- A) Бөлу әдісін айтады
- B) Әрбір пайдаланушы үшін қорларының, өнімнің көлеміне пропорционал болады
- C) Әрбір пайдаланушы үшін қорларының ішінен сомдық пайдалану және түскен пайда шығатын өнімнің көлеміне пропорционал болады
- D) Әрбір пайдаланушы үшін қорларының ішінен сомдық пайдалану және түскен пайда шығатын өнімнің көлеміне пропорционал емес болады
- E) Дұрыс жауабы жоқ

9. **Уақыттың мультиуақытты интервалы үшін жоспарлау тапсырмасын шешетін**

- A) Статикалық модель
- B) Динамикалық модель
- C) Транспорттық модель
- D) Орталық модель
- E) Аталғандардың барлығы дұрыс

10. **Сызықтық кластың моделін нешеге бөлуге болады?**

- A) 2
- B) 5
- C) 4

- D) 3
- E) 1

11. **Нақты дискретті арналар үшін қандай теорема бар?**

- A) Шеннон теоремасы
- B) Үзіліссіздік теоремасы
- C) Пифагор теоремасы
- D) Лаплас теоремасы
- E) Барлығы дұрыс

12. **Дельта-модуляция салыстырмалы түрде қандай сигнал шығарады?**

- A) Сигнал шығармайды
- B) Сандық
- C) Абсолютті
- D) Бинарлы
- E) Унарлы

13. **Өндіру деңгейлері келесі шектеулерді қамтамасыз етеді:**

- A) Технологиялық, шикілік, адамдық
- B) Уақыттық, сандық
- C) Жылдық, шикілік, адамдық
- D) Орталық, уақыттық
- E) Технологиялық, уақыттық

14. **Деректердің семагтикалық модельдері дегеніміз -**

- A) Заттық облыстың құрамын көрсететін құралды білдіреді
- B) Заттық облыстың байланысын көрсетеді
- C) Жылдық санағын көрсетеді
- D) Заттық облыстың аймағын көрсетеді
- E) Сигнал шығаратын құрылғы

15. **Байланыс арналарымен және есептеуіш желілерімен байланысқан бірнеше ЭЕМ-нен тұратын жүйе қалай аталады?**

- A) Ақпарат
- B) Санағыш жүйе
- C) Есептеуіш жүйе
- D) Диалогтық режим
- E) Дұрыс жауабы жоқ

16. **Экономикалық жүйе -**
- A) Технологиялық жағынан қамтамасыз етілген жүйе
 - B) ЭЕМ есептерді жою жүйесі
 - C) Тармақталған жүйе
 - D) Байланысы жоқ қорлар мен процестердің жиынтығы
 - E) Өзара байланысқан процестер мен қорлардың жиынтығы
17. **Фреймдер теориясы дегеніміз -**
- A) Кез келген уақытта объектіні жай күйін сипаттайтын теория
 - B) Адам санасында анықталған әрбір объектілер рамкасын жаңа фактілермен салыстыра отырып, білімді жинақтау
 - C) ЭЕМ-де қолдану шараларын жүргізу функциялары
 - D) Заттық облыстың қызметін анықтайтын теорема
 - E) Аталғандардың барлығы дұрыс
18. **Астында аталғандардың қайсысы артық?**
Экономикалық ақпараттық жүйеге мыналар жатады:
- A) Сақтау
 - B) Өңдеу
 - C) Жинау
 - D) Жою
 - E) Тарату
19. **Сызықтық кодтардың негізгі қасиеттері неше бөлімнен тұрады?**
- A) 7
 - B) 6
 - C) 5
 - D) 4
 - E) 3
20. **Сызықтық кодтар дегеніміз не?**
- A) Параметрлер арасындағы сызықты байланыс
 - B) Параметрлер арасындағы сызықты емес байланыс
 - C) Ақпараттық символдардың сызықтық комбинациясын тексеріс символдары ұсынатын кодтарды айтады
 - D) Ақпараттық символдардың сызықтық емес комбинациясын тексеріс символдары ұсынатын кодтарды айтады
 - E) Дұрыс жауабы жоқ

4-ТАҚЫРЫП. АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ СИПАТТАУ ӘДІСТЕРІ

Дәрістің мәнмәтіні

Мақсаты: Ақпараттық жүйелердің сипаттау әдістерін зерделеу.

Дәріс жоспары

1. Ақпараттық жүйелерді сипаттаудың сапалық және сандық әдістері
2. Ақпараттық жүйелерді динамикалық сипаттау
3. Ақпараттық жүйенің канондық көрсетілімі

Негізгі түсініктер: сапалық әдіс, сандық әдіс, ақылмандар талқысы, сараптамалық бағалау, Дельфи әдісі, морфологиялық зерттеу, термдер, предикат

Тақырыптың мазмұны: Жүйелерді сипаттау әдістері нысандандырушылықты арттыру тәртібінде – алғашқыда жүйелік талдау, негізінен, онымен байланысты болған сапалық әдістерден бастап ЭЕМ-ді қолданатын сандық жүйелік модельдеуге дейін жіктеледі. Әдістердің сапалық және сандық болып бөлінуі, әрине, шартты сипатта болады.

- Сапалық әдістерде есептің қойылуын ұйымдастыруға, оны нысандандырудың жаңа кезеңіне нұсқаларды қалыптастыруға, нұсқаларды бағалау тәсілдемесін таңдауға, адамның тәжірибесін пайдалануға, әрқашан да сандық бағалаулармен көрсетіле бермейтін оның артықшылықтарына жете назар аударылады.

- Сандық әдістер нұсқаларды талдаумен, олардың мүлтіксіз дәл сандық сипаттамаларымен байланысты. Есептің қойылуы үшін бұл әдістерге құралдардың болмауынан, осы кезеңді жүзеге асыруды адамға толықтай қалдырады.

Жүйелік талдау әдістерінің осы шеткі сыныптары арасында екі кезеңді – есептің қойылу, нұсқаларды әзірлеу кезеңі мен нұсқаларды бағалау және сандық талдау кезеңіне ұмтылатын әдістер бар, бірақ мұны нысандандырушылықтың әртүрлі дәрежесімен, әртүрлі алғашқы тұжырымдамалар мен терминологияларды қатыстыра отырып жасайды. Олардың ішінде: шешімдерді басқару, жоба-

лау және қабылдаудың адаптивті жүйелерін әзірлеуге (ұйымдық жүйелерге қолдануға ыңғайлы адаптивтік жүйелер теориялары мен автоматты реттеу және басқарудың классикалық теорияларының негізгі идеяларын дамытудан шығаратын) кибернетикалық тәсілдеме; жүйелерді модельдеуде ақпараттық-гносеологиялық тәсілдеме (әртүрлі физикалық табиғат жүйелеріндегі көрсету, тану үдерістерінің ортақтығына негізделген); жүйелік-құрылымдық тәсілдеме; жағдайлық модельдеу әдісі; еліктемелік динамикалық модельдеу әдісі.

Жүйелік талдаудың сандық әдістері, талдамалық тәуелділіктер түрінде жүйелердің заңдылықтарын сипаттау жоқ болған кезде қолданылады.

Нақты жағдайларда жүйелік талдау қағидаттарын жүзеге асыратын әдістемелер жүйелерді зерттеу үдерісін, сондай-ақ проблемаларды шешу үдерісін нысандандыруға бағытталған. Жүйелік талдау әдістемесі жүйелерді нысандандырылған түрде көрсетудің барабар әдісін таңдауға мүмкіндік беретін жүйе туралы зерттеушінің жеткілікті мәліметтері жоқ болған жағдайларда әзірленеді және қолданылады. Ең жақсы нұсқаны таңдау мен жүйелерді көрсетудің нұсқаларын қалыптастыру бүкіл әдістемелер үшін ортақ болып саналады.

Ақпараттық жүйелерді құру және пайдалану кезінде:

- жүйелердің әртүрлі қасиеттерін сипаттайтын көрсеткіштерді бағалаумен;
- жүйелердің оңтайлы құрылымдарын таңдаумен;
- оның параметрлерінің оңтайлы мәндерін таңдаумен байланысты көптеген зерттеулер мен есептеулер жүргізуді талап етеді.

Ақпараттық жүйелерді жобалау кезінде қандай құбылысты негізгі, қандай факторларды – басты деп санауды анықтау аса қиын болады, яғни сол, бір нақты объектінің атқарымы үдерісінде есептің қойылуына қатысты әртүрлі математикалық сипаттамаларды алуға болады. Осыны ескергендегі күрделі ақпараттық жүйелердің математикалық модельдері көп болуы мүмкін, сондықтан олардың барлығы абстракциялаудың қабылданған деңгейімен анықталады.

Жүйелерді абстрактылы сипаттаудың мына деңгейлері:

- символикалық немесе лингвистикалық;
- теориялық-жиындық;

- абстрактылы-алгебралық;
- топологиялық;
- логикалық-математикалық;
- теориялық-ақпараттық;
- динамикалық;
- эвристикалық, неғұрлым жарамды болып саналады.

Шартты түрде алғашқы төрт деңгей жүйелерді сипаттаудың жоғары деңгейлеріне, соңғы төрт деңгей – төменгі деңгейлеріне жатады.

Әдістер жіктеулерінің сұлбасы 6-суретте көрсетілген.

«Ақылмандар талқысы» тұжырымдамасы жаңа идеяларға және түйсіктік ойлау негізінде адамдар топтарының келісімге жетуіне бағытталған шығармашылық ойлауды жүйелі жаттықтыру әдісі ретінде 50-ші жылдардың басынан кең тарауға ие болды. Осы типтегі әдістер сондай-ақ «ақылмандар талқысы», «идеялар конференциясы» сияқты атаулармен белгілі, ал соңғы уақытта «ұжымдық идеялар беру» (ҰИБ) термині неғұрлым кең қолданысқа ие болды.

Әдетте, ақылмандар талқысы немесе ҰИБ сессияларын өткізу кезінде белгілі бір ережелерді орындауға тырысады және мыналар оның мәні болып табылады:

- ҰИБ қатысушылардың ойлауына мүмкіндігінше көбірек еркіндік беруді қамтамасыз ету;
- егер олар басында күмәнді немесе мағынасыз болып шықса (идеяларды талқылау мен бағалау кейінірек жүргізіледі), кез келген идеяларға жол ашық;
- сынға жол берілмейді, жалған идеялар жарияланбайды және бірде-бір идеяны талқылау тоқтатылмайды;
- мүмкіндігінше көбірек, әсіресе жаңалығы бар идея айту.

Әртүрлі кеңестерді – конструктораттарды, проблемалар бойынша ғылыми кеңестер отырысын, уақытша арнайы құрылатын комиссиялардың отырысы мен құзырлы мамандардың өзге де жиналыстарын ҰИБ сессияларына ұқсас деп санауға болады.

Жазбаша түрде баяндалған, талданатын объекті немесе проблема туралы ұсыныстарды дайындау және келісу әдістері *сценарий* атауына ие болды. Алғашқы бетте бұл әдіс оқиғалардың логикалық тізбектілігінен немесе проблемаларды уақыт аралығында шешудің мүмкін нұсқаларынан тұратын мәтінді дайындауды ұйғарды. Бірақ кейінірек анық көрсетілген уақыттық координаталардың міндетті

талаптары алынып тасталды және қарастырылатын проблемаларды талдаудан немесе оны шешу бойынша оның қандай формада берілгендігіне қатыссыз жүйені дамыту бойынша ұсыныстан тұратын кез келген құжат сценарий деп атала бастады. Негізінен, осындай құжаттарды дайындау үшін ұсыныс алдымен жеке жазылады, содан кейін келісілген мәтін қалыптасады.

Тәжірибеде сценарийлер типі бойынша өнеркәсіптің кейбір салаларындағы болжамдар әзірленді. Қазіргі уақытта ұйымдар немесе арнайы комиссиялар дайындайтын халық шаруашылығы салаларын дамытудың кешенді бағдарламаларына ұсынысты сценарийлердің бір түрі деп есептеуге болады.

Сценарийлер соның негізінде салалардың дамуына болжам жасау бойынша немесе жоба нұсқаларын әзірлеу бойынша одан ары қарай жұмыстар жүргізілетін алдын ала ақпарат болып саналады. Осылайша, сценарий проблема туралы түсінік қалыптастыруға, содан кейін сараптамалық сұрау мен жүйелік талдаудың өзге де әдістерін жүргізу үшін графиктер, кестелер түрінде жүйені неғұрлым нысандандырылған түрде көрсетуге көмектеседі.

«Сараптамашы» термині «тәжірибелі» дегенді білдіретін латын сөзінен шыққан. *Сараптамалық бағалауларды* пайдалану кезінде әдетте, сараптамашылар топтарының пікірі жекелеген сарапшының пікіріне қарағанда сенімдірек екендігі ұйғарылады. Кейбір теориялық зерттеулерде бұл ұйғарымның анық болып саналмайтыны атап көрсетіледі.

Сараптамалық бағалаулар әдістерімен шешілетін проблемалардың бүкіл жиыны екі сыныпқа бөлінеді. Бірінші сыныпқа, соған қатысты ақпараттармен жеткілікті қамтамасыз етілетіндер жатады. Бұл ретте сұрау жүргізу мен өңдеу әдістері «жақсы өлшеуіш» қағидатын пайдалануға негізделеді, яғни сарапшы – ақпараттардың сапалы көзі; сарапшылардың топтық пікірі нақты (ақиқат) шешімге жақын келеді. Екінші топқа, соған қатысты көрсетілген гипотезалардың әділдігіне сенімді болу үшін білім жеткіліксіз болатын проблемалар жатады. Бұл жағдайда сарапшыларды ендігі уақытта «жақсы өлшеуіштер» ретінде қарастыруға болмайды және үлкен қателіктерді болдырмау үшін сарапшылардың нәтижелерін өңдеуге сақтықпен байқап қарау қажет. Әдебиеттерде негізінен бірінші сынып есептерін шешу үшін сараптамалық бағалау мәселелері қарастырылады.

Ұжымдық сараптамалық бағалау материалдарын өңдеу кезінде



6-сурет. Басқару жүйелерін зерттеу әдістерінің жіктелуі

дәрежелік корреляциялар әдістері пайдаланылады. Сарапшылар пікірлерінің келісімдік дәрежесін сандық бағалау үшін конкордациялар коэффициенті қолданылады.

$$W = \frac{12d}{m^2(n^3 - n)}, \quad (1)$$

мұндағы,

$$d = \sum_{i=1}^n d_i^2 = \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=2}^m r_{ij} - 0,5m(n+1) \right]^2 \quad (2)$$

m – сарапшылар саны; $j = \overline{1, m}$; n – қарастырылатын қасиеттер саны, $i = \overline{1, n}$; r_{ij} – сарапшының j саралауы кезінде i қасиетке ие болған орын; d_i – n қасиеттер бойынша дәрежелердің орташа арифметикалық қосындыларынан i қасиеті бойынша дәрежелер қосындыларының ауытқуы.

W конкордациялар коэффициенті әрбір сарапшы құрған артықшылық қатарлары бір-бірімен қаншалықты келісімді екенін бағалауға мүмкіндік береді. Оның мәні $0 \leq W \leq 1$ шектерінде болып келеді; $W = 0$ толық қарама-қарсы екенін білдіреді, ал $W = 1$ – саралаудың толық сәйкес келуі. Егер $W = 0,7 \dots 0,8$ болса, іс жүзінде сенімділігі жақсы деп есептеледі.

Сарапшылар пікірлерінің келісімділігі нашар екендігін растайтын конкордациялар коэффициентінің үлкен емес мәні мынадай себептердің салдары болып саналады: сарапшылардың қарастырылатын жиынтығында шынында да пікірлердің ортақтығы жоқ; сарапшылардың қарастырылатын жиынының ішінде пікірлері жоғары келісімдікке жеткен топтар бар, бірақ осындай топтардың жинақталған пікірі қарама-қарсы.

A және B кез келген екі сарапшы пікірлерінің дәрежелері туралы түсініктің көрнекілігі үшін жұптық дәрежелік корреляциялар коэффициенті пайдаланылады:

$$\rho_{AB} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \psi_i^2}{\frac{1}{6}(n^3 - n) - \frac{1}{n}(T_A + T_B)}, \quad (3)$$

мұндағы, ψ_i – A және B сарапшылар тағайындаған, i қасиетін бағалау дәрежелері шамаларының айырмасы (модель бойынша): $\psi_i = |R_{Ai} - R_{Bi}|; T_A$ және $T_B - A$ және B сарапшылары бағалауларының байланысты дәрежелерінің көрсеткіштері.

Жұптық дәрежелік корреляциялар коэффициенті $-1 < \rho < +1$ мәнін қабылдайды. $\rho = +1$ мәні екі сарапшылар дәрежелеріндегі (екі сарапшы пікірлерінің толық келісімділігі) бағалардың толық дәл келуіне сәйкес келеді, ал $\rho = -1$ – қасиеттердің маңыздылығының екі өзара қарама-қарсы дәрежеленулеріне сәйкес келеді (бір сарапшының пікірі екіншісінің пікіріне қарама-қарсы).

XX ғасырдың ортасына тән болып саналатын ғылым мен техниканың қарқынды дамуы жүйелердің болашақтағы дамуын бағалауларға қатысты үлкен өзгерістер туғызады. Әдебиеттерде «Дельфи әдістері» ретінде белгілі сараптамалық бағалаулар әдістерін дамытудағы осы кезең нәтижелерінің бірі болып саналды. Осы әдістердің атауы ежелгі гректің Дельфи қаласымен байланысты, онда б.д. дейінгі IX ғасырдан б.д. дейінгі IV ғасырға дейін Аполлон храмы жанында Дельфий оракулі өмір сүрген болатын.

Дельфи әдісінің мәні мынада болып табылады. Ашық пікірталас жолымен сарапшылар пікірлерінің келісімділігіне жетудегі дәстүрлі тәсілдемеден өзгешелігі, Дельфи әдісі ұжымдық талқылаудан толық бас тартуды ұйғарады. Бұл неғұрлым беделді маманның пікіріне қосылу, жария білдірілген пікірден бас тартқысы келмеу, көпшілік пікіріне еру сияқты психологиялық факторлардың әсерін азайту үшін жасалады. Дельфи әдісінде тікелей пікірталастар, әдетте сауалнама жүргізу формасында жүргізілетін дәйекті жеке сұрау жүргізулердің мұқият әзірленген бағдарламасымен ауыстырылған болатын. Сарапшылардың жауаптары жинақталады және жаңа қосымша ақпараттармен бірге сарапшылардың қарауына түседі, содан кейін олар өзінің бастапқы жауаптарын нақтылайды. Осындай рәсім айтылған пікірлердің жиынтығы қолдануға ыңғайлы ұқсастыққа жеткенге дейін бірнеше рет қайталанады. Эксперимент нәтижелері сұрау жүргізудің бесінші турынан кейін сарапшылар бағалауларының қолдануға ыңғайлы ұқсастығын көрсетті.

Дельфи әдісін алғашқыда О. Хелмер, қайыра отырыстар өткізу кезінде психологиялық факторлардың әсерін төмендетуге және нәтижелердің объективтілігін арттыруға көмектесуі тиіс, ақылмандар талқысына салу кезіндегі итеративті рәсім ретінде ұсынған болатын.

Бірақ бір мезгілде дерлік Дельфи-рәсімдер сценарийлерді әзірлеу және мақсаттар ағашын бағалау кезінде сандық бағалауларды пайдалана отырып, сараптамалық сұраулар жүргізудің объективтілігін арттырудың негізгі құралына айналды.

Дельфи әдісінің рәсімі:

- ақылмандар талқысы циклдерінің тізбектілігі оңайлатылған түрде ұйымдастырылады;

- сарапшылар арасындағы байланыстарды алып тастайтын, бірақ турлар арасында олардың бір-бірінің пікірімен танысуын қарастыратын; сұрақтар турдан турға дейін нақтыланатын, әдетте сұрақтар көмегімен дәйекті жеке сұрау жүргізулер бағдарламасы әзірленеді;

- неғұрлым дамыған әдістемелерде сарапшыларға бұрынғы сұраулар жүргізу негізінде есептелетін, турдан турға дейін нақтыланатын және бағалаулардың жинақталған нәтижелерін алу кезінде ескерілетін олардың пікірлерінің салмақты маңыздылық коэффициенттері беріледі.

40-шы жылдардың екінші жартысында АҚШ қорғаныс Министрлігі кейбір есептерді шешуге Дельфи әдісін тәжірибеде алғаш рет қолдануы болашақ оқиғаларды бағалаумен байланысты есептердің кең сыныбына таратудың дұрыстығын және оның тиімділігін көрсетті.

Зерттелетін проблемалар: ашылған ғылыми жаңалық, халық санының өсуі, өндірісті автоматтандыру, ғарышты игеру, соғысты болдырмау, әскери техника. Сарапшылар пікірлерін статистикалық өңдеу нәтижелері көрсетілген алты аспектілерде болашақ әлемнің ықтимал суретін салуға мүмкіндік берді. Сондай-ақ сұрау жүргізудің төрт турын өткізгеннен кейін қолдануға ыңғайлы болып шыққан сарапшылар пікірлерінің келісімділік дәрежесі бағаланған болатын.

Дельфи әдісінің кемшіліктері:

- бағалаулардың тізбектік қайталану санының көптігімен байланысты сараптамалар өткізуге айтарлықтай уақыт шығындары;

- сарапшының өз жауаптарын әлденеше рет қайта қарау қажеттілігі оның теріс кері әсерін туғызады және бұл сараптамалар нәтижелеріне әсерін тигізеді.

QUWST, SEER, PATTERN әдістері Дельфи әдісін одан ары қарай дамыту болып саналады.

Мақсаттар ағашы әдісінің идеясын алғаш рет өнеркәсіпте

шешімдер қабылдау проблемаларымен байланысты Черчмен ұсынған болатын. «Мақсаттар ағашы» термині жалпы мақсаттарды ішкі мақсаттарға, ал оларды өз кезегінде одан неғұрлым дәлірек құрамды бөліктерге – жаңа ішкі мақсаттар мен функцияларға бөлу жолдары алынған сатыластық (иерархия) құрылымдарын пайдалануды түсіндіреді. Негізінен, бұл термин қатаң ағаш тәртіпті құрылымдар үшін пайдаланылады, сонымен бірге мақсаттар ағашы әдісі кей уақытта төмен жатқан деңгейдің бірдей бір шыңы бір мезгілде жоғары жатқан деңгейдің екі немесе бірнеше шыңына бағындырылуы мүмкін «әлсіз» сатыларға қолданылады.

Сатыластық құрылымдар ұйымдық құрылымдарды зерттеу және жетілдеру кезінде пайдаланылады. Талдау үшін әзірленетін мақсаттар ағашы тіпті әрқашан да мақсаттар терминдерінде көріне бермейді. Кейде, мысалы, ғылыми зерттеулер мақсаттарын талдау кезінде болжамдар жасау бағыттарының ағашы туралы айту ыңғайлырақ. В. М. Глушков, мысалы, «болжамдық граф» терминін ұсынған болатын және қазіргі уақытта кеңінен пайдаланылады. Осы ұғымды пайдалану кезінде шыңдардың әрбір жұбы жалғыз тізбекпен жалғанатын тұзақтан тұрмайтын байланыстық бағдарланған граф ретінде ағаш ұғымын неғұрлым дәл анықтау мүмкіндігі пайдаланылады.

Морфологиялық әдістердің негізгі идеясы – проблемаларды шешудің бүкіл «ойлайтын» нұсқаларын жүйелі табу немесе бөлінген элементтерді немесе олардың белгілерін құрамалау жолымен жүйелерді жүзеге асыру. Морфологиялық ойлау идеясы Аристотельге, Платонға, ал белгілі ойлау механизациясының орта ғасырлық модельдері Р. Луллияға барып тіреледі. Морфологиялық тәсілдемені жүйеленген түрде алғаш рет швейцариялық астроном Ф. Цвикки әзірлеп, қолданған болатын және ұзақ уақыт бойы Цвикки әдісі ретінде белгілі болды.

Цвикки морфологиялық зерттеудің үш әдісін ұсынды.

Бірінші әдіс – кез келген зерттеу саласындағы бөлімнің тірек пункттерінің бөлінуіне негізделген өрісті жүйелі жабу және ойлаудың кейбір тұжырымдалған қағидаттарының өрісін толтыру үшін пайдалану әдісі.

Екінші әдіс – идеяларға негізделетін терістеу және құрылымдау әдісі. Цвикки әдісінің қорытындысы мынау - догмалар мен терістеу және демек кейбір ұсынысты тұжырымдап, содан кейін оларды

қарама-қарсыға өзгерткен және талдау жүргізу кезінде қолдану пайдалы болады.

Үшінші әдіс – неғұрлым кеңірек қолдау тапқан морфологиялық жәшік әдісі (МЖӘ). МЖӘ идеясы проблемаларды шешу соған қатысты болатын бүкіл «ойлайтын» параметрлерді анықтаудан және оларды матрица-жолдар түрінде беруден, содан кейін осы морфологиялық матрица-жәшікте әрбір жолдың бірі бойынша параметрлердің бүкіл мүмкін ұштасуларын анықтаудан тұрады. Осындай түрде алынған нұсқалар содан кейін ең жақсысын таңдау мақсатымен бағалауға және талдауға тартылуы мүмкін. Морфологиялық жәшік екі өлшемді ғана болмауы мүмкін. Мысалы, А. Холл зерттеу үшін үш өлшемді жәшік жүйелерінің құрылымдарын пайдаланды.

Цвиккидің морфологиялық жәшіктері техникада болжамды талдау мен әзірлеу үшін кең қолдауға ие болды. Ұйымдық жүйелер үшін осындай жәшік көп өлшемді болатындай іс жүзінде басқару жүйелерін құру мүмкін емес. Сондықтан ұйымдық жүйелерді модельдеу үшін морфологиялық тәсілдеме идеясын пайдаланып, модельдеу тілдерін немесе жобалау тілдерін әзірлейді және бұл жүйеде мүмкін жағдайлар мен шешудің мүмкін нұсқаларын туғызу үшін, сондай-ақ сатыластық құрылымдардың төменгі деңгейлерін жиі құрудың қосалқы құралы ретінде, сол сияқты ұйымдық құрылымдарды модельдеу кезінде қолданылады. Осындай тілдердің мысалдары мыналар: жүйелік-құрылымдық тілдер (атқарымдар тілдері мен құрылымдар түрлері, номинал-құрылымдық тіл), жағдайлық басқару тілі, құрылымдық-лингвистикалық модельдеу тілдері.

Нақты жағдайларда жүйелік талдау қағидаттарын жүзеге асыратын әдістемелер, жүйелерді зерттеу үдерісін жеткізу және проблемаларды шешу үдерісін нысандандыруға бағытталған. Жүйелік талдау әдістемесі жүйенің нысандандырылған түрде берілуінің бара-бар әдісін таңдауға мүмкіндік беретіндей жүйе туралы зерттеушінің жеткілікті мәліметі жоқ болған жағдайларда әзірленеді және қолданылады.

Жүйелерді ұсынудың (есептерді шешу үдерісін) нұсқаларын қалыптастыру мен ең жақсы нұсқаны таңдау жүйелік талдау әдістемесінің негізі етіп алып, оларды содан кейін ішкі кезеңдерге бөлуге болады. Мысалы, бірінші кезеңді мынадай түрде бөлуге болады:

- Жүйелерді ортадан бөлектеу (немесе шектеу);
- Жүйелерді ұсынудың тәсілдемесін таңдау;
- Жүйелерді ұсынудың нұсқаларын қалыптастыру (немесе бір нұсқаны қалыптастыру – егер жүйе сатыластық құрылымдар түрінде бейнеленген болса, онда ол жиі қолданылады).

Екінші кезеңді мынадай түрде ішкі кезеңдермен беруге болады:

- Нұсқаларды бағалаудың тәсілдемесін таңдау;
- Бағалау мен шектеулер өлшемдерін таңдау;
- Бағалау жүргізу;
- Бағалау нәтижелерін өңдеу;
- Алынған нәтижелерді талдау және ең жақсы нұсқаны таңдау (немесе, егер ол біреу болса, нұсқаға түзету жасау).

Қазіргі уақытта барлық кезеңдері бірдей талқыланған әдістемелер мысалдарын келтіру қиын.

Күрделі жүйелерді құру және пайдалану кезінде:

- жүйелердің әртүрлі қасиеттерін сипаттайтын көрсеткіштерді бағалаумен;
- жүйелердің оңтайлы құрылымдарын таңдаумен;
- оның параметрлерінің оңтайлы мәндерін таңдаумен байланысты көптеген зерттеулер мен есептеулер жүргізу талап етіледі.

Осындай зерттеулерді орындау жүйелердің атқарымдық үдерісін математикалық сипаттаудың, яғни оның математикалық моделінің болуы жағдайында ғана мүмкін болады.

Нақты жүйелердің күрделілігі ол үшін «абсолютті» бара-бар модельдер құруға мүмкіндік бермейді. Математикалық модель (ММ) нақты жүйеге әсер ететін басты факторларды ғана және нақты үдеріске кіретін негізгі құбылыс қана көрсетілген кейбір оңайлатылған үдерісті сипаттайды.

Қандай құбылысты негізгі және қандай факторларды басты деп санау – модельдердің тағайындалуына, оның көмегімен қандай зерттеу жүргізу ұйғарылатынына түбегейлі қатысты болады. Сондықтан сол нақты бір объектінің атқарымдық үдерісі қойылған есептерге қатысты әртүрлі математикалық сипаттама алуы мүмкін.

Өйткені күрделі жүйенің ММ көп болуы мүмкін және олардың барлығы абстракциялаудың қабылданған деңгейімен анықталады, сондықтан есептерді абстракциялаудың қандай да бір деңгейінде қарастыру сұрақтардың белгілі бір тобына жауап алу үшін ендігі уақытта абстракциялаудың өзге деңгейінде зерттеу

жүргізу қажет. Абстракцияланудың мүмкін деңгейлерінің әрбірі абстракцияланудың аталған деңгейінің мүмкіндігіне ғана тән шектеулерге ие. Мәліметтердің барынша мүмкін толықтығына жетуде абстракциялар деңгейлерінің аталған жағдайы үшін барлық мақсаттарға сай келетін сол, бір жүйені зерделеу қажет.

Математикадағы нысандандыру үдерісі қарастырылатын объектінің өзгергіштігіне байланысты дерексіздендірілген үдеріс ретінде түсіндіріледі. Сондықтан формалды сапқа тізу неғұрлым табысты пайдаланылады және сол уақытта заттармен немесе үдерістермен қандай да бір түрде кейбір тұрақты, өзгермейтін ұғымдарды салыстыру сәті түседі.

Берілген абстрактылық тілде айту (высказывание) туралы ұғым аталған тіл ережелерінде құрылған кейбір сөйлемдер (формула) бар екенін білдіреді. Бұл формула олардың белгілі бір мәндері кезінде ғана айтылғандарды ақиқат ететін вариацияланатын айнымалылардан тұрады.

Барлық айтылғанды әдетте екі типке бөледі. Біріншіге «термдер» (заттардың атауы, сөйлем мүшелері және т.б.) – соның көмегімен зерттеу объектілерін белгілейтін, айтылған пікірлер, ал екіншіге – «функторлар» - термдер арасындағы қатынасты анықтайтын, айтылған пікірлер жатады.

Термдер мен функторлардың көмегімен абстрактылық сипаттаудың лингвистикалық деңгейінен (жоғарғы дәреже деңгейі) жеке жағдай ретінде абстракциялаудың теориялық-жиындық деңгейі (неғұрлым төменгі деңгейі) қалай туындайтынын көрсетуге болады.

Термдер – соның көмегімен элементтер немесе басқаша айтсақ, зерделенетін жүйелердің ішкі жүйелері санамаланатын, ал функторлар енгізілген жиындар арасында қатынастар сипатын орнататын кейбір жиын. Жиын кейбір қасиеттерге ие және бір-бірімен және өзге жиындар элементтерімен кейбір қатынастарда болатын элементтерден пайда болады. Демек автоматтандырылған басқару жүйесі (АБЖ) «жиын» ұғымының осындай тектегі анықтамасына толықтай дәл келеді. Бұл абстракциялардың теориялық-жиындық деңгейінде күрделі жүйелерді құру толықтай сыйымды және мақсатқа сай келеді.

Абстракциялардың теориялық-жиындық деңгейінде нақты жүйелер туралы жалпы мәлімет қана алуға болады, ал неғұрлым нақты мақсаттар үшін нақты жүйелердің әртүрлі қасиеттеріне неғұрлым

нәзік талдау жүргізуге мүмкіндік беретін өзге абстракциялаудың неғұрлым төмен деңгейлері өз кезегінде жүйелерді формалды сипаттаудың теориялық-жиындық деңгейіне қатынасы бойынша ендігі уақытта жекелеген жағдайлар болып саналады.

Мәселен, егер қарастырылатын жиындар элементтері арасындағы байланыстарды, жиын элементтерін алғашқы жиынның өзінде бейнелейтін кейбір бірімәнді атқарымдардың көмегімен орнатуға болса, онда жүйелерді сипаттаудың абстрактылық-алгебралық деңгейіне келетін боламыз. Мұндай жағдайда жиындар элементтері арасында нуларлы (ешқандай, жоқ болатын), унарлы, бинарлы (қосарлы, екілік), тернарлық қатынастар және т.б. орнатылған деп айтылады. Егер қарастырылатын жиынның элементтерінде кейбір топологиялық құрылымдар анықталған болса, онда бұл жағдайда жүйелердің абстрактылық сипаттамасының топологиялық деңгейіне келеміз. Бұл ретте гомологиялық топология, алгебралық топология және т.б. аталатын жалпы топология немесе оның тармақтарының тілі пайдаланылуы мүмкін.

Жүйелерді сипаттаудың логикалық-математикалық деңгейі: автоматтардың атқарымын нысандандыру үшін; автоматтардың атқарымдық шарттарын беру үшін; автоматтардың есептеу қабілетін зерделеу үшін кеңінен қолданылады.

«Автомат» (грекше *automatos* – өздігінен әрекет етуші) ұғымы мынадай маңызға ие:

1) адамның тікелей қатысуынсыз кейбір үдерісті орындайтын құрылғы. Бұл өте ертедегі сағаттар, механикалық ойыншықтар, XVIII ғасырдың екінші жартысынан адамның физикалық еңбегін алмастыру үшін өнеркәсіпте кеңінен қолданыла бастады; XX ғасырдың 40-50-ші жылдары ой еңбегінің кейбір түрлерін орындау үшін автоматтар пайда болды; автоматты есептеу машиналары мен өзге де кибернетикалық құрылғылар. Автоматтарды қолдану еңбек өнімділігін, операцияларды орындаудың жылдамдығы мен дәлдігін айтарлықтай арттырады. Адамды шаршататын бір сарынды еңбектен босатады, адамды өмірі үшін қауіпті немесе денсаулығы үшін зиянды жағдайлардан қорғайды. Автоматтар адамның қатысуы мүмкін емес (жоғары температура, қысым, үдеу, вакуум және т.б.) орындарда пайдаланылады;

2) математикалық ұғым нақты (техникалық) автоматтардың математикалық моделі. Абстрактылы түрде автоматты кіру және

шығу арналарының түпкі саны мен ішкі жай-күйінің кейбір жиынына ие құрылғы («қара жәшік») ретінде елестетуге болады. Кіру арналарына сырттан дабылдар келіп түседі және ол қандай күйде болғанына байланысты олардың мәніне қатысты автомат келесі күйге ауысады және өзінің шығу арналарына дабылдар береді. Уақыт өте келе кіру дабылдары өзгереді, тиісінше автоматтың күйі де өзгереді және оның шығу арналары да өзгереді. Осылайша, автомат уақытпен жұмыс істейді;

3) автомат тар мағынасында синхронды дискреттік автоматтарды белгілеу үшін қолданылады. Осындай автоматтар кіру және шығу әліпбиі деп аталатын кіру және шығу дабылдары мәндерінің түпкі жиынына ие. Уақыт ұзақтығы бірдей аралықтарға (тактыларға) бөлінеді: бүкіл тактының бойында кіру дабылы, күйі мен шығу дабылы өзгермейді. Тактылар шекараларында ғана өзгеріс болады. Демек уақытты $t = 1, 2, \dots, n$ дискретті деп санауға болады.

Тірі организм жүзеге асыратын немесе автоматты әрекет ететін машина, я құрылғы жүзеге асыратын басқару немесе реттеудің кез келген үдерісінде кіру ақпараттарын шығу ақпараттарына қайта өңдеу жүреді. Сондықтан жүйелерді абстрактылы сипаттаудың теориялық-ақпараттық деңгейінде ақпарат объектілер мен құбылыстардың (үдерістердің) қасиеті ретінде қатысады және бейнелеу арқылы бір объектіден екіншіге берілетін және оның құрылымында (мүмкін, өзгертілген түрде) есте қалатын күйлердің алуандығын туғызады.

Дереккөзі жиынының ақпараттарды таратушы күйінің жиынында бейнеленуі кодтау тәсілі деп аталады, ал кодтаудың таңдалған тәсілі кезіндегі күй бейнесі – осы күйдің коды деп аталады.

Ақпараттарды таратушылардың физикалық мәніне абстракциялана отырып және оларды кейбір абстрактылы жиынның элементтері ретінде, ал олардың орналасу тәсілін осы жиындағы қатынастар ретінде қарастыра отырып, оны беру тәсілі ретінде ақпараттар кодының абстрактылы ұғымына келеміз. Осындай тәсілдеме кезінде ақпараттар кодын математикалық модель ретінде, яғни онда предикаттармен берілген абстрактылы жиын ретінде қарастыруға болады. Бұл предикаттар код элементтерінің типі мен олардың бір-біріне қатысты орналасуын анықтайды.

Предикат – математиканың іргелі ұғымдарының бірі – дәл логикалық-математикалық тіл терминдерінде тұжырымдалған шарт. Предикат кейбір сыныптағы еркін (айнымалы) объектілер

үшін белгілеуден тұрады. Айнымалыларды аталған сыныптағы объектілердің атауларымен орын ауыстырған кезде предикат дәл анықталған, айтқандарын береді.

Жүйелерді абстрактылы сипаттаудың динамикалық деңгейі жүйелерді кейбір объекті ретінде көрсетумен байланысты және оған уақыттың белгілі бір сәттерінде затты, энергия мен ақпаратты енгізуге, ал уақыттың өзге сәттерінде – оларды шығаруға болады, яғни динамикалық жүйе «шығу» және «кіру» қасиеттерімен бөлінеді, әрі ондағы үдерістер үзіліссіз, сол сияқты уақыттың дискреттік сәттерінде өтуі мүмкін. Мұнан өзге, динамикалық жүйелер үшін оның ішкі қасиетін сипаттайтын «жүйелер күйі» ұғымы енгізіледі.

Жүйелерді абстрактылы сипаттаудың эвристикалық деңгейі күрделі жүйеде адамның бар болуымен байланысты, басқару есептерінің қанағаттандырарлық шешімін іздеуді көздейді. Эврика – бұл салалас есептерді шешудің жалпы тәжірибесіне негізделген долбар. Басқару үдерісінде адамның зияткерлік қызметін зерделеудің аса зор маңызы бар.

Эвристика жалпы айтқанда – бұл есептердің шешімін іздеу кезінде қарайтын нұсқалардың санын қысқартуға мүмкіндік беретін тәсіл. Әрі бұл тәсіл ең жақсы шешім табуға кепілдік бермейді.

Мысалы, адам шахмат ойнаған кезде шешім шығарудың эвристикалық тәсілдерін пайдаланады, өйткені ойын нұсқалары санының аса көптігінен (10^{120} -ға жуық нұсқаларды ойлау керек) басынан аяғына дейінгі ойынның бүкіл барысын ойлау іс жүзінде мүмкін емес. Егер бір нұсқаға бар болғаны 10 секунд жұмсалса, ал бір жылда 3×10^7 секундқа жуық, онда демалыс күндері мен еңбек демалысынсыз 8 сағаттық жұмыс кезінде адам жылына $(1/3 \times 3 \times 10^7)/10 = 10^6$ -дан аспайтын нұсқаларды санап шығуға қабілетті. Демек, шахмат партияларының бүкіл мүмкін нұсқаларын іріктеп алу үшін бір адамға 10^{14} жыл қажет болады.

Сондықтан қазіргі уақытта эвристикалық бағдарламалау – ойындық жағдайларды бағдарламалау, бір тілден екінші тілге ауыстыру, дифференциалды диагностика, бейнелерді (дыбыстық, көрінетін және т.б.) тану теоремаларын дәлелдеу қарқынды дамуда.

Қазіргі уақытта жасанды және гибридті интеллекті жасауға басты назар аударылуда. Бұл ретте көрінеу тиімді емес жолдардың жолын кесу әдістерін әзірлеудің сатыластықпен ұйымдасқан проблемаларын шешудің аса зор маңызы бар.

Осылайша, жүйелерді абстрактылы сипаттау деңгейлерін шолу, қандай да бір болмасын өзге нақты жүйелерді зерделеу кезінде формалды сипаттаудың соған дәл келетін әдісін таңдау, теориялық-жүйелік кеңістіктерде әрқашан да неғұрлым жауапты және қиын қадам болып саналатынын көрсетеді. Зерттеудің осы бөлігі нысандандыруға көнбейді деп айтуға болады және көп жағдайда зерттеушінің білімпаздығына, оның кәсіпқойлығына, зерттеу мақсаттарына және т.б. қатысты болады. Қазіргі уақытта жүйелердің абстрактылық теорияларында жүйелерді сипаттаудың теориялық-жиындық, абстрактылық-алгебралық және динамикалық деңгейлеріне көбірек маңыз беріледі.

Күрделі жүйенің атқарымын уақыттың екі атқарымдарының жиынтығы: $x(t)$ – жүйелердің ішкі күйі; $y(t)$ – жүйелердің шығу үдерісі ретінде қарастыруға болады. Екі атқарымдар да $u(t)$ – кіру әрекетіне және $f(t)$ – ауытқуға тәуелді болады.

Әрбір $t \in T$ үшін $z \in Z$ жиыны бар болады.

$Z = Z_1 \cup Z_2 \cup \dots \cup Z_n$, n - өлшемдік кеңістіктің жиыны. $z(t)$ жүйелердің күйі - $z_1, z_2, z_3, z_4, \dots, z_n$ жинақталған координаттарымен Z кеңістіктік нүктесі немесе векторы.

$U = T \times Z$ - жүйелердің фазалық кеңістігі.

Салдарларсыз детерминацияланған жүйе - $z(t)$ күйі $z(t_0)$ -ға ғана тәуелді және $z(t_0) \dots z(t)$ -ге тәуелді емес, яғни $z(t)$ $z(t_0)$ -ге тәуелді және жүйе қандай күйде $z(t_0)$ күйге түскеніне тәуелсіз жүйе.

Салдарсыз жүйе үшін оның күйін былайша жазуға болады:

$$z(t) = H\{t, t_0, z(t_0), (t, x_L]_{t_0}^{t_1}\},$$

мұндағы, $(t_0, t]$ интервалға сәйкес келетін, кіретін хабарлардың бүкіл мүмкін үзінділерінің $\{(t, x_L]_{t_0}^{t_1}\}$ -жиыны. H – жүйелер ауысуларының операторы.

$$t \in T, t_0 \in T, z(t_0) \in Z, (t, x_L]_{t_0}^{t_1} \in \{(t, x_L]_{t_0}^{t_1}\}.$$

Бейнелеудің формалды жазбасы:

$$T \times T \times \{(t, x_L]_{t_0}^{t_1}\} \rightarrow Z.$$

Алғашқы шарты $H\{t_0, t_0, z(t_0), (t, x_L]_{t_0}^{t_0}\} = z(t_0)$.

Егер $(t, x_L]_{t_0}^{t_1} = (t, x_L]_{t_0}^{t_1}$, онда $H\{t_0, t, z(t_0), (t, x_L]_{t_0}^{t_1}\} = H\{t_0, t, z(t_0), (t, x_L]_{t_0}^{t_1}\}$.

Егер $t_0 < t_1 < t_2$ және $t_0, t_1, t_2 \in T$, онда $H\{t_0, t_2, z(t_0), (t, x_L]_{t_0}^{t_2}\} = H\{t_2, t_1, z(t_1), (t, x_L]_{t_1}^{t_2}\}$, өйткені $(t, x_L]_{t_0}^{t_2} = (t, x_L]_{t_0}^{t_1} \cup (t, x_L]_{t_1}^{t_2}$ және $(t, x_L]_{t_1}^{t_2}$ кесінділердің теңдей бөлшектенуі.

G жүйелердің шығу операторы мынадай қатынастарды жүзеге асырады:

$$\{(t, t0)\}' Z' (t, x_L)_{T'} \otimes Y,$$

$$y(t) = G(t, t0, z(t0), (t, x_{L2}]_{t0}^t).$$

$(x, y) \hat{I} X' Y$ - жүйелердің кеңейтілген күйі.

Салдарларсыз динамикалық жүйе (Кламан динамикалық жүйесі) – жоғарыда қойылған талаптарды қанағаттандыратын, тәртіпке келтірілген жиын $(T, X, Z, Y, \{(t, x_L)_{T'}\}, H, G)$:

- T нақты сандардың ішкі жиыны болып саналады.

- $\{(t, x_L)_{T'}\}$ - кесінділердің бөлшектенуін қанағаттандыратын $T \otimes X$ бейнелеулер жиыны.

- H ауысулар операторы $\{(t, t0)\}' Z' (t, x_L)_{T'} \otimes Y$ жүзеге асырады.

- G жүйелердің шығу операторы $y(t) = G(t, t0, z(t0), (t, x_{L2}]_{t0}^t)$ түрмен беріледі.

Жүйелер ұғымының кеңеюі үш жолмен жүреді:

- әсердің өзіндік ерекшеліктерінің есебіне алу;
- салдарлар есебіне алу;
- кездейсоқ факторлар есебіне алу.

$u \hat{I} U; u=M(t)$ басқарушы дабылдар ұғымы енгізіледі немесе егер $u \hat{I} U$ дабылы мінездемелер жиынымен сипатталса, $U = U_1' U_2' U_L$.

Алдындағы жағдайдан өзгешелігі t_u және t_x уақыт сәттерінің жиыны дәл келмеуі мүмкін.

$X^* = X' U$ кеңейтілген жиыны енгізіледі, осылайша жүйелердің күйі $x = (x, u) = (x_1, x_2, \dots, x_n, u_1, u_2, \dots, u_L)$ векторымен сипатталады.

Осыны ескере отырып алдындағы формулалар түрге ие болады.

Ауысулар операторлары:

$$z(t) = H\{t, t0, z(t0), (t, x_L, u_M]_{t0}^t\}, \text{ немесе}$$

$$z(t) = H\{t, t0, z(t0), (t, x_L]_{t0}^t, (t, u_M]_{t0}^t\},$$
 бұл мына бейнелеуге сәйкес келеді

$$T' T' \{(t, x_L]_{T'}\}' \{(t, u_M]_{T'}\} \otimes Z.$$

Жүйелердің үлкен сыныбы олардың күйін беру үшін уақыт мезеттерінің кейбір жиынында жүйелер күйін білу қажеттілігімен сипатталады.

$$z(t) = H\{t, (t_{B0'} z_w)_{t0}^t, (t, x_L]_{t0}^t, (t, u_M]_{t0}^t\},$$

$$\{(t, t0)\}' \{(t_{B0'} z_w)_{t0}^t\}' Z' \{(t, x_L]_{T'}\} \otimes Z.$$

мұндағы, $\{(t_{B0'} z_w)_{t0}^t\}$ - жүйелердің бүкіл мүмкін күйлерінің үйірі.

Кездейсоқ факторлардың әсерімен жұмыс істейтін жүйелер стохастикалық деп аталады. Оларды сипаттау үшін кездейсоқ оператор енгізіледі:

$P(A)$ өлшем ықтималдығы мен элементар (қарапайым) оқиғалар кеңістігі - $w \in W$.

X жиынын Z жиынға ауыстыратын H_I кездейсоқ операторы:

$z = H_I(x, w)$, W жиынын $\{X \otimes Z\}$ жиынына бейнелеуді жүзеге асырушы.

Ауысулар операторы тиісінше мынадай түрде берілетін болады:

$$z(t) = H_I\{t, t_0, z(t_0, w_0), (t, X_L] t_0', w'\},$$

$$y(t) = G_I(t, z(t), W'').$$

$$z(t) = H_I\{t, t_0, z(t_0, w_0), (t, x_L] t_0^t, w^t\},$$

$$y(t) = G_I(t, z(t), w^{''}).$$

мұндағы, $w_0, w', w'', P_0(A), P_x(A), P_y(A)$ -ға сәйкес W -дан таңдалынады.

Тіркелген w', w'' кезінде – кездейсоқ бастапқы күйлердегі жүйе.

Тіркелген w_0, w'' кезінде – кездейсоқ ауысулар бар жүйе.

Тіркелген w_0, w' кезінде – кездейсоқ шығулар бар жүйе.

Агрегаттың жалпы анықтамасы – жүйелердің әртекті элементтерінің атқарымдарын жазу үшін бірыңғайланған модель. Бүкіл жүйелердің динамикасы бір-бірімен түйіндесетін агрегаттық элементтердің динамикасы арқылы ашылады.

Агрегаттың сипаттамалары:

T – уақыт мезеттерінің жиыны.

Z – жүйелер күйі.

X – кіру дабылы.

Y – шығу дабылы.

t уақыт мезетіндегі күймен қатар агрегат уақыттың аз саны ішінде ауыса алатын $(t + 0)$ уақыт мезетіндегі күй енгізіледі. Операторлық ауысу түрі уақыттың аталған аралығында кіру дабылдары түсе ме, әлде жоқ па соған қатысты болады.

$X(t_s)$ дабылдың түсу мезеті t_s деп алайық, сол уақытта ауысу операторын мынадай түрде жазуға болады:

$$Z(t_s + 0) = H_1[t_s, Z(t_s), X(t_s)], t_s \in T.$$

$(t_s, t_{s+1}]$ интервалындағы агрегаттық күйі мынадай түрге ие болады:

$$Z(t) = H_2[t, t_s, Z(t_s + 0)], t \in (t_s, t_{s+1}].$$

Z күйлерінің жиынында $Z^{(y)}$ ішкі жиынды бөлеміз, егер $Z(t^*) \in Z^{(y)}$ ішкі жиынға жететін болса, онда t^* мезеті

$$y(t^*) = G[t^*, Z(t^*)].$$

формула бойынша анықталатын шығу дабылын беру мезеті болып саналады.

Кейбір жағдайларда шығу дабылын беру мезетінде агрегаттың өзгеруі мүмкін, осыны есепке алу үшін H_3 енгізіледі:

$$Z(t), Z^{(v)}, Z(t+0) = H_3[t^*, Z(t^*)].$$

H_1, H_2 және H_3 жиынтығы бұрын қарастырылған H -ді береді.

H және G агрегаттың атқарымдық моделін анықтайды. Агрегаттың атқарымдық үдерісі негізінен кіретін дабылдардың түсу және H_3 шығу дабылдарын беру мезетіндегі жүйелер күйлерінің секірістерінен тұрады.

Жүйелердің атқарымын агрегаттық сипаттау әмбебап және әртүрлі математикалық модельдер береді. Элементтердің атқарымы агрегаттық көрсетуге әкелуі мүмкін. АЖ-нің агрегаттық модельдерін жасау үшін:

- Қарапайым жүйелердің агрегаттық моделін жасау.
- Түйіндесетін агрегат моделін құру қажет.

ҚОРЫТЫНДЫ

• Сапалық әдістерде есептің қойылуын ұйымдастыруға, оны нысандандырудың жаңа кезеңіне нұсқаларды қалыптастыруға, нұсқаларды бағалау тәсілдемесін таңдауға, адамның тәжірибесін пайдалануға, әрқашан да сандық бағалаулармен көрсетіле бермейтін оның артықшылықтарына жете назар аударылады.

• Сандық әдістер нұсқаларды талдаумен, олардың мүлтіксіз дәл сандық сипаттамаларымен байланысты. Есептің қойылуы үшін бұл әдістерге құралдардың болмауынан, осы кезеңді жүзеге асыруды адамға толықтай қалдырады.

• Ақпараттық жүйелерді жобалау кезінде қандай құбылысты негізгі, қандай факторларды – басты деп санауды анықтау аса қиын болады, яғни сол, бір нақты объектінің атқарымы үдерісінде есептің қойылуына қатысты әртүрлі математикалық сипаттамаларды алуға болады.

• «Ақылмандар талқысы» тұжырымдамасы жаңа идеяларға және түйсіктік ойлау негізінде адамдар топтарының келісімге жетуіне бағытталған шығармашылық ойлауды жүйелі жаттықтыру әдісі ретінде 50-ші жылдардың басынан кең тарауға ие болды.

- Тәжірибеде сценарийлер типі бойынша өнеркәсіптің кейбір салаларындағы болжамдар әзірленді. Қазіргі уақытта ұйымдар немесе арнайы комиссиялар дайындайтын халық шаруашылығы салаларын дамытудың кешенді бағдарламаларына ұсынысты сценарийлердің бір түрі деп есептеуге болады.

- Ашық пікірталас жолымен сарапшылар пікірлерінің келісімділігіне жетудегі дәстүрлі тәсілдемеден өзгешелігі, Дельфи әдісі ұжымдық талқылаудан толық бас тартуды ұйғарады. Бұл неғұрлым беделді маманның пікіріне қосылу, жария білдірілген пікірден бас тартпау, көпшілік пікіріне еру сияқты психологиялық факторлардың әсерін азайту үшін жасалады.

- Мақсаттар ағашы әдісінің идеясын алғаш рет өнеркәсіпте шешімдер қабылдау проблемаларымен байланысты Черчмен ұсынған болатын. «Мақсаттар ағашы» термині жалпы мақсаттарды ішкі мақсаттарға, ал оларды өз кезегінде одан неғұрлым дәлірек құрамды бөліктерге – жаңа ішкі мақсаттар мен функцияларға бөлу жолдары алынған сатыластық (иерархия) құрылымдарын пайдалануды түсіндіреді.

- Нақты жағдайларда жүйелік талдау қағидаттарын жүзеге асыратын әдістемелер, жүйелерді зерттеу үдерісін жеткізу және проблемаларды шешу үдерісін нысандандыруға бағытталған. Жүйелік талдау әдістемесі жүйенің нысандандырылған түрде берілуінің бара бар әдісін таңдауға мүмкіндік беретіндей жүйе туралы зерттеушінің жеткілікті мәліметі жоқ болған жағдайларда әзірленеді және қолданылады.

СОӨЖ және СӨЖ тапсырмалары

1. Тақырып бойынша бақылау сұрақтарына жауап беру:

1. Сапалық әдіс не үшін керек?
2. Сандық әдістер қандай сипаттамаларға байланысты?
3. Есептің қойылуына қатысты қандай сипаттамаларды алуға болады?
4. «Ақылмандар талқысы» тұжырымдамасының мәні?
5. Сценарий қандай түсініктерді қалыптастырады?
6. Дельфи әдісінің мәні қандай?
7. Мақсаттар ағашы әдісінің идеясы қандай?

8. Морфологиялық зерттеудің қандай әдістері ұсынылады?
9. Жүйелерді ұсынудың нұсқаларын қалыптастыруда қандай ішкі кезеңдерге бөлуге болады?
10. Термдер мен функторлардың көмегімен нені көрсетуге болады?
11. «Автомат» ұғымы қандай маңызға ие?
12. Предикат – математиканың іргелі ұғымдарының бірі ретінде қандай шарттарды тұжырымдайды?

2. Тақырып бойынша тест тапсырмаларының сұрақтарына жауап беру:

1. **Элемент дегеніміз не?**
 - A) Жүйенің бөлінбейтін бөлігі
 - B) Қосымша комбинация
 - C) Ақпараттық символдар
 - D) Жалпы бөлігі
 - E) Аталғандардың барлығы дұрыс

2. **Кодталған хабар сигнал-ақпарат тасығыш түріне ие болады. Ал олар не арқылы жүреді?**
 - A) Сым
 - B) Арна
 - C) Желі
 - D) Жүрмейді
 - E) Сигнал

3. **Телефон сымы -**
 - A) Ақпарат жібермейтін арна
 - B) ЭЕМ құрылғысы
 - C) Ақпарат жіберілетін арна
 - D) Жалпы көздеуіш құралы
 - E) Дұрыс жауабы жоқ

4. **Қазіргі уақытта неше жүйелік әдіс қалыптасқан?**
 - A) 5
 - B) 1
 - C) 4
 - D) 3
 - E) 2

5. **Мыналар қайсысына сәйкес келеді?**
Информатика; Математикалық бағдарламалау; Имитациялық модельдеу
- A) Жүйелік құрылым
 - B) Жүйелік арна
 - C) Жүйелік тәсіл
 - D) Жүйелік әдіс
 - E) Жүйелік талдау
6. **Анықсыздық принципі -**
- A) Анықталмаған принцип
 - B) Зерттеу жолымен алынған салыстырмалық
 - C) Тәжірибелік жолмен алынған салыстырмалық
 - D) Дәлелдеу жолымен алынған салыстырмалық
 - E) Дұрыс жауабы жоқ
7. **Бит -**
- A) Сегіздік жүйедегі сегіздік белгісі
 - B) Ондық жүйедегі алфавиттік белгісі
 - C) Си жүйесіндегі ақпарат бірлігі
 - D) Екілік алфавиттің екілік белгісі
 - E) Аталғандардаың барлығы дұрыс
8. **Құрылым дегеніміз не?**
- A) Бір ақпарат бірліктерінің басқа ақпарат бірліктеріне енуі
 - B) Қандай да бір жүйенің кез келген элементі
 - C) Кез келген уақытта объектінің күй жайын сипаттайтын шама
 - D) ДБ сақталатын барлық ақпарат құрылым жүйесі
 - E) ДБ түрлендіру жүйесі
9. **Желілік модель -**
- A) Бір элемент құрылымы
 - B) Әрбір элемент кез келген элементпен байланыса алатын құрылым
 - C) Бір элемент бір ғана элементпен байланыса алатын құрылым
 - D) Әрбір элементтің ешбір элементпен байланыса алмауы
 - E) Дұрыс жауабы жоқ
10. **Ақпараттың бар болуының неше фазасы бар?**
- A) 1
 - B) 2

- C) 3
- D) 4
- E) 5

11. **Кедергіге тұрақты деп нені айтамыз?**

- A) Байланыс каналдарымен жіберілетін кодтық сөздерде қатені түзетуге және анықтауға мүмкіндік беретін кодтар
- B) Жалпы айтқанда олар бір-бірінен бір символмен (элемент) ажыратылады
- C) Кодтаудың бұл түрі дискретті сигналда, оны байланыс каналдарынан жіберу кезінде пайда болатын қателерді іздеу және/немесе түзету үшін қолданылады
- D) Деректерді жіберу сенімділігін арттыру үшін кедергіге тұрақты кодтарды қолдану кодтау және декодтау тапсырмаларын шешумен байланысты
- E) Екі кодтық сөздің арасындағы кодтық қашықтық – бұл бір-бірінен ажыратылатын позиция саны

12. **Жүйелік код деп нені айтамыз?**

- A) Екі кодтық сөздің арасындағы кодтық қашықтық – бұл бір-бірінен ажыратылатын позиция саны
- B) Деректерді жіберу сенімділігін арттыру үшін кедергіге тұрақты кодтарды қолдану кодтау және декодтау тапсырмаларын шешумен байланысты
- C) Сенімділікті арттыру мәселесі деректерді жіберу және байланыс каналдарының нақты сапасы
- D) Кодтаудың есебі жіберу кезінде qn көптіктің ішінен n ұзындығымен оның кодтық сөзіне сәйкес
- E) Ақпараттық символдардан басталатын және тексеру символдармен аяқталатын әрбір кодтық сөздері бар кодтар

13. **Варшамов-Гильберт шекарасы қандай қарым-қатынастармен анықталады:**

A) $d_0 \leq n \cdot 2^{k-1} / 2^k - 1.$

B) $q^{n-k} > \sum_{i=0}^{d_0-2} C_{n-1}^i \cdot (q-1)^i$

C) $b_j = \sum_{i=1}^k a_i \cdot h_{ij},$

D)
$$M_{(n,k)} = \prod_{i=0}^{k-1} (2^k - 2^i).$$

E) Дұрыс жауабы жоқ

14. **Сызықтық кодтар деп:**

- A) Екі кодтық сөздің арасындағы кодтық қашықтық – бұл бір-бірінен ажыратылатын позиция саны
- B) Кодтаудың есебі жіберу кезінде qn көптіктің ішінен n ұзындығымен оның кодтық сөзіне сәйкес
- C) Екілік кодтар үшін сызықтық операция ретінде модуль 2 бойынша реттеу
- D) Ақпараттық символдардың сызықтық комбинациясын тексеріс символдары ұсынатын кодтар
- E) Дұрыс жауабы жоқ

15. **Rk, r- бұл не?**

- A) тексеріс символдардан құрылған тік бұрышты матрица
- B) ақпараттық символдары бар бірлік матрица
- C) тексеріс символдарының нөмірі
- D) ақпараттық символдардың нөмірі
- E) дұрыс жауабы жоқ

16. Жүйелік түрдегі тексеріс матрицасы қандай түрде болады?

A) $G_{(n,k)} = [I_k, R_{k,r}]$

B) $b_1 = a_2 + a_3; b_2 = a_1 + a_2$.

C) $H_{(n,k)} = [R_{k,r}^T, I_r]$

D) $d_0 \leq n \cdot 2^{k-1} / 2^k - 1$.

E)
$$M_{(n,k)} = \prod_{i=0}^{k-1} (2^k - 2^i).$$

17. **Сызықтық кодтар қасиеті:**

- A) бұл мағынада олар топтық кодтар болып табылмайды
- B) тексеріс символдарының нөмірі
- C) екі кодтық сөздің арасындағы кодтық қашықтық – бұл бір-бірінен ажыратылатын позиция саны

- D) ақпараттық символдардың сызықтық комбинациясын тексеріс символдары ұсынатын кодтар
- E) сызықтық кодтың кодтық векторының соммасымен берілген кодқа жататын векторды береді.

18. **Топтық кодтар қасиеті:**

- A) кодтық вектордың салмағы оның нөлдік емес компоненттерінің санына тең
- B) өрістің элементіне әр кодтық сөздің шығарылуы кодтық сөз болып табылады.
- C) екі кодтық сөздің арасындағы кодтық қашықтық – бұл бір-бірінен ажыратылатын позиция саны.
- D) топтық кодтардың кодтық векторлары арасындағы минималды кодтық қашықтығы емес кодтық векторлардың салмағына тең
- E) дұрыс жауабы жоқ

19. **Кодтың кодтық қашықтығы – бұл кодтық сөздің түрлі жұптар арасындағы кімнің аз қашықтығы болып саналады?**

- A) Хэммингтің
- B) Плоткин
- C) Варшамов-Гильберт
- D) Ньютон
- E) Бұл жай теория

20. **Екі код эквивалентті деп аталады, егер...**

- A) топтық код стандартты орналасса
- B) олардың пайда болатын матрицалары координаттарының орын ауыстырумен ажыратылса
- C) код құрайтын $2k$ кодтық сөзінің ішіндегі топ бойынша аралас кластардан ажыратылуын ұсынса
- D) ақпараттық сөзінің пайда болатын матрицаға шығармасы кодтың кодтық сөзін берсе
- E) дұрыс жауап жоқ

5-ТАҚЫРЫП. АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ АГРЕГАТТЫҚ СИПАТТАУ

Дәрістің мәнмәтіні

Мақсаты: Ақпараттық жүйелерді агрегаттық сипаттауды үйрену.

Дәріс жоспары

1. Кірулер мен шығулар операторлары
2. Агрегаттардың ең аз ақпараттық байланыстарының қағидаттары
3. Агрегат кездейсоқ үдеріс ретінде

Негізгі түсініктер: кіру операторлары, шығу операторлары, агрегат, минималдық байланыстар

Тақырыптың мазмұны: Жүйенің атқарымдық үдерісінің математикалық моделін алғысы келе отырып, ол нақты объектілердің кең сыныбын қамтуы үшін, жүйелердің жалпы теориясында жүйенің атқарымдық сипаты туралы жалпы жорамалдарға сүйенеді:

- жүйе уақыт бойынша жұмыс істейді; уақыттың әрбір мезетінде жүйе мүмкін күйлердің бірінде болуы мүмкін;
- жүйеге кіруге кіру дабылдары түсуі мүмкін;
- жүйе шығу дабылдарын беруге қабілетті;
- уақыттың аталған мезетіндегі жүйенің күйі алдындағы күйлермен және уақыттың аталған мезетінде және бұрын келіп түскен кіру дабылдарымен анықталады;
- уақыттың аталған мезетіндегі шығу дабылы жүйелердің күйлерімен және уақыттың аталған және алдындағы мезеттеріне жататын кіру дабылдарымен анықталады.

Айтылған жорамалдардың *біріншісі* кеңістіктегі және уақыттағы атқарымдық үдерістің динамикалық сипатын көрсетеді. Бұл ретте атқарымдық үдеріс сыртқы және ішкі себептердің әсерімен жүйелер күйлерінің дәйекті ауысуы ретінде өтеді. *Екінші* және *үшінші* жорамал жүйелердің сыртқы ортамен өзара әрекетін көрсетеді. *Төртінші* және *бесінші* жорамалдарда ішкі факторларға жүйелердің әсері мен сыртқы ортаның әсері көрсетіледі.

Соның салдарынан, жүйенің болашақтағы тәртібін анықтайтын үдерістер, уақыттың осы мезетінде жүйе қандай күйде

болатындығына ғана емес, сонымен бірге уақыттың бұрынғы мезетіндегі қандай да бір болсын дәрежедегі оның тәртібіне қатысты болатын *салдар* көптеген құбылыстар мен үдерістерге тән. *Физикалық жүзеге асырылушылық қағидаты* мыналар: жүйе уақыттың аталған мезетінде «болашақтағы» факторлар мен сыртқы ортаның әсеріне әрекет етпейді.

Жүйелерге кіруге $X \in X$ кіру дабылдары түсуі мүмкін, мұндағы X – жүйелердің кіру дабылдарының жиыны. $t \in T$ уақыттың мезетінде түскен кіру дабылы, мұндағы $T-x(t)$ -мен белгіленетін, жүйелердің атқарымы қарастырылатын, t уақыт мезеттерінің жиыны.

Кіру дабылдары сипаттамалардың кейбір жиынымен сипатталуы мүмкін. Мысалы, егер аэродром аймағына түскен ұшақтарды аэродромның АБЖ кіру дабылдары деп санайтын болсақ, онда олардың әрбірі былайша сипатталуы мүмкін: 1) ұшу нүктелерінің координаттарымен (I, a, ε) (I – көлбеулік ұзақтығы, a – азимут және ε – орын бұрышы); 2) жылдамдық векторымен (I, a, ε) ; 3) ұшақтың типімен (V), жүк массасымен (G), аэродромдағы қызмет көрсетуге қойылатын (δ) талаптармен және т.б. сипатталатын белгілермен. Жалпы жағдайда, кіру дабылын $X_1 \in X_i$ деп ұйғаратын боламыз, мұндағы X_i – берілген жиын ($i=1 \dots n$).

$X = X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n$ тура көбейтінді кіру дабылдарының кеңістігі деп аталады. X_i – элементар осьтер, X кіру дабылы, x_1, x_2, \dots, x_n координаталармен сипатталатын, X кеңістік нүктесі болып көрінеді.

Күрделі жүйелерді зерттеу кезінде, $t_1 < t_2 < \dots < t_k$ уақыт мезеттерінде келіп түскен кіру дабылдарының топтарымен амалдар орындауға тура келеді. X жиынына, $t, x(t) = x \in$ мезетте дабылдың жоқ болуын білдіретін, x_\emptyset бос дабыл жатады деп жорамалдаймыз.

Әрбір $t \in T$ -ға $x \in X$ (бейне $f: T \rightarrow X$) кейбір дабылды салыстыратын, $x=L(t)$ бейнені қарастырамыз. Кез келген $t' \in T^L$ $L(t')$ үшін $L(t') \neq x_\emptyset$ әділетті болатын, $T^L \in T$ уақыт мезетінің жиынын T^L арқылы белгілейміз. $X=L(t)$ бейнені *жүйелердің кіру үдерісі*, ал бүкіл $t' \in T^L$ (мұндағы $x=L(t')$ үшін тәртіпке келтірілген жұптардың (t', x)) жиынтығын – кіретін хабар деп атайтын боламыз. $X=L(t)$ нақты кіру үдерісін беру үшін оған сәйкес келетін кіру хабарын $(t, X_L)_T$ көрсету жеткілікті болады.

$t_1 < t < t_2$ уақыт аралығын (интервалын) (t_1, t_2) -мен, ал жарты аралықты – $(t_1, t_2]$ және $[t_1, t_2)$ арқылы $t_1 < t \leq t_2$ және $t_1 \leq t < t_2$ -мен, $[t_1, t_2]$ арқылы – сәйкесінше $t_1 \leq t \leq t_2$ -мен белгілейтін боламыз.

«Бейнені тарылту» ұғымын енгіземіз. X жиынының $y=f(x)$ бейнені анықтау аймағы бар болады деп алайық. $y=g(x)$ бейне X^* анықтау аймағымен, әрбір $x \in X^*$ үшін $X^* \in X$ және $g(x)=f(x)$ болған жағдайда ғана, $f(x)$ бейне X^* жиынға тарылту болып саналады.

$x=L(t)$ бейнені $T \cap (t_1, t_2]$ жиынға тарылтуды, жарты аралыққа $(t_p, t_2]$ сәйкес келетін, кіру үдерісінің фрагменті деп, бүкіл $t' \in T^L \cap (t_1, t_2)$ үшін (мұндағы, $x=L(t')$ тәртіпке келтірілген жұптардың жиынтығын – жарты аралық (t_p, t_2) үшін жүйеге келіп түсетін, кіретін хабар деректің үзіндісі деп атайтын боламыз және $(t_1, x_{L1}]_{1, 2}$ -мен белгілейміз.

$T^L \cap (t_1, t_2]$ түпкі жиын, мысалы t_1, t_2, \dots, t_k үшін кіру хабар дерегі: $(t_1, x_1; t_2, x_2; \dots; t_k, x_k)$ түрге ие.

Бүкіл мүмкін кіретін хабардың жиынын $\{(t, X_L)_T\}$ деп белгілейміз. Ол, жүйенің атқарымдық шарттарымен рұқсат етілетін, $x=L(t)$ түрдегі кіру үдерістерінің жиынымен анықталады. $\{(t, X_L)_T\}$ жиынға, ол үшін $T^L=0$ болатын, $(t, X_L)_T = \emptyset$ бос кіру хабарын қосып есептейтін боламыз.

Бұдан өзге, $\{(t, X_L)_T\}$ жиын, кіру хабарларының буындасуымен байланысты, тағы бір талапты қанағаттандыруы тиіс. $(t, X_{L1})_T$ және $(t, X_{L2})_T$ хабар $\{(t, X_L)_T\}$ жиыннан деп алайық. Және $t_1 < t_2 < t_3; t_1, t_2, t_3 \in T$ болсын дейік. $(t, X_{L1})_{T2, T1}$ және $(t, X_{L1})_{T3, T2}$ хабарлардың үзінділерін түземіз. Тәртіпке келтірілген жұптардың жиынтығы (t^*, x^*) , мұнда:

$$t^* \in \left\{ \{T^{L_1} \cap (t_1, t_2)\} \cup \{T^{L_2} \cap (t_2, t_3)\} \right\};$$

$$x^* = \begin{cases} L_1(t^*) & t^* \in \{T^{L_1} \cap (t_1, t_2)\} \text{ үшін;} \\ L_2(t^*) & t^* \in \{T^{L_2} \cap (t_2, t_3)\} \text{ үшін;} \end{cases}$$

$(t, X_{L1})_{T2, T1}$ және $(t, X_{L1})_{T3, T2}$ үзінділердің буындасуы нәтижесінде пайда болған, кейбір $(t, X_L)_T$ хабарды $(t, X_L)_{T1, T3}$ үзінді ретінде қарастыруға болады. $\{(t, X_L)_T\}$ жиыннан кіру хабарлары үзінділерінің кез келген санының буындасуы, осы жиынға жататын, кейбір кіру хабарының үзінділері болып көрінеді.

Жүйе $y \in Y$ шығу дабылдарын беруге қабілетті, мұндағы Y – жүйенің шығу дабылдарының жиыны. $t_i \in T$ уақыт мезетіндегі жүйе беретін, шығу дабылы $y(t_i)$ -мен белгіленеді.

Егер y шығу дабылы $y \in Y_j, j = 1..m$ сияқты y_1, y_2, \dots, y_m

сипаттамаларының жиынымен сипатталса, Y_j – берілген жиын болады, онда $Y = Y_1 \times Y_2 \times \dots \times Y_m$ тура көбейтінді *жүйелердің шығу дабылдарының кеңістігі* деп аталады.

Кіру үдерісіне ұқсас $y=N(t)$ шығу үдерісі ұғымын енгіземіз, ал сондай-ақ шығу хабарын $(t, Y_N)_T$ және жарты аралықтағы $(t_1, t_2]$ оның үзіндісін $(t, Y_N]_{t_1, t_2}$ анықтаймыз.

Ақпарат – басқару элементі және басқарылатын еңбек заты ретінде, басқарылатын және басқаратын жүйелердің есептері мен жай-күйі туралы сапалық түсініктерді қамтамасыз етуі және олардың қажет жай-күйінің мінсіз модельдерін әзірлеуді қамтамасыз етуі тиіс.

Ақпараттық қамтамасыз ету – бұл өндіріс элементтерінің нақты және мүмкін жай-күйі мен өндірістік үдерістің атқарымдық сыртқы жағдайларымен өндіріс элементтерін өзгерту және түрлендіру логикасы туралы өндірістік үдерістің атқарымдық сыртқы жағдайы туралы деректер жиынтығы болып көрінеді. Басқару жүйесіндегі ақпараттарды сипаттау кезінде оның екі бөлігі бөлінеді:

- *ақпараттардың бастапқы элементтері (деректері)*, белгілі бір сыныптағы бүкіл объектілерге тән болуы мүмкін және сандық тұлғалануымен ғана өзгешеленеді;
- *жіктелу байланыстарының сұлбалары*, өндірістік үдерістегі өзгерістердің логикасын көрсетеді және ақпараттарды түрлендірудің бағытын негіздейді (ақпараттық модельдер).

Олар көбінесе объектінің өзіндік ерекшеліктерімен байланысты. Бұл ақпараттық қамтамасыз ету сипаттамаларының екі деңгейін бөліп көрсетуге мүмкіндік береді: *элементтік*, яғни деректердің, сипаттамалардың, белгілердің жиынтығы; *жүйелік*, яғни жаңғыртушы өзарабайланыстар және ақпараттық модельдер түрінде жүзеге асырылатын, ақпараттардың жіктелу топтары арасындағы тәуелділік.

Ақпараттардың элементтік сипаттамасы кезінде ақпараттардың құрамы, таратушылардың формасы мен түрлері, олардың номенклатурасы зерделенеді. Ақпараттық жүйелерді сипаттау кезінде ақпараттық ағындардың қозғалысы, олардың қарқындылығы мен орнықтылығы, ақпараттарды түрлендіру алгоритмдері мен осы объективті жағдайларға сәйкес келетін құжат айналымының сұлбасы зерттеледі.

Басқару жүйесінде тіркелетін, берілетін және қайта өңделетін

ақпараттар жиынтығы, басқару жүйесімен бақыланатын және реттелетін, нақты және мүмкін жай-күйлердің бүкіл алуандығын көрсетуі тиіс.

Ақпарат пайдалану үшін дайындалуы қажет. Оның дайындалғандық дәрежесіне қатысты: үдеріс пен оның элементтерінің жекелеген жақтарын сипаттайтын деректердің, көрсеткіштердің жиыны ретінде, бастапқы *ақпарат*; мақсатқа сай өндірістік ақпараттар алу үшін белгілі бір тәртіпке келтіруден және жіктеуден өткен *қайталама* ақпарат; объектінің статикалық жай-күйін сипаттайтын, жекелеген элементтер мен жергілікті үдерістердің *ақпараттық модельдері*; жекелеген элементтер мен үдерістердің өзгеруін сипаттайтын *динамиканың ақпараттық модельдері*; белгілі бір шешімді сипаттайтын және белсенді бағытталушылыққа ие, *біріктірілген ақпараттық модельдер* болып бөлінуі мүмкін.

Кәсіпорынның (бірлестіктің) өндірістік-шаруашылық қызметін дайындау мен оның үдерісі және осы қызметті басқаруда туындайтын ақпарат, *экономикалық ақпараттар* болып түсіндіріледі.

Экономикалық-ақпараттың мынадай бірқатар ерекшеліктері бар:

- негізгі массада ол дискреттік көрсету формасына ие; цифрлық немесе цифрлық-әліпби түрінде көрсетіледі;

- материалдық таратқыштарда (құжаттарда, магниттік таспаларда, табакшаларда және т.б.) көрсетіледі;

- ақпараттың үлкен көлемдері, оның нақты атқаратын қызметіне тәуелді болып белгіленген уақыт шектерінде өңделеді, көбінесе бұл – циклдік үнемі (регулярно) өңдеу болады;

- бір жерде туындайтын алғашқы ақпарат басқарудың әртүрлі атқарымдарынан өз көрінісін табады және осымен байланысты бірнеше рет әртүрлі өңдеулерге ұшырайды, сондай-ақ бұл айтылғандар деректерді көп қайтара қайта топтастыруды қажет етеді;

- алғашқы ақпараттардың көлемдері оның өңдеу операцияларының салыстырмалы түрде саны аз болған кезде үлкен өлшемдерге жетеді;

- алғашқы деректер және есептеу нәтижелері, ал кейбір уақытта аралық нәтижелері ұзақ сақтауға жатады.

Экономикалық ақпараттарды өңдеуді ұйымдастыру кезінде бұлжытпай орындау көзделетін, уақыттылық, толықтық пен дұрыстық талабы, өндірісті басқару жүйелеріндегі экономикалық ақпараттарға қойылатын айрықша маңызды талаптар болып саналады.

Ақпараттық қамтамасыз етуді жасау басшылар мен мамандардың ақпараттарға деген орташа қажеттіліктеріне бағдарланады. Мұнда басқаруды ұйымдастырудың ілгерінді тәсілдері мен әдістері көрсетілетін басқару туралы ақпарат ерекше орын алады.

Ақпараттарды ұйымдастыру үдерісінде, оны нормативтік-анықтамалық рөл атқаратын шартты-тұрақтыға және айнымалыға бөлу принципті маңызға ие болады. Ақпараттардың осы екі түрі де жіктелу байланыстарын талдау негізінде, сипаттаушы, яғни белгілі бір типтік жағдайды көрсететін компоненттермен статикада немесе динамикада үдерісті суреттеуі мүмкін, өзара байланысты блоктарға (модельдерге) ұйымдасады.

Ақпараттық қамтамасыз етуді қалыптастыру үдерісіне бірнеше кезеңдер кіреді (3-кесте).

3-кесте.

Ақпараттық қамтамасыз етуді қалыптастыру кезеңдері

Ақпараттық қамтамасыз етуді қалыптастыру кезеңі	Сипаттамасы
Объектінің жай-күйін сипаттау	Осы көрсеткіштердің тиісті жіктелуімен басқарушы және басқарылатын жүйені сипаттайтын техникалық-экономикалық көрсеткіштер мен параметрлердің жиынын жорамалдайды
Жеке статикалық модельдер құру	Себептік-салдарлық тәуелділіктерінің бөлінуімен ақпараттық массивтердегі жіктелу байланыстарын модельдеу
Өндірістегі сандық және сапалық өзгеріс үдерістерін негіздеу	Жекелеген элементтер мен үдерістерді динамиканың ақпараттық модельдерінде көрсету. Сандық өзгеру ақпараттарға түзетулер жасауды, ал сапалық өзгеріс – оны ішінара немесе толық қайта құруды ұйғарады.
Өндіріс үдерісінің ақпараттық модельдерін біріктіру	Жергілікті үдерістер мен бүкіл өндірістің өзара байланысы мен динамикасын көрсетеді

Осылайша, *ақпараттық қамтамасыз ету жүйесі* – бұл мәліметтердің өзара байланысты ағындарымен ұйымдасқан объекті

мен оны қоршаған ортаны дамытуға бағытталған мақсаттар, жайкүйлері туралы деректер жиынтығы. Бұл жүйеге деректерді алу, сақтау, іздеу, өңдеу мен оларды пайдаланушыға беру әдістері кіреді.

Ақпараттар қозғалысын зерттеу, яғни өндірістік жүйеде (басқару аппаратының құрылымдық бөлімшелері арасында) қажет байланыстар мен сыртқы ортамен (мекемелермен және ұйымдармен) оның байланыстарын қамтамасыз ететін *ақпарат ағынын талдау*, аса маңызды бағыт болып саналады. Ақпарат көздері мен оның қабылдаушылары арасындағы ұтымды байланыстар мен оның айналыс жолдарын тиімді атқарымының өте қажет шарттарының бірі болып саналады. Құрылымдық бөлімшелердің өзара тәуелділіктерінің салыстырмалы тұрақтылығы ақпараттар қозғалысы жолдарының ұтымды құрылымы мен әрбір байланыс арнасы үшін неғұрлым тиімді техникалық құралдарды таңдауға мүмкіндік береді.

Осылайша, *ақпараттар ағыны* – бағыты ақпарат көзі мен ақпараттар алушының мекенжайларымен берілетін, ақпараттың, ақпарат көзінен алушыға қозғалысы. Ақпарат ағындары, жүйеде болатын уақыт бірлігінде өңделетін, ақпараттар санымен сипатталады. Деректер: туындауына қарай, тасқынды; ақпараттар жинақталып, содан кейін күні бұрын белгіленген уақытаралығы арқылы өңделген және орын ауыстырған кездегі, тұрақты мерзімділікпен; жекелеген ақпараттық жиынтықтардың туындауына қарай өңделуі және орын ауыстыруы мүмкін.

Ақпараттар қозғалысының түрі мен басқарушы жүйеге оның түсу мерзімдері өндіріс циклімен уақыты үйлесуі және өндіріс барысына уақытылы араласу мүмкіндігін қамтамасыз етуі тиіс.

Басқару қызметін ойдағыдай жүзеге асыру үшін сыртқы орта аппараты, сол сияқты фирмаішілік ақпарат қажет болатын басшылар, ақпарат ағындарын жүйелеу қағидаттарын атап айтқанда:

- шаруашылық қызметтің барлық жақтары есебінің толықтығы мен дұрыстығын қамтамасыз ету, жедел, статистикалық және бухгалтерлік есеп арасындағы ажырағысыз байланыстарға қол жеткізу;

- ақпараттық шуды барынша азайту және сенімділік талаптарына ғана артық ақпаратты шектеу;

- сыртқы және ішкі ақпараттар арасындағы ажырағысыз байланыстар мен басқару сатыларының барлық деңгейлерінде шешімдер қабылдауды қамтамасыз ету қағидаттарын сақтауы тиіс.

Агрегатор – объектілерді кім неғұрлым жоғары деңгейдегі санатқа агрегаттайды, жинайды, топтастырады, *контент* – айрықша мағыналық құндылыққа ие ақпарат болып саналады. Контенттің агрегаторы – бұл әртүрлі көздерден ақпаратты өзіне жинайтын және қандай да бір түрде оны өңдейтін немесе ұйымдастыратын сервис. Мысалы, *жаңалықтық агрегаторлар* – бұл, ақпараттық жобалардан жаңалықтарды автоматты жинайтын сервистер.

Техникалық жүйелерге *агрегативтік* тәсілдеме, жалпы айтқанда, біріншіден, жүйені «қара жәшік» ретінде көрсетуге, екіншіден – кездейсоқ әсерлер кезінде n -өлшемдік кеңістіктегі траекторияларды көрсетуге барып тіреледі. Техникалық жүйені теңдеулер жүйесі ретінде сипаттау және оның шешуін беру мүмкіндігі бар екендігі анық немесе анық емес түрде жорамалданады. Бұл, әсіресе басқару есептерін шешу кезінде қажет және жекелеген жағдайлар үшін орындауға мүмкіндік бар, әрі оңайлатылады, жорамал енгізіледі және жүйе күрделі және ықтимал түрде қарастырылады.

Агрегат – күйлер, дабылдар мен хабарлар жиынына және ауысулар операторларына шектеулер қоюмен алынатын, бірыңғайланған жүйе: $t \in T$ - уақыт мезеттері; $x \in X$ - кіру дабылдары; $u \in U$ - басқарушы дабылдар; $y \in Y$ - шығу дабылдары; $c \in C$ - күйі, $x(t)$, $u(t)$, $y(t)$, $c(t)$ – уақыт атқарымдары.

Агрегат - $c(t)$ және $y(t)$ атқарымдарын жүзеге асыратын, T, X, U, Y, C жиындармен және H және G операторлармен анықталатын объекті. H және G операторлар құрылымы агрегат ұғымы үшін айқындаушы болып саналады. $b = (b_1, b_2, \dots, b_n) \in B$ агрегат параметрлерінің кеңістігі енгізіледі.

G шығулар операторы G' және G'' операторлардың жиынтығы ретінде жүзеге асырылады. G' оператор шығу дабылдарын берудің кезекті мезеттерін таңдайды, ал G'' операторы – дабылдардың мазмұнын таңдайды.

$$y = G''\{t, c(t), u(t), b\}.$$

Жалпы жағдайда G'' оператор кездейсоқ оператор болып саналады, яғни $t, c(t), u(t), b$ G'' бөлу атқарымымен y жиыны сәйкестікке қойылады. G' операторы келесі шығу дабылын беру мезетін анықтайды.

$c(t)$ және $c(t+0)$ агрегаттың күйін қарастырамыз. V операторы $x_n(t)$ дабылдардың агрегатқа түсетін, t_n уақыт мезетінде жүзеге асырыла-

ды. V_1 операторы дабылдардың түсу мезеттері арасындағы агрегат күйінің өзгеруін сипаттайды.

$$c(t'_n + 0) = V\{t'_n, c(t'_n), x(t'_n), b\},$$

$$c(t) = V_1(t, t'_n, c(t + 0), b\}.$$

Кейбір нақты жүйелерді сипаттаудың ерекшелігі атқарымдық үдеріспен үзілетін деп аталатын агрегаттарға әкеледі. Агрегаттың жұмысы тоқтатылғанға дейін қалатын уақытқа сәйкес келетін айнымалының болуы осы агрегаттарға тән болып саналады.

Нақты күрделі жүйелердің атқарымдық бүкіл үдерістері, негізінен, кездейсоқ сипатқа ие, сондықтан кіру дабылдарының түсу мезеттерінде кездейсоқ үдерістің қайта генерациялануы жүреді. Яғни, кіру дабылдары түскеннен кейін осындай жүйелерде үдерістердің дамуы бұрынғы жайттарға қатысты болмайды.

Автономдық агрегат – кіру және басқарушы дабылдарды қабылдай алмайтын агрегат. *Автономдық емес агрегат* – жалпы жағдай.

Үзіктік-марков агрегаты – үдерістері үзік марков үдерістері болып саналатын агрегат. Кез келген агрегатты марков үдерісіне келтіруге болады. *Үзіктік-үзіліссіз агрегат* дабылдар беру аралықтарында автономдық агрегат ретінде жұмыс істейді. *Үзіктік-сызықтық агрегат*: $dc_v(t)/dt = F^{(v)}(c_v)$.

Фазалық айнымалыларды таңдаудың біржақты еместігінен, нақты жүйелерді агрегаттар түрінде көрсету біржақты болмайды.

Жүйелік динамика – уақыт бойынша олардың тәртібін және жүйе элементтері құрылымдарына тәуелділік пен олардың арасындағы өзара әрекетті зерттейтін, күрделі құрылымдарды зерделеудегі бағыт. Оның ішінде: себептік-салдарлық байланыстар, кері байланыстар тұзағы, реакциялардың кешігуі, орталардың әсері және т.б. Осындай жүйелерді компьютерлік модельдеуге ерекше назар аударылады.

Жүйелік динамика философиясы, ұйымдардың тәртібі (немесе уақыт бойынша даму тарихы) ең бастысы оның ақпараттық-логикалық құрылымымен анықталатын жорамалдарына негізделеді. Ол өндірістік үдерістердің физикалық және технологиялық аспектілерін ғана емес, сонымен бірге одан да маңыздырақ, ұйымдардағы шешімдер қабылдау үдерісін анық немесе анық емес түрде анықтайтын, саясат пен дәстүрлерді көрсетеді. Жекелеген атқарымдар терминдеріне қарағанда, ұйым оның негізіне жата-

тын ағындар терминдерінде неғұрлым тиімді көрсетілетін жорамал *жүйелік динамика философиясының өзге аспектісі* болып табылады. Адамдар, ақша, материалдар, өтінімдер мен жабдықтар ағындары, сондай-ақ ақпараттардың біріктірілген ағындары барлық ұйымдарда анықталған болуы мүмкін.

Жүйелік динамика әдіснамасы ағындық диаграммаларды көрсетудің түрлендірілген әдістерін, ағымдағы жағдайларды көзбен шолып көрсету үшін математикалық және еліктемелік модельдеуді пайдаланады. Ағындық диаграммалар сол сияқты теңдеулер жүйелері: жинақтаушылар мен ағындар сияқты екі санаттың көмегімен басқару байланыстарын көрсетеді. Жинақтаушы кейбір қорлар: білім (идеялар), қорлар, жұмыс көздері және т.б. шоғырландырылатын дүниенің нақты іске асатын осындай объектілер болып көрінеді. Ағындар – бұл жүйелердің бүкіл белсенді компоненттері: күш жұмылдыру (талпыныстар) ағындары, ақпараттық ағындар, шығыс төлемдері және т.б.

Егер басқару жүйесі жинақтаушылар мен ағындар желілер түрінде көрсетілетіндей болса, онда тиісті жүйелік-динамикалық модель компьютерлік бағдарламалар түрінде жүзеге асырылуы мүмкін. Осындай бағдарламалардың көмегімен басқару саясатындағы ұсынылатын өзгерістерге эксперименттік тестілеу жүргізуге болады.

Жүйелік динамика әдіснамасына сапалық және сандық сатылар кіреді. Зерттеуші сапалық (квалитативтік) сатыларда модельді сипаттайды және өзара әрекеттер сипаттамаларын анықтайды. Компьютерлік сылтаураулар (симуляциялар) барысында, зерттеуші сандық сатыларда, оның моделі қаншалықты дұрыс екенін анықтайды және жүйелердің тәртібі туралы өз гипотезаларын тестілейді.

Жүйелік-динамикалық модельдеудің артықшылығы мынадай:

- Сараптамалық жолмен алынған алғашқы деректерді өзгерте отырып, болашақта әртүрлі нұсқаларды тез есептеу (сценарийлерді модельдеу) мүмкіндігі.

- Неғұрлым сыни факторларды анықтау, осылайша модельденетін ортада пайда болатын мүмкіндіктер мен қауіп-қатерлерді маңыздылық дәрежелері бойынша саралауға болады.

- Модельденетін ортада объективті түрде қолданылатын еліктемелік модельдер элементтері арасындағы себептік-салдарлық байланыстардың үлкен санын пайдалану.

- Енгізілетін деректер мен алынатын нәтижелердің көрнекілігі.

Жүйелік динамика технологияларының күшті жағы – дифференциалды теңдеулермен көптеген нақты үдерістерді сипаттаудың әмбебаптығынан туындайтын, қолданудың әмбебаптығы. Осы үдерістердегі ортақтары – бұл ішкі жүйелер және уақыт бойынша әртүрлі тектегі: қаржылық, материалдық, аз дәрежеде адам (неғұрлым нысандандырылуы қиын) қорларының қозғалысы. Осы қорлар қозғалысының қажетті мақсаттар тұрғысынан бақыланатындай болуы және қозғалыс траекториясының көптеген шектеулерден тыс шығып кетпеуіне жол бермеу маңызды болып табылады. Технологиялардың интерактивтілігі қажетті бағытта басқарушылық ықпал етуге мүмкіндік береді, яғни жүйе операциялы.

Компьютерлік модельдеу – қазіргі уақытта қолда бар неғұрлым тиімді, адам түйсіктерін қолдау мен нақтылау құралдарының бірі. Модель, ақиқаттың өте дәл түсінігі болып саналмаса да, ол адам қабылдауы мүмкін шешімге қарағанда, неғұрлым негізді шешімдер қабылдау үшін пайдаланылуы мүмкін. Бұл проблемаларды неғұрлым тереңірек түсіну үшін оны пайдаланатын адам мүмкіндіктерін күшейтетін, икемді құрал.

Шешімдер қабылдауды қолдау үшін құрылымданған және пайдаланылатын компьютерлік модельдердің артықшылығы мыналар болып табылады:

- Ол, шешім қабылдаушы тұлғаны, өзінің басында сақтайтын проблемалардың туындау себептерінің сөзбен сипатталуын дәлірек және толығырақ тұжырымдауға мәжбүрлейді.

- Модельдерді формалды құру үдерісінде, талдаушы, модельдер туралы өзінің жорамалдарындағы көптеген ішкі қайшылықтар мен күдікті ашады және жояды.

- Модельдерге «жүгірту» жасаған кезде, логикалық «тестілеу» мүмкін жағдайға айналады. Модельдің көмегімен, көп уәде ететін, бірақ ой қорытындыларын беретін шешімдердің салдары оңай бағаланады. Модельдердің тәртібін бақылау нақты объектінің құрылымы туралы жаңа гипотезалардың пайда болуына оң ықпал етеді.

- Сенімділіктің қолайлы деңгейіне жеткен кезде әртүрлі басқарушылық баламалардан оның ықтимал салдарын тез ашатын басқару саясатын тұжырымдау жөніндегі формалды эксперименттер мүмкін жағдайға айналады. Модельде «егер, ... болса, не болады?» типіндегі жағдайлар оңай зерттелуі мүмкін.

- Формалды түрде операциялық модель әрқашан аяқталған,

бірақ мазмұндық мағынасына байланысты әрқашан соңына дейін аяқталмаған. Әдетте эпизодтық түрде және уақытында (олар шешімді қолдауды есеп дайындау мезетінде ғана қамтамасыз етеді, бірақ одан ерте, не кеш емес) пайдаланылатын, жоспарлаудың сандаған әдістерінен өзгешелігі - модель шектелген және интерактивті. Модель уақыттың кез келген мезетінде қолжетімді және проблемаларды жақсырақ түсіну үшін құралдар береді.

- Модельдердің орнықтылығын талдау – эмпирикалық зерттеулер маңызды мәселерге әкелетін, талқылау аймағы. Егер көптеген параметрлердің шынайы мәні белгісіз болса (бұл корпоративтік стратегиялық жоспарлау кезіндегі кәдімгі құбылыс), онда зерттеуді неден бастау керектігі алғашқы болып саналады, бұл параметрлер мәндерінің ауытқуы кезіндегі модельдер тәртібін талдау.

- Операциялық модель, оны құруға қатыспаған адамдар арасындағы коммуникациялар құралы болып пайдаланылуы мүмкін. Басқару саясаты мен модельдік параметрлерді өзгерту және осы өзгерістердің нәтижелерін кейіннен талдау кезінде, осы адамдар нақты жүйелердің даму динамикасын жақсырақ түсінуі мүмкін.

Кері байланыстары бар циклдердің бір-бірімен жалғасқан жиынтығы кері байланыстары бар ішкі жүйе болып түсіндіріледі. Кері байланыспен бір циклге кіретін айнымалының тәртібі, өзге циклге кіретін, өзге айнымалының тәртібіне әсер етуі мүмкін. Осындай жүйелер түрінде берілетін басқарудың күрделі есептері, циклдердің үлкен санынан тұруы мүмкін. Атап айтқанда, циклдерінің саны үлкен осындай күрделі жүйелер жүйелік динамиканы зерделеу пәнін құрайды. Жүйелердің күрделіленуіне қарай, тиісінше формалды талдамалық шешім алудың күрделілігі де арта түседі. Сондықтан осындай жүйелерді талдау үшін еліктемелік модельдеу қолданылады.

Модель зерттелетін объектінің нақты немесе ойдағы мақсатты бағытталған түрдегі көрсетілуі. Еліктемелік модель, уақыттың белгілі бір кезеңі ішінде объектінің тәртібін елестетін модель; бұл мағынада еліктемелік модель динамикалық болып саналады. Еліктемелік модельде кіретін бүкіл айнымалылардың мәні модельдік уақыттың әрбір мезетінде есептеледі. Содан кейін белгілі бір аралықта (интервалда) бұрынғы мәндері негізінде өзгермелілердің жаңа мәні есептеледі. Осылайша, еліктемелік модель, модельдік уақыттың берілген кесігі ішінде белгілі бір траекториялар бойынша «дамиды».

Динамикалық жүйелердің еліктемелік модельдерін құру үшін: уақыт, қор, ағын және конвертор сияқты төрт типтің айнымалылары пайдаланылады.

Айнымалы «уақыт» динамикалық жүйелердің еліктемелік модельдері үшін бастапқы болып саналады: оның мәні жүйелік таймермен генерацияланады және дискретті өзгереді, яғни кейбір бастапқы мәннен бастап, әрбір такті үшін уақыт модельдік уақыттың бірлігі болып пайдаланылатын, ертерек берілген шамаға ұлғаяды. Тактілердің сандары мен уақыт бірлігі модельдердің «жүгіртпе» параметрлері болып пайдаланылады және ертерек анықталады.

«Қор» типіндегі айнымалы бастапқыдан ағымдағы мезетке дейінгі модельдер «өмірінің» уақыты ішіндегі кейбір қоймада жинақталған, кейбір «өнімнің» көлеміне (санына) тең. Өнім қорға түсуі және/немесе одан алынуы мүмкін. Сондықтан уақыттың ағымдағы мезетіндегі қордың мәнін алдыңғы мезеттегі оның мәнінің қосындысы және модельдік уақыт бірлігі үшін өнімнің кіретін және шығатын ағындары шамаларының айырымына тең шамалар ретінде есептеуге болады. Материалдық және адам қорлары сияқты ақиқат мысалдардан өзге, осы типтегі айнымалылар жинақталған ақпараттардың көлемін сипаттауы, уақыттың белгілі бір мезетінде кейбір оқиғалардың болу субъективті ықтималдықтарын бағалау үшін пайдаланылуы, бір субъектілердің кейбір үдерісінің өзге үдерістерге әсерінің шегін білдіруі мүмкін. Бүкіл түрлердің орташа шамаларын сондай-ақ арнайы ақпараттық қорлар ретінде қарастыруға болады.

«Ағын» типіндегі айнымалы, модельдік уақыт бірлігінде тиісті қордан түсетін немесе алынатын өнім көлеміне (санына) тең. Осы айнымалының мәні әсерлерге қатысты өзгеруі мүмкін. Анығында, өзге ағындар мен қорлардың мәндерінен алынған атқарым ретінде көрсетуге болады. Кері байланысы бар циклдің ең қарапайым мысалы, шамасы, осы ағын түсетін қордың мәніне қатысы, кіретін ағынды құрайды.

Қорлар жүйелердің статикалық күйін, ал ағындар – оның динамикасын сипаттайды. Егер уақыттың қандай да бір мезетінде жүйедегі бүкіл үдерістер тоқтайтын болса, онда қорлар, тоқтау мезетінде болған мәнге ие болады, ал ағындар нөлге тең болады. Екіншіден, белгілі бір уақыт аралығы үшін ғана ағынның шамасы туралы жорамал айтуға болады.

Қорлар мен ағындардан өзге, динамикалық жүйелердің еліктемелік модельдерін құру кезінде қосымша айнымалылар – кон-

верторлар пайдаланылады. Бұл айнымалылар константаларға немесе өзге айнымалылардан (оның ішінде «уақыт» айнымалыдан) алынған математикалық функциялардың мәндеріне тең болуы мүмкін, яғни бір сандық мәнді өзге сандық мәнге түрлендіруге («айырбастауға») мүмкіндік береді.

Жүйелік динамика мүмкін шешімдердің бүкіл спектрін стандартталған архетиптердің шағын жиынына әкеледі. Жүйелік динамика өзінің модельдерінде жүйелердің сапалық өзгерістерін ескермейді. Жүйелік динамикада жүйелердің принципті жаңа сапаға ауысуына орын жоқ.

Осыдан келіп жүйелік динамиканың тағы бір үлкен кемшілігі байқалады, ол - ұйымдардағы проблемаларды шешудің жолдарын көрсетуге қабілетті, бірақ ақыр соңында кейбір балансқа, тұрақты status quo сақтауға ұмтылады. Жүйелік динамика, ұйымдардың стратегиялық тұрғыдан қалай дамитынына жауап бере алмайды. Дәл осындай, сондай-ақ жүйелік динамика, егер болашақта кез келген кездейсоқтық ортаның сапалық өзгерісі, мысалы, технологиялық төңкерістер немесе экономикалық дағдарыстар туындайтын болса, дамуды алдын ала болжай алмайды.

ҚОРЫТЫНДЫ

- Жүйенің болашақтағы тәртібін анықтайтын үдерістер, уақыттың осы мезетінде жүйе қандай күйде болатындығына ғана емес, сонымен бірге уақыттың бұрынғы мезетіндегі қандай да бір болмасын дәрежедегі оның тәртібіне қатысты болатын салдар көптеген құбылыстар мен үдерістерге тән.

- Ақпарат – басқару элементі және басқарылатын еңбек заты ретінде, басқарылатын және басқаратын жүйелердің есептері мен жай-күйі туралы сапалық түсініктерді қамтамасыз етуі және олардың қажет жай-күйінің мінсіз модельдерін әзірлеуді қамтамасыз етуі тиіс.

- Ақпараттық қамтамасыз ету – өндіріс элементтерінің нақты және мүмкін жай-күйі мен өндірістік үдерістің атқарымдық сыртқы жағдайларымен өндіріс элементтерін өзгерту және түрлендіру логикасы туралы өндірістік үдерістің атқарамдық сыртқы жағдайы туралы деректер жиынтығы болып көрінеді.

- Басқару жүйесінде тіркелетін, берілетін және қайта өңделетін ақпараттар жиынтығы басқару жүйесімен бақыланатын және реттелетін,

нақты және мүмкін жай-күйлердің бүкіл алуандығын көрсетуі тиіс.

- Экономикалық ақпараттарды өндеуді ұйымдастыру кезінде бұлжытпай орындау көзделетін, уақыттылық, толықтық пен дұрыстық талабы, өндірісті басқару жүйелеріндегі экономикалық ақпараттарға қойылатын айрықша маңызды талаптар болып саналады.

- Ақпараттық қамтамасыз ету жүйесі – бұл мәліметтердің өзара байланысты ағындарымен ұйымдасқан объекті мен оны қоршаған ортаны дамытуға бағытталған мақсаттар, жай-күйлері туралы деректер жиынтығы. Бұл жүйеге деректерді алу, сақтау, іздеу, өндеу мен оларды пайдаланушыға беру әдістері кіреді.

- Ақпарат көзі мен ақпараттар алушының мекенжайлары арқылы көрсетілетін, ақпарат бағытының ақпарат көзінен алушыға қозғалысы. Ақпарат ағындары жүйеде болатын уақыт бірлігінде өңделетін ақпараттар санымен сипатталады.

- Агрегатор – объектілерді кім неғұрлым жоғары деңгейдегі санатқа агрегаттайды, жинайды, топтастырады, контент – айрықша мағыналық құндылыққа ие ақпарат болып саналады. Контенттің агрегаторы – әртүрлі көздерден ақпаратты өзіне жинайтын және белгілі бір түрде оны өңдейтін немесе ұйымдастыратын сервис.

- Жүйелік динамика – уақыт бойынша олардың тәртібін және жүйелер элементтері құрылымдарына тәуелділік пен олардың арасындағы өзара әрекетті зерттейтін, күрделі құрылымдарды зерделеудегі бағыт. Оның ішінде: себептік-салдарлық байланыстар, кері байланыстар тұзағы, реакциялардың кешігуі, орталардың әсері және т.б. Осындай жүйелерді компьютерлік модельдеуге ерекше назар аударылады.

СОӨЖ және СӨЖ тапсырмалары

1. Тақырып бойынша бақылау сұрақтарына жауап беру:

1. Жүйелердің жалпы теориясында жүйенің атқарымдық сипаты қандай жалпы жорамалдарға сүйенеді?

2. Жүйенің болашақтағы тәртібін анықтайтын үдерістерді атаңыз.

3. Басқару жүйесіндегі ақпараттарды сипаттау кезінде қандай бөліктерге бөлінеді?

4. Басқару жүйесінде тіркелетін, берілетін және қайта өңделетін ақпараттар жиынтығы нені көрсетеді?

5. Экономикалық ақпараттың қандай ерекшеліктері бар?
6. Ақпараттарды ұйымдастыру үдерісінде оны бөлуде қандай принциптер маңызды болады?
7. Ақпараттар ағыны немен сипатталады?
8. Агрегатор, контент түсініктерінің мәні қандай?
9. Жүйелік динамиканың анықтамасы.
10. Жүйелік-динамикалық модельдеудің қандай артықшылықтары бар?
11. Шешімдер қабылдауды қолдау үшін құрылымданған және пайдаланылатын компьютерлік модельдердің артықшылықтарын атаңыз.

2. Тақырып бойынша тест тапсырмаларының сұрақтарына жауап беру:

1. **j** қандай символдардың нөмірі?

- A) ақпараттық
- B) коэффициенттер
- C) дәрежелік
- D) векторлық
- E) тексеріс

2. **i** қандай символдардың нөмірі?

- A) ақпараттық
- B) коэффициенттер
- C) дәрежелік
- D) векторлық
- E) тексеріс

3. **Код үшін тексеріс тендігі мынадай түрде болады:**

- A) $H_{(n,k)} = \left| R_{k,r}^T, I_r \right|$,
- B) $a_1 = b_2 + b_3$;
- C) $b_1 = a_2 + a_3$; $b_2 = a_1 + a_2$.
- D) $b_2 = a_1 + a_2$;
- E) $b_1 = a_2 + a_3$;

4. **Белгілі ақпарат бойынша тексеріс символдарын форматтау ережесін анықтайтын тексеріс дәрежесінің жүйесі:**

- A)
$$b_j = \sum_{i=1}^k a_i \cdot h_{ij},$$
- B)
$$H_{(n,k)} = \left| R_{k,r}^T, I_r \right|,$$
- C)
$$M_{(n,k)} = \prod_{i=0}^{k-1} (2^k - 2^i).$$
- D)
$$d_0 \leq n \cdot 2^{k-1} / 2^k - 1.$$
- E) дұрыс емес.

5. Қандай код кодтық сөз болатын, екі кодтық сөздің жиынымен сипатталатын, кодтық сөздер деп аталатын $GF(q)$ n ұзындығының жүйелі N жиыны, ал өрістің элементіне әр кодтық сөздің шығарылуы кодтық сөз болып табылады?

- A) Сызықтық кодтар
 B) Топтық кодтар
 C) Сызықтық блоктық (n, k) коды
 D) Модуль 2 бойынша реттеу ережесі
 E) Дұрыс емес.

6. n, k бұл:

- A) код ұзындығы
 B) тексерістік жүйелі ұзындығы
 C) кодтың кодтық кашықтығы
 D) код артықшылығы
 E) код ұзындығы, ақпараттық жүйелі ұзындығы

7. Ақпарат қорына материалға ұқсас еңбек және ақша қоры ретінде қарайтын көзқарастар болды. Бұл көзқарас келесі анықтамада былайша сипатталады:

- A) «Ақпарат» ұғымына берілген барлық анықтамаларды мұқият сараптаудың нәтижесінде олардың барлығы қанағаттандырылмады
 B) «Ақпарат – заттың, энергияның және ақпараттың өзінің түрленуімен байланысқан процестерді жақсартуға мүмкіндік беретін жаңа мәліметтер»
 C) Ақпарат – соңғы қолданушы арқылы пайдалы ретінде қабылданған, ұғынылған және бағаланған жаңа мәліметтер
 D) Ақпарат ретінде соңғы қолданушының білім қорын кеңейтетін мәліметтер қолданылады

Е) Ақпарат және жүйе жалпы ұғым ретінде өрнектелмейтін қарапайым басты категория болып табылады

8. **Ақпараттың фазаларының саны:**

- А) 1
- В) 2
- С) 3
- Д) 4
- Е) 5

9. **Ассимиляцияланған ақпарат ұғымы:**

- А) адамның ұғыну және бағалау жүйесіне салынған, адам санасындағы хабарды көрсету
- В) қандай да бір физикалық тасығышта таңба түрінде белгіленген мәліметтер
- С) берілу көзінен қабылдау көзіне ақпаратты беру кезінде қарастырылатын мәлімет
- Д) кең көлемде анықтама беру арқылы олар бірнеше түсініксіз элементтерді енгізеді
- Е) берілген жауаптардың барлығы

10. **Құжатталған ақпарат?**

- А) адамның ұғыну және бағалау жүйесіне салынған, адам санасындағы хабарды көрсету
- В) қандай да бір физикалық тасығышта таңба түрінде белгіленген мәліметтер
- С) берілу көзінен қабылдау көзіне ақпаратты беру кезінде қарастырылатын мәлімет
- Д) кең көлемде анықтама беру арқылы олар бірнеше түсініксіз элементтерді енгізеді
- Е) берілген жауаптардың барлығы

11. **Композиция бұл:**

- А) әртүрлі құрылымды АҚБ-нің бір АҚБ-не түрлену операциясы
- В) Кез келген құрылымды АҚБ-нің екі деңгейлік құрылымға өту операциясы
- С) берілу көзінен қабылдау көзіне ақпаратты беру кезінде қарастырылатын мәлімет
- Д) қандай да бір физикалық тасығышта таңба түрінде белгіленген мәліметтер
- Е) дұрыс жауап жоқ

12. **Нормализация бұл:**
- A) әртүрлі құрылымды АҚБ-нің бір АҚБ-не түрлену операциясы
 - B) кез келген құрылымды АҚБ-нің екі деңгейлік құрылымға өту операциясы
 - C) берілу көзінен қабылдау көзіне ақпаратты беру кезінде қарастырылатын мәлімет
 - D) қандай да бір физикалық тасығышта таңба түрінде белгіленген мәліметтер
 - E) дұрыс жауап жоқ
13. **«Екі деңгейлі құрылымды АҚБ-нің көпдеңгейлі құрылымды АҚБ-не түрлену операциясы» анықтамасы қай анықтамаға тән?**
- A) Нормализация
 - B) Композиция
 - C) Түйіншек (Свертка)
 - D) Декомпозиция
 - E) Атрибут мәнімен операция
14. **«Бастапқы АҚБ-нің әртүрлі құрылымды бірнеше АҚБ-не түрлену операциясы» анықтамасы қай анықтамаға тән?**
- A) Нормализация
 - B) Композиция
 - C) Түйіншек (Свертка)
 - D) Декомпозиция
 - E) Атрибут мәнімен операция
15. **Жүйе тәртібінің заңының функциясы:**
- A) $Y=F(X)$
 - B) $F=Y(X)$
 - C) $X=Y$
 - D) $Y=F*X$
 - E) $Y=X(F)$
16. **Жүйе дегеніміз не?**
- A) уақытқа байланысты хабар келешек (болашақ оқиғалар туралы) және өткен деп бөлінеді
 - B) берілу көзінен қабылдау көзіне ақпаратты беру кезінде қарастырылатын мәлімет
 - C) мұндай анықтама жоқ
 - D) бір жағынан тұтас бір зат ретінде қарастырылатын, екінші жағынан құрама бөліктердің өзара байланысқан немесе өзара әрекет ететін кез келген объектіні атайды

Е) қандай да бір физикалық тасығышта таңба түрінде белгіленген мәліметтер

17. Жүйедегі құрылым компонентінің анықтамасы:

- A) жүйеге түсетін немесе жүйеден шығатын материалдар ағыны немесе мәліметтер ағыны
- B) жүйенің көптеген элементтері және олардың арасындағы өзара байланыс
- C) жүйенің жұмыс атқаруы ретінде u_1, u_2, \dots, u_N айнымалылар қатарында сипатталады
- D) жүйенің ену және шығу өзгерісін байланыстыратын функция $Y=F(X)$
- E) барлық берілген жауап дұрыс

18. Жүйедегі ену және шығу компонентінің анықтамасы

- A) жүйеге түсетін немесе жүйеден шығатын материалдар ағыны немесе мәліметтер ағыны
- B) жүйенің көптеген элементтері және олардың арасындағы өзара байланыс
- C) жүйенің жұмыс атқаруы ретінде u_1, u_2, \dots, u_N айнымалылар қатарында сипатталады
- D) жүйенің ену және шығу өзгерісін байланыстыратын функция $Y=F(X)$
- E) барлық берілген жауап дұрыс

19. Жүйе тәртібінің заңы компонентінің анықтамасы:

- A) жүйеге түсетін немесе жүйеден шығатын материалдар ағыны немесе мәліметтер ағыны
- B) жүйенің көптеген элементтері және олардың арасындағы өзара байланыс
- C) жүйенің жұмыс атқаруы ретінде u_1, u_2, \dots, u_N айнымалылар қатарында сипатталады
- D) жүйенің ену және шығу өзгерісін байланыстыратын функция $Y=F(X)$
- E) барлық берілген жауап дұрыс

20. Жүйедегі мақсат және шектеу компонентінің анықтамасы

- A) жүйеге түсетін немесе жүйеден шығатын материалдар ағыны немесе мәліметтер ағыны
- B) жүйенің көптеген элементтері және олардың арасындағы өзара байланыс
- C) жүйенің жұмыс атқаруы ретінде u_1, u_2, \dots, u_N айнымалылар қатарында сипатталады
- D) жүйенің ену және шығу өзгерісін байланыстыратын функция $Y=F(X)$
- E) барлық берілген жауап дұрыс

6-ТАҚЫРЫП. АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ ТАЛДАУ ЖӘНЕ ЖИНАҚТАУ

Дәрістің мәнмәтіні

Мақсаты: Ақпараттық жүйелерді талдау және жинақтауды меңгеру.

Дәріс жоспары

1. Жүйелерді зерделеудің нәтижелерін нысандандыру
2. Макро- және микродеңгейлерде есептердің қойылуы мен алгоритмдеу әдіснамасы
3. Ақпараттық жүйелердің құрылымдарын жинақтау (синтез) әдістері
4. Құрылымдарды оңтайландыру есептері

Негізгі түсініктер: эмердженттілік, шешуші, ақпараттық, басқарушы, гомеостазды, адаптивті жүйелер, макро- және микродеңгейлер

Тақырыптың мазмұны: Проблемаларды мінсіз талқылау үшін оларды дәл және анық тұжырымдау қажет. Жүйелер теорияларындағы базалық ұғымдардың бірі – күрделі (үлкен, өте үлкен, өте күрделі) жүйелерді түсіну.

Алгоритмдер, автоматтар теориялары базасында сандық талдауда жүйелердің күрделілігін анықтауға ұмтылыс жасалды. Бірақ осындай ұмтылыстар есептердің жеткілікті тұжырымдалмаған жағдайларында оны пайдалануда қиындықтар туғыза отырып, толық анықтауға мүмкіндік бермейді. Дәлірек айтатын болсақ, күрделі жүйе жиын, жүйе сияқты анықталмайтын ұғымдарға жатады.

Бірақ біз «жүйе» мағынасын ұғым ретінде түсінеміз деп санай отырып, «үлкен» (күрделі) жүйе қасиетінің суретін сала аламыз. Негізінен, жүйені зерделеу мақсаты немесе жүйені басқару мақсаты белгілі. Бұл жағдайда біз, қандай да бір аспектіде, аталған аспектідегі жүйенің зерделеу құралдарынан немесе бақылаушының (орындаушының) мүмкіндіктері мен айқындамасы тұрғысынан басқарудағы артықшылытары ретінде, жүйенің күрделілігін анықтай аламыз. Сонымен, мақсатқа қатысты жүйенің күрделілігін бағалауда өзгеруі мүмкін.

Әдетте, үлкен жүйе *эмердженттіліктің* болуымен немесе тұтастық қасиеттерімен, яғни ішкі жүйелердің бақыланатын қасиеттері мен жүйелік байланыстарынан шығарылмайтын қасиеттермен сипатталады. (Ең болмағанда, практикалық есептерді шешу үшін қажет құралдар мен қорларды «*ни*»-ге көбейту ережесі туралы еске түсіреміз). Сондай-ақ егер жүйе «күрделі» сипаттамаға таласатын болса, алуандық өлшемі бойынша жүйелердің жоғары бағалануы дағдылы болып саналады.

Күрделі әлеуметтік жүйені, мысалы, сатыластықтардың бір типіне саюға келмейді, ал мүшеленген жүйе бағыну (теңдей бағыну) қағидаты бойынша, құрылымдар арасындағы жай байланыстарды бермейді. Гомеостаз ұғымы күрделі әлеуметтік жүйелерге тән болып саналады, яғни бақыланатын жүйелер, олардың айтарлықтай күрделілігінен айқын емес тепе-теңдікте болады. Жүйелер күрделілігінің кейбір баламалы анықтамасын қарастырамыз. Оның тұтастығын жүйелер белгілерінің бірі деп санауға болады (эмердженттілікті еске түсіреміз). Бұл ретте, тұтастықты аяғына дейін толық анықтау қажет көзді алып тастау кеңістікті көру мүмкіндігінен айырады, бірақ экономикалық субъектілердің еркін қатарының жоғалуы экономикалық жүйені бұзбайды, сондай-ақ экологиялық жағдай индивидуумның жойылуы кезінде өзгермейді және т.б.).

Бестік ретінде тұтастық көзқарасы тұрғысынан *S* жүйесін анықтаймыз.

A - элементтердің бос емес жиыны,

P - қатынастардың (эквиваленттілік қатынастары) жиыны, «қасиеттер»

R - жаңа қасиеттер, туғызатын тәртіп қатынасы; «ережелер»

Q - предикаттар, қасиеттер сыныптары, қатынастар жиынының элементтері;

C - *B(j)* эквиваленттілік сыныптарынан өкілдердің жиыны.

Егер ол толық атқарымдыққа ие болса, *жүйені күрделі деп атайтын боламыз*. Жүйенің тұтастығы құрылымдық және атқарымдық саралануды қажет етеді; *P* қатынастары негізінде *B(j)* атқарымдық ішкі жүйелер құрылады – тірі жүйелердің (организмдердің) толық құрылымдық-атқарымдық құрылымы және олардың атқарымдығын толық деп санау қабылданған, бес негізгі атқарымдары атап көрсетіледі:

Шешуші – *D*-жүйе, сыртқы ортамен әрекет ету туралы жаһандық шешімдер қабылдау және жүзеге асыру үшін ішкі жүйелердің жергілікті есептерін бөлу.

Ақпараттық – оны жаһандық, сол сияқты жергілікті деңгейге берумен, ақпараттарды жинау мен өңдеуді қамтамасыз ететін, *I*-жүйе.

Басқарушы – жаһандық шешімді жүзеге асыруға арналған, *C*-жүйе.

Гомеостазды – ішкі орталардың динамикалық тепе-теңдігін қолдайтын және жүйе мен ішкі жүйелерде зат пен энергия қорларын және ағындарын реттейтін, *H*-жүйе.

Адаптивті – *A*-жүйе, жүйелердің құрылымдары мен атқарымдарын жақсарту үшін тәжірибе жинақтау.

Кез келген жүйе жалпы, осылайша, шешуші (эвристикалық) автоматтың ақпараттық, басқарушы, гомеостаздық және адаптивтік (икемді) автоматтармен композициясы ретінде пайда болған абстрактылық автоматпен теңдестірілуі мүмкін. Сондай-ақ күрделі жүйеде оның бүкіл ішкі жүйелерінің өздері күрделі жүйелер болып саналады және оның әрбірі жоғарыда көрсетілген типтердегі автоматтардан тұрады.

Анықталған жүйелердің күрделілігін өлшеуге болады. Мүшеленбеген жүйенің күрделілік рангысы 0 . $rank(S(0))=0$. Осындай ішкі жүйелерден тұратын жүйенің рангы $=1$. $S(1)=S(0)*S(0)$ және т.б. Бұл жердегі күрделілік салыстырмалы ұғым болып саналады, өйткені оны мүшелеуге жатпайтын автоматты зерттеуші таңдайды. *Ақпараттық жүйе*, затты немесе энергияны емес, ақпаратты тарататын жүйе ретінде түсіндіріледі.

Талданатын жүйелердің атқарымдар кешенімен сипатталатын формаға өзгеру үдерісі атқарымдық талдаудың негізі болып саналады. Үдеріс кезінде мақсатты бағытталған жүйелер атқарымдарының анықталуы абстракциялау үдерісіндегі осы талдаудың мәні болып табылады.

Мақсатты бағытталған жүйелердің құрылымдық ресімдерін бағалау, негізінен, осындай зерттеудің нәтижесі болып саналады. Атқарымдарды анықтау қағидаттары: еселік, жинақтаушылық, толықтық болып табылады.

Еселік қағидаты бойынша ұсынымдар:

анықтаманы тезаурус негізінде, объектілер тізбегі түрінде құру – етістік – зат есім, етістікті осы шақтың 3-жағында қолдану, егер мұны

объектіні кәсіби анықтау дәлдігі талап етпейтін болса, мүмкіндікке қарай қосымша нақтылауларды болдырмау.

Мысалы:

- Іс жүргізу есепке алуды жүзеге асырады;
- Квитанция (түбіртек) қорларды (запастарды) есепке алады;
- Сыйақы бастаманы ынталандырады.

Жинақтаушылық қағидаты бойынша ұсынымдар:

- атқарымдардың неғұрлым жалпы анықтамасын пайдалану, ортақтық дәрежесі зерттеу нәтижелерімен анықталады және есептердің қойылу ортақтығынан үлкен болмауы тиіс (мәселен, егер қоймалар бойынша қозғалыс есебі үшін квитанциялар формаларының рөлі зерттелген болса, есептің бүкіл үдерісін түбегейлі қайта қарауға әкелетін тұжырымды таңдауға болмайды).

Анықтаудың толықтық қағидаты бойынша ұсынымдар:

- қосалқы анықтамаларды анықтау үшін анықтамаларды қайыра қайта қарау немесе жүйелер атқарымдарының жеткіліксіз бейнелеп көрсетілген аймақтарын шектеу.

Атқарымдардың есептік-аналитикалық есебі – атқарымдар шығындары бойынша ыңғайлы, осылайша қате енгізілген атқарымдар анықталуы мүмкін.

Атқарымдар анықтамаларының өзін ең көп таралған үш әдіспен беруге болады:

- кәсіби талдау әдісі (сараптамалық бағалау)
- «қара жәшік» әдісі
- «логикалық тізбектер» әдісі

1-қадам – анық атқарымды бөлеміз (мысалы, «қара жәшік» әдісімен)

2-қадам – жоғары тұрған атқарымды «неге?» деген жауаппен, төмен тұрған атқарымды «қалай?» деген сұраққа жауаппен бөлеміз.

3-қадам – үдеріс немесе құрылым ретінде объектілерді жүйеге біріктіретін себептік-салдарлық байланыстарды көрсететін логикалық тізбек құрамыз.

Атқарымдардың (функциялардың) түрлері мыналар:

Бастапқы және қайталама атқарымдар.

Мысалы, тауар үшін, тұтынушы күтетін атқарымдар бастапқы, бірақ оны өндіру ерекшеліктерімен байланысты қайталама атқарымдар да болады.

Басты, негізгі және қосалқы атқарымдар.

Басты атқарым жүйенің өміршендік мағынасын көрсетеді. Негізгі – қандай да бір сыртқы жүйемен байланысты көрсетеді, олардың саны байланыстар санына қатысты болады.

Қосалқы – жүйелер ішіндегі байланысты көрсетеді, олар негізгі атқарымдарды, сонымен қатар жүйенің басты атқарымдарын толықтырады.

Қолданыстағы, талап етілетін, жоқ, қажет емес атқарымдар – атқарымдарды әдіснамалық бағалау тәсілі.

Атқарымдарды бағалау тәсілдемелері үш көрсеткіштерді есептеуден тұрады:

- *атқарымдар мәні* - $v(i)$ ~ статистикалық тәсілдемелер
- *атқарымдарды орындау дәрежесі* - $F0(i,j)$ ~ факторлық талдау
- *атқарымға жұмсалатын шығындар мөлшері* - $N(i,j)$ ~ сараптамалық бағалаулар

Жаһандық бағалаудың негізі – жүйенің тиімділігі, сондай-ақ сыни атқарымдардың бейінін бағалау, мысалы, керексіз немесе керісінше, жоқ атқарымдардың бар болуы.

Оның алдағы бейнесі ретінде жүйенің проблемалық жағдайлары мен объективті мақсаты берілген мақсатты нәтижелерге жету бойынша белгілі бір әрекеттерді жүзеге асыруды талап етеді.

Бұл жағдайда жүйе атқарымын қойылған мақсаттар жүйесіне жетудің тәсілі (әрекеттер жиынтығы) ретінде анықтаймыз.

Ақпараттар жиынын ойдағыдай анықтау үшін бұрын атап өтілген:

- ақылмандар талқысы әдісі;
- Дельфи әдісі,
- сценарийлер әзірлеу әдісі пайдаланылуы мүмкін.

Бірқатар жағдайларда атқарымдар жиынын генерациялау үшін оның ішкі шектеулері мен қарама-қайшылықтарын білмейтін сыртқы сарапшыларды қатыстыру ұсынылады.

Мысалы, «Нақты кәсіпорынның талаптарына сәйкес келетін мамандар даярлаудың сапасын қамтамасыз ету» мақсаттарын жүзеге асыру кезінде, мына атқарымдарды (қызмет түрлерін) тұжырымдауға болады:

- мамандарды мақсатты даярлау бойынша шарттар жасау;
- студенттерді жеке оқытуға ауыстыру;
- кәсіпорын талаптарына сәйкес келетін мамандандырылған сабақтар циклін дайындау;
- оқу үдерісінің материалдық базасын дамыту және т.б.

Нақты проблемалық жағдайлар (мақсаттарды тұжырымдау және оларға жету тәсілдері, яғни атқарымдар) үшін жүйелер құрудың ілгеріде қарастырылған кезеңдері мынадай логикалық қадамдарды – олардың арасындағы осындай элементтер мен қатынастарды (жүйенің ішкі құрылымын) анықтауды талап етеді.

Атқарымдарды жүзеге асыру үшін қажет кез келген мазмұн элементтерін жүйенің бөліктері немесе компоненттері деп атайтын боламыз. Жүйелер (компоненттер) бөліктерінің жиынтығы оның элементтік құрамын құрайды. Мұнда бөлінбейтін болып қарастырылатын жүйелердің элементтері қарапайым (элементтер) деп аталатын болады.

Бір элементтен артық жүйелер бөлігі ішкі жүйені құрайды. Сонымен бірге, нақты атқарымды іске асыратын ішкі жүйенің әрбірін, өз кезегінде, жаңа жүйе ретінде қарастыруға болады. Атқарымдарды іске асыру үшін қажет мақсаттарға қатынасы бойынша түбегейлі бөліктер арасындағы қатынастардың тәртіпке келтірілген жиыны жүйенің *құрылымын* құрады.

Құрылым ұғымы *structure* деген, «құрылыс, орналасу, тәртіп» ұғымын білдіретін латын сөзінен шығады, ал құрылымның неғұрлым дәлірек анықтамасы мына түрде беріледі: «Жүйе элементтерінің жиынтығы мен олардың арасындағы өзара байланыстар құрылым болып түсіндіріледі». Мұнда байланыс ұғымы бір мезгілде жүйелердің құрылымы (статика) мен атқарымын (динамикасын) сипаттауы мүмкін. Бұдан өзге талдау жүргізу кезінде құрылымның екі айқындаушы ұғымы: материалдық құрылым мен формалды құрылым пайдаланылады.

Жалпы жағдайда, қойылған мақсаттар жүйесіне жеткізу үшін қажет және жеткілікті, атқарымдық элементтер мен олардың қатынастарының жиынтығы *формалды құрылым* болып түсіндіріледі. Анықтамадан формалды құрылымның, бір типтегі жүйеге тән, жалпыны сипаттауы шығады.

Өз кезегінде, *материалдық құрылым* жүйелер элементтерінің нақты типтері мен параметрлерінің және олардың өзара байланыстарының иесі болып санасады.

Келтірілген пайымдар формалды құрылымдардың мәніне қатысты екі қорытынды жасауға мүмкіндік береді: белгіленген мақсаттар, негізінен, бір және бір ғана формалды құрылымдарға сәйкес келеді; материалдық құрылымдардың жиыны бір формалды құрылымға сәйкес келуі мүмкін.

Жүйелердің формалды және материалдық құрылымдарын зерделеу кезеңіндегі жүйелік талдау жүргізу кезінде талдаушылар әдетте мынадай есептерді шешеді:

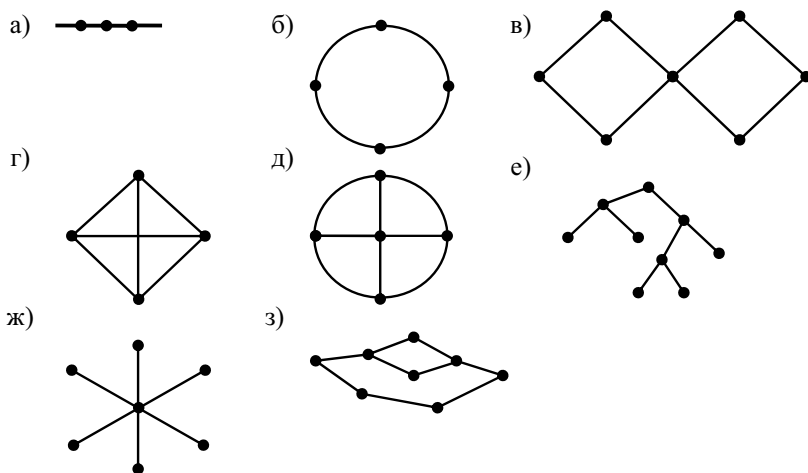
- қолданыстағы құрылымның жүйенің жаңа мақсаттары мен атқарымдарына сәйкестігін анықтау;
- қолданыстағы құрылымды қайта құру, я принципті түрде жаңа құрылымды жобалау қажеттілігін анықтау;
- құрылымдар элементтері бойынша жүйенің жаңа және ескі атқарымдарын бөлу (қайта бөлу) түрін анықтау.

Әкімшілік, өндірістік-технологиялық және есептеу жүйелерін құру кезінде пайдаланылатын типтік құрылымдарды қарастырамыз (7-сурет).

Сызықтық құрылым (7 а-сурет), әрбір төбесі екі көрші төбелермен байланысты екендігімен сипатталады. Бір ғана элементі (байланысы) істен шығып қалған кезде, құрылым бұзылады.

Сақиналық құрылым (7 б-сурет) тұйықталушылығымен өзгешеленеді, кез келген екі элемент байланыстың екі бағытына ие болады. Бұл қарым-қатынас жылдамдығын арттырады, құрылымды неғұрлым жанды етеді.

Ұялық құрылым (7 в-сурет) қорлық байланыстардың болуымен сипатталады және құрылымдардың атқарымдық сенімділігін арттырады.



7-сурет. Құрылымдар типтерінің түрлері

Көп байланыстық құрылым (7 г-сурет) толық граф құрылымына ие. Атқарымдық сенімділігі аса жоғары, сондай-ақ қысқа жолдардың бар болуы есебінен атқарымдық тиімділігі де жоғары, құны - ең жоғары.

«Доңғалақ» - (7 д-сурет) – көп байланысты құрылымның жекелеген жағдайы болып саналады.

Сатыластық (иерархия) құрылым (7 е-сурет) басқару жүйелерін жобалау кезінде неғұрлым кең тарауға ие болды: сатыластық деңгейі неғұрлым жоғары болса, оның элементтері байланыстардың аз санына ие болады. Жоғарғы және төменгі деңгейден өзге, бүкіл элементтер, командалық, сол сияқты бағынушылық басқару атқарымдарына ие болады. Осындай жүйенің әрбір деңгейі кіретін байланыстар санының шығатын санына қатынасы ретінде анықталатын сатыластықтар деңгейімен сипатталады.

Жұлдызды құрылым (7 ж-сурет), центр рөлін атқаратын центрлік түйінге ие, жүйенің бүкіл қалған элементтері бағынышты болып саналады.

Графтық құрылым (7 з-сурет) сатыластық жағынан инварианттық болып саналады және әдетте өндірістік-технологиялық жүйелерді сипаттау кезінде пайдаланылады.

Тұтастай алғанда, құрылым проблемалық жағдайларды жоюда мақсатты қызметтің материалдық тасымалдаушысы болып саналады және осы қызметтің түпкі нәтижесі көбінесе оның тиімділігіне қатысты болады.

Құрылымдар нұсқасын таңдау кезінде кейбір жинақталған тиімділік көрсеткіштерін пайдаланған дұрыс болады. Әдебиеттерде осындай көрсеткіштердің екі сыныбы қарастырылады:

- жүйенің статикалық параметрлерін сипаттайтын көрсеткіштер;
- оның динамикалық қасиеттерін сипаттайтын көрсеткіштер.

Көрсеткіштердің бірінші тобына мыналар жатады: сатыластықтар деңгейлерінің саны, элементтер арасындағы өзара байланыстардың сипаты, басқаруды орталықтандыру орталықсыздандыру дәрежесі. Көрсеткіштердің екінші тобы жүйелердің атқарымдық тиімділігін сипаттайды: жеделдік, орталықтандыру, перифериялық, жандылық. Жоғарыда келтірілген көрсеткіштер сипаттамаларына қысқаша тоқталамыз.

Жеделдік жүйелер реакциясының сыртқы ортаға тигізетін әсерінің уақытымен, я оның өзгеру жылдамдығымен бағаланады

және негізінен, элементтерді жалғау мен олардың орналасуының жалпы сұлбаларына қатысты болады.

Орталықтандыру жүйе элементтерінің бірінің басшылық атқарымдарын орындау мүмкіндіктерін анықтайды. Сандық тұрғыдан орталықтандыру бүкіл қалған орталық (басшы) элемент байланыстарының орташа санымен анықталады.

Перифериялылық құрылымдардың кеңістіктік қасиеттерімен сипатталады. Перифериялық сандық тұрғыдан құрылымдардың ауырлық центрінің көрсеткіштерімен анықталады, бұл ретте құрылымдар элементтерінің «салыстырмалы салмағы» байланыстарлар өлшемдерінің бір ғана бағалауы болып пайдаланылады.

Жүйенің *жандылығы* жүйелер бөліктерінің ақауы болған кездегі, оның көрсеткіштер мәнін сақтау қабілетін анықтайды. Бұл көрсеткіш, оны жойған кезде қалған көрсеткіштер ұйғарымды шектерден шығып кетпейтін, элементтердің (немесе байланыстардың) салыстырмалы санымен сипатталуы мүмкін.

«Қара жәшік» моделі жүйелерді сипаттаудың неғұрлым қарапайым және абстрактылы деңгейі болып саналады. Бұл жағдайда, бөлінген жүйе *кірулер* мен *шығулар* жиынтығы арқылы өтетін *ортамен* байланысты болады. Шығулар модельдері жүйелер қызметінің нәтижелерін, ал кірулер қорлар мен шектеулерді сипаттайды. Бұл ретте, жүйелердің ішкі мазмұны туралы біз ештеңе білмейміз және ештеңе білгіміз келмейді. Модель бұл жағдайда оның екі маңызды және түбегейлі қасиеттерін көрсетеді: *тұтастық және ортадан оңашаланғандық*.

Осындай модель оның сыртқы ортасының қарапайымдылығын және ішкі құрылым туралы мәліметтердің жоқ болуына қарамастан, жүйелік талдаудың алғашқы кезеңінде көбінесе пайдалы болып шығады,

Мысалы, теледидардың жұмыс қабілетін талдау үшін кірулер (электрмен қоректену бауы, антенна, басқару және баптау тұтқасы) мен шығуларды (кинескоп экраны және шығу динамикасы) тексеру қажет. Қандай да бір өндірістік үдерісті жүйелік сипаттауды оның ақпараттық және материалдық кірулері мен шығуларын – қызметтің жоспарланатын және қорытқы көрсеткіштерін, қорлар мен түпкі өнімдер сапасын және т.б. таңдаудан бастау қажет.

Ішкі құрылғысын, я мақсатқа сай сипаттау мүмкін емес жүйелер жиыны бар болатынын атап өту қажет және бұл жағдайда «қара

жәшік» моделі оларды зерттеудің жалғыз нұсқасы болып саналады. Мысалы, біз адамның ағзасы қалай құрылғанын білмейміз және сол мезгілде дәрі-дәрмектің оған қалай әсер ететінін білу қажет болады. «Қара жәшік» моделін нысандандыру кіру және шығу айнымалының екі жиынының тапсырмаларына негізделеді және жиындар арасында ешқандай да өзге қатынастар тіркелмейді.

«Қара жәшік» модельдерін құру тривиалды есептер деп тұжырымдауға жол берілмейді, өйткені жиындар мазмұны туралы мәселеге жауап беру әрқашанда біржақты емес.

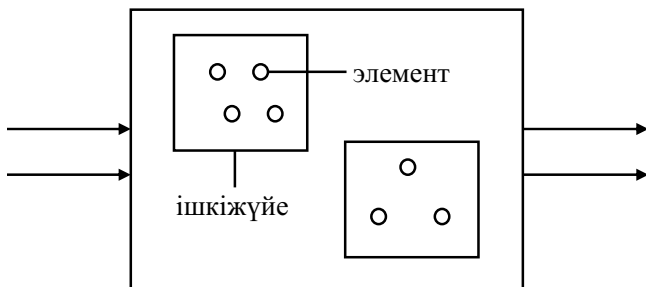
Модельдерді құру зерттеу мақсатын бара-бар көрсететін олардың түпкі жиынының ортасы мен жүйелер байланысының шексіз жиынтығын таңдауға негізделеді. Осындай модельдерді моно жүйеге (яғни, бір көру және шығу жүйесімен) келтіруге болмайды, X және Y жиындары параметрлерінің қажетті және жеткілікті санын негіздеу үшін математикалық статистика әдістерін кеңінен пайдалану, тәжірибелі сарапшыларды қатыстыру қажет.

Жүйелер құрамының модельдері күрделі жүйелерді модельдеудің келесі деңгейі болып саналады. Кез келген жүйені қарастыру кезінде, ең алдымен оның тұтастығы мен жекеленуі сыртқы қасиеттер болып анықталады. Сонымен бірге, жүйелердің ішкі құрылымы сондай-ақ алуан, біртекті емес және атқарымдық элементтердің жиынынан тұрады. «Қара жәшіктің» ішкі құрылымдарын неғұрлым ұсақ құрамды бөлшектерге (ішкі жүйелерге, жекелеген элементтерге) декпозициялау жүйелер құрамының модельдерін (8-сурет) құруға мүмкіндік береді.

Мысалы, егер жүйелер түрінде өндірістік бөлімшені қарастыратын болсақ, онда ішкі жүйелер түрінде өндірістік учаскелер қатысады, ал жекелеген элементтер ретінде – жабдық, шикізат, жұмысшылар қатысады; теледидар жүйесі хабарлар беру аппаратураларынан, байланыс арналарынан, қабылдау арналарынан тұрады.

Табиғатының алуандығы мен элементтер формалары бойынша модельдер құру күрделі үдеріс және мынадай үш факторлармен түсіндіріледі:

- «қарапайым элементті» түсіндірудің біржақты еместігімен;
- әрбір мақсат үшін оған сәйкес келетін құрамды бөлуді объективті талап ететін объектінің көп мақсатты сипатымен;
- тұтасты бөліктерге (жүйелерді ішкі жүйелерге, элементтерге) бөлу рәсімдерінің шарттылығымен (субъектілігімен).



8-сурет. Жүйелер құрамының моделі

«Қара жәшік» модельдері мен құрамының қарапайымдылығы мен қолжетімділігі оларды пайдалана отырып, тәжірибедегі есептердің жиынын шешуге мүмкіндік береді. Сонымен бірге, жүйені неғұрлым тереңірек зерделеу үшін модельде элементтер арасында қатынастар (байланыстар) орнату қажет. Элементтер арасындағы қатынастар мақсаттарына жету үшін қажетті және жеткілікті жиынтық арқылы жүйелерді сипаттауды *жүйелер құрылымдарының моделі* деп атаймыз.

Элементтер арасындағы байланыстар тізбесі, бір қарағанда, біршама дерексіз, абстрақтылы модель болып саналады. Шынында да, егер элементтердің өзі қарастырылмаса, байланыстарды қалай қарастыруға болады.

Аталған жағдайда сөз тағы да элементтер арасындағы өзара байланыстарда мақсатты (проблемалық) талдау туралы, яғни байланыстардың шексіз санынан қолдағы мақсаттарға сәйкес және оларды алдағы уақытта зерделеу үшін олардың қажетті және жеткілікті сандағы байланыстарының шексіз санынан бөліну туралы болуы тиіс. Мысалы, ДЭЕМ-нің жұмыс қабілетін талдау кезінде, жекелей түрде әрбір элементтің жұмысына көз жеткізе отырып неғұрлым маңызды: процессор мен терминал арасында клавиатура мен процессор арасындағы, процессор мен сыртқы жады арасындағы интерфейстер талдануы қажет.

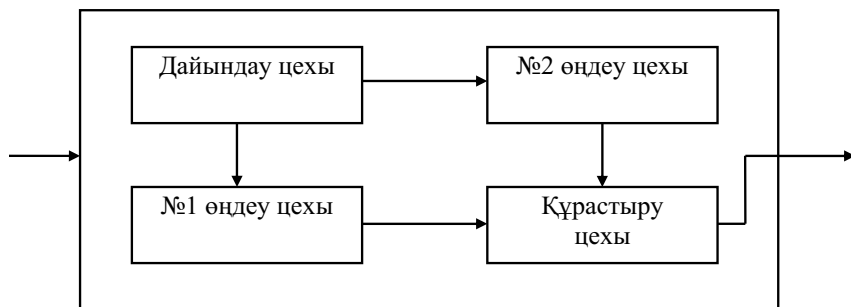
Бұрынырақ келтірілген жүйелердің құрылымдық анықтамалары, формалды және материалдық құрылымдар түсініктері «қара жәшік», құрам мен құрылымдары модельдерін біріктіретін жүйелердің құрылымдық сұлбасы (модельдері) туралы айтуға мүмкіндік береді.

Осы модельдерде жүйелердің бүкіл элементтері жүйе ішіндегі элементтер арасындағы бүкіл байланыстар мен белгілі бір элементтердің қоршаған ортамен (жүйелердің кірулері мен шығулары) байланыстары сипатталады.

Әртүрлі графтық модельдер құрылымдық сұлбаларды сипаттаудың неғұрлым жалпы математикалық моделі болып саналады. Графтар кез келген құрылымдарды бейнелей алады, бұл ретте құрылымдардың кейбір типтері тәжірибе үшін маңызы бар ерекшеліктерге ие арнайы сыныптарға бөлінген. Мысалы, өндірістік үдеріс үшін оның топологиялық сипаттамасы ретінде әдетте қарапайым өндірістердің жиынтығымен жүйелер қызметінің аралық және түпкі өнімдерін алудың технологиялық тізбектілігіне сәйкес тәртіпке келтірілген қызмет түрлерін түсінетін өндірістік технологиялық құрылымдар ұғымы пайдаланылады.

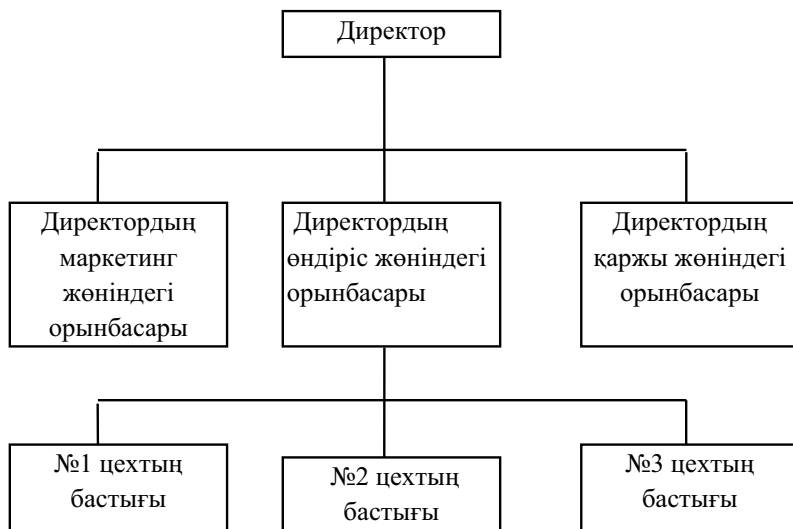
Нысандандырылған түрде өндірістік-технологиялық құрылым $G = (X, U)$ «желі» типінің графы түрінде көрсетіледі (9-сурет), мұндағы X -төбелер – қорларды түпкі (аралық) өнімдерге түрлендіретін үдерістерді жүзеге асыратын «қарапайым» шаруашылық бөлімшесі, ал U доғалары – аралық өнімдер, я бір бөлімшелер өндіретін (беретін) және өзге бөлімшелер тұтынатын өзге қорлар.

Егер зерттеу объектісі ретінде басқару жүйесін қарастыратын болсақ, оның топологиялық сипаттамасын, басқару мен жоспарлау үдерістерінің технологияларына сәйкес белгілі бір сатыластық жүйе құратын басқару объектілері органдарының жиынтығын түсінетін, ұйымдық-атқарымдық құрылымдар түрінде көрсетуге болады.



9-сурет. Желілік құрылымы

Нысандандырылған түрде ұйымдық-атқарымдылық құрылым «ағаш» типіндегі сатыластық граф түрінде көрсетілуі мүмкін (10-сурет), мұндағы төбелер басқару аппаратының құрылымдық бөлімшелеріне сәйкес келеді. Ал доғалар әкімшілік бағыныстылық сұлбаларына сәйкес келеді.



10-сурет. Сатыластық құрылымы

Аумақтық бөлетін есептеу желілерін сипаттау, негізінен сызықтық (жалпы шина), сақиналық, жұлдыз тәрізді, я толық байланысқан құрылымдар түрінде жүргізіледі.

Жүйелер теорияларымен шешілетін есептер қатарына мыналар жатады:

- жүйенің жалпы құрылымын анықтау;
- ішкі жүйелер мен элементтер арасындағы өзара әрекетті ұйымдастыру;
- сыртқы орта әсерін есепке алу;
- жүйенің оңтайлы құрылымын таңдау;
- жүйенің атқарымдық оңтайлы алгоритмдерін таңдау.

Үлкен жүйелерді жобалау әдетте екі сатыға бөлінеді:

1. *Микродеңгейде есептердің қойылуы*

Жабдықтардың физикалық бірліктері ретінде жүйелер элементтерін әзірлеумен және негізгі элементтер бойынша (олардың

құрылымдары мен параметрлері, пайдалану режимдері) техникалық шешімдер алумен байланысты микрожобалау (ішкі жобалау)

2. *Макродеңгейде есептердің қойылуы*

Үдеріс кезінде, тұтастай алғанда атқарымдық-құрылымдық мәселелер шешілетін макрожобалау (сыртқы жобалау).

Макрожобалауға үш негізгі бөлім кіреді:

- 1) жүйенің мақсаттары мен оның шешетін есептерін анықтау;
- 2) жүйелерді әзірлеу кезінде міндетті түрде есепке алуға жататын жүйеге әсер ететін факторларды сипаттау;
- 3) жүйелер тиімділігінің көрсеткішін, көрсеткіштер топтарын таңдау.

Жүйелер теориясы ғылым ретінде екі бағытта дамиды. Бірінші бағыт – феноменологиялық тәсілдеме (кейбір уақытта себептік-салдарлық немесе терминалдық деп аталатын). Бұл бағыт кез келген жүйені кіретін әсерлердің (стимулдар) шығатын шамаларға (реакциялар) кейбір түрленуі ретінде сипаттаумен байланысты. Екінші – күрделі мақсатты бағытталған жүйелер теориясын әзірлеу. Бұл бағытта жүйелерді сипаттау оның кейбір мақсаттарға жету немесе кейбір атқарымдарды орындау тұрғысынан жүргізіледі.

Қазіргі басқару әлемінде – бұл өте қиын іс болып табылады, өйткені қоғамның саяси, экономикалық және әлеуметтік құрылымы өте күрделі болып саналады және тұрақты түрде барған сайын күрделене түседі, сол уақытта тиімді басқару үшін ұйымдардың әртүрлі элементтері арасындағы өзара қатынастар сипатын, сондай-ақ оның қоршаған ортамен бүкіл өзара әрекетін ескеруі қажет.

Күрделі жүйелерді басқаруға жауап беретін адамдар ие болатын талдаудың қуатты құралдарының бірі – модельдеу. Модельдің мақсаты, нақты объектіні, жүйені немесе ұғымды (идеяны) олардың нақты шынайы өмір сүру формаларынан әлдеқайда жақсы кейбір формаларда көрсету болып саналады. Әдетте модель жүйелерді түсіндіруге, түсінуге немесе жетілдіруге көмектесетін құрал болып пайдаланылады.

Қандай да бір объектінің моделі осы объектінің (басқа масштабта немесе өзге материалдан орындалуы мүмкін болса да) дәл көшірмесі болуы немесе абстрактылы формада, жекелей алғанда *математикалық модельдер* түрінде объектінің өзіндік сипатты кейбір қасиеттерін бейнелеуі мүмкін.

Математикалық модельдерді талдау менеджерлердің, басқару-

шылардың және өзге жетекшілердің қолына, жүйелердің тәртібін топшылау және алынған нәтижелерді салыстыру үшін пайдалануы мүмкін тиімді құрал береді. Осылайша, модельдеу логикалық жолмен баламалы әрекеттердің салдарын болжауға және олардың қайсына артықшылық беру керек екенін аса сенімді түрде көрсетеді. Модельдерді қолдану басшылар мен менеджерлерге, олардың пайымдаулары мен түйсіктерінің тиімділігін арттыратын әдісті ұсынады.

Математикалық модель дәстүрлі тәсілмен қолданылуы мүмкін, яғни қандай да бір жеке шешім қабылдау үшін, бірақ басқару аясында ол *еліктемелік модельдеу* үшін ойдағыдай қолданылады.

Имитация (лат. imitatio - еліктеу) – бұл қандай да бір болсын нақты жағдайлар модельдеріндегі жаңғырту, оны зерттеу және ақыр соңында, неғұрлым сәтті шешім табу. Еліктемелік модельдеу басты түрде күрделі жүйелер теориясы, ықтималдықтар және математикалық статистика теорияларына негізделеді. Бірақ сол уақытта еліктемелік модельдеу және эксперименттеу басқарудың өзі сияқты көп жағдайда *шығармашылық үдерістер* болып қалады.

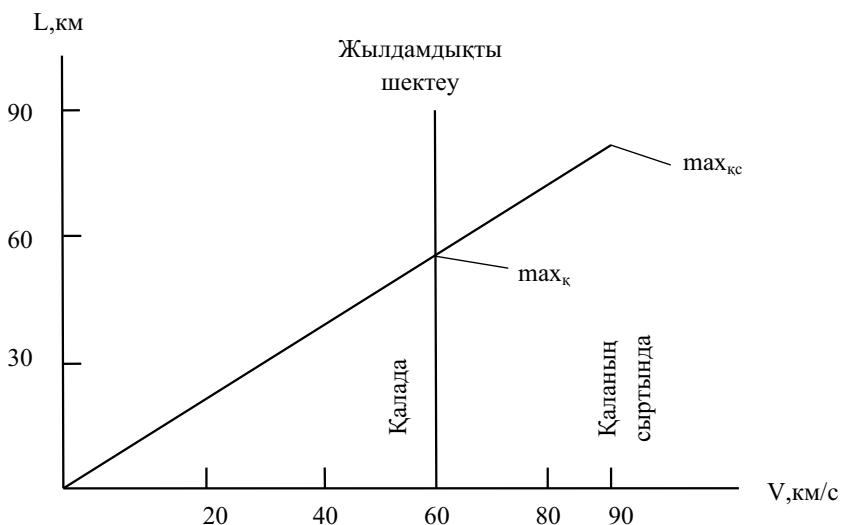
Өзіндік еліктемелік модельдеу нақты жүйелердің математикалық модельдерін құрастырудан және аталған жүйелердегі мақсатқа жетуді қамтамасыз ететін әртүрлі стратегияларды бағалау үшін (қорларға деген қажеттіліктер көзқарасы тұрғысынан) онда эксперименттер жасаудан тұрады.

Егер мақсатты атқарым немесе шығатын шамалардың үдеріс параметрлеріне тәуелділігі дәл келетін формаға ие болса, яғни тиісті графта максимум немесе минимум бар болса, онда ең үлкен төтенше мәнге қол жеткізілетін режим оңтайлы болып саналады. Бірақ, егер тәуелділік максимумдарға да, минимумдарға да ие емес сызықтық өспелі шаманы білдіретін болса, онда оңтайлы нәтижені басқаша табуға тура келеді.

Белгіленген уақыт ішінде аса үлкен қашықтық жүріп өтілетін қозғалыс жылдамдығын анықтау керек деп ұйғарамыз. L қашықтықтың жылдамдыққа тәуелділігі сызықтық атқарымдары болып саналады: $L = vt$. Яғни, жылдамдық үлкен болса, соғұрлым жақсы болады. Бірақ сондай-ақ жылдамдықты шексіз арттыруға болмайтыны ақиқат, мысалы, қозғағыштың қуатымен анықталатын қандай да бір шек бар. Нақты жағдайларда шекті мәнге қол жеткізгенге дейін одан ертерек шектеу күшіне енетін болады. Қозғалу кезіндегі шек-

теу көлік пен жаяу жүрушілердің қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін заңмен белгіленген. Мысалы, республикада көлік қозғалысының ең жоғары жылдамдығы қалаларда 60 км/сағ және қала сыртындағы жолдарда 90 км/сағ болып белгіленген.

Осылайша, сызықтық тәуелділік кезіндегі оңтайлы режимді іздеу есебі *шектеулерді ескеру ғана* мағынасына ие болады. Сызықтық өспелі тәуелділіктердің тікелей шектеулермен (жалпы жағдайда сондай-ақ сызықтық тәуелділікпен) қиылысу нүктесі жүйелер тиімділігінің көрсеткіш қисығындағы максимум ұқсастығын береді (11-сурет).



11-сурет. Мақсатты атқарымдардың шектеулерді ескергендегі сызықтық тәуелділігі кезіндегі максимум ұқсастығы

Оның аргументтерінде белгіленген шектеулерді ескере отырып, мақсатты атқарымдардың экстремумы алынатын параметрлердің мәндерін табу есептері математикалық бағдарламалау есептері деп аталады. Сызықтық бағдарламалау соның жекелеген жағдайы болып саналады. «Бағдарламалау» термині аталған жағдайда бұрынғы мағынасымен сәйкес келмейді. Сондықтан «математикалық жоспарлау» деп айтқан дұрысырақ болар еді.

Сызықтық бағдарламалау есептері аса қарапайым болып саналады; L тиімділік көрсеткішінің (мақсатты атқарымының) x_1, x_2, \dots ,

x_n шешім элементтеріне сызықтық тәуелділігі оған тән, ал шешім элементтеріне белгіленетін шектеу сондай-ақ сол x_1, x_2, \dots, x_n қатысты сызықтық теңдіктер түріне ие болады. Тәжірибеде осындай есептер өте жиі кездеседі.

Кейбір мысалдар төменде келтіріліп отыр.

1. Өндірісті жоспарлау туралы есеп. Кәсіпорын өнімнің үш түрін шығарады: B_1, B_2, B_3 . Өнімнің әр түрі бойынша кәсіпорынның жоспары бар және соған сәйкес ол: B_1 өнімінің b_1 бірлігінен аз емес; B_2 өнімінің b_2 өнімінен аз емес; B_3 өнімінің b_3 бірлігінен аз емес өнім шығаруға міндетті. Жоспар артық орындалуы мүмкін, бірақ белгілі бір шекараларда ғана, өйткені сұраныс жағдайы өндірілген өнімдердің әрбір типінің санын шектейді. Сондықтан тиісінше $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ аспайтын бірліктер шығаруға болады.

Өнімдерді шығаруға белгілі бір материалдар мен дайындамалар жұмсалады. Шикізаттың барлық төрт түрі бар деп алайық: C_1, C_2, C_3 және C_4 .

Шикізат қорлары шикізаттың әрбір түрінің $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ және γ_4 бірліктер сандарымен шектелген.

Енді әрбір түрдегі шикізаттың қандай саны өнімдердің қандай түрін жасауға жұмсалатынын атап көрсету керек. Осы мәні 4-кестеде (матрицада) көрсетілген. a_{ij} санының бірінші индексі – өнім түрі, екінші – шикізат түрі.

4-кесте.

Бір өнімді жасауға жұмсалатын шикізатқа деген қажеттілік

Шикізат түрі	Өнім		
	B_1	B_2	B_3
C_1	a_{11}	a_{21}	a_{31}
C_2	a_{12}	a_{22}	a_{32}
C_3	a_{13}	a_{23}	a_{33}
C_4	a_{14}	a_{24}	a_{34}

Сол уақытта дайын өнім өткізілетін болады, олар кәсіпорынға табыс әкеледі: B_1 бір өнім c_1 пайда келеді, B_2 өнім - c_2 пайда, B_3 өнім c_3 пайда әкеледі. Өндірісті мынадай түрде жоспарлау қажет, яғни: біріншіден, жоспар орындалатындай немесе артық орындалатындай; екіншіден, жоспарды артық орындау кезінде артық тауар жина-

лып қалмайтындай; үшіншіден, пайда жиыны ең жоғары болатындай түрде қанша және қандай өнімдер шығару керектігін анықтау қажет. Бұл – сызықтық бағдарламалар есебі және оның алдындағыға өте ұқсас.

2. Жабдықты жүктеу туралы есеп. Тігін фабрикасы екі типті станоктарға иелік етеді. 1-типті N_1 станоктары және 2-типті N_2 станоктары бар. Бұл станоктар маталардың 3 түрін шығара алады: T_1, T_2, T_3 , бірақ әртүрлі өнімділікпен. 1 типті станок бір ай ішінде T_1 маталарының a_{11} метрін немесе T_2 маталарының a_{12} немесе T_3 маталарының a_{13} түрін шығара алады. 2-типтегі станоктар үшін a_{21}, a_{22}, a_{23} тиісті сандары болады.

Фабриканың бір ай ішінде T_1 маталарының b_1 метрін, T_2 маталарының b_2 метрін және T_3 маталарының b_3 метрін шығару жоспары бар. Фабриканың өз өнімдерін өткізуден алатын кірісі, сондай-ақ бірдей емес. T_1 маталарының әрбір метрі фабрикаға C_1 пайда, T_2 маталары - C_2 пайда, ал T_3 матасы C_3 пайда береді.

Маталардың әрбір түрінің метрлер саны тиісінше $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ метрлерден асып кетпеуі тиіс. Сонымен қатар, барлық станоктар жұмыс істеуі керек.

Бір айдағы жиын табыс ең жоғары болуы тиіс, T_1, T_2, T_3 , маталарды өндіру станоктарының жүктемесін осылай жүктеу талап етіледі.

Бір қарағанда, қойылған мақсат оның алдындағы сияқты. Жоспарда T_1, T_2, T_3 маталарының санын x_1, x_2, x_3 -пен белгілеуге және жиын табысты барынша молайтуға болады:

$$c_1 x_1 + c_2 x_2 + c_3 x_3$$

Бірақ бұл ретте жабдықтарды жүктеумен ештеңе шешілмейді. Сондықтан, аталған жағдайда әрбір түрдегі маталар саны емес, әрбір түрдегі маталар өндірумен айналысатын 1 және 2 типтегі станоктар саны шешім элементтері болуы тиіс. Шешім элементтерін екі индекстермен, x әріптермен белгілеу қажет: бірінші станок типіне сәйкес келетін болады, ал екінші - маталар түріне сәйкес келетін болады.

Барлығы шешімнің алты элементі болады:

$$x_{11}, x_{12}, x_{13}$$

$$x_{21}, x_{22}, x_{23}$$

мұндағы, x_{11} - T_1 маталарын шығарумен айналысатын, 1-типтегі станоктар саны, x_{12} - T_2 маталар шығарумен айналысатын, 1-типтегі станоктар саны және т.б.

x_{ij} шешу элементтеріне белгіленген шектеуді – шартты түрде жа-

замыз. Ең алдымен жоспардың орындалуын қамтамасыз етеміз. Бұл үш шектеу теңсіздікті береді:

$$\begin{aligned} a_{1r}x_{11} + a_{2r}x_{21} &> b_1 \\ a_{12}x_{12} + a_{22}x_{22} &> b_2 \\ a_{13}x_{13} + a_{23}x_{23} &> b_3. \end{aligned} \quad (4)$$

Осыдан кейін жоспардың артық орындалуын шектейміз. Бұл тағы да үш шектеу теңсіздікті береді:

$$\begin{aligned} a_{1r}x_{11} + a_{2r}x_{21} &< \beta_1, \\ a_{12}x_{12} + a_{22}x_{22} &< \beta_2, \\ a_{13}x_{13} + a_{23}x_{23} &< \beta_3. \end{aligned} \quad (5)$$

Енді жабдықтардың бар болуымен және оны толық жүктеу қажеттілігімен байланысты шектеуді жазамыз. Бүкіл маталарды жа-саумен айналысатын 1-типтегі станоктардың жиын саны N_1 - ге тең болуы тиіс; 2-типтегі станоктардың саны N_2 - ге тең болуы тиіс. Осы-дан тағы екі шарт туындайды – бұл ретте мынадай теңдік:

$$\begin{aligned} x_{11} + x_{12} + x_{13} &= N_1 \\ x_{21} + x_{22} + x_{23} &= N_2. \end{aligned} \quad (6)$$

Енді маталардың бүкіл түрлерін өндіруден алынған жиын табыс-ты анықтаймыз. Бүкіл станоктар өндірген T_1 маталары метрлерінің жиын саны $a_{1r}x_{11} + a_{2r}x_{21}$ - ге тең және $c_1(a_{1r}x_{11} + a_{2r}x_{21})$ табыс әкелетін болады.

Осыған ұқсас ойлай отырып, жоспарды орындау кезіндегі бір айдағы фабриканың жиын табысын табамыз:

$L = c_1(a_{1r}x_{11} + a_{2r}x_{21}) + c_2(a_{12}x_{12} + a_{22}x_{22}) + c_3(a_{13}x_{13} + a_{23}x_{23})$ немесе қосындылау символын пайдаланып, мұны анағұрлым қысқарак жазуға болады:

$$L = \sum_{j=1}^3 C_j \sum_{i=1}^2 a_{ij} x_j \quad (7)$$

Алты дәлелдердің осы сызықтық атқарымын максимумға айнал-дыру керек: $L \Rightarrow \max$.

3. Көлік есебі. Мектеп оқулығындағы бізге белгілі есеп бы-

лай дейді: A нүктеден B нүктеге тауар пойызы шықты. Одан кейін пойыздардың қашан кездесетіні есептеп шығарылады. Неғұрлым нақты жағдайда бір A нүктесі ғана болмайды, мысалы: a_1, a_2, a_3, a_4 бірліктер сандарындағы жүктердің белгілі бір түрінің қорлары шоғырланған A_1, A_2, A_3, A_4 нүктелері бар. Сондай-ақ, тиісінше b_1, b_2, b_3 жүктеу бірлігіне тапсырыс берген B_1, B_2, B_3 үш нүктелері бар. Жеткізуге берілген тапсырыстың жалпы жиыны қолда бар қорлар жиынына тең:

$$b_1 + b_2 + b_3 = a_1 + a_2 + a_3 + a_4. \quad (8)$$

Бұдан өзге, A_i жөнелту әрбір нүктесінен B_j белгіленген әрбір нүктеге жүк бірліктерін тасымалдау құны белгілі, мұндағы, i – жөнелту нүктесінің нөмірі, a_j – белгіленген нүкте нөмірі. i – нүктеден j – нүктеге тасымалдау құнын c_{ij} -мен белгілейміз.

Тасымалдау жоспарын, яғни әрбір нүктеден жүктің қандай санын және қайда жөнелту қажеттігі туралы (тасымалдаулар бойынша жиын шығыстар минимумға айналу үшін) бағдарлама жасау қажет.

Осы есептердің математикалық моделін құрамыз. Шешім элементтерін мынамен белгілейміз: x_{ij} - A_i жөнелту нүктесінен белгіленген B_j нүктеге жөнелтілген жүк бірліктерінің саны. Барлығы 12 өзгермелі шешім элементтері алынады:

$$x_{11} x_{12} x_{13} x_{21} x_{22} x_{23}$$

$$x_{31} x_{32} x_{33} x_{41} x_{42} x_{43}$$

Осындай шешулер кезіндегі тасымалдардың жиын құны мынаған тең болатыны ақиқат:

$$L = c_{11}x_{11} + c_{12}x_{12} + c_{13}x_{13} + c_{21}x_{21} + c_{22}x_{22} + c_{23}x_{23} + c_{31}x_{31} + c_{32}x_{32} + c_{33}x_{33} + c_{41}x_{41} + c_{42}x_{42} + c_{43}x_{43}$$

Шешім элементтеріне белгіленетін шектеу, екі текті болады: біріншіден, барлық тапсырыстар орындалған болуы тиіс, яғни

$$\begin{aligned} x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} &= b_1 \\ x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} &= b_2 \\ x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} &= b_3 \end{aligned} \quad (9)$$

екіншіден, барлық қолда бар жүктер шығарылып әкетілген болуы тиіс, яғни

$$\begin{aligned}
x_{11} + x_{12} + x_{13} &= a_1, \\
x_{21} + x_{22} + x_{23} &= a_2, \\
x_{31} + x_{32} + x_{33} &= a_3, \\
x_{41} + x_{42} + x_{43} &= a_4.
\end{aligned}
\tag{10}$$

(9) және (10) шектеу орындалу үшін, L осы айнымалылардың сызықтық атқарымы минимумға айналу үшін, x_{11} , x_{12} айнымалылардың осындай теріс емес мәнін таңдау талап етіледі.

Олардың мағыналық мазмұнына қатыссыз, формалды көзқарас тұрғысынан математикалық бағдарламалаудың бүкіл есептері бір проблемаға саяды: сол кезде мақсатты атқарым төтенше (ең жоғары немесе ең төмен) мәнге ие болатын, берілген мәндерден асып кетпейтін, x_1 , x_2 айнымалылардың мәнін табу. Сызықтық бағдарламалау есептерінде мақсатты атқарым $x = \infty$ кезінде максимумға, ал $x = -\infty$ кезінде минимумға жететін сызықтық формалардың түріне ие болады. Осындай электремумға ешқашан жете алмайтыны анық, я айнымалы күй (мысалы, қауіпсіздік шарты бойынша) шектеулі болады, я басқару айнымалы болады, өйткені қорлар шексіз үлкен болмайды.

Осылайша, шектеулердің жоқ болғанда сызықтық мақсатты атқарымдар түпкі оптимумға ие болмайды және осындай есептердегі шектеу принципті рөл атқарады. Өндірісті ұйымдастырудың неғұрлым ұтымды тәсілдерін анықтаумен, шикізат пен материалдарды пайдаланумен, әртүрлі блоктар мен аппаратуралар модулдері арасында атқарымдарды бөлумен байланысты нақты есептерде, мақсатты атқарым көптеген айнымалылардан сызықтық тәуелділік түріне ие болады:

$$L = \sum_{i=1}^n c_i x_i \tag{11}$$

ал шектеу, n белгісіздермен m сызықтық тәуелсіз теңдеулер жүйесімен беріледі:

$$\begin{aligned}
a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &= b_1, \\
a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &= b_2, \\
\dots & \\
a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n &= b_n,
\end{aligned}
\tag{12}$$

Кейбір уақытта сызықтық бағдарламалау есептерінде бүкіл немесе бірнеше шектеулер (4) немесе (5) типіндегі теңсіздіктер түріне ие болады. Бірақ осындай теңсіздікті теңдік орын алатындай

түрде, $x_{n+k} > 0$ қосымша айнымалыны енгізе отырып, теңдеуге оңай айналдыруға болады.

Бұл өзгеріс, есептің мәнін өзгертпестен, жай ғана айнымалылар санын ұлғайтуға әкеледі.

Егер теңдеулер саны белгісіздер санына тең болса, онда бұл шешуі жақсы белгілі, кәдімгі есеп болған болар еді. Бірақ белгісіздер санының теңдеулер санынан көп болуы, яғни $n > m$, берілген есептің ерекшелігі болып саналады.

Өйткені сызықтық бағдарламалау есептерінде айнымалылар саны теңдеулер санынан көп, онда шешімдердің шексіз жиынына ие болады. Басқаша айтсақ, принципіде барлық берілген шарттарды қанағаттандыратын, x_1, x_2, \dots, x_n айнымалылар жиынына ие болады. Әрбір осындай жиынды шешуші деп санауға болады, бірақ барлық шешімді қолдануға қолайлы деп санауға болмайды.

Біріншіден, барлық x , қандай да бір физикалық шамалар болып саналады, олар теріс бола алмайды, демек қосымша шектеу қолданылады.

$$x_1 > 0, x_2 > 0, \dots, x_n > 0. \quad (13)$$

(13) шектеулерді қанағаттандыратын (12) теңдеулер жүйесінің шешімі *ұйғарымды шешімдер* деп аталады.

Екіншіден, оңтайлы мәнін табу, сызықтық бағдарламалаудың негізгі мақсаты болып саналады, сондықтан ұйғарымды шешімдердің жиынынан біреуін таңдап алу қажет, тура сондай, сызықтық форманы (11) минимумға (максимумға) айналдырады.

Өйткені айнымалылар саны теңдеулер санына қарағанда көп, бірмәнді шешім алу үшін айнымалылар санын қысқарту қажет. Бұл үшін ең қарапайым тәсіл – олардың қандай да бірін ($n - m$) нөлге тең етіп қою керек. Осындай қысқарту нәтижесінде пайда болған қалған m белгісіздермен m теңдеулер жүйесін үйреншікті әдістермен шешуге болады.

m айнымалыларды шешу үшін пайдаланылған жиын *базис* деп, ал шешуді *базистік* дейді. Қалған ($n - m$) айнымалыларды *еркін* деп атайды. Әрбір нақты жүйеде, өзінің базистік және еркін айнымалылар жиыны болатын, әртүрлі бірнеше базистері болуы мүмкін. Егер базистік шешімдердің ішінде, кейбір айнымалылардың теріс мәнін беретін осындай шешімдері болса, онда олар қолдануға келмейтін болып саналады және алдағы қарастырудан алынып тасталады. Ұйғарымды базистік шешімдердің арасынан сызықты мақсаттық

атқарымды барынша азайтатындар ізделеді (11). Бұл шешім ізделетін және оңтайлы болады.

Өлшемділігі үлкен есептерде ұйғарымды шешімдер саны өте көп болуы мүмкін, өйткені тәжірибеде есептеу саны мен есептерді шешудің жалпы уақытын қысқартуға мүмкіндік беретін, ұйғарымды мәндерінің әдістерін пайдалану қажет.

Кез келген күрделі жүйе әртүрлі элементтерде және олардың арасындағы әртүрлі өзара байланыстармен жүзеге асырылуы мүмкін. Осымен байланысты, жүйелер атқарымы сапасының өлшемдерін барынша арттыратын (жалпы жағдайлық векторлық), осындай құрылымдардың (оны оңтайлы деп атаймыз) берілген қорлары кезінде синтез (таңдау) проблемасы туындайды.

Жүйелер құрылымы синтезінің мынадай проблемасы болып түсіндіріледі:

1. Басқарылатын жүйелер құрылымының синтезі, яғни басқарылатын объектілердің жиынын, берілген сипатталамаларға ие жекелеген ішкі жиындарға оңтайлы бөліктеу.

2. Басқаратын жүйелер құрылымдарының синтезі.

1) теңдеулер мен ішкі жүйелер (жүйелер сатыластықтары) санын таңдау;

2) басқаруды ұйымдастыру қағидаттарын таңдау, яғни теңдеулер арасында дұрыс арақатынастар орнату (бұл әртүрлі деңгейлердегі ішкі жүйелердің мақсаттарын келісумен және олардың жұмыстарын оңтайлы ынталандырумен, құқықтар мен жауапкершіліктерді бөлумен, шешімдер қабылдау контурларын жасаумен байланысты);

3) адамдар мен есептеу техникаларының құралдары арасында орындалатын атқарымдарды оңтайлы бөлу;

4) ұйымдық сатыластықтарды таңдау.

3. Ақпараттарды беру мен өңдеу жүйелері құрылымдарының синтезі (оның ішінде ақпараттық-басқарушы көпмашиналы кешен):

1) ақпараттарды беру мен өңдеу жүйелері құрылымдарының синтезі;

2) ақпараттық-басқарушы кешен құрылымдарының синтезі (оның ішінде қызмет көрсету пункттерін орналастыру проблемасы).

Кейбір таңдалған (тіркелген) құрылым кезінде жүйелердің негізгі

сипаттамаларын анықтау құрылымдарды талдау проблемасы болып түсіндіріледі.

Жүйелер құрылымдарын оңтайландыру кезінде, әртүрлі модельдер мен әдістер қолданысқа ие болады. Математикалық бағдарламалау (әсіресе, дискреттік бағдарламалау модельдері), жаппай қызмет көрсету және статистикалық модельдеу теориясының әдістері кең қолданысқа ие болды.

Жүйенің үлкен тиімділігіне жету мақсатында құрылымдарды оңтайландыру есебі өзекті болып саналады және өзінің шешімі үшін белгілі бір математикалық аппаратты талап етеді.

АБЖ-нің оңтайлы құрылымдарын анықтау үшін, әдетте алғашқы деректер болып мыналар саналады:

1. $E=\{E_i\}$ шешілетін есептер жиыны түрінде нысандандырылған болуы мүмкін жүйемен орындалатын атқарымдар. $E_i, i=1, l$ есептерінің әрбірі q_i ($q_i=1, Q$) кезеңдерден және АБЖ-дегі шешудің δ_i ($\delta_i=1, D$) нұсқаларына ие болуы мүмкін.

2. $GE=\{Eq_i, Eq'_i\}$ граф түрінде берілуі мүмкін олардың кезеңдері мен есептері арасындағы байланыстар, мұндағы $\{Eq_i, Eq'_i\} \in E$. $\{Eq_i, Eq'_i\}$ граф доғалары шешілетін есептер мен олардың кезеңдері арасында қолданылатын қатынасты сипаттайды және ақпараттың ағындар бағыттарына сәйкес келеді.

3. $G_M=\{M_j, M'_j\}$ граф түрінде берілетін олардың арасындағы байланыстар мен $M=\{M_j\}$ АБЖ мүмкін түйіндерінің жиыны, мұндағы $j, j=1, J$. G_M графының төбелері түйіндерді, ал доғалар олардың арасындағы байланыстарды бейнелейді.

Кейбір жағдайларда АБЖ-нің мүмкін түйіндері нұсқаларының түпкі жиыны мен олардың арасындағы байланыстар берілуі мүмкін, яғни $G_M^y, y=1, \Gamma$, мұндағы, G_M^y, y – мүмкін нұсқа.

4. АБЖ-де қолданылуы мүмкін техникалық құралдардың түрлері мен сипаттамалары және $A=\{a_i\}$ – мүмкін техникалық құралдардың жиыны және $l=1, L$ – техникалық құралдар типі.

5. Жүйелер үшін сыртқы көздер және есептердің бүкіл кезеңдері бойынша ақпараттарды тұтынушылар.

Сол уақытта АБЖ-ның оңтайлы құрылымдарының есебі мыналарды табудан тұрады:

М жүйелерінің түйіндері;

сол жағдайда АБЖ-дегі есептерді шешу тиімділігін арттыратын, жүйелердің деңгейлері мен түйіндері бойынша оларды бөлудегі

және A техникалық құралдар кешенін таңдаудағы E есептеудің техникалық құралдары мен оларды шешудің нұсқаларына ($\delta_i, i=1, I$) жүктелетін олардың арасындағы G_M байланыстар, яғни

$$\max \sum_{q_i \in E, \delta_i \in \Delta} \omega_{q_i}^{\delta_i} \sum x_{q_i, j, al}^{\delta_i} \quad (14)$$

мұндағы, $\vec{E} \in E, \vec{M} \in M, \vec{G}_E \in G_E, \vec{G}_M \in G_M, \vec{A} \in A$

мұндағы, $\omega_{q_i}^{\delta_i}$ - оны шешудің δ_i - сол нұсқасын пайдалану кезінде i есептердің q_i кезеңін енгізуден алынатын эффект;

$x_{q_i, j, al}^{\delta_i}$ айнымалы 1 мәнін қабылдайды, δ_i нұсқаны пайдалану кезінде i есептерінің q_i кезеңінде оны жүзеге асыру 1 типтегі a_i - техникалық құралмен j түрінде шешіледі және керісінше жағдайда 0 мәні. Мұнда есептердің әрбір кезеңі бір түйінде шешіледі.

Бұл ретте

$$\sum x_{q_i, j, al}^{\delta_i} = 1 \quad (15)$$

болатыны анық.

Жүйелердің тиімділігі оларды алу пайдалары (шығындары) мен мерзімдерінің арақатынастарына негізделеді.

АБЖ-нің оңтайлы құрылымы қорларға шектеу, техникалық құралдарды жүктеу және есептерді шешудің уақытылылығы кезінде анықталады, яғни

$$\sum_{q_i \in E, a_i \in A, \delta_i \in \Delta} R_{q_i, j, al, k}^{\delta_i} x_{q_i, j, al}^{\delta_i} \leq R_k \quad (16)$$

мұндағы, $k=1, K$ - қор типі, R_k - пайдаланылатын қордың шамасы.

$$\sum_{q_i \in E, a_i \in A, \delta_i \in \Delta} \lambda_{q_i, j}^{\delta_i} t_{q_i, j, al}^{\delta_i} x_{q_i, j, al}^{\delta_i} \leq C_{j, al} \quad (17)$$

мұндағы, $\lambda_{q_i, j}^{\delta_i}$ - шешудің δ_i нұсқасы кезіндегі i есептерінің q_i кезеңін шешудің жиілігі;

C_{j,a_1} - j түйінде 1 типті a_i техникалық құралды жүктеу;

$t_{q_{i,j,a_1}}^{\delta_i}$ - шешудің δ_i нұсқасы кезінде a_i техникалық құралдағы j түйінде i есептердің q_i кезеңін орындау уақыты.

АБЖ әртүрлі есептері үшін уақытша шектеу күрделі түрге ие болуы мүмкін және әртүрлі түйіндердегі жұмыстарды талдауды талап етеді. Мысалы, жедел есеп үшін, $t_{q_i}^{\text{косымша}}$ ұйғарымды шамадағы есептерді шешу уақытын арттыру ықтималдығы ε_{q_i} берілгеннен артық болмауы қажет:

$$P \left\{ t_{q_{i,j,a_1}}^{\delta_i} + \tau_{q_{i,j,a_1}}^{\delta_i} > t_{q_i}^{\text{косымша}} \right\} \leq \varepsilon_{q_i} \quad (18)$$

мұндағы, $\tau_{q_{i,j,a_1}}^{\delta_i}$ - j торабындағы күту уақыты.

Ілгеріде қарастырылған есеп сызықтық емес математикалық бағдарламалау есептері болып саналады.

Аналитикалық әдістермен жалпы түрде оңтайлы құрылымдарды синтездеу есептерін шешу аса қиын. Сондықтан жекелеген жағдайларда оңтайлы құрылымдар құрудан бас тарту және АБЖ-нің оңтайлы құрылымын анықтау қажет.

Оңтайлы құрылған АБЖ әдетте сатыластық құрылымға ие, әрі бір деңгейдегі жүйелер түйіндерін, олар бірдей болатын топтарға бөлуге болады. Бұл жұмысты, топтардың әрбірі үшін бір деңгейдегі бір «типтік» түйінді ғана қарастыруға мүмкіндік береді.

Осындай жүйелер үшін атқарымдық сапасының өлшемдері әдетте аддитивті және мынадай түрге ие:

$$W = \sum_{r_m=1}^{R_m} \sum_{m=1}^M \sum_{j=1}^M W_{j,r,r} \quad (19)$$

мұндағы, $W_{j,r,r}$ - r топтарындағы m деңгейінің j түйіні үшін өлшемдер;

$r_m = 1, R_m$ - жүйелердің m деңгейінің ішкі жүйелер топтарының саны; $m=1, M$ - жүйелер деңгейлерінің саны.

Шешілетін есептердің жиыны, жүйелер түйіндерінің жиыны мен олардың арасындағы байланыстар (тиісінше E, M, G_m) берілген, осы жағдайда берілген сапа өлшемдері бойынша АБЖ-ның атқарымын

қамтамасыз ететін техникалық құралдар кешенін таңдау есебі туындайды.

Көпсатылы жүйелер атқарымының динамикасын талдау және сипаттамаларды бағалау үшін, оларды басқарудағы кешіктіру, техникалық құрылғылар мен жүйелердің атқарымдық алгоритмдерінің сенімді еместігіне әсер ету сияқты осындай сипаттамаларды бағалау үшін оларды тиісті құрылымдарға жаппай қызмет көрсету желілері түрінде нысандандыру және бағалауды анықтау үшін аналитикалық әдістер мен неғұрлым күрделі жағдайларда статистикалық сынақ әдісін пайдалану ыңғайлы болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

- Үлкен жүйе эмердженттіліктің болуымен немесе тұтастық қасиеттерімен, яғни ішкі жүйелердің бақыланатын қасиеттері мен жүйелік байланыстарынан шығарылмайтын қасиеттермен сипатталады.

- Гомеостаз ұғымы, әсіресе күрделі әлеуметтік жүйелерге тән, яғни бақыланатын жүйелер, мүмкін, олардың айтарлықтай күрделілігінен күмәнділеу түрде тепе-теңдікте болып келеді.

- Талданатын жүйелердің, атқарымдар кешенімен сипатталатын формаға өзгеру үдерісі атқарымдық талдаудың негізі болып саналады. Үдеріс кезінде мақсатты бағытталған жүйелер атқарымдарының анықталуы абстракциялау үдерісіндегі осы талдаудың мәні болып табылады.

- Атқарымдарды жүзеге асыру үшін қажет кез келген мазмұн элементтерін жүйенің бөліктері немесе компоненттері деп атайтын боламыз. Жүйелер (компоненттер) бөліктерінің жиынтығы оның элементтік құрамын құрайды. Мұнда бөлінбейтін болып қарастырылатын жүйелердің элементтері қарапайым (элементтер) деп аталатын болады.

- Жалпы жағдайда, қойылған мақсаттар жүйесіне жеткізу үшін қажет және жеткілікті, атқарымдық элементтер мен олардың қатынастарының жиынтығы формалды құрылым болып түсіндіріледі. Анықтамадан, формалды құрылымның, бір типтегі жүйеге тән, жалпыны сипаттауы шығады.

- Жүйелер құрамының модельдері күрделі жүйелерді модельдеудің келесі деңгейі болып саналады. Кез келген жүйені қарастыру кезінде,

ең алдымен, оның тұтастығы мен оңашаланушылығы сыртқы қасиеттер болып пайдаланылатындығы анықталады.

- «Қара жәшік» модельдері мен құрамының қарапайымдылығы мен қолжетімділігі, оларды пайдалана отырып, тәжірибедегі есептердің жиынын шешуге мүмкіндік береді. Сонымен бірге, жүйені неғұрлым тереңірек зерделеу үшін модельде элементтер арасында қатынастар (байланыстар) орнату қажет.

- Өртүрлі графтық модельдер құрылымдық сұлбаларды сипаттаудың неғұрлым жалпы математикалық моделі болып саналады. Графтар кез келген құрылымдарды бейнелей алады, бұл ретте құрылымдардың кейбір типтері арнайы сыныптарға бөлінген, тәжірибе үшін маңызы бар ерекшеліктерге ие болады.

СОӨЖ және СӨЖ тапсырмалары

1. Тақырып бойынша бақылау сұрақтарына жауап беру:

1. Күрделі жүйелердің түсінігі.
2. Күрделі жүйенің негізгі атқарымдарын атаңыз.
3. Атқарымдарды анықтау қағидаттары қандай болады?
4. Атқарымдардың түрлерін атаңыз.
5. Формалды құрылымның материалдық құрылымнан айырмашылығы қандай?
6. Құрылымдар нұсқасын таңдау кезінде қандай көрсеткіштер пайдаланылады?
7. Жүйелер құрамының модельдері нені анықтайды?
8. Графтық модельдер құрылымдық сұлбаларын сипаттаңыз.
9. Макрожабалаудың құрамы қандай болады?

2. Тақырып бойынша тест тапсырмаларының сұрақтарына жауап беру:

1. Жүйенің салыстырмалы қасиетінің анықтамасы
- А) жүйеге түсетін немесе жүйеден шығатын матриалдар ағыны немесе мәліметтер ағыны
- В) жүйенің көптеген элементтері және олардың арасындағы өзара байланыс

- C) жүйенің жұмыс атқаруы ретінде u_1, u_2, \dots, u_N айнымалылар қатарында сипатталады
- D) жүйенің ену және шығу өзгерісін байланыстыратын функция $Y=F(X)$
- E) қасиеті элементтер, өзара байланыстар, ену, шығу, мақсат және шектеулер құрамы зерттеушінің мақсатына тәуелді екендігін көрсетеді.

2. Телефондық жіберуде хабар көзі?

- A) Сөйлеу
- B) Факс
- C) Хат
- D) Сигнал
- E) Модель

3. Сөздер дыбысын электрлік импульске өзгертіп кодтайтын құрал не?

- A) Диктофон
- B) Микрофон
- C) Сигнал
- D) Магнитофон
- E) Ешқайсысы дұрыс емес

4. Агрегат дегеніміз не?

- A) Уақыт жағдайы
- B) Кіріс сигналы
- C) Жүйелеу схемасы
- D) Басқару схемасы
- E) Микросхема

5. Автономды емес агрегат қандай жағдайда кездеседі?

- A) Меншік жағдай
- B) Жүктеу жүйесінде
- C) Үздіксіз агрегатта
- D) Жалпы жағдайда
- E) Барлығы да дұрыс

6. Көп эшелонды жүйе:

- A) Нақты жүйелік күйден бейнеленеді
- B) Жүйелік жіктеу
- C) Шешім қабылдаушы

- D) Барлығы да дұрыс
- E) Ешқайсысы дұрыс емес

7. Страттар

- A) Абстракциялау (денгей сипаты)
- B) Техникалық жиынтық
- C) Ақпарат
- D) Жедел шешім
- E) Анықталмаған немесе бір ғана талдау

8. Кіріс сигналымен басқару сигналын қабылдай алмайтын агрегат:

- A) Автономды емес агрегат
- B) Жеке агрегат
- C) Меншік агрегат
- D) Автономды агрегат
- E) Жүйелеу схемасы

9. Материалдық тасығышсыз, энергияны жіберусіз болмайтын не?

- A) Абонент
- B) Телефон
- C) Кодталған хабар
- D) Ақпарат
- E) Сигнал

10. Кез келген оқиға:

- A) Ақпарат көзі
- B) Процесс
- C) Сигнал
- D) Барлығыда дұрыс
- E) Ешқайсысы дұрыс емес

11. Декодтау қандай қызмет атқарады?

- A) Телефонның құлағымызға апаратын бөлігі
- B) Телефонның сымы
- C) Хабар көзі
- D) Сигнал
- E) Ақпарат

12. **Жүйеге кіретін бірнеше элементтер принципі қалай аталады?**

- A) Кординаталық бағыт
- B) Дискретті
- C) Сигнал
- D) Импульс
- E) Радиолокационды

13. **Дискреттік жүйе қандай тілді ынғайлы басқара алады?**

- A) C++ тілін
- B) Паскаль
- C) Алгоритм
- D) 1С Предприятие
- E) Excel

14. **Процесс көрсететін ақпарат не арқылы өзгереді?**

- A) Сигнал
- B) Импульс
- C) Кодталған хабар
- D) Жүйе
- E) Басқару схемасы

15. **Егер сигналдардың барлығы дискретті жүйе болса онда:**

- A) Ақпарат көзі
- B) Процес
- C) Сигнал
- D) Кодталған хабар
- E) Таза дискретті деп аталады

16. **Алғашқы үздіксіз процестерден шығатын дискреттілерді қалай атайды?**

- A) Иілген
- B) Дискретті
- C) Сигнал
- D) Импульс
- E) Радиолокационды

17. **Уақыт ішінде кез келген стационарлы көлемді орталықтандыру, оның:**

- A) Сигналын береді
- B) Дисперсиясын береді

- C) Импульсін береді
- D) Дискреттілігін береді
- E) Ешқайсысы дұрыс емес

18. Материалдық дененің және бөлшектерінің нақ осы шақтағы жылдамдығы қандай болуы керек?

- A) Бірқалыпты
- B) Жылдам
- C) Шектеулі
- D) Бірқалыпты емес
- E) Тез

19. Траектория қандай функция?

- A) Көлденең функция
- B) Айқын функция
- C) Айқындауыш функция
- D) Жазық функция
- E) Қисық функция

20. Егер сигналдардың бір бөлігі үздіксіз болса, онда олар:

- A) Ақпарат көзі
- B) Процесс
- C) Сигнал
- D) Кодталған хабар
- E) Дискретті үздіксіз деп аталады

7-ТАҚЫРЫП. АҚПАРАТТЫҚ ҮДЕРІС ҰҒЫМЫ МЕН ҚҰРЫЛЫМЫ

Дәрістің мәнмәтіні

Мақсаты: Математикалық дабылдар модельдерін оқып-білу.

Дәріс жоспары

1. Математикалық дабыл модельдері
2. Детерминделген дабылдарды көрсетудің жиілік формасы

Негізгі түсініктер: байланыс құралдары, байланыс арнасы, детерминделген дабыл, Фурье түрлендіруі, Дирихле шарты, периодтық дабылдар

Тақырыптың мазмұны: Физикалық деректерді талдау мен өңдеу теориясы, соның негізінде математикалық дабылдар модельдері жасалатын тиісті физикалық өрістер мен физикалық үдерістердің математикалық модельдеріне негізделеді. Математикалық дабылдар модельдері физикалық табиғаттан дерексіздене отырып, жинақты түрде дабылдардың қасиеті туралы пікірлер айту, өзгермелі жағдайларда дабылдардың өзгеруін болжап білу, үдерістерді физикалық модельдеуді математикалық модельдермен ауыстыру мүмкіндігін береді. Математикалық модельдердің көмегімен зерделенетін үдерістерде басты, айқындаушы болып саналатын дабылдар қасиеттерін сипаттау және көп қосалқы белгілердің санын елемеу мүмкіндігі пайда болады. Математикалық дабылдар модельдерін білу, модельдердің қандай да бір болсын типіне тән әртүрлі белгілер бойынша оларды жіктеу мүмкіндігін береді. Мәселен, дабылдар уақыттың кез келген мезетіндегі олардың мәндерін дәл болжап білу мүмкіндіктеріне қатысты кездейсоқ емес және кездейсоқ болып бөлінеді. Дабыл, егер математикалық модель осындай болжап білуді жүзеге асыруға мүмкіндік берсе, кездейсоқ емес болып саналады және *детерминделген* деп аталады. Детерминделген дабыл, негізінен, математикалық атқарымдармен немесе есептеу алгоритмімен беріледі, ал математикалық дабыл моделі мынадай түрде берілуі мүмкін:

$$s = F(t, z, w, \dots; A, B, C, \dots), \quad (20)$$

мұндағы, s – дабылдың информативтік параметрі; t, z, w, \dots - тәуелсіз аргументтер (уақыт, кеңістіктік координат, жиілік және т.б.); A, B, C, \dots - дабылдар параметрлері.

Модель, мүмкіндікке қарай, оңай, тәуелсіз аргументтердің саны бойынша азайтылған және зерделенетін үдеріс бойынша барабар болуы тиіс. Бұл мәселені геофизикалық деректер мысалында қарастырамыз.

Кеңістік, уақыт бойынша немесе кез келген аргумент бойынша (тәуелсіз айнымалы) геологиялық объектімен немесе геологиялық құрылыммен жасалатын қандай да бір шаманы өзіндік немесе индукцияланған түрде анықталған сыртқы әсермен бөлу геофизикалық өріс болып түсіндіріледі. Қарапайым жағдайдағы геофизикалық дабыл – бұл геофизикалық өрістің қандай да бір құрамды бөлігінің өзгеруі, яғни аргументтердің бірі бойынша өрістің қимасы. Шамасы бүкіл геофизикалық өріс тұтастай алғанда, өлшеулер жолымен, ақпараттардың материалдық таратқыштарына дабылдың белгілі бір құрамды бөліктерінің (қималарының) нысандандырылған көшірмелері түсірілуі мүмкін, тікелей физикалық бейнелеудегі бастапқы көпөлшемді дабыл ретінде қарастырылуы мүмкін.

Оларды тіркеудің белгілі бір жағдайларында геофизикалық өрістерге дабылдардың белгілі бір математикалық модельдері, яғни қандай да бір формалды тілде олардың сипатталуы сәйкес келеді. Математикалық сипаттау бәрін қамти алатын және мінсіз дәл болуы мүмкін емес, негізінен, әрқашан да нақты объектілерді емес, олардың оңайлатылған (гомоморфты) модельдерін бейнелейді. Модельдер кестелермен, графиктермен, атқарымдық тәуелділіктермен, бір күйден екінші күйге ауысулар және күйлер теңдеулерімен және т.б. берілуі мүмкін. Егер ол белгілі бір дәлдікпен, оларды сипаттаудың формалды рәсімдері жолымен зерленетін объектілердің күйі мен тәртібіне болжам жасауға мүмкіндік берсе, нысандандырылған сипаттама математикалық дабыл моделі болып саналуы мүмкін.

Тәуелсіз айнымалының берілген аралығымен белгіленетін дабылды анықтау аймағы кез келген математикалық дабыл моделінің ажырағысыз бөлігі болып саналады. Айнымалылар үшін аралықтың берілу мысалдары:

$$\begin{aligned}
 a &\leq x \leq b, x \in [a, b]; \\
 a &< y \leq b, y \in (a, b]; \\
 a &< z < b, z \in (a, b).
 \end{aligned}
 \tag{21}$$

Тәуелсіз айнымалы мәндерінің кеңістігі әдетте R индексі арқылы белгіленеді. Мысалы, $R := (-\mu, +\mu)$, $x \in R$.

Дабылды анықтау аймағының берілуімен қатар айнымалылардың сандық мәндерінің түрлері (бүтін, рационал, заттық, комплекстік) берілуі мүмкін.

Бақылау нәтижелерін өңдеу мен талдаудың бірінші кезеңінде өрістер мен дабылдардың математикалық модельдері бір уақытта олардың физикалық табиғатын елемеуге және оны модельге деректерді көрсетудің қорытынды кезеңінде ғана қайтаруға мүмкіндік беруі тиіс.

Қандай да бір есептерді шешу үшін ақпараттарды пайдалану шүбәсіз түрде, оны тарату қажеттілігімен, яғни беру және қабылдау үдерістерін жүзеге асырумен байланысты болады. Мұнда байланыс арнасының сипаттамасымен кодтау әдісін келісу, сондай-ақ берілетін ақпараттарды бұрмалау мүмкіндігінен қорғауды қамтамасыз ету проблемасын шешуге тура келеді.

Арнайы байланыс арналары арқылы ақпаратты жинау, беру және қабылдау үдерістерін ақпараттық үдерістер деп түсінетін боламыз. Кез келген оқиға, кез келген құбылыс ақпараттар көзі ретінде пайдаланылады.

Ақпарат, ақпараттардың кейбір көзінен, олардың арасындағы байланыс арналары арқылы оны қабылдағышқа хабарлар түрінде береді. Көз берілетін хабарды жібереді, ол берілетін дабылға кодталады. Бұл дабыл байланыс арнасы бойынша жіберіледі. Нәтижесінде, қабылдағышта, декодталатын және қабылданатын хабарға айналатын, қабылданатын дабыл пайда болады. Байланыс арналары бойынша ақпараттар беру, көбінесе, ақпараттарды бұрмалау мен жоғалтуды туғызатын кедергілердің әсерімен ілесе жүреді.

Кез келген оқиға немесе құбылыс түрліше айтылуы, әртүрлі тәсілмен және әртүрлі алфавитпен берілуі мүмкін. Ақпаратты байланыс арналары бойынша беруде неғұрлым дәл және үнемді болу үшін, оны тиісінше кодтау керек.

Ақпарат материалдық таратушысыз, энергияны жиі бермей қолданыла алмайды. Кодталған хабар ақпараттың дабыл-тасушылар

түрін иеленеді. Олар арна бойынша жүреді. Қабылдағышқа шыға отырып, дабылдар қайыра жалпыға түсінікті түрде болуы тиіс.

Осы мақсатпен дабылдар, абонент үшін ыңғайлы формаға ие бола отырып, декодтайтын құрылғы бойымен жылжиды. Байланыс жүйесі жұмыс істейді, мақсатқа қол жеткізіледі. Байланыс арналары туралы, байланыс жүйелері туралы айтқан кезде, мысалға көбінесе телеграфты алады. Бірақ байланыс арналары – кез келген жүйелердің әртүрлі жиыны кіретін, өте кең ауқымды ұғым.

«Байланыс арнасының» сипаты анық болу үшін, бірнеше мысалдар келтіруге болады. Телефонмен беру кезінде хабар көзі – сөйлеуші болады. Сөздер дыбыстарын электр импульстеріне өзгертетін кодтаушы құрылғы - микрофон болып табылады. Ақпарат сол бойынша берілетін арна – телефон сымы. Құлағымызға тосатын түтікшенің бөлігі декодтаушы құрылғы рөлін атқарады. Бұл жерде электр дабылдары қайыра дыбыстарға түрленеді. Және ең соңында, ақпарат, «қабылдаушы құрылғыға», яғни сымның келесі ұшындағы адамның құлағына келеді. Ал байланыс арнасының табиғаты мүлдем бөлек - тірі жүйке. Бұл жерде бүкіл хабар жүйкелік импульспен беріледі. Бірақ техникалық байланыс арналарында ақпараттарды беру бағыты өзгеруі мүмкін, ал жүйкелік жүйе бойынша беру бір бағытта жүреді.

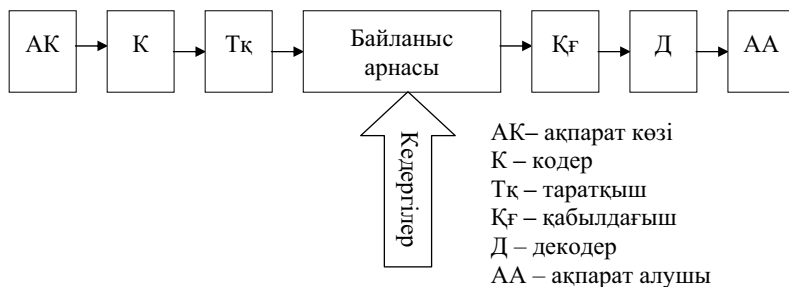
Тағы бір мысал – есептеу машинасы. Бұл жерде де сондай сипатты белгілер болады. Есептеу машиналарының жекелеген жүйелерінің бірі екіншісіне ақпаратты дабылдардың көмегімен береді. Өйткені есептеу машинасы – металл өңдейтін құрылғы – станок сияқты ақпаратты өңдейтін автоматты құрылғы. Машина «ештенеден» ақпарат жасамайды, ол оған енгізілгенді ғана түрлендіреді.

Ақпараттар көзі ақпаратты туғызатын және оны хабар түрінде көрсететін объекті немесе субъекті, яғни символдардың тізбегін анықтайды. Бұл ретте қоршаған ортамен ақпараттық өзара әрекеттегі адам өз сезім мүшелерінің мүмкіндіктерімен шектелген. Бірақ үдерістер спектрі соның негізінде ақпараттар беру жүзеге асырылатын, байланыс арналарын пайдалану есебінен кеңейтілген болуы мүмкін.

Байланыс құралдары - ақпараттар көзінен дабылдарға физикалық табиғатпен берілген бастапқы көзді түрлендіруді, тұтынушыға ыңғайлы формада оларды беруді, қабылдауды және көрсетуді қамтамасыз ететін құрылғылар жиынтығы.

Ақпарат көзі (АК) оны бастапқы дабылдардың тізбектілігімен көрсетілген бастапқы хабар түрінде береді.

Әрі қарай беру үшін бұл дабылдар кодермен (К), берілген материалдық тасушыға таралуы мүмкін осындай физикалық табиғи дабылдарға түрлендіріледі – қайталама хабар қалыптасады.



12-сурет. Байланыс арналарында ақпараттар берудің жалпы сұлбасы

Қайталама хабарды тікелей беру таратқышпен (Тқ) жүзеге асырылады. Ол байланыс арнасында дабылдарды таратуды қамтамасыз ететін, кейбір стационар емес үдерісті жүзеге асырады.

Байланыс арнасы - сол арқылы дабылдардың орын ауыстыру, яғни уақыт ішінде кеңістікте дабылдар тарату жүзеге асырылатын материалдық орта, сондай-ақ физикалық немесе өзге үдеріс.

Кез келген нақты байланыс арнасы сыртқы әсерге тартылған, сондай-ақ онда ішкі үдерістер жүруі мүмкін және соның нәтижесінде берілетін дабылдар, демек онымен байланысты ақпарат бұрмалануы мүмкін. Осындай әсерлер шуылдар (кедергілер) деп аталады.

Байланыс арнасы бойынша қайталама хабар өткеннен кейін, ол қабылдау құрылғысына (ҚК) түседі, мұнда бір мезгілде кейін түсіндірілу үшін қажетті формаға түрлендіріледі. Егер берудің алдында кодтау жүргізілген болса, қабылданғаннан кейін қайталама хабар декодерге (Д) жіберіледі және содан кейін ғана – ақпарат алушыға (АА) жөнелтіледі. Бұл ретте декодер түрлендіргішпен (мысалы, телеграфтық аппарат немесе компьютер) немесе ақпараттарды қабылдағышпен (Морзе азбукасымен) дабыл үдерісінде тасушыға айналады. Берілетін хабарларға сәйкес уақыт ішінде өзгеретін тасушы параметрі, ақпараттылық (информативтік) деп аталады.

Әртүрлі табиғи тербелістер, көбінесе жеке жағдай – тұрақты

күйді ($\omega = 0$) қоса алғандағы гармоникалық тербелістер ақпараттық тасымалдаушылар ретінде пайдаланылады. Техникалық ақпараттық жүйелерде электр кернеуі немесе тогы түріндегі тасымалдаушылар неғұрлым кең тарау алды. Сондықтан нақтылық үшін алдағы уақытта дабылдар модельдерін қарастыра отырып, оларды электр дабылдарына жатқызатын боламыз.

$u(t) = const$ тасымалдағышта бір ғана ақпараттылық параметр – деңгей ғана болады (мысалы, кернеу деңгейі). Гармоникалық электр тербелістерін пайдалану кезінде амплитуда, жиілік фаза сияқты параметрлер ақпараттық болуы мүмкін. Тербелісті детерминделген және кездейсоқтыққа бөлу қабылданған.

Уақыттың кез келген мезетінде дәл анықталған тербеліс *детерминделген* деп аталады.

Кездейсоқ тербеліс, олардың кейбір параметрлерінің мәнін алдын ала болжап айту мүмкін еместігімен өзгешеленеді. Олар, яғни дабылдар бізге қызықты ақпараттар бергенде (кездейсоқ дабылдар) немесе біз қызықтыратын дабылдарды бақылауға кедергі келтірілген кездегі кедергілер ретінде қарастырылуы мүмкін. Біз байланысты арналардың жалпы қасиеттерін, дабылдарын және кедергілерін зерделеу кезінде, модельдермен алмастыра отырып, олардың нақты физикалық табиғатына, мазмұны мен атқаратын қызметіне назар аударамыз. *Модель* – бұл түбегейлі көзқарас тұрғысынан факторлардың шешілетін есептерін көрсететін объектіні, үдерісті немесе құбылысты сипаттаудың таңдап алынған тәсілі.

Ақпараттық жүйелердің атқарымдылығының тиімділігін арттыру есептері байланыс арнасы мен ақпараттар көзін сипаттайтын негізгі параметрлер арасындағы сандық арақатынасты белгілеумен байланысты. Сондықтан зерттеу кезінде математикалық модельдер қолданылады. Математикалық модельдеу бізді қызықтыратын көрсеткіштер анықталатын тәсілге қатысты әртүрлі әдістермен жүзеге асырылуы мүмкін.

Іргелі зерттеу, жалпы түрдегі модельдердің параметрлері арасындағы тәуелділікті анықтауға мүмкіндік беретін математикалық арақатынастардың жиынтығын жасау болып табылатын аналитикалық модельдеу әдісіне негізделеді. Бұл ретте, нақты объектілердің физикалық қасиеттеріне қайшы келетін модельдер, параметрлер қолданылады. Мысалы, дабыл моделі көбінесе шексіз жалғасатын (синусоид) атқарымдардың шексіз санының жиынын

көрсетеді. Сондықтан бұл жағдайда бақыланатын шындыққа сәйкес келетін нәтижелер алуға кедергі келтірмейтін жағдайға назар аудару маңызды болып саналады.

Өйткені хабарлар көзі әрбір хабарды біршама ықтималдықпен береді, сондықтан ақпараттылық параметрлері мәнінің дәл өзгеруін алдын ала болжап айту мүмкін емес. Демек дабыл кездейсоқ тербелісті көзге елестетеді және ықтималдылық сипатымен анықталатын кездейсоқ үдеріс қана оның аналитикалық моделі болуы мүмкін.

Соған қарамастан детерминделген тербеліс кезінде детерминделген дабыл туралы айтылады. Осындай дабыл ешқандай мағынасы жоқ белгілі хабарды бейнелейді. Уақыт аралығында толық анықталған атқарымдар түріндегі модель соған сәйкес келеді.

Детерминделген дабылдар модельдерін зерделеу көптеген себептер байланысты қажет. Олардың ең маңыздылары мыналар: детерминделген дабылдарды талдау нәтижелері неғұрлым күрделі кездейсоқ дабылдарды зерделеу үшін негіз болып саналады. Ол мынадай жағдайлармен байланысты: детерминделген дабыл жиынтығына кездейсоқ үдерісті құрайтын детерминделген атқарымдар, жиынының элементі ретінде қарастырылуы мүмкін. Детерминделген дербеліс, осылайша бірлікке тең ықтималдықпен кез келген уақыт мезетінде белгілі параметрлер мәндері мен кездейсоқ үдерістің формасын білдіреді. Детерминделген дабылдар дербес мәнге ие. Олар эталондар ролін атқара отырып, ақпараттық техникалар объектілерін өлшеу, реттеу мақсаттары үшін арнайы жасалады.

Уақыттың кез келген мезетінде дәл анықталған ауытқу детерминделген деп аталады. Детерминделген ауытқу жағдайында шартты түрде, сондай-ақ детерминделген дабыл туралы айтылады. Осындай дабыл оны берудің мағынасы жоқ, белгілі хабарды бейнелейді. Уақыт бойынша толық анықталған атқарымдар түріндегі модель оған сәйкес келеді. Уақыттың экспоненциалдық атқарымдарымен сипатталатын детерминделген дабылдар уақыт бойынша сызықтық жүйелер арқылы өту кезінде өзінің сипаты бойынша өзгермейді және бұл саралау және біріктіру операцияларына қатысты экспоненциалдық атқарымдар сыныбының инварианттылық салдары болып саналады.

ept базистік атқарымдары $\rho = \pm j\omega$ (Фурье түрлендіруі) кезінде, сол сияқты $\rho = s + j\omega$ (Лаплас түрлендіруі сияқты белгілі, жалпыланған

Фурье түрлендіруі) кезінде қолданатын детерминделген дабылдарды көрсету кеңінен пайдаланылады.

Кешенді-түйіндес жұптармен (ω оң және теріс параметрлермен) Фурье түрлендіруінде экспоненциалдық базистік атқарымдарды пайдалану. Эйлер формуласына сәйкес

$$e^{j\omega t}/2 + e^{-j\omega t}/2 = \cos \omega t \quad (22)$$

күрделі детерминделген дабылды үйлесімділік құрамды бөліктерінің қосындылары түрінде көрсетуге мүмкіндік береді. Өйткені ω параметрі бұл жағдайда шеңберлі жиілік мағынасына ие болады және осындай түрлендіру нәтижесі дабылды берудің жиілік формасы деп аталады.

Ақпараттық параметрлердің құрылымдарына байланысты дабылдар дискреттік, үзіліссіз және дискреттік-үзіліссіз болып бөлінеді.

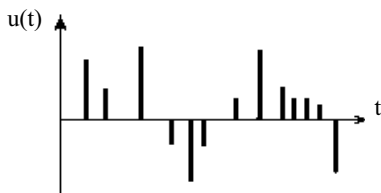
Егер осы параметрді қабылдайтын сандар мәні ақырлы (немесе саналымды) болса, онда берілген параметр бойынша дабыл *дискретті* болып саналады. Егер параметрдің мүмкін мәндерінің жиіні континуумды құраса, онда дабыл берілген параметр бойынша *үзіліссіз* болып саналады. Бір параметр бойынша дискретті және екінші параметр бойынша үзіліссіз дабыл дискреттік-үзіліссіз деп аталады.

Осыған сәйкес детерминделген дабылдың математикалық көрсетілімдерінің (модельдерінің) мынадай түрлері қолданылады:

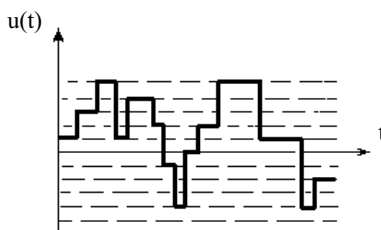
- үзіліссіз аргументтің үзіліссіз атқарымы, мысалы үзіліссіз уақыт атқарымы (13 а-сурет);
- дискреттік аргументтің үзіліссіз атқарымы, мысалы, мәні уақыттың белгілі бір мезеттерінде ғана саналатын атқарым (13 б-сурет);
- үзіліссіз аргументтің дискреттік атқарымы, мысалы, деңгейі бойынша квантталған уақыт атқарымы (13 е-сурет);
- дискретті аргументтің, дискретті атқарымы, мысалы, белгілі бір уақыт мезетіндегі мүмкін мәндердің түпкі жиінінен біреуін қабылдайтын атқарым (13 г-сурет)



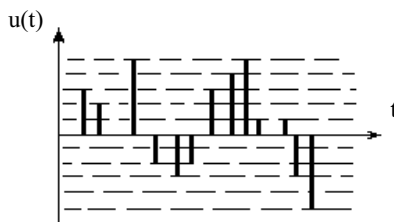
a)



б)



в)



г)

13-сурет. Детерминделген дабылдың математикалық көрсетілімдері

Уақыт атқарымдары түріндегі дабылдардың қарастыратын модельдері бірінші кезекте дабылдар формаларын талдауға арналған. Бізді қызықтыратын жүйе арқылы көбінесе аса күрделі формаға ие болатын нақты дабылдардың өтуін зерттеу есептерін жеңілдететін дабылдың осындай түсінігін тапқан дұрыс. Осы мақсатпен күрделі дабылдар кейіннен талдау үшін ыңғайлы бо-

латын қарапайым (базистік) атқарымдардың жиынтығы болып көрсетіледі.

Зерттелетін жүйелердің аса кең сыныбы – бұл уақыт ішіндегі инвариантты сызықтық жүйелер. Уақыт ішіндегі инварианттық сызықтық жүйелерді талдау кезінде базистік ретінде қандай атқарымдарды таңдау керектігін қарастырамыз. Шешудің осындай жүйелерін зерттау кезінде әрқашан да кешенді экспоненциалды уақыт атқарымдары қолданылады.

Осы уақытқа дейін біз базистік атқарымдардың физикалық түсіндірулеріне қатысты ештеңе айтқан жоқпыз. Таза математикалық түрлендіру үшін ол міндетті емес. Бірақ осындай түсіндіру сөзсіз артықшылыққа ие, өйткені дабылдардың өтуі кезінде жүйелерде өтетін құбылыстардың физикалық мәнін терең түсінуге мүмкіндік береді. Атап көрсетілген артықшылықтары бойынша гармоникалық базистік атқарымдар жүйесі бойынша дабылдарды жіктеу жан-жақты зерттеуге тартылды және соның негізінде кеңінен белгілі дабылдардың классикалық спектрлі теориясы жасалған болатын.

Егер бұл қосымша арнайы ескертіліп көрсетілмесе, дабылдардың спектрлік түсінігі алдағы уақытта классикалық теория шеңберлерінде қарастырылады. Периодтық дабылдар болмайтыны заңдылық болып саналады, өйткені кез келген нақты дабылдың басы және соңы болады. Бірақ белгіленген режимдегі дабылдарды талдау кезінде олар шексіз ұзақ қолданылады және уақыттың периодтық атқарымындағы осындай дабылдардың математикалық модельдері ретінде қабылданған. Алдағы уақытта, экспоненциалдық құраушылардың жиыны түріндегі осындай атқарымдар сол сияқты оларды гармоникалыққа түрлендіру атқарымдары қарастырылады.

$t_1 \leq t \leq t_2$ уақыт интервалында берілген және Дирихле шартын қанағаттандыратын $u(t)$ атқарымы $-\infty$ -ден $+\infty$ -ге дейінгі уақыт аралығында $T = 2\pi/\omega$, $t = t_2 - t_1$ периодпен қайталанады.

Дирихле шарты: кез келген түпкі интервалда атқарым үзіліссіз болуы немесе бірінші тектегі айырым нүктелерінің ақырлы санына ие болуы тиіс, сондай-ақ t_0 айырым нүктесінің B экстремаль нүктелерінің ақырлы санын $u(t_0) = 0,5[u(t_0+0) + u(t_0-0)]$ тең деп санау қажет.

Егер базистік ретінде экспоненциалдық атқарымдар таңдалған болса мына түрде жазамыз:

$$u(t) = \frac{1}{2} \sum_{k=-\infty}^{\infty} A(jk\omega_1) e^{jk\omega_1 t} \quad (23)$$

$$A(jk\omega_1) = \frac{2}{T} \int_{t_1}^{t_2} u(t) e^{-jk\omega_1 t} dt \quad (24)$$

(23) арақатынас оң, сол сияқты теріс ω параметрлер ретінде экспоненциалды атқарымдардан тұратын кешенді формадағы Фурье қатары болып көрінеді (екіжақты жиілікті көрініс). Теріс жиіліктердегі құрамды бөліктер заттық атқарымдарды жазудың кешенді формасының салдары болып саналады.

$A(jk\omega_1)$ атқарымды $u(t)$ периодты дабылдың *кешенді спектрі* деп атау қабылданған. Бұл спектр дискретті, өйткені $A(jk\omega_1)$ атқарымы k бүтін мәндері үшін ғана сандық осьтерде анықталған. Нақты k кезінде $A(jk\omega_1)$ атқарым мәні *кешенді амплитуда* деп аталады.

$A(j\omega)$ орай жанауыш кешенді спектр мынадай түрге ие:

$$A(j\omega) = \frac{2}{T} \int_{t_1}^{t_2} u(t) e^{-j\omega t} dt \quad (25)$$

Кешенді спектрді мынадай формада жазамыз:

$$A(jk\omega) = A(k\omega_1) e^{-j\varphi(k\omega_1)} \quad (26)$$

$A(k\omega_1)$ кешенді спектр модулі *амплитудалар спектрі* деп аталады, ал $\varphi(k\omega_1)$ атқарымы – *фазалар спектрі* деп аталады.

Егер амплитудалар спектрі және дабыл фазаларының спектрі белгілі болса, онда (23)-ке сәйкес ол біржақты қалпына келтіріледі. Тәжірибелік қосымшаларда амплитудалар спектрі неғұрлым мәнді болып саналады, ал фазалар туралы ақпарат көбінесе аса маңызды емес.

Өйткені $A(k\omega_1)$ және $\varphi(k\omega_1)$ бүтін k кезінде ғана нөлден жақсы болады, периодты дабылдың амплитудалары мен фазалар спектрлері *дискретті* болып саналады.

Эйлер формуласын қолданып

$e^{jk\omega t} = \cos k\omega t - j \sin k\omega t$, нақты және жорамал бөліктер түрінде $A(jk\omega_1)$ кешенді спектрін көрсетеміз:

$$A(jk\omega_1) = \frac{2}{T} \left[\int_{t_1}^{t_2} u(t) \cos k\omega_1 t dt - j \int_{t_1}^{t_2} u(t) \sin k\omega_1 t dt \right] = A_k - jB_k \quad (27)$$

мұндағы,

$$\frac{2}{T} \int_{t_1}^{t_2} u(t) \cos k\omega_1 t dt = A_k \quad (28)$$

$$\frac{2}{T} \int_{t_1}^{t_2} u(t) \sin k\omega_1 t dt = B_k \quad (29)$$

Амплитудалар спектрі

$$A(k\omega_1) = \sqrt{A_k^2 + B_k^2} \quad (30)$$

k жұп атқарымдар болып саналады, яғни

$$A(k\omega_1) = A(-k\omega_1) \quad (31)$$

A_k және B_k жұптылығы қарама-қарсы, фазалар спектрі

$$\varphi(k\omega_1) = \arctg \frac{B_k}{A_k} - \text{тақ атқарым, яғни}$$

$$\varphi(k\omega_1) = -\varphi(-k\omega_1) \quad (32)$$

$k = 0$ кезінде тұрақты құраушыны аламыз

$$\frac{A_0}{2} = \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} u(t) dt \quad (33)$$

Екіжақты спектрлік көрсетімнен кешенді-түйіндес құраушыға біріктіре отырып, біржақтыға (теріс жиілікке ие емес) оңай ауысуға болады [(22) қараңыз]. Бұл жағдайда тригонометриялық формада Фурье қатарын аламыз. Шынында да, (23)-дегі тұрақты $A_0/2$ құраушыны бөліп көрсетіп ω және $-\omega$ симметриялы жиіліктердің құраушыларын қосындылау жолымен мынаған ие боламыз:

$$u(t) = A_0 / 2 + 0,5 \sum_{k=1}^{\infty} [A(jk\omega_1) e^{jk\omega_1 t} + A(-jk\omega_1) e^{-jk\omega_1 t}] \quad (34)$$

(1.15) және (1.16) арақатынасты ескеріп, мынаны жазамыз:

$$u(t) = A_0 / 2 + 0,5 \sum_{k=1}^{\infty} [A(k\omega_1) e^{-j\varphi(k\omega_1)} e^{jk\omega_1 t} + A(k\omega_1) e^{j\varphi(k\omega_1)} e^{-jk\omega_1 t}],$$

немесе

$$u(t) = A_0 / 2 + \sum_{k=1}^{\infty} \left[A(k\omega_1) \frac{e^{j[k\omega_1 t - \varphi(k\omega_1)]} + e^{-j[k\omega_1 t - \varphi(k\omega_1)]}}{2} \right].$$

Эйлер (22) формуласын қолданып және φ_k арқылы $\varphi(k\omega_1)$ белгілеп, түпкілікті мынаны аламыз:

$$u(t) = A_0 / 2 + \sum_{k=1}^{\infty} A(k\omega_1) \cos(k\omega_1 t - \varphi_k) \quad (35)$$

$$u(t) = A_0 / 2 + \sum_{k=1}^{\infty} (A_k \cos k\omega_1 t + B_k \sin k\omega_1 t). \quad (36)$$

түрге ие Фурье қатарының өзге тригонометриялық формасы қолданылады.

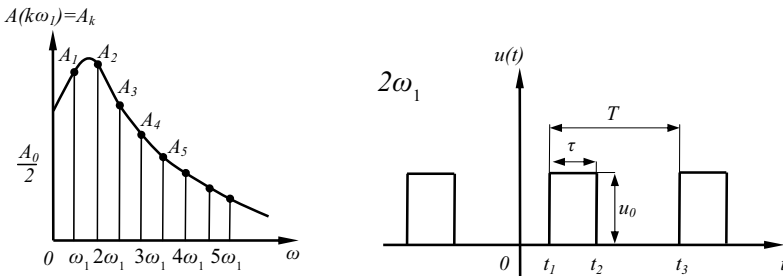
Бірақ ол тәжірибеде қолдануға ыңғайсыздау. (31) және (32) көрсетілімдері жекелеген құраушылар *гармоникалар* деп аталады. Периодты дабылдың амплитудалар спектрін, сол сияқты фазалар спектрін спектрлік диаграммалармен көрнекі көрсеткен ыңғайлы болады. Амплитудалар спектрінің диаграммасындағы әрбір гармоника, ұзындығы амплитудаға пропорционал, абсцисса осьтеріндегі орналасу осы құраушының жиілігіне жауап беретін вертикаль кесінділерге сәйкестікке келтіріледі. Фазалар спектрінің диаграммасында осыған ұқсас гармоникалар фазаларының мәні белгіленеді. Өйткені спектрлер нәтижесінде сызықтар жиынтықтарымен бейнеленетін, оларды көбінесе *сызықтылық* деп атайды.

Дискреттік (сызықтылық) спектрдің периодты дабылға жатуы міндетті еместігін атап өтеміз, периодтық дабыл спектрі ω_1 негізгі жиілікке еселі гармоникалардың жиынтығын сипаттайды. Еселі емес жиіліктердің гармоникалар кіретін сызықтылық спектрі *периодтық дабылдарға* жатады. Периодты дабылдар амплитудалары спектрінің диаграммасы 14-суретте көрсетілген. $(k\omega_1)$ -ні $A(k\omega_1)$ -ге ауыстырып қойып амплитудалардың осы спектрінің $A(\omega)$ орайжанауышын аламыз, мұндағы $\omega = k\omega_1$ k -лік гармоникалар үшін.

Оның спектрлік құрушылары бойынша $u(t)$ күрделі период-

ты дабылдың энергиясы қалай бөлінетінін қарастырамыз. 1 Ом резистордағы электр кернеуін $u(t)$ уақытша атқарым деп түсінетін боламыз. T тербеліс периодына тең уақыт ішінде осы резисторда бөлінетін Wt энергия.

$$W_T = \int_0^T [u(t)]^2 dt. \quad (37)$$



14-сурет. Периодты дабылдар амплитудалары спектрінің диаграммасы
Фурье қатары (23) түрінде $u(t)$ спектрлік көрсетуді пайдаланып,
мынаны аламыз:

$$\begin{aligned} W_T &= \int_0^T \left[\frac{1}{2} \sum_{k=-\infty}^{\infty} A(jk\omega_1) e^{jk\omega_1 t} \right]^2 dt = \\ &= \frac{1}{4} \int_0^T \left[\sum_{k=-\infty}^{\infty} \sum_{l=-\infty}^{\infty} A(jk\omega_1) A(jl\omega_1) e^{j\frac{2\pi(k+l)t}{T}} \right] dt = \\ &= \frac{1}{4} \left[\sum_{k=-\infty}^{\infty} \sum_{l=-\infty}^{\infty} A(jk\omega_1) A(jl\omega_1) \int_0^T e^{j\frac{2\pi(k+l)t}{T}} dt \right] \end{aligned} \quad (38)$$

(38) формуладағы интегралдардың мәнін анықтаймыз:

$$\int_0^T e^{j\frac{2\pi(k+l)t}{T}} dt = \int_0^T \cos j\frac{2\pi(k+l)t}{T} dt + j \int_0^T \sin \frac{2\pi(k+l)t}{T} dt =$$

$$= T \frac{\sin 2\pi(k+l)}{2\pi(k+l)} = \begin{cases} 0 & \text{кезінде } k+l \neq 0 \\ T & \text{кезінде } k = -l \end{cases} \quad (39)$$

Өйткені $A(jk\omega_l)$ және $A(-jk\omega_l)$ кешенді түйіндескен, онда $A(jk\omega_l)A(-jk\omega_l) = |A(k\omega_l)|^2$. (40)

(36) және (37)-ды ескеріп, Wt үшін формула елеулі ықшамдалады:

$$W_r = \frac{T}{4} \sum_{k=-\infty}^{\infty} |A(k\omega_l)|^2 = \frac{T}{2} \left[\frac{A_0^2}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} |A(k\omega_l)|^2 \right] \quad (41)$$

(41)-ден көзделетіндей, кезең ішіндегі орташа күрделі периодты дабыл, оның әрбір гармоникасымен бөлек 1 Ом резистордағы бөлінетін орташа энергиялардың жиынына тең (тұрақты құрушыларды қоса алғанда).

Уақыт ішінде бөлінетін энергия шексіз өседі, бұл ретте орташа қуат тұрақты болып қалады:

$$P_{\text{орт}} = \frac{A_0^2}{4} + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{\infty} |A(k\omega_l)|^2 \quad (42)$$

Оның бөлек гармоникаларға тәуелді еместігін атап өту маңызды, демек спектр гармоникаларының фазалық арақатынастарының бұзылуларымен байланысты дабыл формаларының өзгерулері кезінде өзінің мәнін сақтайтын болады.

Кез келген физикалық жүзеге асырылатын дабыл уақытпен шектелген және түпкі энергияға ие. Нақты дабылдарды бейнелейтін атқарымдар Дирихле шарттарын қанағаттандырады және абсолютті интегралды, яғни

$$\int_{-\infty}^{\infty} |u(t)| dt \leq M, \quad (43)$$

мұндағы, M – ақырлы шама.

Осындай дабылдардың модельдері гармоникалық құрушылардың жиынтығымен көрсетілуі мүмкін. Оларды қайталау периодын ұлғайту кезінде $u_l(t)$ импульстердің периодты тізбектілік спектрінде болатын өзгерісті қадағалап, периодтық емес дабыл үшін спектрлік түрлендірудің нақты түрін аламыз.

T периодтың кез келген мәні үшін (35)-дегі спектрлік құрушылар амплитудаларының абсолют мәні периодтың ұлғаюы кезінде азаяды. Өйткені спектрді құрушы жиіліктер негізгі жиілікке еселі, сондықтан оны азайту кезінде спектрлік диаграммадағы сызықтар жақындайды.

$u(t)$ бір импульс үшін спектрлік көрсетуді $u_2(t)$ дабыл периодын, ұлғаю салдары ретінде шексіздікке дейін алуға болады.

Фурье түрлендірулер жұбын $u_1(t)$ периодтық атқарымдар үшін (23) және (24) формада жазамыз:

$$u_1(t) = \frac{1}{2} \sum_{-\infty}^{\infty} A(jk\omega_1) e^{jk\omega_1 t},$$

$$A(jk\omega_1) = \frac{2}{T} \int_{t_1}^{t_2} u_1(t) e^{-jk\omega_1 t} dt.$$

$T \rightarrow \infty$ $u_1(t)$ кезінде $u(t)$ -ге өтеді, ω_1 жиілік $d\omega$ -ға дейін азаяды, ал $k\omega_1$ ω ағымдағы жиілікке айналады.

$$u(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \left[\int_{-\infty}^{\infty} u(t) e^{-j\omega t} dt \right] e^{j\omega t} d\omega.$$

Интегралды $S(j\omega)$ квадрат жақшаларда белгілеп, Фурье тура және кері интегралдық түрлендіруі үшін формулалар аламыз:

$$S(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) e^{-j\omega t} dt \quad (44)$$

$$u(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(j\omega) e^{j\omega t} d\omega. \quad (45)$$

$S(j\omega)$ шамасы кешенді спектрлік тығыздық немесе спектрлік сипаттама деп аталады. Ол өлшемділікке [амплитуда/жиілік] ие. Әрбір нақты жиілікте амплитуданың тиісті құрушылары нөлге тең. (23) және (45)-ні салыстырып, $d\omega$ жиіліктің шексіз шағын интервалына $dA(j\omega)$ шексіз шағын кешенді амплитуда құраушысымен сәйкес келетінін табамыз:

$$dA(j\omega) = \frac{1}{\pi} S(j\omega) d\omega \quad (46)$$

$t_1 \leq t \leq t_2$ уақыт интервалында берілген $u(t)$ атқарымдарының

спектрлік сипаттамалары үшін (44) формуланы, уақыт ішінде периодты жалғасатын осындай атқарымдардың орайжанауыш кешенді спектрі үшін (25) формуламен салыстыру көрсеткендей, олар көбейткішпен ғана өзгешеленеді:

$$A(j\omega) = \frac{2}{T} S(j\omega). \quad (47)$$

Сондықтан бір импульстің белгілі спектрлік сипаттамасы бойынша, олардың периодтық тізбектілігімен түзу сызықты спектрді оңай құруға болады. (47) арақатынасымен, спектрлік сипаттамаларды әртүрлі көрсету үшін (26) – (32)-ға аса ұқсас формула орын алатындық фактісі түсіндіріледі.

Кешенді шама ретінде спектрлік сипаттама мына түрде жазылуы мүмкін

$$S(j\omega) = S(\omega)e^{-i\phi(\omega)}, \quad (48)$$

мұндағы, $S(\omega) = |S(j\omega)|$ амплитудалардың спектрлік тығыздығы немесе *периодтық емес дабыл спектрі* деп аталады.

Өйткені құрушылар бүкіл жиіліктерде орналасқан, онда периодтық емес дабыл спектрі үзіліссіз немесе тұтас болып саналады. Нақты немесе жорамал бөліктерден тұратын спектрлік сипаттаманы көрсетеміз:

$$S(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) \cos \omega t dt - j \int_{-\infty}^{\infty} u(t) \sin \omega t dt = A(\omega) - jB(\omega), \quad (49)$$

мұндағы

$$A(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) \cos \omega t dt \quad (50)$$

$$B(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) \sin \omega t dt \quad (51)$$

$S(\omega)$ спектрлік сипаттама модулі формуламен анықталады және жиіліктердің жұп атқарымын көрсетеді.

$$S(\omega) = \sqrt{|A(\omega)|^2 + |B(\omega)|^2} \quad (52)$$

$S(j\omega)$ спектрлік сипаттамалар фазалары үшін сәйкесінше мынаны аламыз:

$$\varphi(\omega) = \operatorname{arctg} \frac{B(\omega)}{A(\omega)} \quad (53)$$

Өйткені (45) және (46)-тен көзделетіндей, $A(\omega)$ – жиіліктің жұп атқарымы, ал $B(\omega)$ – тақ, онда $\varphi(\omega)$ атқарымы жиілікке қатысты тақ болады.

Фурьенің интегралдық түрлендіруінің кешенді формасы оңай түрде тригонометриялық формаға келтіріледі:

$$\begin{aligned} u(\omega) &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(\omega) e^{j[\omega t - \varphi(\omega)]} d\omega = \\ &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(\omega) \cos[\omega t - \varphi(\omega)] d\omega + \\ &+ \frac{j}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(\omega) \sin[\omega t - \varphi(\omega)] d\omega \end{aligned}$$

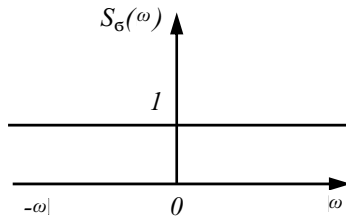
Екінші мүше интеграл ішіндегі өрнектің тақ болуына байланысты нөлге тең болады. Түпкілікті мынаған ие боламыз:

$$u(t) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} S(\omega) \cos[\omega t - \varphi(\omega)] d\omega \quad (54)$$

Ақиқаттан өте алыс емес, идеалдандыруды пайдаланып біршама физикалық түсіндіру мүмкіндіктері, Фурье түрлендіруі жазбаларының тригонометриялық формаларының артықшылығы болып саналады.

1 Ом кедергісі бар резистордағы электр кернеуін физикалық көрсету деп санайтын, $u(t)$ периодтық емес дабылды қарастырамыз.

Сол уақытта, осы резисторда бөлінетін энергия



15-сурет. Резисторда бөлінетін энергия

$$W = \int_{-\infty}^{\infty} u^2(t) dt \quad (55)$$

(55) интеграл жинақты деп ұйғарып, энергияны $u(t)$ дабылдың $S(\omega)$ спектрлік сипаттамалар модулі арқылы көрсетеміз. Осы модульдің квадратын мына түрде жазамыз:

$$|S(\omega)|^2 = S(j\omega)S(-j\omega)$$

мұндағы

$$S(-j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t)e^{j\omega t} dt$$

- $u(t)$ дабылдың $S(j\omega)$ спектрлік сипаттамасына кешенді-түйіндесетін атқарым.

Сол уақытта

$$\int_{-\infty}^{\infty} |S(\omega)|^2 d\omega = \int_{-\infty}^{\infty} S(j\omega)S(-j\omega) d\omega = \int_{-\infty}^{\infty} S(j\omega) \int_{-\infty}^{\infty} u(t)e^{j\omega t} dt d\omega \quad (56)$$

Интегралдаудың тізбектілігін өзгертіп және Фурье теріс түрлендіруін (45) пайдаланып мынаны аламыз:

$$\int_{-\infty}^{\infty} u(t) \int_{-\infty}^{\infty} [S(j\omega)e^{j\omega t} d\omega] dt = 2\pi \int_{-\infty}^{\infty} |u(t)|^2 dt$$

Түпкілікті алатынымыз:

$$\int_{-\infty}^{\infty} |u(t)|^2 dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |S(\omega)|^2 d\omega = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} |S(\omega)|^2 d\omega \quad (57)$$

(57) арақатынас *Парсеваль теңдігі* ретінде белгілі. Оның қолданылу уақыты ішінде периодты емес дабылмен бөлінетін энергияны, жиіліктер интервалындағы оның спектрлік сипаттамасымен модуль квадратын интегралдап, анықтауға болатын болып шығады.

Спектрдің $(1/\pi)|S(\omega)|^2 d\omega$ акырсыз кішкене қосылғыштарының әрбірі жиіліктер жолағында ω -дан $\omega + (d\omega)$ -ға дейін шоғырландырылған дабылдың спектрлік құрушыларына келетін энергияны сипаттайды.

ҚОРЫТЫНДЫ

- Математикалық дабылдар модельдері физикалық табиғаттан дерексіздене отырып, жинақты түрде дабылдардың қасиеті туралы пікірлер айту, өзгермелі жағдайларда дабылдардың өзгеруін болжап білу, үдерістерді, физикалық модельдеуді математикалық модельдермен ауыстыру мүмкіндігін береді.

- Математикалық модельдердің көмегімен зерделенетін үдерістерде басты, айқындаушы болып саналатын дабылдар қасиеттерін сипаттау және көп қосалқы белгілердің санын елемеу мүмкіндігі пайда болады. Математикалық дабылдар модельдерін білу, модельдердің қандай да бір типіне тән әртүрлі белгілер бойынша оларды жіктеу мүмкіндігін береді.

- Тәуелсіз айнymалының берілген аралығымен белгіленетін дабылды анықтау аймағы кез келген математикалық дабыл моделінің ажырағысыз бөлігі болып саналады.

- Арнайы байланыс арналары арқылы ақпаратты жинау, беру және қабылдау үдерістерін ақпараттық үдерістер деп түсінетін боламыз. Кез келген оқиға, кез келген құбылыс ақпараттар көзі болып пайдаланылады.

- Байланыс құралдары - ақпараттар көзінен дабылдарға физикалық табиғатпен берілген бастапқы көзді түрлендіруді, тұтынушыға ыңғайлы формада оларды беруді, қабылдауды және көрсетуді қамтамасыз ететін құрылғылар жиынтығы.

- Байланыс арнасы - бұл, сол арқылы дабылдардың орын ауыстыруы, яғни уақыт ішінде кеңістікте дабылдар тарату жүзеге асырылатын, материалдық орта, сондай-ақ физикалық немесе өзге үдеріс.

- Кездейсоқ тербеліс, олардың кейбір параметрлерінің мәнін алдын ала болжап айту мүмкін еместігімен өзгешеленеді. Олар, яғни дабылдар бізге қызықты ақпараттар бергенде (кездейсоқ дабылдар) немесе біз қызықтыратын дабылдарды бақылауға кедергі келтірілген кездегі кедергілер ретінде қарастырылуы мүмкін.

- Уақыттың кез келген мезетінде дәл анықталған ауытқу детерминделген деп аталады. Детерминделген ауытқу жағдайында шартты түрде сондай-ақ детерминделген дабыл туралы айтылады. Осындай дабыл оны берудің мағынасы жоқ, белгілі хабарды бейнелейді. Уақыт бойынша толық анықталған атқарымдар түріндегі модель оған сәйкес келеді.

• Егер осы параметрді қабылдайтын сандар мәні ақырлы (немесе саналымды) болса, онда берілген параметр бойынша дабыл дискретті болып саналады. Егер параметрдің мүмкін мәндерінің жиыны континуумды құраса, онда дабыл берілген параметр бойынша үзіліссіз болып саналады. Бір параметр бойынша дискретті және екінші параметр бойынша үзіліссіз дабыл дискреттік-үзіліссіз деп аталады.

• Зерттелетін жүйелердің аса кең сыныбы – бұл уақыт ішіндегі инвариантты сызықтық жүйелер. Уақыт ішіндегі инварианттық сызықтық жүйелерді талдау кезінде базистік ретінде қандай атқарымдарды таңдау керектігін қарастырамыз.

• Атап көрсетілген артықшылықтары бойынша гармоникалық базистік атқарымдар жүйесі бойынша дабылдарды жіктеу жан-жақты зерттеуге тартылды және соның негізінде кеңінен белгілі дабылдардың классикалық спектрлі теориясы жасалған болатын.

СӨӨЖ және СӨЖ тапсырмалары

1. Тақырып бойынша бақылау сұрақтарына жауап беру:

1. Математикалық дабылдар модельдерінің мүмкіндіктері қандай?
2. Қандай дабыл детерминделген деп аталады?
3. Арнайы байланыс арналары деп нені түсінеміз?
4. Байланыс құралдары дегеніміз не?
5. Байланыс арнасының анықтамасы?
6. Кездейсоқ тербеліс қалай өзгешеленеді?
7. Уақыт бойынша қандай ауытқулар детерминделген деп аталады?
8. Ақпараттық параметрлердің құрылымдарына байланысты дабылдар қалай бөлінеді?

2. Тақырып бойынша тест тапсырмаларының сұрақтарына жауап беру:

1. Дискреттік жүйе теориясын оқыған кезде мынадай түсініктерді айыруымыз керек?
 - A) Процесс және сигнал
 - B) Импульс

- C) Кодталған хабар
- D) Жүйе
- E) Басқару схемасы

2. Дискретизация әдістерінің классификациясының мақсаты қандай?

- A) Дискретті жүйелерді басқа жүйе түрлерінен айыра білу
- B) Дискреттік жүйе классификациясын және түрлерін меңгеру
- C) Кванттаудың негізгі түрлерін қарастыру
- D) Уақыт бойынша дискреттеу
- E) Барлығыда дұрыс

3. Егер САУ дискреттілерде дәреже бойынша квантталған процестер түрленсе онда:

- A) Релейлі деп аталады
- B) Процесс
- C) Сигнал
- D) Кодталған хабар
- E) Дискретті үздіксіз деп аталады

4. Кодтың негізі

- A) Mk
- B) Mg
- C) Ma
- D) Mc
- E) Mv

5. Идеалды дискретті канал үшін кімнің теориясы қолданады?

- A) Платон
- B) Шеннон
- C) Максвелл
- D) Аристотель
- E) Ньютон

6. Санды-аналогтық қайта құрудың маңызды бөлігін:

- A) Ақпарат көзі
- B) Процесс
- C) Сандық интерфейс құрады
- D) Жазық функция
- E) Қисық функция

7. **Құжатталған ақпарат -**

- A) Қандай да бір физикалық тасығышта таңба түрінде белгіленген мәліметтер
- B) Адамның ұғыну және бағалау жүйесіне салынған, адам санасындағы хабарды көрсету
- C) Ақпаратты беру кезінде қарастырылатын мәлімет
- D) Соңғы қолданушының білім қорын кеңейтетін мәліметтер
- E) Ешқайсысы дұрыс емес

8. **Фрактальді кодтау?**

- A) Дискретті жүйелерді басқа жүйе түрлерінен айыра білу
- B) Дискреттік жүйе классификациясын және түрлерін меңгеру
- C) Кванттаудың негізгі түрлерін қарастыру.
- D) Уақыт бойынша дискреттеу
- E) Бұл бейненің фрактальді қасиетін бейнелейтін математикалық деректердің жиынтықтық нақты бейнесі бар растрларды кодтау үшін қолданылатын математикалық процесс

9. **Фрактальді компрессия бұл -**

- A) Бейнедегі ұқсас облыстарды іздеу және аффинді қайта өңдеу параметрлері үшін анықтама
- B) Кванттаудың негізгі түрлерін қарастыру
- C) Уақыт бойынша дискреттеу
- D) Дискреттік жүйе классификациясын және түрлерін меңгеру
- E) Санды-аналогтық қайта құрудың маңызды бөлігі

10. **Фотокөшірмелі машина келесідей әрекеттерді орындауы мүмкін:**

- A) Линзалар өндірілген форма бейнесінің бөлігін жаңа бейненің кез келген орнына проектилеуге мүмкіндік береді
- B) Бейнелер проектиленетін облыстар қиылыспайды
- C) Линза бейненің өз фрагментін айналдыра және айнадай суреттей алады
- D) Линза бейненің өз фрагментін масштабтау қажет
- E) Барлығы дұрыс

11. **Ақ-қара бейнені кодтау кезінде JPEG сығу алгоритмінің жұмысын қарастыру:**

- A) Түрлендіруді кодтау
- B) JPEG сығу стандарты
- C) Фрактальді әдіс

- D) Рекурсивті алгоритм
- E) Барылғыда дұрыс

12. Ақпараттық база неше базадан тұрады?

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 0
- E) Бір немесе бірнеше деректер базасынан тұрады

13. Диалогтық режим бұл -

- A) Жұмыс қолданушы мен жүйе арасында мағлұмат алмасу ретінде жүргізіледі
- B) Дискреттік жүйе классификациясын және түрлерін меңгеру
- C) Кванттаудың негізгі түрлерін қарастыру
- D) Уақыт бойынша дискреттеу
- E) Бұл бейненің фрактальді қасиетін бейнелейтін математикалық деректердің жиынтықтық нақты бейнесі бар растрларды кодтау үшін қолданылатын математикалық процесс

14. Есептеуіш жүйесі дегеніміз:

- A) Жұмыс қолданушы мен жүйе арасында мағлұмат алмасу ретінде жүргізіледі
- B) Байланыс арналарымен және есептеуіш желілерімен байланысқан бірнеше ЭЕМ тұратын жүйе
- C) Кванттаудың негізгі түрлерін қарастыру
- D) Уақыт бойынша дискреттеу
- E) Бұл бейненің фрактальді қасиетін бейнелейтін математикалық деректердің жиынтықтық нақты бейнесі бар растрларды кодтау үшін қолданылатын математикалық процесс

15. Сызықтық кодтар деп

- A) Екілік кодтар үшін сызықтық операцияны айтады
- B) Сызықтық кодтың кодтық вектордың соммасы
- C) Ақпараттық символдардың сызықтық комбинациясын тексеріс символдары ұсынатын кодтарды айтады
- D) Топтық кодтар қасиеті
- E) Кодтық вектор

16. **Ақпарат беру көзінен қабылдау көзінің арасында мағыналы ақпаратты бере алатын сигналдар қалай аталады?**
- A) Түрлендіру
 - B) Процесс
 - C) Сигнал
 - D) Таңбалар
 - E) Атрибут
17. **Деректер базасының қолданушыларына қызмет ететін маман немесе мамандар тобы қалай аталады?**
- A) Деректер базасының администраторы
 - B) Декомпозиция
 - C) Деректер моделі
 - D) Деректерді өңдеу жүйесі
 - E) Атрибут
18. **Қайта кодтау, яғни барлық мәндер үшін ескі кодты жаңа кодқа айырбастау қалай аталады?**
- A) Атрибут жүйесі
 - B) Атрибут мәнімен операция
 - C) Декомпозиция
 - D) Ақпарат
 - E) Атрибут-негізі
19. **Екі кезеңнен тұратын процесс қалай аталады?**
- A) Композиция
 - B) Атрибут
 - C) Индекстеу
 - D) Көрсеткіш
 - E) Декомпозиция
20. **ДБ және концептуалды схема операцияларының командасын атқаратын механизм:**
- A) Атрибут жүйесі
 - B) Деректер моделі
 - C) Декомпозиция
 - D) Ақпараттық процессор
 - E) Атрибут-негізі

8-ТАҚЫРЫП. ДИСКРЕТИЗАЦИЯЛАУ ӘДІСТЕРІНІҢ ЖІКТЕУІ

Дәрістің мәнмәтіні

Мақсаты: Дискретизациялау әдістерінің жіктелуін оқып-білу.

Дәріс жоспары

1. Уақыт бойынша дискретизациялау
2. Котельников теоремасы бойынша санаулардың дәлдігін таңдау
3. Деңгей бойынша кванттау

Негізгі түсініктер: дискретизациялау, кванттау операциялары, кванттау деңгейі, кванттау қателігі, қорғалушылық, кванттау шуылдары

Тақырыптың мазмұны: Ақпарат кез келген жүйеге дабылдар түрінде келеді. Физикалық үдерістердің әртүрлі параметрлері бергіш (датчик) көмегімен әдетте электр дабылдарына түрленеді. Негізінен, үзіліссіз өзгертін ток немесе кернеу электр дабылдары болып саналады, бірақ, мысалы, радиоқоляцияларға импульстік дабылдардың келіп түсуі мүмкін. Басылған мәтін әріптермен, цифрлармен және өзге таңбалармен бейнеленеді.

Келіп түсетін ақпаратты үзіліссіз түрде, сол сияқты дискреттік дабылдар түрінде сақтауға, беруге және өндеуге болса да, ақпараттық техниканың дамыған қазіргі кезеңінде дискреттік дабылдарға артықшылық беріледі, сондықтан дабылдар, негізінен, дискретті дабылдарға түрленеді. Осы мақсатпен әрбір үзіліссіз дабыл уақыт ішінде (дискретизациялау) және деңгейі бойынша кванттау операцияларына тартылады.

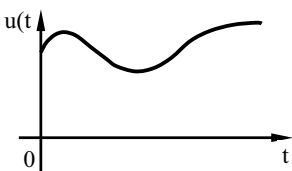
Үзіліссіз уақыт атқарымдарының шамалар жиынтығымен көрсетілетін, координациялар деп аталатын, мәндері бойынша алғашқы үзіліссіз атқарым берілген дәлдікпен қалпына келтірілуі мүмкін атқарымға түрленуі дискретизациялау болып түсіндіріледі. Координаталар рөлін, көбінесе, уақыттың белгілі бір мезеттерінде саналған, атқарымдардың лездік мәні орындайды.

Мәндердің үзіліссіз шкаласымен кейбір шамалардың, дискреттік мәндер шкаласы бар шамаға түрленуі *кванттау* болып түсіндіріледі. Ол кез келген лездік мәнді, *кванттау деңгейлері*

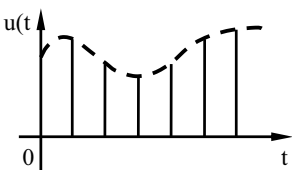
деп аталатын, рұқсат етілген мәндердің түпкі жиынының біріне ауыстыруға әкеледі.

Дискретизациялау операцияларын жүргізу нәтижесінде $u(t)$ дабыл (16 а-сурет) түріне өзгеруі 16 б-суретте көрсетілген, ал дискретизациялау мен кванттау операцияларын бірлесіп жүргізу нәтижесінде өзгеруі 16 в-суретте көрсетілген.

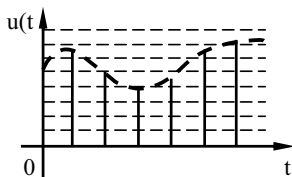
16 в-суреттегі кванттау деңгейлерінің саны 8-ге тең. Әдетте олар елеулі түрде көп. Импульстер деңгейі бойынша әртүрлі осындай жиынды тіпті үлкен емес қашықтықта беру өте сирек қолданылады. Егер деңгейлерге нөмірлеу жүргізілетін болсақ, онда оларды беру сандарды беруге әкеледі. Сол уақытта, бұл санды санаудың қандай да бір жүйесінде көрсетіп, берілетін дабылдардың шамалы жиынымен айналып өтіп кетуге болады.



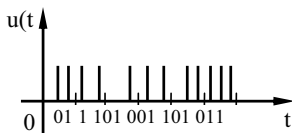
a



б



в



16-сурет. Дискретизациялау операцияларын жүргізу нәтижесінде $u(t)$ дабыл түріне өзгеруі

Негізінен, дискретті дабыл, екілік кодта көрсетілген сандар тізбектілігіне түрленеді. Дабылдың әрбір дискретті мәні бұл жағдайда екі деңгейлер дабылдарының тізбектілігімен көрсетіледі. Белгілі бір жерде импульстің бар болуы немесе жоқ болуы екілік санының тиісті разрядына бірлікпен немесе нөлмен түсіндіріледі.

$u(t)$ дабылды көрсетудің цифрлық формасы (16 а-сурет) 16 г-суретте көрсетілген. Сегіз деңгей үшін үш екілік разрядтар жеткілікті болады. Үлкен разрядтар импульстері оң жақ шеттерге орналасқан.

Ақпараттарды дискреттік және цифрлық көрсетуге көшу себептері болып мыналар табылады.

Басқарудың немесе бізді қызықтыратын объектіні зерттеудің нақты есептері үшін әдетте, уақыт ішінде үзіліссіз өзгертін дабылдар түрінде оның бергіштерден келіп түсуіне қарағанда, елеулі түрде аздау ақпараттарды талап етеді. Осы дабылдар мен оларды алу мақсаттары туралы априорлық мәліметтер есебі белгілі бір уақыт мезеттері арқылы алынған санаулармен шектелуге мүмкіндік береді. Уақыт ішінде бізді қызықтыратын параметрлердің болмай қалмайтын флуктуациялары мен санаудың әрбір мезетіндегі дабыл шамасы туралы ақпараттарды өлшеу құралдарының түпкі қателіктері әрқашанда шектелген және бұл кванттау деңгейлерінің түпкі санында көрсетіледі.

Бұдан өзге жүйеде шешілетін есептердің өзіндік ерекшеліктері мынада болып табылады: ілгеріде көрсетілген шектеулерге қарағанда теңдеулердің елеусіз аз санымен шектелген дұрыс болады.

Көптеген жағдайларда ақпарат, цифрлық техникалармен, бірінші кезекте ЭЕМ-мен және микропроцессормен, алдағы уақытта өңдеу мақсатында алынады және беріледі.

Дискретизациялау және кванттау операцияларын ұтымды орындау бұл ретте алынатын ақпараттарды сақтау мен өңдеуге жұмсалатын шығындарды азайту есебінен, айтарлықтай экономикалық тиімділікке және ақпараттарды өңдеу уақытын қысқарту салдарынан басқару сапасын жақсартуға әкеледі.

Цифрлық техникада ақпараттарды беру және өңдеу кезінде, өте аз мәндерге дейін қате нәтиже алу ықтималдығын төмендетудің принципті мүмкіндігі болады. Ол мынадай жағдайдан туындайды: дискреттік дабылдарды пайдалану кезінде, біріншіден, қателерді анықтауды және түзетуді қамтамасыз ететін кодтаудың осындай

әдістерін қолдану қолайлы, екіншіден, оларды беру және өңдеу үдерістерінде ұқсастық (аналогтық) дабылдарға тән бұрмалаулардың жиналып қалу күшті әсерін болдырмауға болады, өйткені квантталған дабылды, жиналып қалған бұрмалаулардың саны кванттың жартысына жуықтаған кезде, кез келген ретте бастапқы деңгейге дейін қалпына келтіру оңай. Атап айтқан әдістерді тәжірибеде жүзеге асыру, екіге тең деңгейлердің ең аз саны кезінде неғұрлым тиімді.

Ақпараттарды цифрлық формада көрсету бүкіл айналыс кезеңдерінде оны түрлендіру операцияларын бірыңғайлауды оңайлатады. Типтік тораптар мен блоктарды жаппай жасаушылық, оларды баптаудың қарапайымдылығы, пайдалану үдерісінде реттеу қажеттілігінің болмауы, өз кезегінде, жасау және пайдалану құны, сондай-ақ сенімділігі сияқты, цифрлық техникалар құралдарының осындай аса маңызды техникалық-экономикалық көрсеткіштерін жақсартуға мүмкіндік береді.

Үлкен интеграл сұлбалар құнының төмендігі мен жоғары сенімділігі, цифрлық дабылдарды пайдалану ауқымын алдағы уақытта да кенейте түсудің қуатты ынтатуғызушылықтары болып саналатыны заңды.

Біз үзіліссіз дабылдарды дискреттік түрлендіру әдістерін қарастырумен шектелеміз.

Дискретизациялау есептерінің жалпы қойылуы (постановка).

Жалпы жағдайда T интервалда (C_1, C_2, \dots, C_N) координаталар жиынтығымен $u(t)$ үзіліссіз дабылды көрсету мынадай түрде жазылуы мүмкін.

$$(c_1, c_2, \dots, c_N) = A[u(t)], \quad (58)$$

мұндағы, A – дискретизатор деп аталатын құрылғымен жүзеге асырылатын дабылды дискреттік көрсету операторы.

Соған ұқсас, $\delta(t) = u(t) - u^*(t)$ жақындаудың кейбір ағымдағы қателігімен алғашқы дабылды бейнелейтін $u^*(t)$ үзіліссіз атқарымдардың (жаңғыртушы атқарымдардың) (c_1, c_2, \dots, c_N) координаталарының жиынтығы бойынша қалпына келтіру операциясын жазуға болады:

$$u^*(t) = B[(c_1, c_2, \dots, c_N)], \quad (59)$$

мұндағы, B – дабылды қалпына келтіру құрылғысымен жүзеге асырылатын қалпына келтіру операторы.

Математикалық тұрғыдағы дискретизациялау есебі дабылды қалпына келтірудің берілген дәлдігін қамтамасыз ететін, A және

B операторларының жұптарын бірлесіп таңдауға әкеледі. A және B пайдаланылатын операцияларының әр түрлерін және дабылды қалпына келтіру дәлдіктерін бағалау өлшемдерін қарастырамыз.

Сызықтық операторлар тәжірибеде кеңінен қолданысқа ие болды, өйткені оларды техникалық жүзеге асыру оңайлау. Дабыл координаталарын анықтау үшін мына арақатынас қолданылады.

$$C_j = \int_T \xi_j(t) u(t) dt = Au(t), \quad (60)$$

мұндағы, $\{\xi_j(t)\}_j^N=1$ - анықтық үшін зілдеме деп атайтын, атқарымдар жүйесі.

Жаңғыртушы атқарым аппроксимациялайтын полиноммен көрсетіледі:

$$u^*(t) = \sum_{j=1}^N c_j \varphi_j(t) = B(c_1, c_2, \dots, c_N), \quad (61)$$

мұндағы, $\{\varphi(t)\}_j^N=1$ - базистік атқарымдар жүйесі.

Сол, бір оператор кезінде қалпына келтіру үшін A -ны көрсетуде B әртүрлі операторлар пайдаланылуы мүмкін.

(60) және (61) арақатынастардан $[\xi_j(t)\varphi_j(t)]$ көбейтіндісінің уақытқа кері өлшемділігі болуы тиіс екендігі шығады.

Дискретизациялау әдістері бірінші кезекте дабыл координаталарын алу тәсіліне қатысты бөлінеді.

Салмақтық атқарымдар ретінде, C_1, C_2, \dots, C_N координаталарының $[\xi_j(t)=\varphi_j(t)]$ базалық атқарымы пайдаланылған жағдайда $u(t)$ дабылы, T уақыттың кейбір интервалында дабылды «зілдемелік» интегралдау жолымен алынады. Бұл ретте, базистік атқарымдар ортогоналды деп ұйғарылады және $N \rightarrow \infty$ кезінде (61) $u(t)$ ортақвадраттық қатардағы жинақтылығы қамтамасыз етіледі және бұл қалыпқа келтірудің берілген қателігіне сәйкес, координаталар санын шектеу мүмкіндігін береді.

Базистік атқарымдарға қосымша талаптар қою арқылы дабылдың әртүрлі модельдеріне дискретизациялау жүргізуге болады. Дискретизациялау әрқашанда кездейсоқ үдерісті нақты жүзеге асыруға тартылады, демек детерминацияланған атқарым, көпшілік жағдайларда дискретизациялау алгоритмін жүзеге асырудың бүкіл жиыны үшін өзгеріссіз таңдалады және ол дабыл модельдері ретінде кездейсоқ үдерістің сипаттамаларына сүйенуі тиіс.

Дискретизациялау әдістерін, дабылдарды беру мен түрлендірудің теориялық мәселелерін шешу үшін пайдалылық тұрғысынан, сол сияқты оларды техникалық жүзеге асыру мүмкіндіктері тұрғысынан қарастыру қажет. Теориялық тұрғыдан, жаңғыртудың берілген қателігі кезінде координаталардың ең аз санын қамтамасыз ететін дискретизациялау әдістері аса маңызды. Оларды *оңтайлы немесе шекті дискретизациялау* деп атайды.

Егер дабыл моделіне нақты дабылдың қасиетін, координаталардың корреляциялы еместігін толығырақ көрсететін стационар емес кездейсоқ үдерісті қабылдайтын болсақ, олардың ең аз саны *осы үдерістің канондық жіктелуін қамтамасыз* етеді. $\varphi_j(t)$ базистік атқарымдар ретінде координаталық атқарымдар пайдаланылуы тиіс. c_k жіктеу коэффициенттері ізделетін координаталар болады.

Координаталық атқарымдарды табудың күрделілігінен, атап көрсетілген рәсім (процедура) инженерлік тәжірибеде әлі қолданысқа ене қойған жоқ. Сондықтан дабылды стационар деп ұйғарып, модельдерді ықшамдау жолдары іздестірілуде. Корреляциялы емес координаталар, алдындағы сияқты, тек канондық жіктелуді береді, бірақ координаталық атқарымдарды анықтау ықшамдалады.

Осындай түрде, мысалы, тригонометриялық атқарымдар алынуы мүмкін. Үдерісті, корреляциялар ұзақтығынан артып кететін уақыттың шектелген интервалында жіктеу Фурье қатары түріне ие болады, бірақ кездейсоқ шамалар болып саналатын коэффициент координаталармен. Әрбір жүзеге асыруды дискретизациялау кезінде детерминацияланған координаталар алу заңды болып саналады.

Егер координаталардың корреляциялы емес талаптарынан бас тартатын болсақ, онда кездейсоқ үдерісті ортогональдық атқарымдардың кез келген толық жүйесі бойынша жіктеуге болады. Фурье жинақталған коэффициенттері жүзеге асыру координаталары болады.

Өйткені қарастырылып отырған жағдайдағы координаталар өрнегі интегралдау операцияларымен байланысты, дискретизациялау алгоритмдері кедергіге жоғарғы төзімділігімен өзгешеленеді. Лежандр, Уолш, Хаар атқарымдарын дискретизациялау мақсаттары үшін ойдағыдай пайдалану мысалдары бізге белгілі. Соған қарамастан, координаталар алуды, сол сияқты ол бойынша дабылды қалпына келтіруді техникалық жүзеге асырудың қиындығынан, сондай-ақ бұл ретте уақыт ішінде дабылды кешіктірудің туындауы

салдарынан, дабылды «зілдемелік» интегралдау негізінде координаталар алу тәжірибеге импульстік кедергілердің жоғары деңгейі кезінде кейбір уақытта ғана пайдаланылады.

Дабыл $u(t)$ сол кезде, $t_j (j= 1, 2, \dots, N)$ уақыттың белгілі бір мезеттерінде алынған және **іріктемелер** немесе **санаулар деп аталатын**, оның $u(t_j)$ лездік мәндерінің жиынтығымен ауыстырылатын дискретизациялау әдістері неғұрлым кең тарау алды. (2.3) арақатынастардағы $\xi_j(t)$ зілдемелік атқарымдарының рөлі бұл жағдайда Дирактың дельта-атқарымдарын орындайды. $u(t)$ нақты дабылды бөлуге сәйкес, $\xi_j, u(\xi_j) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t)\sigma(t - \xi_j)$ нақты уақыт мезетіндегі, $u(t_j)[\xi_j(t) = \delta(t - t_j)]$ іріктеме немесе $\Delta u(t) = u(t_j) - u(t - t_j)$ $[\xi_j(t) = \delta(t - t_j)] - \delta(t - t_{j-1})$ көрші іріктемелердің айырымдары болып көрсетілетін c_1, c_2, \dots, c_N координаталарды белгілейміз.

Дельта-атқарымдар – бір импульстік атқарымдар.

Өйткені дельта-атқарым техникалық тұрғыдан жүзеге асырылмайды, әрбір іріктеменің ұзақтығы ақырлы. Санаулар бір нүктеден емес, негізгі құрылғының басқарушы импульсінің ұзақтығына қатысты уақыттың кейбір интервалынан алынады. Импульстің ұзақтығы дискретизациялау қадамынан айтарлықтай аз болған кезде, іріктемелер, амплитудалар дабылдың лездік мәндеріне пропорционал, қысқа импульстер болып көрінеді.

Көрші іріктемелер арасындағы $\Delta t_j = t_j - t_{j-1}$ уақыт кесігі *дискретизациялау қадамы* деп аталады. Егер ол түрлендірудің бүкіл диапазонында тұрақты болып ұсталып тұрса, *дискретизациялау бірқалыпты* болып саналады. Бірқалыпты дискретизациялау әдістері неғұрлым кең қолданысқа ие болды. Олар санаулар уақытын тіркеу қажеттілігін жоққа шығаратын, жай алгоритмен сипатталады және бұл техникалық тұрғыдан жүзеге асыруды түбегейлі оңайлатады. Бұл жағдайда дискретизациялау қадамының жекелеген учаскелерде дабылды нақты жүзеге асыру тәртібінің сипатына сәйкес келмеуі көбінесе санаулардың айтарлықтай артық болуына әкеледі.

Егер іріктемелер арасындағы уақыт үзігі өзгертін болса (мысалы, дабылдың өзгеру жылдамдығына немесе берілген бағдарлама бойынша), онда дискретизация *бірқалыпты емес* деп аталады.

Бірқатар жағдайларда $u(t)$ іріктемелермен қатар дабыл коорди-

наталары ретінде сондай-ақ N -дік ретке дейін дерлік сол t_j уақыт мезетіндегі, сондай-ақ $u(t)$ туындылар қолданылады.

Дабыл координаталары ретінде іріктемелерді пайдалана отырып, дискретизациялау әдістерінің теориялық және тәжірибелік мәнін ескеру арқылы, дискретизациялау мәселелерін алдағы уақытта қарастыру үдерісінде, сонымен ғана шектелеміз.

Дискретизациялау әдісін құру кезінде санауларды таңдау өлшемдерін тұжырымдау, ол бойынша алғашқы дабылды қалпына келтіру рәсімін белгілеу және бұл ретте, туындайтын қателіктерді анықтау мүмкіндігіне ие болу қажет. Дискретизацияланатын дабылдың белгілі бір математикалық модельдерін таңдау базасында ғана атап көрсетілген есептерді шешу мүмкін болады.

Бірқалыпты дискретизациялау кезінде қадам шамаларын анықтау мәселесінде, ең алдымен, дабылдың динамикалық қасиеті қандай параметрмен сипатталатынымен өзгешеленетін бірнеше тәсілдемелер бізге белгілі.

Теориялық зерттеулерде, әрбір жүзеге асырылуы шектеулі спектрмен орындалатын атқарым болып көрінетін квази стационар кездейсоқ үдеріс түріндегі дабыл моделі неғұрлым көбірек тарауға ие болды. Дискретизациялау қадамының шамасы бұл жағдайда спектрдің ең жоғары жиілігіне тәуелділікке қойылады. Санауларды таңдаудың осындай өлшемдерін *жиіліктік* деп атау қабылданған.

Дискретизациялау қадамын анықтау кезінде санаулардың корреляциялы еместік дәрежесіне тікелей бағдарлануға болады. Дабыл моделіне, спектрі жиіліктердің бүкіл осьтерінде нөлден жақсы болатын, T түпкі ұзындықтың кездейсоқ үдерісі қабылданған.

$\tau_0 \ll T$ болатын жорамалдарда, санаулар дабылдың белгілі корреляциялық атқарымдары бойынша анықталатын, τ_0 корреляциялар интервалы арқылы алынады. Санауларды таңдаудың осындай өлшемдері *корреляциялық* деп аталады.

Дабылдарды талдаудың спектрлік және корреляциялық әдістерінің тығыз өзарабайланысын ескеріп, оны кейбір уақытта жиілік өлшемінің бір түрі ретінде қарастырады. Сондықтан корреляциялық өлшемді қолдану жиіліктікпен салыстырғанда теориялық зерттеулерді оңайлатпайды және ол инженерлік тәжірибеде әлі өз қолданысын тапқан жоқ.

Бірқалыпты дискретизациялауды тәжірибеде жүзеге асыруды, көбінесе n -дік дәрежедегі жалпы жағдайда аппроксимацияланатын көпмүшелерді пайдалану жолымен жүргізіледі.

Әрбір жүзеге асыру $(n+1)$ шектеулі туындыларға ие болатын $u(t)$ үзіліссіз атқарымды білдіретін стационар кездейсоқ үдеріс дабылдың математикалық моделі болып қабылданады. Бұл ретте дабылдың динамикалық қасиеті барлық интервалда оның туындысының $(n+1)$ -лік модулімен ең көп түрлендіруі беріледі. Санаулар ең үлкен ауытқу өлшемі бойынша таңдалады.

Өйткені бірқалыпты дискретизациялау кезінде қадам, дабылдың динамикалық сипаттамаларының ең үлкен мәндерінен шығара отырып таңдалады, сондықтан дабылдың лездік мәні күрт өзгеретін дискретизациялау интервалының көптеген учаскелерінде, ол төмендетілген болып шығады және бұл санаулардың артықтығына әкеледі.

Санаулардағы артықтылықты тиімді жою адаптивті бірқалыпты емес дискретизациялау әдістерін қамтамасыз етеді. Дискретизациялау қадамдарының ұзақтығы бұл жағдайда дабылды жүзеге асыру параметрлерінің ағымдағы мәндерімен тығыз байланысты болады. Санаулар мұнда өлшем рөлін атқаратын белгілі бір мәнді қалпына келтіру, таңдалған қателік жіберушілікке жету кезінде жүргізіледі.

Жиіліктік өлшем бойынша дискретизациялау. Шектеулі спектрмен дабыл модельдерін пайдаланып бірқалыпты дискретизациялау кезінде шекті қадамды таңдау ережесін академик В. А. Котельников неғұрлым анық формада тұжырымдап және дәлелдеді.

Котельников теоремасы. Теорема оның санаулары бойынша шектелген спектрмен детерминацияланған атқарымдарды толық қалпына келтірудің қағидаттық мүмкіндігін белгілейді және осындай қалыпқа келтіру әлі мүмкін болмайтын санаулар арасындағы уақыт интервалының шекті мәнін көрсетеді.

В. А. Котельников үзіліссіз дабылдарды дискретизациялау мүмкіндігін анықтайтын төмендегі теореманы дәлелдеді.

Диапазонда 0-ден $\omega_{\text{шекара}}$ -ге дейін шектеулі спектрге ие $x(t)$ дабылы $\Delta t \leq \frac{\pi}{\omega_{\text{шекара}}}$ интервалмен, өз дискреттік мәндерінің көмегімен кез келген дәлдік дәрежесімен берілген болуы мүмкін.

Спектр – бұл дабылда қатысатын жиіліктер жиыны. Кез келген атқарымды Фурье қатарымен көрсетуге болады:

$$f(t) = C + \sum_{k=0}^{\infty} (a_k \cos k\omega_0 t + b_k \sin k\omega_0 t) \quad (62)$$

Осылайша, $a_k \neq 0$ және $b_k \neq 0$ кезіндегі ең үлкен $k\omega_0$, спектр шекарасы болып саналады.

Котельников, $\omega_{шекара}$ спектрімен шектелген кез келген үдерісті, кез келген дәлдік дәрежесімен, санау атқарымына көбейтілген оның дискреттік мәндерінің жиындары түрінде көрсетуге болатынын дәлелдеді.

$$x(t) = \sum_{k=0}^{\infty} x(k\Delta t) \frac{\sin \omega_{шекара} (t - k\Delta t)}{\omega_{шекара} (t - k\Delta t)} \quad (63)$$

Осылайша, үзіліссіз дабылдарды дискретизациялау ақпараттарды жоғалтуға әкелмейтін шарт белгіленеді.

Атқарымдар формасы мен спектрінің екі арасындағы байланыстарды қарастыру кезінде теореманың физикалық негізі анықталады. Тек қана, атқарымдар спектрі шектеусіз, уақыттың өте жақын мезеттерінде оның мәні еркін өзгеруі мүмкін (олардың арасында корреляциялық байланыс болмайды).

Спектрдің жоғары жиілікті бөліктерін ω_1 шекаралас жиіліктерге дейін қысқарту осы жоғары жиілікті құрушылармен қалыптасуы мүмкін уақытша атқарымдардан тастамаларды жоюмен тең болады. ω_2 (17 б-сурет) және ω_3 (17 в-сурет) ең аз шекаралас жиіліктер кезінде неғұрлым бәсеңдетілген уақыт атқарымдарына ие боламыз. Өйткені Δt кейбір интервал шектеріндегі $u(t_1)$ және $u(t_1 + \Delta t)$ уақыт мезеттеріндегі осы атқарымдардың мәні түбегейлі өзгеруі мүмкін емес, Δt интервалдар арқылы (санаулармен) алынған, атқарымдар мәндерімен шектелуге болады.

Дәлелдеу. Берілген дабылды сипаттайтын $u(t)$ атқарымдарға, $S(j\omega)$ спектрлік сипаттама сәйкес келеді дейік, әрі

$$S(j\omega) = 0 \text{ кезінде } |\omega| > \omega_c \quad (64)$$

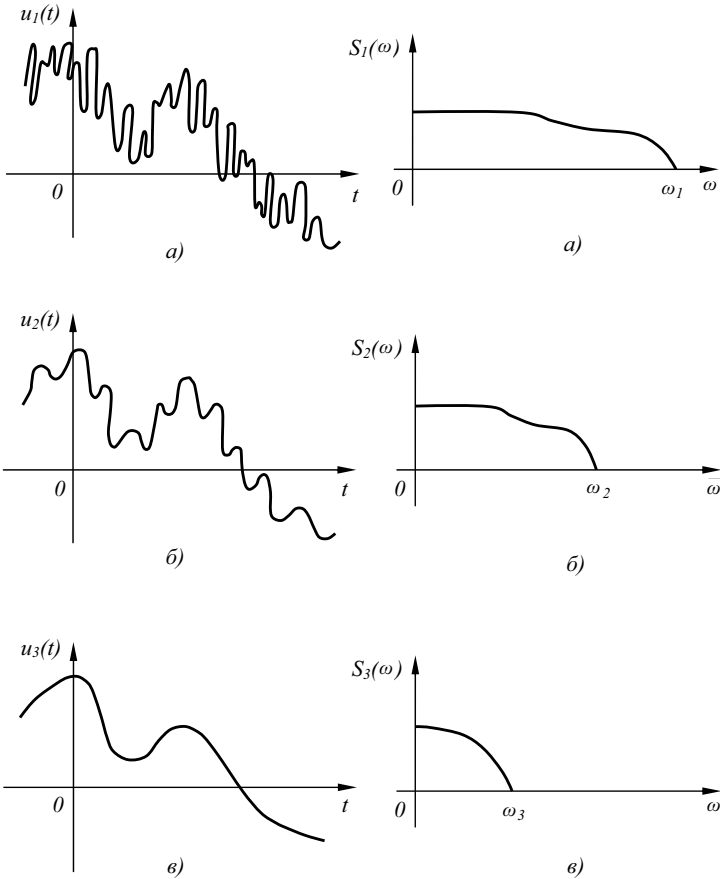
Мұндағы, ω_c – $u(t)$ спектрдің ең үлкен жиілігі.

(64) арақатынасын ескеріп Фурье теріс түрлендіруін қолдану жолымен мынаны жазамыз:

$$u(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{\omega_c}^{\omega_c} S(j\omega) e^{j\omega t} d\omega \quad (65)$$

Уақыт мезеттері үшін $t_n = n\Delta t = n\pi/\omega_c$, мұндағы n – кез келген бүтін сан, $u(t)$ атқарым мынадай мәнді қабылдайды:

$$u(t_n) = u(n\pi/\omega_c) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\omega_c}^{\omega_c} S(j\omega) e^{j\frac{n\pi}{\omega_c}\omega} d\omega. \quad (66)$$



17-сурет. Спектрдің жоғары жиілікті бөліктерін ω_1 шекаралас жиіліктерге дейін қысқарту

$S(j\omega)$ атқарымды интервалда $-\omega_c$ -дан $+\omega_c$ -ға дейін, оны $2\omega_c$ периодпен жалғастыра отырып, жиіліктер бойынша Фурье қатарына жіктеуге болады (18-сурет):

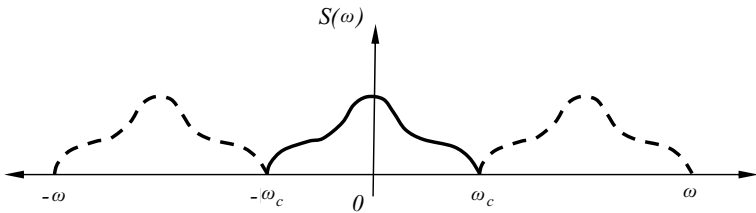
$$S(j\omega) = \frac{1}{2} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \bar{A}_n e^{j \frac{n\pi}{\omega_c} \omega}$$

мұндағы

$$\bar{A}_n = \frac{1}{\omega_c} \int_{-\omega_c}^{\omega_c} S(j\omega) e^{-j \frac{n\pi}{\omega_c} \omega} d\omega. \quad (67)$$

(66) және (67)-ны салыстырып, мынаны табамыз:

$$\bar{A}_n = \frac{2\pi}{\omega_c} u\left(-\frac{n\pi}{\omega_c}\right) = \frac{2\pi}{\omega_c} u(-n\Delta t).$$



18-сурет. Жиіліктер бойынша Фурье қатары

Енді $S(j\omega)$ -ті алғашқы атқарымдарды санаулар арқылы көрсетеміз:

$$S(j\omega) = \frac{\pi}{\omega_c} \sum_{n=-\infty}^{\infty} u(-n\Delta t) e^{j\omega n\Delta t}.$$

Өйткені қосындылау n оң, сол сияқты теріс сандар бойынша жүргізіледі, n алдындағы таңбаны кері өзгертуге болады:

$$S(j\omega) = \frac{\pi}{\omega_c} \sum_{n=-\infty}^{\infty} u(n\Delta t) e^{-j\omega n\Delta t}$$

Бұл мәнді (65)-ке ауыстырып қойып, уақыттың кез келген мезетіндегі алғашқы атқарымдардың мәнін анықтаймыз:

$$u(t) = \frac{1}{2\omega_c} \int_{-\omega_c}^{\omega_c} \left\{ \sum_{n=-\infty}^{\infty} u(n\Delta t) e^{-j \frac{n\pi}{\omega_c} \omega} \right\} e^{j\omega t} d\omega. \quad (68)$$

Фурье қатарының жинақтылығын ескеріп, қосындылау және интегралдау тәртібін өзгертеміз:

$$u(t) = \frac{1}{2\omega_c} \sum_{k=-\infty}^{\infty} u(n\Delta t) \int_{-\omega_c}^{\omega_c} e^{j\omega(t-n\Delta t)} d\omega. \quad (69)$$

Алынған өрнекте интегралды есептейміз:

$$\int_{-\omega_c}^{\omega_c} e^{j\omega(t-n\Delta t)} d\omega = \frac{1}{j(t-n\Delta t)} e^{j\omega(t-n\Delta t)} \Big|_{-\omega_c}^{\omega_c} = \frac{2 \sin \omega_c(t-n\Delta t)}{t-n\Delta t}.$$

Нәтижені (69) формулаға қойып, түпкілікті мынаны аламыз:

$$u(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} u(n\Delta t) \frac{\sin \omega_c(t-n\Delta t)}{\omega_c(t-n\Delta t)}. \quad (70)$$

Сонымен, $u(t)$ атқарым $t_n = n\Delta t = n\pi/\omega_c$ уақыт мезетінде алынған оның дискретті мәні арқылы көрсетілген.

Өйткені кез келген бүтін k және n кезінде мына арақатынас дұрыс болады

$$\omega_c(k\Delta t - n\Delta t) = (k-n) \omega_c \Delta t = (k-n)\pi,$$

онда

$$\frac{\sin \omega_c(t-n\Delta t)}{\omega_c(t-n\Delta t)} = \begin{cases} 1 & \text{кезінде } t = n\Delta t, \\ 0 & \text{кезінде } t = k \Delta t, \\ & k \neq n \end{cases} \quad (71)$$

Осы қасиетінің арқасында $t_n = n\Delta t$ уақыт мезеттеріндегі $u(k)$ атқарымдарының мәні, оның санауларынан басқа ештеңені көрсетпейді.

$u(t)$ атқарымдарды (70) қатар (Котельников қатары) түрінде көрсету жіктеудің жекелеген жағдайы болып саналады.

$$u(t) = \sum_k c_k \varphi_k(t), \quad t \in [t_1, t_2],$$

мұндағы, $[t_1, t_2]$ - дабылдың бар болу интервалы

$u(t)$ – күрделі дабыл

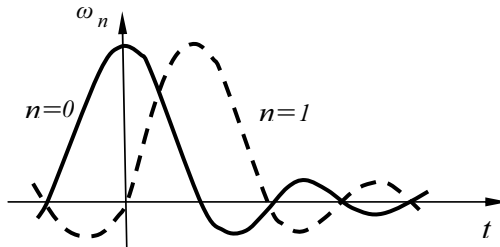
$j_k(t)$ - базистік атқарымдардың зілдеме қосындысы

C_k коэффициенттерінің рөлі $u(t)$ атқарымдарының $u(n\Delta t)$ санауларын орындайды.

$$\psi_n(t) = \frac{\sin \omega_c(t - n\Delta t)}{\omega_c(t - n\Delta t)} \quad (72)$$

Олар *санаулар атқарымдары* деп аталады.

$n = 0$ және $n = 1$ кезіндегі осы атқарымдардың графиктері 19-суретте берілген.



19-сурет. Санаулар атқарымдардың графиктері

$\psi_n(t)$ әрбір атқарым уақыт ішінде шектелмеген ұзақтыққа ие болады және $t=n\pi/\omega_c$ уақыт мезетінде бірлікке тең өзінің ең үлкен мәніне жетеді. Уақыт мезеттерінде $t=k\pi/\omega_c$, мұндағы $k \neq n$, атқарым нөлге айналады. Бүкіл атқарымдар бір-бірімен шексіз үлкен уақыт аралығында ортогоналды және бұл интегралды есептеу жолымен оңай тексеріледі:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin \omega_c(t - n\Delta t)}{\omega_c(t - n\Delta t)} \frac{\sin \omega_c(t - k\Delta t)}{\omega_c(t - k\Delta t)} dt = \begin{cases} \pi/\omega_c, & k = n, \\ 0, & k \neq n \end{cases} \quad (73)$$

Санаудың әрбір атқарамын F_c шекаралас жиілікпен $t_n = n\Delta t$ уақыт мезетіне келетін және $u(n\Delta t)$ -ға тең ауданға ие дельта-импульске төменгі жиіліктердің мінсіз сүзгісінің реакциясы (үндесуі) ретінде қарастыруға болады.

Котельников теоремасы, $|\omega| > \omega_n = 2\pi F_n$ кезінде $S_n(\omega) = 0$ шектелген энергетикалық спектрмен орта квадраттық формада үзіліссіз стационар кездейсоқ үдеріске таралады.

Осындай үдеріс квазидетерминацияланған үдерістердің жиынымен көрсетіледі, мұндағы ортогональ детерминацияланған

атқарымдардың рөлі санау атқарымдарын, ал кездейсоқ коэффициенттер – іріктемелер шараларын орындайды:

$$U(t) = \sum_{-\infty}^{\infty} U(n\Delta t) \frac{\sin \omega_n(t - n\Delta t)}{\omega_n(t - n\Delta t)} \quad (74)$$

мұндағы, $\Delta t = \pi / \omega_n = 1 / (2F_n)$.

Осылайша, атап көрсетілген шектеулер кезінде кездейсоқ үдеріс толығымен кездейсоқ шамалардың саналымды жиынымен – үдеріс координаталарымен анықталады.

Деңгей бойынша кванттау.

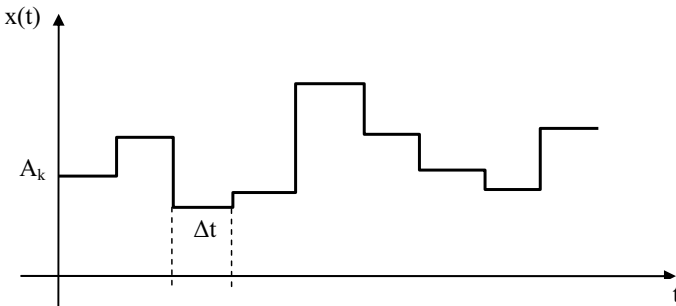
Егер дабыл амплитудасы дискреттік жиыннан белгілі бір мәнді қабылдай алса, деңгей бойынша квантталған болып саналады:

$x(t) = \sum A_k \cdot I(t - t_k)$, мұндағы $I(\cdot)$ - бұл бір атқарым (бір секіріс)

$$I(\tau) = \begin{cases} \text{егер } \tau \leq 0 \text{ болса } 0, \\ \text{егер } \tau > 0 \text{ болса } 1 \end{cases}$$

$t_k = k \cdot \Delta t$, ал Δt – бұл үзіліссіз дабылды дискретизациялау интервалы.

A_k амплитудалар деңгейі кейбір дискреттік жиыннан мәнді қабылдауы мүмкін.



20-сурет. Деңгей бойынша квантталған дискреттік арна

Егер үзіліссіз дабылдың ықтималдық сипаттамалары, мысалы, $f(x)$ амплитудалары ықтималдықтарының тығыздығы белгілі болса, онда кванттау кезінде A_k дабылының деңгейі алынатын болатындығы туралы ықтималдық мынадай түрде анықталуы мүмкін:

$$p(A_k) = \int_{A_{k-1}}^{A_k} f(x) dx$$

Уақыт бойынша кванттау

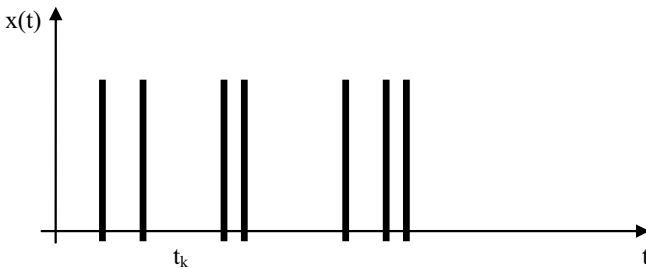
Егер дабыл өзгерген кездегі уақыт мезеттері кейбір дискреттік жиыннан мәнді қабылдауы мүмкін болса, онда уақыт бойынша квантталған деп саналады.

$x(t) = \sum_k a_k \cdot \delta(t - t_k)$, мұндағы a_k 0 немесе 1 мәнін қабылдайды, ал $\delta(\cdot)$ - бұл дельта атқарым.

$$\delta(\tau) = \begin{cases} \text{егер } \tau \neq 0 \text{ кезінде, } 0 \\ \text{егер } \tau = 0 \text{ кезінде, } \infty \end{cases}$$

Дискреттік дабыл, үзіліссіз дабылға қарағанда кедергілерге аздау тартылған. Кедергіге төзімділік мақсаттарында үзіліссіз ақпараттық дабылдарды дискреттік дабылдармен ауыстыру қажет.

$U = U(t)$ дабылдың лездік мәні кездейсоқ шаманы көрсететін $U(t)$ кездейсоқ үдеріс үзіліссіз дабылдың математикалық моделі болып саналады. Дабылдың лездік мәндерінің үзіліссіз шкаласы деп аталатын оның өзгеру диапазоны u_{\min} және u_{\max} мәндерімен шектелген және дабылдың физикалық жүзеге асырылушылық жағдайын көрсетеді.



21-сурет. Уақыт бойынша квантталған дискреттік дабыл

Дабылдың $u_n = u_{\max} - u_{\min}$ лездік мәндерінің үлессіз шкаласын *кванттау қадамдары* деп аталатын n интервалдарға бөліктейді.

$u_0 = u_{\min}, u_1, \dots, u_{n-1}, u_n = u_{\max}$ мәні кванттау қадамдарының шекаралары болып саналады. ($u_{i-1} < u < u_i$) кванттаудың i -лік қадамына жататын лездік мәндердің жиынынан u'_i бір ғана мәні рұқсат етілген (кванттаудың i -лік деңгейі) деп аталады. Атап көрсетілген мәндер жиынынан кез келген өзге мәні u'_i -ге дейін ықшамдалады. $u'_i (i=1,$

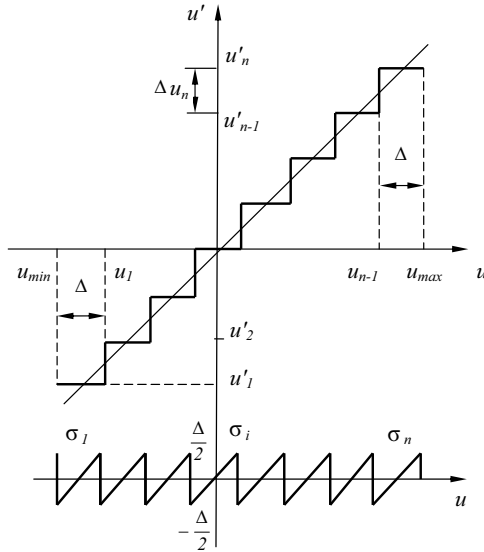
2, ..., n) шамалардың жиынтығы кванттау деңгейлерінің дискреттік шкаласын құрады.

Егер бұл шкала бірқалыпты болса, яғни $\Delta u'_i = u'_i - u'_{i-1}$ мәндерінің айырымы дабылдың лездік мәндерінің үзіліссіз шкалаларының бүкіл аралығында тұрақты болса, кванттау *бірқалыпты* деп аталады. Егер $\Delta u'_i$ мәндері тұрақты ұзаққа шыдамаса – кванттау *бірқалыпты емес* деп аталады. Техникалық жүзеге асырудың қарапайымдылығының арқасында қалыпты кванттау неғұрлым кең тарау алды.

Нәтижесінде U дабылдың лездік мәнін тиісті u'_i кванттау деңгейімен алмастыру нәтижесінде, $\delta_i = u - u'_i$ қателік туындауы *кванттау қателігі* деп аталады. Бұл қателік кездейсоқ шама болып саналады. Бізді көбінесе, дабылдың лездік мәндерінің өзгеру бүкіл диапазоны үшін δ_i ортақвадраттық ауытқу σ мен $\delta_m = \max|\delta_i|$ оның ең үлкен мәні қызықтырады. Сондай-ақ осы шамалардың келтірілген мәні қолданылады.

$$\delta_{M0} = \delta_m / (u_{max} - u_{min}), s_0 = s / (u_{max} - u_{min}).$$

Кванттаудың көбірек болуы мүмкін қателіктерін барынша азайту тұрғысынан дабылдың лездік мәндерінің үзіліссіз шкаласын $\Delta = (u_{max} - u_{min})/n$ кванттаудың n бірдей қадамдарына бөліктеген және кванттау деңгейін әрбір қадамның ортасына орналастырған (22-сурет) дұрыс болады. Бұл ретте кванттаудың ең үлкен қателігі $0,5\Delta$ -тен аспайды. Егер кванттаудың әрбір деңгейі кванттау қадамының төменгі (жоғарғы) шекарасына тең болып таңдалса, кванттаудың ең үлкен қателік жіберуі Δ шамаға дейін артатын болады.



22-сурет. Дабылдың лездік мәндерінің үзіліссіз шкаласы

i -лік қадам үшін кванттаудың қателік жіберу ортақвадраттық ауытқуы $\sigma_i - \Delta_i$ қадамына және онда i -лік кванттау деңгейінің орналасуына ғана қатысты емес, сонымен бірге осы қадам шектерінде дабылдың лездік мәндерін бөлу заңына да қатысты болады:

$$\sigma_i = \sqrt{\int_{u_{i-1}}^{u_i} (u - u'_i)^2 p(u) du}, \quad (75)$$

мұндағы, $p(u)$ – U дабылдың лездік мәндері ықтималдықтары тығыздықтарының атқарымы.

Кванттау қадамдарын дабылдың өзгеру диапазонымен салыстырғанда кіші деп санай отырып, $p(u)$ тығыздығын әрбір i -лік қадам шектерінде тұрақты және кейбір орташа мәнге, мысалы $p(u'_i)$ -ге тең деп қабылдауға болады. Осындай жорамалдар кезінде σ_i ең аз ортақ квадраттық қателікке кванттау деңгейінің қадамның ортасына орналасуы кезінде жетуге болады:

$$\sigma_i = \sqrt{p(u'_i) \int_{-\frac{\Delta_i}{2}}^{\frac{\Delta_i}{2}} \delta_i^2 d\delta_i} = \sqrt{p(u'_i) \frac{\Delta_i^3}{12}}. \quad (76)$$

$$\sigma_i^2 = [p(u'_i) \Delta_i] \frac{\Delta_i^2}{12}, \quad (77)$$

Түбірасты өрнекті түрге өзгертіп, i -лік кадамдағы кванттау қателігінің дисперсиясы берілген кадам шектеріндегі дабылдың лездік мәнінің дәл түзеу $p(u'_i)\Delta_i$ ықтималдылығына көбейтілген, осы кадамда $\Delta_i^2/12$ бірқалыпты бөлінген дабылға тең екенін атап көрсетеміз. Дабылдың лездік мәндерінің бүкіл үзіліссіз шкалалары үшін σ^2 кванттаудың толық қателік жіберуінің дисперсиясы кванттаудың жекелеген кадамдарындағы $\Delta_i^2/12$ дисперсиялардың математикалық үміті (математическое ожидание) ретінде анықталады:

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^n p(u'_i) \Delta_i^3. \quad (78)$$

($\Delta_i = \Delta$) кванттаудың бірдей кадамдары кезінде

$$\sigma^2 = \frac{\Delta^2}{12} \sum_{i=1}^n p(u'_i) \Delta. \quad (79)$$

Өйткені

$$\sum_{i=1}^n p(u'_i) \Delta = 1, \text{ онда}$$

$$\sigma^2 = \Delta^2/12. \quad (80)$$

Осылайша, тұрақты кадаммен кванттау деңгейлерін кадамның ортасына орналастыру (қалыпты кванттау) кезінде кванттаудың ортақ квадраттық қателігі дабылдың лездік мәндерін бірқалыпты, сол сияқты еркін бөлу үшін бірдей болады:

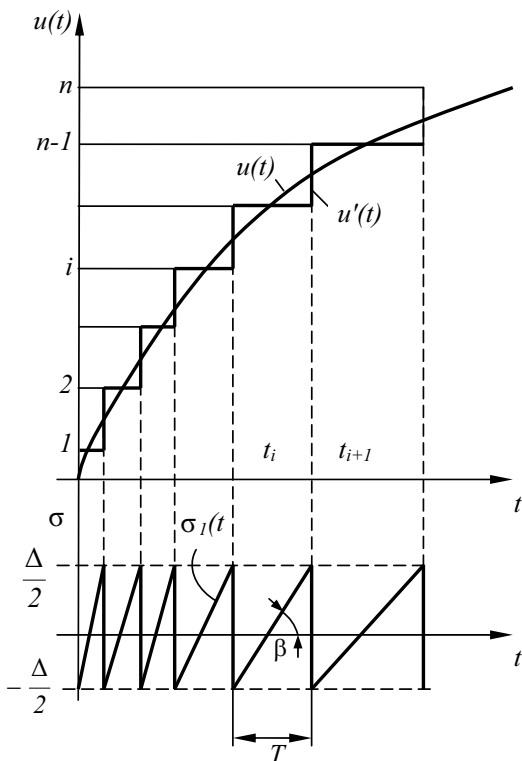
$$\sigma = \Delta/2 \sqrt{3}. \quad (81)$$

Кванттау шуылы. Дабылды деңгей бойынша кванттау кезінде кездейсоқ үдеріс $U'(t)$ сатылы тәуелділікпен алмастырылады. Уақыт ішінде өзгеретін $\delta(t)$ кванттау қателігі, сондай-ақ кездейсоқ үдеріс, *кванттау шуылы* деп аталады:

$$\sigma(t) = U(t) - U'(t) \quad (82)$$

Бұрын енгізілген жорамалды (кванттау кадамының көпшілігі мен онда дабылдың лездік мәндерін бөлудің бірқалыпты еместігін)

сақтап, $U(t)$ және $\delta(t)$ кездейсоқ үдерістерді эргодикалық деп санай отырып, σ қалыпты кванттаудың орта кванттық қателігін $\delta_i(t)$ жүзеге асыру бойынша анықтауға болады (23-сурет).



23-сурет. Дабылды деңгей бойынша кванттау кезіндегі сағылы тәуелділігі

T кванттаудың әрбір қадамы шектеріндегі $\delta_i(t)$ тәуелділік $t \cdot tg\beta_i$ түзумен алмастырылады, мұндағы β - түзудің көлбеулік айнымалы бұрышы. Кванттау деңгейлерін әрбір қадамның ортасына орналас-тыру кезінде кванттау қателіктерінің математикалық үміті нөлге тең болады, ал оның орта квадраттық мәні мына өрнекпен анықталады.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} (t \cdot tg\beta)^2 dt} . \quad (83)$$

Өйткені $tg\beta = \Delta/T$, онда $\sigma = \Delta/2 \cdot \sqrt{3}$ бұрын алынған мәнге сәйкес келеді (2.44)-ті қараңыз.

Кванттаудың берілген ұйғарымды орта квадраттық қателігі кезінде кванттау деңгейлері саны кедергісінің жоқ болуын мына арақатынастан табамыз:

$$n = (u_{max} - u_{min}) / (2\sqrt{3}\sigma). \quad (84)$$

Бірақ дабылдың лездік мәндерін бөлудің бірқалыпты емес заңы кезінде тұрақты қадаммен кванттау a ортақ квадраттық қателік минимумының өлшемі бойынша оңтайлы болып саналмайды. Учаскелерді үлкен қадаммен дабылдың ең аз ықтималдық мәндерімен кванттай отырып, ортақ квадраттық қателіктің көрсетілген мәнін азайтуға болады.

Нақты жағдайларда квантталатын дабылға әрқашанда кедергі әсер етеді. Сондықтан кванттаудың ең кіші қадамын осы кедергілердің ықтималдық сипаттамаларын ескере отырып таңдаған дұрыс болады.

Кедергі аддитивті деп жорамалдаймыз. Сол уақытта бұрын кванттаудың i -лік қадамына түскен және u'_i кванттау деңгейімен салыстырылатын u дыбысының лездік мәні кедергілер әсерінің нәтижесінде $u + \xi$ мәнін қабылдайды және u'_k кванттаудың өзге деңгейіне сәйкестікке қойылуы мүмкін. Бұл ақпараттарды бұрмалауға әкеледі және оның ықтималдығы ұйғарымды мәннен артып кетпеуі тиіс.

i кванттау қадамына u мән болған кезінде u'_i деңгей орнына u'_k кванттау деңгейінің u дабылының мәнін салыстырудың шартты ықтималдығын $p_i(k)$ арқылы белгілейміз. Кедергі болған кезінде $p_i(k) > 0$, ал $p_i(i) < 1$.

$u + \xi$ шама i -лік кванттау қадамы шегінде қалатыны туралы толық ықтималдық

$$p_i = p_i(i) \int_{u_{i-1}}^{u_i} p(u) du. \quad (85)$$

p_i ықтималдықты сондай-ақ u және ξ екі кездейсоқ шамалар жүйелерінің $f(u, \xi)$ ықтималдылықтарының тығыздығын пайдаланып табуға болады.

$$p_i = \iint_S f(u, \xi) du d\xi, \quad (86)$$

мұндағы, S – интегралдау аймағы.

Өйткені біз u бойынша интегралдау шекаралары болып u_i және u_{i-1} мәні саналатын кванттаудың i -лік қадамына жататын дабылдың лездік мәнін ескереміз. ξ бойынша интегралдаудың ξ_{max} жоғарғы

және g_{min} төменгі шекаралары, дабыл мен кедергілердің алгебралық қосындысы i -лік кванттау қадамы шегінен шығып кетпеуі тиіс шартынан анықталады:

$$u + \zeta_{max} = u_i, u + \zeta_{min} = u_{i-1}, \quad (87)$$

одан

$$\zeta_{max} = u_i - u, \zeta_{min} = u_{i-1} - u.$$

Осылайша, интегралдау аймағы $ABCD$ параллелограммы болып көрінеді (24-сурет).

Кедергіні дабылмен корреляцияланбаған деп санай отырып, төмендегіні анықтаймыз:

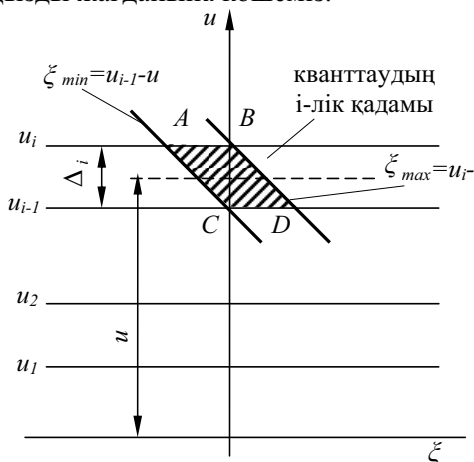
$$p_i(i) = \frac{\int_{u_{i-1}}^{u_i} \int_{\zeta_{min}}^{\zeta_{max}} p(u)p(\zeta) du d\zeta}{\int_{u_{i-1}}^{u_i} p(u) du} \quad (88)$$

мұндағы, $p(\zeta)$ - кедергілерді бөлу тығыздығы.

Алдағы уақытта, u_{min} -нен u_{max} -ға дейінгі диапазондағы ілездік мәні бірқалыпты бөлінген, дабылды бірқалыпты кванттау жағдайымен шектелеміз, яғни

$$p(u) = 1/(u_{max} - u_{min}) \quad (89)$$

$p(i)$ анықтау әдістемесін, қалыпты тығыздық заңы бойынша бөлінген кедергілер әсерінің жорамалдарында қарастырамыз, содан кейін қалыпты бөлу заңымен кедергілердің әсер етуінің тәжірибедегі неғұрлым маңызды жағдайына көшеміз.

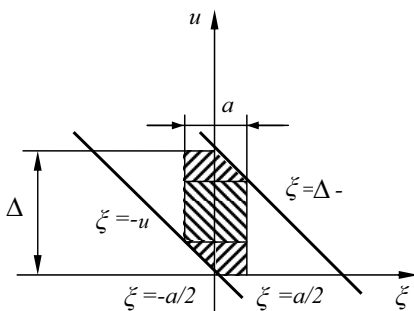


24-сурет. Интегралдау аймағының $ABCD$ параллелограммы

Сонымен, $p(\xi) = 1/a$,
 мұндағы, $a/2$ – дабылдың ілездік мәніне қатысты симметриялы,
 кедергілер амплитудасы.

Атап көрсетілген жағдайлар негізінде есептеу нәтижелері
 кванттау қадамына қатысты инвариантты және a және $\Delta = \Delta_i$
 арақатынастарына тәуелді.

$a < \Delta$ кезіндегі $p_i(i)$ -ні анықтаймыз. Интегралдау аймағын (25-су-
 рет) жекелеген учаскелерге бөліктейміз және (88) өрнектің бөлімі $\Delta /$
 $(u_{max} - u_{min})$ -не тең екенін ескеріп, интегралдау шектерін қоямыз.



25-сурет. Интегралдау аймағын интегралдау шектері

Сол уақытта

$$\begin{aligned}
 p_i(i) &= \int_0^{\Delta} \frac{1}{\Delta} \int_{\xi_{min}}^{\xi_{max}} \frac{1}{a} d\xi du = \int_0^{a/2} \frac{1}{\Delta} \int_{-u}^{a/2} \frac{1}{a} d\xi du + \int_{a/2}^{\Delta-a/2} \frac{1}{\Delta} \int_{-a/2}^{a/2} \frac{1}{a} d\xi du + \\
 &+ \int_{\Delta-a/2}^{\Delta} \frac{1}{\Delta} \int_{\Delta-u}^{\Delta} \frac{1}{a} d\xi du = 1 - \frac{a}{4\Delta}
 \end{aligned}
 \tag{90}$$

Интегралдау аймақтарын құрып, сондай жолмен $\Delta < a < 2\Delta$ және
 $a > 2\Delta$ кезінде $p_i(i)$ - ні табуға болады:

$$p_i(i) = 1 - a/(4\Delta) \text{ кезінде } \Delta < a \leq \Delta;$$

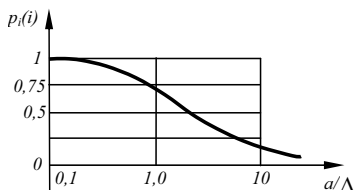
$$p_i(i) = \Delta/a \text{ кезінде } a > 2\Delta. \tag{91}$$

26-суретте $p_i(i) = f(a/\Delta)$ графигі берілген, одан Δ -ды a -дан
 кішіректеу етіп таңдау дұрыс болатыны байқалады, өйткені $a/\Delta > 1$
 кезінде дабылды дұрыс кванттау ықтималдығы күрт артады.

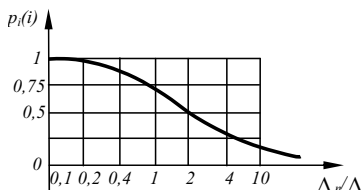
Қалыпты заң бойынша бөлінген кедергілердің дабылға әсер ету жағдайы үшін $p_i(i) = f(\sigma_n/\Delta)$ тәуелділігі (27-сурет) осыған ұқсас есептеледі:

$$p(\xi) = \frac{1}{\sigma_n \sqrt{2}} e^{-\xi^2 / (2\sigma_n^2)},$$

мұндағы, $\sigma_n - \xi$ кедергілердің ортақ кванттық ауытқуы.



26-сурет. $p_i(i) = f(a/\Delta)$ графигі



27-сурет. $p_i(i) = f(\sigma_n/\Delta)$ тәуелділігі

26 және 27-суреттегі графиктерді салыстыру $p_i(i)$ дұрыс кванттау ықтималдығы бойынша қалыпты бөлу заңымен кедергілердің әсері $a = 3\sigma_n$ арақатынастар кезінде қалыпты бөлінген кедергілер әсеріне эквивалентті екенін көрсетеді.

ҚОРЫТЫНДЫ

- Үзіліссіз уақыт атқарымдарының шамалар жиынтығымен көрсетілетін, координациялар деп аталатын, мәндері бойынша алғашқы үзіліссіз атқарым берілген дәлдікпен қалпына келтірілуі мүмкін атқарымға түрленуі дискретизациялау болып түсіндіріледі.

- Мәндердің үзіліссіз шкаласымен кейбір шамалардың дискреттік мәндер шкаласы бар шамаға түрленуі кванттау болып түсіндіріледі. Ол кез келген лездік мәнді, кванттау деңгейлері деп аталатын, рұқсат етілген мәндердің түпкі жиынының біріне ауыстыруға әкеледі.

- Дискретизациялау әдістерін, дабылдарды беру мен түрлендірудің теориялық мәселелерін шешу үшін пайдалылық тұрғысынан, сол сияқты оларды техникалық жүзеге асыру мүмкіндіктері тұрғысынан қарастыру қажет.

- Дабыл координаталары ретінде іріктемелерді пайдалана отырып, дискретизациялау әдістерінің теориялық және тәжірибелік

мәнін ескеру арқылы дискретизациялау мәселелерін алдағы уақытта қарастыру үдерісінде, сонымен ғана шектелеміз.

- Санаулары бойынша шектелген спектрмен детерминацияланған атқарымдарды толық қалпына келтірудің қағидаттық мүмкіндігін белгілейді және осындай қалыпқа келтіру әлі мүмкін болмайтын санаулар арасындағы уақыт интервалының шекті мәнін көрсетеді.

- Нақты жағдайларда квантталатын дабылға әрқашанда кедергі әсер етеді. Сондықтан кванттаудың ең кіші қадамын осы кедергілердің ықтималдық сипаттамаларын ескере отырып таңдаған дұрыс болады.

- Арналардың амплитудалық сипаттамаларының екі типі болады: кванттаудың қалыпты (сызықтық) шкаласымен, кванттаудың қалыпты емес (сызықтық емес) шкаласымен. Сызықтық кванттау кезінде кванттау аймағындағы кванттау қадамы бүкіл динамикалық жұмыс динамикасында бірдей болады, ал кванттау шуылының амплитудасы кванттау қадамының жартысынан артып кетпейді.

- Сызықтық емес кванттау кезінде кванттау деңгейлерінің жалпы саны сызықтықпен салыстырғанда дабылдың сол динамикалық диапазонында азаяды, нәтижесінде кодтық арналық комбинациялар разрядын $m = 8$ -ге дейін төмендетуге болады.

СӨӨЖ және СӨЖ тапсырмалары

1. Тақырып бойынша бақылау сұрақтарына жауап беру:

1. Деңгейі бойынша квантталған дабылға код (шартты белгі) беру мәні неде?

2. Кодтардың қандай типтері бар?

3. Кванттау операцияларының мәні неде?

4. Кванттау деңгейі мен қадамы дегеніміз не?

5. Кванттау қателігі, шектеу қателігі дегеніміз не?

6. Қорғалушылық дегеніміз не және оны не үшін пайдаланады?

7. Котельников теориясының мәні неде?

8. АИМ-1 және АИМ-2 дегеніміз не, олар қалай алынады?

9. АИМ-1 және АИМ-2 дабылдары қандай спектрге ие?

0. Амплитудалық сипаттамалардың әртүрлі типтерінің суретін салу, артықшылықтары мен кемшіліктерін көрсетіңіз.

11. Кванттаудың қалыпты емес шкаласы дегеніміз не, оны қолданудың қажеттілігі мен алу тәсілдері.

12. Кванттау шуылдарынан қорғалушылық шамасының нормасы.

2. Тақырып бойынша тест тапсырмаларының сұрақтарына жауап беру:

1. **Кез келген уақытта объектінің күй-жағдайын сипаттайтын шаманы қалай атайды?**

- A) Объект қасиеті
- B) Декомпозиция
- C) Атрибут жүйесі
- D) Атрибут-негізі
- E) Көрсеткіш

2. **Экономикалық ақпарат үлкен көлемде алуан түрлі идеялар мен тәсілдері бар жеке бір бағыт болып табылады. Ол қандай бағытқа жатады?**

- A) Ғылыми-техникалық
- B) Әлеуметтік-саяси
- C) Әлеуметтік-құқықтық
- D) Саяси-құқықтық
- E) Саяси-техникалық

3. **Деректерді өңдеу процесінің жеке компоненттері үлкен дәрежедегі ұйымдастыру мен өзара байланысқа жетуі ақпаратты өңдеудің барлық құралдарын нақты бір экономикалық объектіге мына ұғымға біріктіруге мүмкіндік берді:**

- A) «ақпараттық жүйе» (АЖ)
- B) «ақпараттық-есептеу жүйелері» (АЕЖ)
- C) «жергілікті есептеуіш жүйе» (ЖЕЖ)
- D) «экономикалық ақпараттық жүйе» (ЭАЖ)
- E) «биологиялық ақпараттық жүйе» (БАЖ)

4. **Ақпаратқа ресурс, материалға ұқсас еңбек және ақша ресурсы ретінде қарайтын көзқарастар да болды. Бұл көзқарас келесі анықтамада былай деп сипатталады:**

- A) «Ақпарат» ұғымына берілген барлық анықтамаларды мұқият сараптаудың нәтижесінде олардың барлығы қанағаттандырылмады

- В) «Ақпарат – заттың, энергияның және ақпараттың өзінің түрленуімен байланысқан процестерді жақсартуға мүмкіндік беретін жаңа мәліметтер»
- С) Ақпарат – соңғы қолданушы арқылы пайдалы ретінде қабылданған, ұғынылған және бағаланған жаңа мәліметтер
- Д) Ақпарат ретінде соңғы қолданушының білім қорын кеңейтетін мәліметтер қолданылады
- Е) Ақпарат және жүйе жалпы ұғым ретінде өрнектелмейтін қарапайым басты категория болып табылады

5. Ақпарат фазаларының бар болу саны:

- А) 1
- В) 2
- С) 3
- Д) 4
- Е) 5

6. Ассимиляцияланған ақпарат ұғымы:

- А) адамның ұғыну және бағалау жүйесіне салынған, адам санасындағы хабарды көрсету
- В) қандай да бір физикалық тасығышта таңба түрінде белгіленген мәліметтер
- С) берілу көзінен қабылдау көзіне ақпаратты беру кезінде қарастырылатын мәлімет
- Д) кең көлемде анықтама беру арқылы олар бірнеше түсініксіз элементтерді енгізеді
- Е) берілген жауаптардың барлығы

7. Құжатталған ақпарат:

- А) адамның ұғыну және бағалау жүйесіне салынған, адам санасындағы хабарды көрсету
- В) қандай да бір физикалық тасығышта таңба түрінде белгіленген мәліметтер
- С) берілу көзінен қабылдау көзіне ақпаратты беру кезінде қарастырылатын мәлімет
- Д) кең көлемде анықтама беру арқылы олар бірнеше түсініксіз элементтерді енгізеді
- Е) берілген жауаптардың барлығы

8. Берілетін ақпарат:

- A) адамның ұғыну және бағалау жүйесіне салынған, адам санасындағы хабарды көрсету
- B) қандай да бір физикалық тасығышта таңба түрінде белгіленген мәліметтер
- C) берілу көзінен қабылдау көзіне ақпаратты беру кезінде қарастырылатын мәлімет
- D) кең көлемде анықтама беру арқылы олар бірнеше түсініксіз элементтерді енгізеді
- E) берілген жауаптардың барлығы

9. **Таңбалар ұғымы нені білдіреді?**

- A) адамның ұғыну және бағалау жүйесіне салынған, адам санасындағы хабарды көрсету
- B) қандай да бір физикалық тасығышта таңба түрінде белгіленген мәліметтер
- C) берілу көзінен қабылдау көзіне ақпаратты беру кезінде қарастырылатын мәлімет
- D) белгісіз ақпарат орнына қойылатын белгілер
- E) ақпарат беру көзінен қабылдау көзінің арасында мағыналы ақпаратты бере алатын сигналдар

10. **Арнайы бір көрсетілген келісімі бар таңбалар жиынын қалай атайды?**

- A) белгілер жүйесі
- B) таңбалар жүйесі
- C) сигналдар жүйесі
- D) белгі жүйесі
- E) символдар жүйесі

11. **Ақпараттық шудың қанша түрі және осы шуды қоршайтын неше ақпараттық фильтр бар?**

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5

12. **Синтаксистік фильтр анықтамасы:**

- A) тасығыштарда сақталатын немесе берілетін таңбалар тізбегінде мағынасын жойып алған учасоктер кездесуі мүмкін. Бұл учасоктер синтаксистік шуды құрайды және олар синтаксистік филтрмен анықталады
- B) шудың бірінші аспектісі алынатын ақпаратта жаңашылдықтың болмауына байланысты. Басқаша айтқанда, хабар тұтынушы білімін арттырмайды
- C) тұтынушы үшін ақпараттың құндылық дәрежесін анықтайды. Прагматикалық бағалау элементтері ақпараттың толықтылығын, дер кезділігін, жинақтылығын, қолданылуын және түсініктілігін қамтиды
- D) ақпарат беру көзінен қабылдау көзінің арасында мағыналы ақпаратты бере алатын сигналдар
- E) жауаптардың барлығы сәйкес келеді

13. **Прагматикалық филтр дегеніміз не?**

- A) тасығыштарда сақталатын немесе берілетін таңбалар тізбегінде мағынасын жойып алған учасоктер кездесуі мүмкін. Бұл учасоктер синтаксистік шуды құрайды, және олар синтаксистік филтрмен анықталады
- B) шудың бірінші аспектісі алынатын ақпаратта жаңашылдықтың болмауына байланысты. Басқаша айтқанда, хабар тұтынушы білімін арттырмайды
- C) тұтынушы үшін ақпараттың құндылық дәрежесін анықтайды. Прагматикалық бағалау элементтері ақпараттың толықтылығын, дер кезділігін, жинақтылығын, қолданылуын және түсініктілігін қамтиды
- D) ақпарат беру көзінен қабылдау көзінің арасында мағыналы ақпаратты бере алатын сигналдар
- E) жауаптардың барлығы сәйкес келеді

14. **Семантикалық филтр дегеніміз не?**

- A) тасығыштарда сақталатын немесе берілетін таңбалар тізбегінде мағынасын жойып алған учасоктер кездесуі мүмкін. Бұл учасоктер синтаксистік шуды құрайды және олар синтаксистік филтрмен анықталады
- B) шудың бірінші аспектісі алынатын ақпаратта жаңашылдықтың болмауына байланысты. Басқаша айтқанда, хабар тұтынушы білімін арттырмайды
- C) тұтынушы үшін ақпараттың құндылық дәрежесін анықтайды. Прагматикалық бағалау элементтері ақпараттың толықтылығын, дер кезділігін, жинақтылығын, қолданылуын және түсініктілігін қамтиды

- D) ақпарат беру көзінен қабылдау көзінің арасында мағыналы ақпаратты бере алатын сигналдар
- E) жауаптардың барлығы сәйкес келеді

15. Деректер анықтамасы:

- A) адамның ұғыну және бағалау жүйесіне салынған, адам санасындағы хабарды көрсету
- B) қандай да бір физикалық тасығышта таңба түрінде белгіленген мәліметтер
- C) берілу көзінен қабылдау көзіне ақпаратты беру кезінде қарастырылатын мәлімет
- D) кең көлемде анықтама беру арқылы олар бірнеше түсініксіз элементтерді енгізеді
- E) өзара лексикалық және синтаксистік байланысқан мақұлдаудың, факт немесе цифрлардың жиынын білдіреді

16. Экономикалық ақпаратты кластарға жіктеудің негізгі белгілеріне қанша белгі жатады?

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5

17. Уақыт белгісі:

- A) Бұл белгі хабарды ену, ішкі және сыртқы деп бөлуге мүмкіндік береді
- B) Уақытқа байланысты хабар келешек (болашақ оқиғалар туралы) және өткен деп бөлінеді
- C) Экономикалық объектінің функционалдық ішкі жүйелері бойынша топтастыру қалыптасады
- D) Мұндай белгі жоқ
- E) Жауаптардың барлығы дұрыс

18. Функционалдық белгілер:

- A) Бұл белгі хабарды ену, ішкі және сыртқы деп бөлуге мүмкіндік береді
- B) Уақытқа байланысты хабар келешек (болашақ оқиғалар туралы) және өткен деп бөлінеді
- C) Экономикалық объектінің функционалдық ішкі жүйелері бойынша топтастыру қалыптасады
- D) Мұндай белгі жоқ

Е) Жауаптардың барлығы дұрыс

19. Жүйе дегеніміз не?

- A) уақытқа байланысты хабар келешек (болашақ оқиғалар туралы) және өткен деп бөлінеді
- B) берілу көзінен қабылдау көзіне ақпаратты беру кезінде қарастырылатын мәлімет
- C) мұндай анықтама жоқ
- D) бір жағынан тұтас бір зат ретінде қарастырылатын, екінші жағынан құрама бөліктердің өзара байланысқан немесе өзара әрекет ететін кез келген объектіні атайды
- E) қандай да бір физикалық тасығышта таңба түрінде белгіленген мәліметтер

20. Жүйедегі құрылым компонентінің анықтамасы:

- A) жүйеге түсетін немесе жүйеден шығатын матриалдар ағыны немесе мәліметтер ағыны
- B) жүйенің көптеген элементтері және олардың арасындағы өзара байланыс
- C) жүйенің жұмыс атқаруы ретінде u_1, u_2, \dots, u_N айнымалылар қатарында сипатталады
- D) жүйенің ену және шығу өзгерісін байланыстыратын функция $Y=F(X)$
- E) барлық берілген жауап дұрыс

9-ТАҚЫРЫП. ЖІБЕРУ ҮДЕРІСІНІҢ МОДЕЛЬДЕРІ

Дәрістің мәнмәтіні

Мақсаты: Жіберу үдерісінің модельдерін зерделеу.

Дәріс жоспары

1. Ақпаратты өлшеу
2. Байланыстың үзіліссіз және дискретті арналарының моделі
3. Байланыстың дискретті және үзіліссіз арналарының өткізгіштік қабілеті

Негізгі түсініктер: хабар, символ, алфавит, үзіліссіз арна, дискретті арна, өткізгіштік қабілет

Тақырыптың мазмұны: Байланыстың әрбір жүйесі пайдаланатын хабарлар мен дабылдар кездейсоқ құбылыстар санатына жатқызылады. Уақыттың кез келген мезетінде байланыс жүйесіне кіруге қандай хабар келіп түсетіні белгісіз; ал алушыға белгілі хабар жіберуді қажетсінбейді.

Сондықтан ақпарат теориясында ақпараттар саны ұғымымен байланысты өлшем ықтималдық арақатынастарға негізделеді. Басқару және бақылау жүйелері үшін маңызды хабарлардың мағыналық мазмұны, байланыс жүйелерінде ешқандай рөл атқармайды және ақпараттар саны ұғымында ескерілмейді. Байланыс жүйелері үшін оның кіруінде қандай да бір хабарлардың қаншалықты жиі пайда болатыны мен олардың беретін дабылдары жүйе ішіндегі кедергілермен қаншалықты ықтимал бұрмалауға ұшырайтындығы ғана түбегейлі болып саналады.

Осы себеп бойынша, ақпарат теориясында және жалпы байланыс теориясында пайдаланылатын ақпараттың математикалық ұғымы осы терминнің кәдімгі әдеттегі мәніне сәйкес келмейді. Ақпарат теориясына сәйкес, ақпарат сөзі, адам қаншалықты соны айтқанында емес, оны соншалықты айта алуы мүмкін екенін білдіреді. Басқаша айтсақ, ақпарат – бұл хабарды таңдау еркіндігінің өлшемі.

Ақпарат – объектілердің өзара әрекет етуі нәтижесінде олардың жай-күйлері арасында орнатылатын белгілі бір сәйкестіктен тұратын, материяның қасиеті. Ақпарат хабар түрінде көрінеді.

Хабар – ақпаратты көрсету беру формасы болып саналатын, түпкі алфавит символдарының жиынтығы.

Мысалы, атқарымның өзгеру сипаты туралы ақпарат. Хабар – қисыққа жататын нүктелер координатының жиынтығы. Немесе: хабар – атқарымның талдамалық көрсетілуі және аргумент мәні.

Егер $\{u\}$ хабарлардың жиыны дискреттік хабарлар санаттарына тиесілі болса, онда ол түпкі болып саналады; мұнда символдар мен орындарының түпкі санынан тұратын N мүмкін хабарлар санын санау қиындық туғызбайды.

Символ – бұл бір-бірінен өзгеше мәндердің кейбір түпкі жиынының элементі.

Символдың табиғаты кез келген болуы мүмкін: қимыл, сурет, әріп, бағдаршам дабылы, белгілі бір дыбыс және т.б. Таңбаның табиғаты хабар тасушысымен және хабардағы ақпараттың көрсетілу формасымен анықталады.

Қолдану тәртібі белгіленген символдар жиыны **алфавит** деп аталады. Дискреттік хабарлардың аталған жиынының алфавиті m символдардан, ал хабарлардың разрядтылығы – n орыннан тұрады деп алайық және осылай деп ойлап көрелік. Егер біздің хабарлар жиынымыз m алфавитке және $n=1$ разрядтылыққа ие болса (яғни, осы жиынның әрбір хабары бір орыннан тұрады), онда осы жиыннан жорамалдап тандалған хабар, хабарда жалғыз орынды алып, m алфавиттің бір символынан тұратын болады. Барлығы m осындай бір орындық хабарлар болатындығы анық. Егер жиыны m алфавитке және $n=2$ разрядтылыққа ие болса, онда осы жиынның әрбір хабары екі орынға ие болады, демек осы жиындағы мүмкін болатын хабарлардың саны $N=m \times m=m^2$ болады.

Жалпы жағдайда, $\{u\}$ жиының хабары m алфавитке және n разрядтылыққа ие болған кезде, алфавиттің әрбір m символдарының кез келген n орынды болу ықтималдығы бірдей болады және мынаны аламыз:

$$N = m^n. \quad (92)$$

Бұл $\{u\}$ жиындағы мүмкін хабарлар саны.

Үзіліссіз алфавитті жиын үшін мүмкін хабарлардың саны аса шексіз. Осы шамаларды кванттау жолымен кез келген үзіліссіз атқарымды разрядтардың түпкі санымен символдардың түпкі алфавиті түрінде беруге болады. Осылайша, үзіліссіз алфавитті

дискреттік алфавитке келтіруге және бұл жағдайда бүкіл мүмкін хабарларды санауға болады.

Арақатынас (92) *ақпараттық сыйымдылықты* немесе m символдар алфавиті мен n орынды разрядты пайдаланылатын, беруге, жіберуге немесе өзінде сақтауға қабілетті жүйе хабарлардың барынша көп мүмкін санын анықтайды. Хабарлар көзі, байланыс арнасы немесе есте сақтайтын құрылғы осындай жүйе болуы мүмкін.

Алайда Q ақпараттық сыйымдылығын мүмкін хабарлардың санының логарифмімен бағалау қабылданған.

$$Q = \log_a N = n \log_a m \quad (93)$$

мұндағы, a – логарифм негізі.

Ақпарат көлемдерін өлшеу үшін логарифмдік өлшемді қолдану мен ақпараттар санының өзге өлшемдері, математикалық есеппен шығаруды ыңғайлы ететін, оның бірқатар артықшылықтары өзін-өзі ақтайды.

Логарифмде a негізін таңдаудың ешқандай артық-кемдігі жоқ. Әдетте, $a = 2$ болып қабылданады. Бұл жағдайда, бар болғаны екі символдан ($m = 2$) және бір орыннан ($n = 1$) тұартын алфавиттік дерек көзі сыйымдылыққа ие болады.

$$q = n \log_2 m = 1 \log_2 2 = 1.$$

Бұл ақпараттық сыйымдылықтың ең аз мөлшері ақпараттың *екілік бірлігі* деп аталады. Ол әртүрлі дерек көздеріндегі ақпараттық сыйымдылықты өлшеудің бірліктері болып пайдаланылады және «бит» деп аталады («bit» ағылшын сөзі binary digit – екілік бірлік).

Демек, біз екі мүмкін хабарлардың бірін таңдау қажет болған кездегі, аса қарапайым жағдайға ие болсақ, онда осындай ақпарат шартты түрде бірлік (бит) болып қабылданады. Бұл жерде тағы да, ақпарат ұғымының «білім», «мағына» ұғымына қарама-қарсы түрде жекелеген хабарларға қатысты емес, ең алдымен, тұтастай алғанда бүкіл жағдайға қатысты қолдануға ыңғайлы екенін байқау ақылға қонымды болады.

Бұл ретте ақпараттар бірлігі, аталған жағдайда жөнелтушінің, ақпараттар санын аталған немесе бірлік ретінде қарастыруы ыңғайлы болатын хабарды таңдаудың қандай да бір болсын еркіндігіне ие болатынын нұсқап көрсетеді. Солардың ішінен таңдау қажет болатын екі хабардың кез келген мазмұны болуы мүмкін. Бір хабар Л. Н. Толстойдың «Соғыс және бейбітшілік» романының толық мәтінінен, ал екіншісі «иә» деген бір сөзден тұруы мүмкін.

Осылайша, екі мүмкін ықтимал тәуелсіз оқиғаның бірінің болуына қатысты анықталмағандықты алып тастайтын ақпараттардың саны ақпараттар санының бірлігі (бит) болып қабылданған:

$$Q = \log_2 N = n \log_2 m$$

Кей уақытта ақпаратты ондық бірліктерде өлшейді, бұл ретте дағдылы ондық логарифмді ($a = 10$) пайдаланады. Ондық бірлік шамамен екілік бірліктен ($\log_2 10 = 3,32$) 3,3 есе ірілеу болады. Бір ондық бірлікке алфавиті $m = 10$ және разрядтылығы $n = 1$ қарапайым деректің сыйымдылығы сәйкес келеді.

Осылайша, логарифмдер негізін таңдау ақпараттық сыйымдылықты көрсететін бірліктерді анықтайды. Екілік логарифм үшін шама екілік бірліктерде (биттерде) өлшенетін болады. Алдағы уақытта біз барлық уақытта екілік логарифмдерді пайдаланатын боламыз.

Күрделі мәтінді басуға арналған қағаздың кәдімгі таза парағының ақпараттық сыйымдылығын есептейміз. Сөздер арасындағы бос орындарды ескере отырып, осындай парақты 2000 белгі сияды деп есептейтін боламыз. Демек, орындардың разрядтылығы $n = 2000$. Одан әрі, мәтін алфавитіне орыс алфавитінің әріптері, латын алфавитінің әріптері, тыныс белгілері, жай арифметикалық амалдардың цифрлары мен сандары (қосу, алу, көбейту, бөлу, теңдік) кіретін болады. Қорытындысында мынаны аламыз:

- орыс алфавиті $m_1 = 32$,
- латын алфавиті $m_2 = 27$,
- тыныс белгілері $m_3 = 12$,
- цифрлар $m_4 = 10$,
- арифметикалық таңбалар $m_5 = 5$.

Осыдан алфавитті табамыз:

$$m = m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 = 32 + 27 + 12 + 10 + 5 = 86 \text{ символ.}$$

Біздің парақтан ізделетін ақпараттық сыйымдылығы:

$$Q = n \log_2 m = 2000 \times \log_2 86 \approx 2000 \times 6,5 = 13\,000 \text{ бит.}$$

Байқағанымыздай, әрбір мәтіндегі алфавит кез келген комбинациялардай емес, толық анықталған тіркестерде кездесетін болады. Осы шектеулердің барлығы, мысалы, қағаздардың парағындағы орналасқан мәтінді білдіретін кез келген нақты хабар беруге (дабыл беруге) әкеледі, басым көпшілік жағдайларда тиісті жүйелердің ақпараттық сыйымдылығынан анағұрлым аздау болатын ақпараттар санынан тұрады.

Тиісті дереккөздерінің ақпараттық сыйымдылығын, байланыстар

арналарын немесе жадыларды толтыратын хабарлардан және дабылдардан тұратын ақпараттардың нақты санын анықтау үшін, хабарлар мен дабылдардың өзіндік ерекшеліктерін ескеретіндей осындай өлшем санын таңдап алу қажет.

Біздің байқағанымыздай, кодтау-декодтау үдерістері хабарлар мен дабылдарды қалыптастырудың негізі болып қаланған, егер код m символдар мен n орындарға ие болса, онда осы элементтердің көмегімен, негізінде $N = m^n$ әртүрлі хабарларды құруға болады. Шынында да, кездесетін басым көпшілік кодтар, әдетте мүмкін сандардан символдар мен орындардан белгілі бір комбинацияларға ғана рұқсат ететін ережелер жиындарынан тұрады және қалғандарына тыйым салады.

Осындай кодтау кезінде алынатын хабарларда және дабылдарда код алфавитінің әртүрлі символдары бірқалыпты пайдаланылмауы осы шектеулердің нәтижесі болып саналады: бір символдар жиі пайдаланылады, өзге символдар – сирек пайдаланылады. Мәселен, орыс грамматикасының ережелері бойынша орыс алфавитінің әріптерінен құралған кез келген хабарларда o, e, a, u, m әріптері жиі және $ш, ц, ы, э, ф$ әріптері өте сирек кездеседі.

Осылайша қолданылатын кодтар ережелерімен символдары мен орындарды мүмкін комбинацияларына пайдаланылатын шектеу нақты хабарлар беру кезінде бір алфавиттің әртүрлі символдары орта есеппен әртүрлі ықтималдықтарда кездесетініне әкеледі.

Біз m символдар негізімен және n орындар разрядтылығымен кодқа ие боламыз деп алайық. Кодтың символдары болып мыналар саналады деп ұйғарамыз:

$$h_1, h_2, \dots, h_r, \dots, h_m,$$

Пайда болу ықтималдығы тең емес және тиісінше мынаны құрайды:

$$p_1, p_2, \dots, p_r, \dots, p_m,$$

Бұл, яғни, біздің кодтың көмегімен жасалынған хабарларда h_1 орта есеппен p_1 ықтималдықпен, h_2 символы – p_2 ықтималдықпен және т.б. кездесетін болады.

Кодтың көмегімен хабар құрап көреміз. Бұл хабарда n_1 қарапайым орындар h_1 символымен, n_2 орындар – h_2, \dots , символымен, n_m орындар – h_m символымен көрсетілетін болады. Изделетін хабар біздің кодтың ережелерімен рұқсат етілетін, символдар мен орындардың мүмкін комбинацияларының бірі болып көрінетін болады.

Я орындардан әрбір берілген комбинациялардан пай-

да болу ықтималдығы, жекелеген символдардың пайда болу ықтималдықтарының көбейтіндісімен беріледі, өйткені біз әрбір берілген символдың пайда болуы тәуелсіз оқиға деп жорамалдаймыз. Бір символдардың бірнеше қарапайым орындарда қайталанушылығының болуын (h_1 символы n_1 орындардан қайталануы, h_2 символы — n_2 орындарда және т. б. қайталануы) ескере отырып, біз өзіміздің іздеп отырған хабарымыздың пайда болу ықтималдығын аламыз:

$$p = p_1^{n_1} \cdot p_2^{n_2} \cdot \dots \cdot p_m^{n_m} = \prod_{i=1}^m p_i^{n_i}$$

(P белгісімен қысқартылған түрде i көбейткіштер көбейтінділері таңбалауы).

$$n_1 = p_1 n; n_2 = p_2 \times n; \dots; n_m = p_m \times n^*$$

деп санайтынды болу үшін, енді n орындарының саны аса үлкен деп ұйғарамыз, яғни кез келген құрылған хабар $p_1 n h_1$ символдардан, $p_2 n h_2$ символдардан ..., $p_m n h_m$ символдардан тұрады.

Бір хабар екіншісінен қарапайым орындар бойынша орналасу тәртібімен өзгешеленеді. G екінші жағынан, n аса үлкен болған кезде барлық орын ауыстыруларды, яғни барлық мүмкін хабарларды ықтималдығы тең деп санауға болады. Сол уақытта біздің іздеп отырған хабарымыз, код ережелерімен рұқсат етілетін тең ықтималды хабарлардың бірі болады. Оның пайда болу ықтималдығы мынаған тең болатыны анық:

$$p = \frac{1}{N},$$

осыдан N үшін мүмкін хабарлардың санын табамыз:

$$N = \frac{1}{p} = \frac{1}{p_1^{p_1 n} \cdot p_2^{p_2 n} \cdot \dots \cdot p_m^{p_m n}}$$

Осы өрнекті логарифмдеп, ондағы код символдары негізінің пайда болу тең ықтимал еместігі кезінде хабарлардағы ақпараттардың санын аламыз:

$$\begin{aligned} I &= \log_2 N = \log_2 \frac{1}{p} = -\log_2 p = \\ &= -(np_1 \log_2 p_1 + np_2 \log_2 p_2 + \dots + np_m \log_2 p_m) = \\ &= -n \sum_{i=1}^m p_i \log_2 p_i \end{aligned} \quad (94)$$

Формуладағы (94) минус белгісі хабарлардағы ақпараттардың саны – теріс шама екенін білдірмейді. Керісінше, ол әрқашанда оң сан. Мәселе мынада болып табылады: p ықтималдығы анықтау бойынша бірліктен аз және нөлден көп. Бірақ бірліктен аз логарифм сан теріс болып саналады, яғни $\log_2 p_i$ шама әрқашанда теріс, соның нәтижесінде көбейтінді теріс сан болады.

Егер хабарлардағы барлық символдардың пайда болуының ықтималдығы тең, яғни егер $p_1 = p_2 = \dots = p_m = 1/m$ болса, онда формула (94) (93)-ге ауысатынына оңай көз жеткізуге болады. Осы жекелеген жағдайда хабарлардағы ақпараттардың саны осы хабарды сақтайтын, беретін жүйелердің ақпараттық сыйымдылықтарына тең болады.

Хабарлардағы ақпараттар санын осы хабардың n қарапайым орындарының жалпы санына бөліп, біз орта есеппен хабардың бір қарапайым орындарына ақпараттардың санын немесе хабар кодының бір орындарының ақпараттық сыйымдылығын аламыз:

$$H = \frac{1}{n} = -\sum_{i=1}^m p_i \log_2 p_i \quad (95)$$

Бұл шама бір мезгілде хабарлардағы (дабылдағы) алфавиттің жекелеген символдарының пайда болу анықталмағандығын сипаттайды және *энтропия* деп аталады. Шынында да, егер аталған хабарда қандай да бір болсын бір символдың пайда болу ықтималдығы бірлікке тең болса, онда бұл ретте бүкіл қалған символдардың пайда болу ықтималдығы нөлге тең болады, өйткені,

$$p_1 + p_2 + \dots + p_m = \sum_{i=1}^m p_i = 1$$

Бұл жағдайда энтропия хабар нөлге тең:

$$H = -(1 \log_2 1 + 0 \log_2 0 + \dots + 0 \log_2 0) = 0^*.$$

Аталған хабардағы алфавит символдарын шығарып тастамай-ақ бүкіл хабарлардың пайда болу ықтималдығы нөлге тең болатын нәтижені алатынымыз анық. Бірінші және екінші жағдайда хабарлардағы жекелеген символдардың пайда болу нәтижелері күні бұрын белгілі болады, демек ешқандай анықталмағандық жоқ.

Керісінше, онда пайда болудың бірдей ықтималдықтарындағы хабарлардың болуы кезінде символдардың ($p_1=p_2=\dots=p_m=1/m$) әрбірінде аса үлкен анықталмағандық орын алады, өйткені осы символдардың біріне артықшылық беру үшін ешқандай негіз жоқ;

егер ықтималдықтардың осы мәнін формулаға (95) қоятын болсақ, онда энтропия шамасы бұл ретте ең үлкен мәнге ие болады

$$H = -\frac{1}{m} \log_2 \frac{1}{m} - \frac{1}{m} \log_2 \frac{1}{m} - \dots - \frac{1}{m} \log_2 \frac{1}{m} = -\frac{m}{m} \log_2 \frac{1}{m} = \log_2 m \quad (96)$$

Ең үлкен энтропия хабардың қарапайым орындарының ақпараттық сыйымдылықтарына тең екендігіне көз жеткізу аса қиын емес.

Мысал ретінде «орлянка» таза ойынын қарастырып көрейік. Тиынның цифрлық бетімен түсуі p_1 ықтималдығы $1/2$ -ге тең, тиынның цифрлық бетімен түсуінің p_2 ықтималдығы сондай-ақ $1/2$ -ге тең. (95) формулаға сәйкес энтропия үшін мынаны табамыз: лақтыруға $H = -(1/2 \log_2 1/2 + 1/2 \log_2 1/2) = -[1/2(-1) + 1/2(-1)] = 1$ бит

Егер цифрсыз бетін бірлікпен, ал цифрлы бетін – нөлмен белгілейтін болсақ, онда тиынды жоғары қарата лақтыру тізбектілігінің барысын, оның саны лақтыру санына тең болатын екілік цифрлы қатар түрінде көрсетуге болады. Демек бұл жағдайда энтропия (лақтыруға 1бит) және бір рет лақтырудың барысын көрсететін (лақтыруға 1 екілік бірлік) цифрлардың саны бірдей болады. Сондай-ақ бұл жағдайда дереккөзімен жасалған хабарды жіберу үшін қажетті екілік цифрлардың саны (тиынның цифрлық және цифрсыз беттерінің тізбектілігі) дереккөзінің энтропиясына тең болады.

Енді хабарларды құру үшін лақтырудың $3/4$ жағдайларында тиынның цифрсыз жағы түсетін және $1/4$ жағдайларында – цифрлық беттері ғана түсетін болып бөлінген тиын пайдаланылады. Сол уақытта $p_1 = 3/4$, лақтыруға

$$p_2 = 1/4, H = -(1/4 \log_2 1/4 + 3/4 \log_2 3/4) = -[(1/4)(-2) + (3/4)(-0,415)] = 0,811 \text{ бит}$$

Егер тиынның цифрсыз беті цифрлы бетіне қарағанда жиі түсетін болса, онда тиынның цифрлық және цифрсыз беттерінің түсу тең ықтималдығы күні бұрын көбірек белгілі болады. Егер біз, тиынның цифрлық бетіне қарағанда цифрсыз бетін еріксіз жиірек таңдайтын болсақ, мұндай жағдайда тиынның цифрлық немесе цифрсыз бетін таңдау тең ықтималдығындағы таңдау үшін аз мүмкіндіктерге ие боламыз. Егер тиынның цифрсыз бетінің түсу ықтималдығы бірлікке тең, ал тиынның цифрлық бетінің түсу ықтималдығы – нөлге тең болса, онда біз мүлде таңдау жасай алмаған болар едік. Жоғарыда келтірілген мы-

салда энтропия бар болғаны лақтыруға 0,811 бит қана құрайтын болады. Осындай тиындарды лақтыру нәтижесінде алынған тізбектіліктерді көрсету үшін лақтыруға бірден аз екілік цифрлар қажет болады.

Егер тиынның цифрсыз бетін таңдау ықтималдығын p_1 -мен белгілейтін болсақ, онда p_2 тиынның цифрлық бетін таңдау ықтималдығы $1-p_1$ -ге тең екендігі табиғи болып саналады. Әртүрлі p_1 мен p_2 мәндері кезінде H -ді есептеп шығаруға және p -ден H тәуелділік графигін сызуға болады.

Тәжірибелердің 11 сериялары үшін p_1 және p_2 шамалардан H энтропиялардың тәуелділіктерін есептеу нәтижелері 5-кестеде және 28-суретте көрсетілген. Кестелер мен суреттен көрініп тұрғандай p_1 және p_2 тең емес. Ықтималдықтармен хабарлау үшін энтропия нөл мен бірліктер арасындағы шектерде әртүрлі мәндерді қабылдайды, p_1 нөлге немесе бірлікке ұмтылған кезде, энтропия біздің түйсіктік түсініктерімізге толық сәйкестікте нөлге тең болады. Энтропиялар максимумдары ең үлкен анықталмағандықтарға, яғни p_1 және p_2 ықтималдықтарға тең болады.

5-кесте.

Энтропиялардың тәуелділіктерін есептеу нәтижелері

p	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
p^1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
H^2	0		0,722		0,97	1	0,97	0,8813	0,722	0,469	0

Атап көрсетілген анықталмағандық толықтай шекте хабар алғанға дейін ғана немесе жалпы жағдайда тәжірибе жүргізгенге дейін ғана болады. Хабар (тәжірибе жүргізгеннен) алғаннан кейін осыған дейін болған анықталмағандық жоғалып кетеді, өйткені тәжірибе барысы туралы мәліметтер бойынша біз белгілі бір ақпарат аламыз. Хабар берудегі бастапқы анықталмағандық неғұрлым үлкен болса, алынатын ақпарат соғұрлым көп болуы тиіс екені анық. Мысалы, ол үшін $p_1 = p_2 = 0,5$ тәжірибелердің алтыншы сериясынан алынатын хабарларға тән анықталмағандық, тәжірибелердің екінші серияларынан алынатын $p_1 = 0,1$, $p_2 = 0,9$ хабарларға қарағанда көбірек ақпараттар алуға әкеледі, өйткені бұл серияларда тәжірибелердің барысы алдын ала шешіліп қойылған.

Осылайша, кез келген хабар аталған хабардағы алфавиттің жеке-

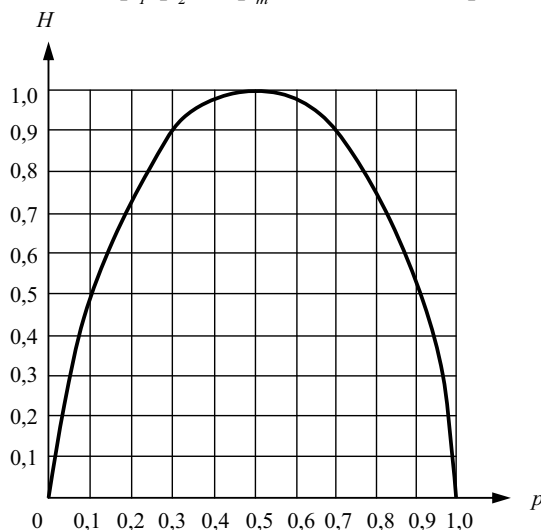
леген символдарының пайда болуының бастапқы анықталмағандығы көп болғандығына қарай көбірек ақпарат береді. Сондықтан анықталмағандық дәрежесін анықтайтын H (энтропия) шамасы, сондай-ақ ақпараттар санын бағалау үшін оңтайлы өлшем болып саналады.

Біз ақпараттар алғанға дейін ие болған энтропияны H' арқылы белгілейміз. Ақпарат алғаннан кейін энтропия H шамаға дейін кішірейді деп алайық. Алынған ақпараттар саны бұл жағдайда $i = H' - H$ айырымдарға тең болады.

Егер ақпарат алу нәтижесінде кез келген анықталмағандық, яғни $H = 0$ толық жойылған болса, онда $i = H$. Ақпараттар саны бұл жағдайда сандық түрде ақпараттар алғанға дейін орын алған сол энтропияларға тең болады. Неғұрлым үлкен анықталмағандықтар жойылса, алынған ақпарат соғұрлым көп болады. Ақпараттардың және бастапқы энтропиялардың бұл сандық теңдігі, әрине осы ұғымдардың ұқсастықтарын білдірмейді. Олар тек ұқсас қана емес, сонымен бірге бір-біріне қарама-қарсы да; өйткені ақпарат жай энтропияға ғана емес, жойылған энтропияға да тең.

Энтропия ұғымы хабарлар мен дабылдарға ғана емес, сонымен бірге хабарлар көздеріне де қолдануға қолайлы.

Егер әртүрлі хабарлардың $\{u\}$ жиынына иелік ететін қандай да бір дерек көзі, тиісінше p_1, p_2, \dots, p_m ықтималдықтармен жекелеген



28-сурет. H -тың p -ға тәуелділігі

хабарлар байланысы жүйесіне келіп түсетін болса (немесе байланыс жүйесін «жүктейді» деп айтылатындай), онда мұндай жағдайда хабарлар көзінің энтропиясы деп айтуға болады. Бұл ретте байланыс жүйесіне кіретін жекелеген хабарлардың пайда болу ықтималдығы хабарлар көзінің статистикалық қасиеттерімен беріледі.

Егер дерек көзі жекелеген хабарды әртүрлі ықтималдықпен беретін болса, онда оның энтропиясы бір хабарлардың пайда болу үлкен ықтималдығына қарағанда аз болады. Керісінше, байланыс жүйесіне кіретін әртүрлі хабарлардың пайда болу тең ықтималдығы кезінде олардың дерек көздерінің энтропиясы барынша үлкен болады. Мысалы, егер оның әрбір бетінде ақиқаты оқырмандарға белгілі жай қайталанатын кітап, хабар беру көзі болып саналса, онда ол бұл ретте аз ақпарат алатын болады; сондықтан осындай кітап төмен энтропияға ие болады. Керісінше, егер кітаптың әрбір тарауы, әрбір параграфы қандай да бір жаңалықтан тұрса, онда ол үлкен энтропияға ие болады.

Дискреттік дабылдар беруге арналған құралдардың жиынтығы *дискреттік арна* деп аталады. Осындай арналар, мысалы, деректерді беру кезінде, телеграфтарда, радиолокацияларда кеңінен қолданылады.

z_1, z_2, \dots, z_r хабарлар көзі (алғашқы алфавит) белгілерінің алфавит белгілерінің тізбектілігінен тұратын дискреттік хабар кодтайтын құрылғыда символдардың тізбектілігіне түрленеді. u_1, u_2, \dots, u_m символдар алфавитінің (қайталама алфавит) m көлемі, негізінен, белгілер алфавитінің l көлемінен кіші болады, бірақ олар сәйкес келмеуі де мүмкін.

Ақпараттарды тасымалдағыштың белгілі бір параметрін дискретті өзгерту – манипуляция үдерісінде алынатын қарапайым дабыл символдың материалдық жүзеге асуы болып саналады. Қарапайым дабылдар байланыстардың нақты сызықтарымен жасалатын физикалық шектеулерді ескере отырып қалыптасады. Символдардың әрбір тізбектілігін манипуляциялау нәтижесінде күрделі дабыл сәйкестікке келеді. Күрделі дабылдардың жиыны түпкі болып саналады. Олар қарапайым дабылдардың санымен, құрамымен және өзара орналасуымен өзгешеленеді.

«Қарапайым дабыл» және «символ» терминдері «күрделі дабыл» және «символдардың тізбектілігі» сияқты алдағы уақытта синонимдер ретінде пайдаланылатын болады.

Арнаның ақпараттық моделі оған кірерде және шығарда кедергілермен, символдар жиынымен және жекелеген символдарды беруде ықтималдық қасиеттерін сипаттау жолымен беріледі. Жалпы жағдайда арна жай-күйлер жиынына ие болуы және уақыттың өтуімен бір күйден екінші күйге ауысуы мүмкін.

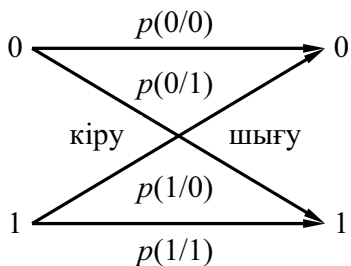
Әрбір жағдайда арна u_i берілген символ шығарда v_j символ ретінде қабылданатындығы туралы $p(v_j/u_i)$ шартты ықтималдықтар матрицасымен сипатталады. Нақты арналардағы ықтималдықтардың мәні әртүрлі факторларға: символдардың физикалық тасымалдаушылары болып саналатын (энергия, модуляция түрі және т.б.) дабылдар қасиеті, арнаға әсер ететін кедергілердің сипаты мен қарқындылығы, қабылдау жағындағы дабылды анықтау тәсілі.

Арнаның уақытқа **өту ықтималдықтарының** тәуелділіктері бар кезде (бұл тәжірибеде бүкіл нақты арналарға тән болып саналады), ол стационарлық емес байланыс арнасы деп аталады. Егер бұл тәуелділік айтарлықтай болмаса, өтпелі ықтималдықтар уақытқа тәуелді емес болатын стационар арна түріндегі модель пайдаланады. Стационар емес арна әртүрлі уақыт интервалдарына сәйкес келетін стационар арналардың қатарымен берілуі мүмкін.

Арна, егер арнаның аталған күйлердегі өтпелі ықтималдықтары оның алдындағы күйлеріне қатысты болса, «*жадысы бар*» деп аталады. Егер өтпелі ықтималдықтар тұрақты болса, яғни арна бір ғана күйге ие болса, ол *жадысыз стационар арна* деп аталады. Кірердегі және шығардағы әртүрлі символдардың саны бірдей және k -ға тең болатын байланыстар арнасы k -лік арна болып түсіндіріледі.

Жадысыз стационар дискреттік екілік арна біржақты түрде төрт шартты ықтималдықтармен анықталады: $p(0/0)$, $p(1/0)$, $p(0/1)$, $p(1/1)$. Арнаның осындай моделін 29-суретте көрсетілген бағана түрінде бейнелеу қабылданған, мұндағы $p(0/0)$ и $p(1/1)$ – символдардың бұрмаланбай берілу ықтималдықтары, ал $p(0/1)$ и $p(1/0)$ – сәйкесінше 0 және 1 символдардың бұрмалану (трансформация) ықтималдықтары.

Егер символдарды бұрмалау ықтималдығын тең деп қабылдайтын болсақ, яғни $p(0/1) \approx p(1/0) = q$ болса, онда мұндай арна *екілік симметриялық арна* деп аталады [$p(0/1) \neq p(1/0)$ кезінде арна *симметриялы емес* деп аталады]. Оның шығардағы символдары p ықтималдықпен дұрыс қабылданады және $1 - p = q$ ықтималдықпен теріс қабылданады. Математикалық модель оңайлатылады.

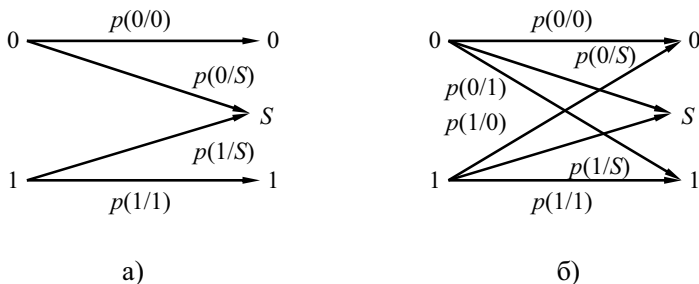


29-сурет. Арнаның моделі бағана түрінде

Осы арна, атап айтқанда, өзінің тәжірибелік мәнділігінен ғана емес (көптеген нақты арналарды ол тым жуықтап сипаттайды), математикалық сипаттаудың қарапайымдылығынан өте қарқынды зерттелді.

Соңғы уақыттарда көбірек маңызға ие болып отырған арнаның тағы бір моделін атап өту қажет. Бұл өшіретін дискретті арна. Оған мыналар тән болып саналады: шығатын символдардың алфавиті кіретін символдардың алфавитінен өзгешеленеді. Бұрын айтылғандай кірердегі 0 және 1 символдары, ал арнадан шығарда, арна тең негізгі бірлікке, сол сияқты нөлге жатқызылуы мүмкін күйі тіркеледі. Осындай символ орнында нөл де, бір де қойылмайды: оның күйі S өшіру қосымша символымен белгіленеді. Декодтау кезінде қателікпен анықталғанға қарағанда осындай символдарды түзету айтарлықтай жеңіл болады.

30-суретте символдарды трансформациялауда (30 а-сурет) жок болу кезіндегі және (30 б-сурет) бар болу кезіндегі өшіретін арнаның



30-сурет. Символдарды трансформациялау кезіндегі өшіретін арнаның модельдері

модельдері келтірілген.

Дискретті байланыс арнасын сипаттай отырып, берілу жылдамдықтарының екі ұғымы пайдаланылады: техникалық және ақпараттық.

Сондай-ақ, манипуляциялар жылдамдығы деп аталатын V_T берілудің техникалық жылдамдығы болып уақыт бірлігінде арна бойынша берілетін қарапайым дабылдардың (символдардың) саны түсіндіріледі. Ол байланыс сызықтарының қасиеттерінің және арна аппаратураларының тез әрекет етуіне тәуелді болады.

Символдардың ұзақтықтарындағы мүмкін айырмашылықтарын ескергендегі оның жылдамдығы

$$V_T = 1/\tau_{\text{орт}},$$

мұндағы, $\tau_{\text{орт}}$ – символ ұзақтығының орташа мәні.

Бүкіл берілетін символдардың t ұзақтығы кезінде $\tau_{\text{орт}} = \tau$. Бір секунд ішінде бір символ берілетін жылдамдық – *бод* техникалық жылдамдықты өлшеу бірлігі болып пайдаланылады.

Ақпараттық жылдамдық немесе *ақпараттарды беру жылдамдығы* уақыт бірлігінде арна бойынша берілетін ақпараттардың орташа санымен анықталады. Ол аталған байланыс арнасының сипаттамасына, сол сияқты пайдаланылатын символдар алфавитінің көлеміне, оларды берудің техникалық жылдамдығына, сызықтардағы кедергілердің статистикалық қасиеттеріне және кіруге келіп түсетін символдардың ықтималдықтарына және олардың статистикалық өзара байланыстарына қатысты болады.

V_T манипуляцияларының белгілі жылдамдықтары кезінде $I(V,U)$ арна бойынша ақпараттарды беру жылдамдығы мына арақатынаспен беріледі.

$$(V,U) = V_T I(V,U), \quad (97)$$

мұндағы, $I(V,U)$ – бір символмен тасымалданатын ақпараттардың орташа саны.

Үзіліссіз дабылдарды беру үшін пайдаланатын арналарды үзіліссіз деп атау қабылданған. Осындай арналар әлі күнге дейін кеңінен қолдануда, мысалы, телефон байланыстары, радиохабарын тарату техникасында.

Нақты үзіліссіз арналар, сипаттамалары кездейсоқ түрде уақыт ішінде өзгеретін күрделі инерциялық сызықтық емес объектілер болып көрінеді.

Осындай арналарды талдау үшін күрделілігі мен дәрежелері әртүрлі деңгейлердегі математикалық модельдер әзірленеді. Неғұрлым кең тарау алған модельдер - бұл гаусс арнасының түрлері.

Мынадай рұқсат бойынша құрылған нақты арнаның математикалық моделі *гаусс арнасы* болып түсіндіріледі:

- арнаның негізгі физикалық параметрлері белгілі детерминацияланған шамалар болып саналады;
- арнаның өткізу жолағы F_k герц жиілікпен шектелген;
- арнада аддитивті гаусс ақ шуылы қолданылады – қалыпты жиілік спектрімен және амплитудалардың қалыпты бөлінуімен шектелген қуаттардың аддитивті флюктуацияланған кедергісі.

Сондай-ақ, арна бойынша тұрақты қуаты орташа дабылдар беріледі деп жорамалданады, дабылдар мен шуыл арасындағы статистикалық байланыстар жоқ, дабыл мен кедергілер спектрі екі арнаны өткізу жолағымен шектелген.

Арнаның ақпараттық сипаттамаларын (берілу жылдамдығы, өткізу қабілеті, пайдалану коэффициенті) қарастыру кезінде гаусс арнасына назар аударылатын болады.

Үзіліссіз арна бойынша ақпараттарды беру жылдамдығы – бұл $u(t)$ берілгенге қатысты орта есеппен уақыт бірлігінде $v(t)$ қабылданған үзіліссіз дабылдармен берілетін ақпараттар саны.

Өйткені арнаны өткізу жолағы әрқашанда шектелген, біршама қателікпен T уақыттың аса ұзақ интервалында үзіліссіз хабарлар, санаулар тізбектіліктерімен берілуі мүмкін. Ақпараттарды дискретизацияланған дабылмен берудің $I(VU)$ орташа жылдамдықтары үшін кедергілердің әсерімен шарттасылған (обусловленное), санаулар мен жаңғыртудың түпкі шынайлығы арасындағы корреляциялық байланыстардың бар болуын ескере отырып мынаны аламыз:

$$\tilde{I}(V, U) = I(V, U)/T, \quad (98)$$

мұндағы $I(VU)$ формуламен анықталады:

$$I(Z, U) = \iint_{ZU} p(Z, U) \log \frac{p(Z, U)}{p(Z)p(U)} dZdU$$

p – ықтималдықтарды бөлу тығыздықтары

T ұзақтығының ұлғаюына қарай бұл жылдамдық өсе береді,

өйткені әрбір жаңа санау кезінде оны жүзеге асыру нақтыланады. $T \rightarrow \infty$ кезіндегі шекте N -өлшемдік бөлу шексіз өлшемділікке айналады және (98) форма үзіліссіз арна бойынша ақпараттарды берудің жылдамдығын анықтайды:

$$\bar{I}(VU) = \lim_{T \rightarrow \infty} \tilde{I}(VU)$$

$T \rightarrow \infty$ кезіндегі шекке ауысу сондай-ақ бүкіл мүмкін дабылдар бойынша орташа жылдамдықтарды білдіреді.

Кіретін дабылдардың әртүрлі ансамбльдері белгілі статистикалық қасиеттерімен кедергілерге зиянды әсер ету дәрежесі әртүрлі болады. Осының салдары және ақпараттарды беру жылдамдығының мәні әртүрлі.

Теория мен практика үшін нақты байланыс арнасы бойынша ақпараттарды берудің жылдамдығын қандай жолмен және қандай шекке дейін арттыруға болатынын анықтау маңызды болып саналады. Ақпараттарды беру бойынша арнаның шекті мүмкіндіктері оның өткізу қабілетімен сипатталады.

C_d арнасының өткізу қабілеті ақпараттарды беру мен қабылдаудың аса жетілген тәсілдері кезінде оған жетуге болатын аталған арна бойынша ақпараттарды берудің ең жоғары жылдамдықтарына тең.

Символдардың берілген алфавиті мен арнаның тіркелген негізгі сипаттамалары (мысалы, жиіліктер жолағы, ақпараттар беру үшін орташа және жоғарғы қуаттылығы) кезінде қалған сипаттамалар ол бойынша қарапайым дабылдарды берудің ең үлкен жылдамдығын қамтамасыз етуі, яғни V_T ең үлкен мәнін қамтамасыз ететіндей болып таңдалуы тиіс. $I(V, U)$ қабылданған арнаның бір символына келетін ақпараттардың ең көп орташа саны $u_1 \dots u_r \dots u_m$ символдар арасындағы ықтималдықтарды бөлудің жиынымен анықталады.

Арнаның өткізу қабілеті арна бойынша ақпараттарды беру жылдамдығы сияқты ақпараттардың бір секундтағы (екілік бірлік/с) екілік бірліктерінің санымен өлшенеді.

Өйткені кедергінің жоқ болу кезіндегі арнадан шығардағы $\{v\}$ символдары мен оның кірердегі $\{u\}$ символдары арасындағы өзара-біржақты сәйкестік орын алатын болады, онда $I(V, U) = I(U, V) = H(U)$. Символдағы ақпараттардың мүмкін санының максимумы $\log m$ тең, мұндағы m – символдар алфавитінің көлемі және одан кедергілерсіз дискреттік арнаның өткізу қабілеті шығады:

$$C_d = V_T \log m. \quad (99)$$

$$C_d = \max \bar{I}(V, U) = \max V_T I(V, U).$$

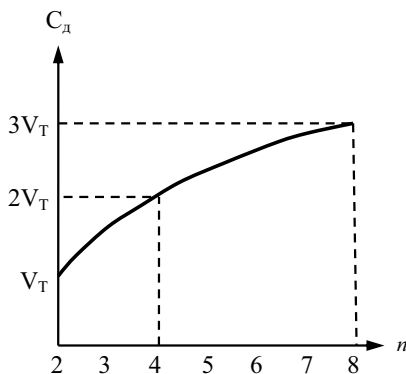
Демек кедергілерсіз дискретті арна бойынша ақпараттар берудің жылдамдығын арттыру және арнаның k өткізу қабілетіне жақындау үшін хабар әріптерінің тізбектілігі, оның шығатын тізбектілігіндегі әртүрлі символдар тең ықтималдық мүмкіндіктері бойынша пайда болатындай, ал олардың арасындағы статистикалық байланыс жоқ болатындай түрде кодерде осындай түрлендіруге тартылуы тиіс. Егер кодтауды олардың асимптоталық тең ықтималдығы туралы теорема дұрыс болған кезде осындай ұзындықтағы блоктармен жүзеге асыруға болса, әріптердің кез келген эргодикалық тізбектілігі үшін оның орындалатыны дәлелденген.

m символдары алфавитінің көлемін кеңейту, арнаның өткізу қабілетін арттыруға әкеледі (31-сурет), бірақ техникалық жүзеге асыру күрделілігі артатын болады.

Кедергілер бар кезде арнаға кірердегі және шығардағы символдар жиындар арасындағы сәйкестіктің біржақты болуын тоқтатады. Арна бойынша бір символмен берілетін $I(V, U)$ ақпараттардың орташа саны бұл жағдайда мынадай арақатынастарымен анықталады

$$I(V, U) = H(V) - H_U(V) = H(U) - H_V(U) \quad (100)$$

Егер символдар арасындағы статистикалық байланыстар жоқ болса, байланыс желілерінен шығардағы дабыл энтропиясы мынаған тең болады:



31-сурет. Символдар алфавитінің көлемін кеңейту

$$H(V) = -\sum_{j=1}^m p(v_j) \log p(v_j) \quad (101)$$

Статистикалық байланыстар болған кезде энтропияны Марков тізбектерін пайдалану арқылы анықтайды. Өйткені осындай анықтау алгоритмі анық болып саналады және баяндауды, қиын формулалармен күрделендірудің қажеттілігі жоқ.

Апостериорлық энтропия қателерінің пайда болу салдарынан берілетін ақпараттар санының азаюын сипаттайды. Ол байланыс арналарынан кірерде түсетін символдар тізбектілігінің статистикалық қасиеттеріне, кедергілердің зиянды әсерін көрсететін өтпелі ықтималдықтардың жиынтығына қатысты болады.

Егер u кіру символдары алфавитінің көлемі m_1 -ге тең болса, ал v - m_2 шығу символдары болса, онда

$$H_v(V) = -\sum_{i=1}^{m_1} \sum_{j=1}^{m_2} p(v_j u_i) \log p(v_j / u_i) \quad (102)$$

(101) және (102) формуланы (100) формулаға ауыстырып қойып және күрделі емес түрлендіру жасау жолымен, мынаны аламыз:

$$I(V, U) = \sum_{i=1}^{m_1} \sum_{j=1}^{m_2} p(v_j u_i) \log \frac{p(v_j u_i)}{p(v_j) p(u_i)} \quad (103)$$

Кедергілермен арна бойынша ақпараттарды бөлу жылдамдығы:

$$\bar{I}(V, U) = V_T \sum_{i=1}^{m_1} \sum_{j=1}^{m_2} p(v_j u_i) \log \frac{p(v_j u_i)}{p(v_j) p(u_i)} \quad (104)$$

Арнаның берілген техникалық сипаттамалары кезінде V_T манипуляциялардың жылдамдығы шекті ұйғарымды деп санай отырып, $I(V, U)$ шаманы түрлендіргіш (арна кодері) арқылы арнаға кірердегі символдар тізбектіліктерінің статистикалық қасиеттерін арттыруға болады. Бұл ретте алынатын арна бойынша ақпараттар беру жылдамдығының C_d шекті мәні кедергілері бар дискреттік байланыс арналарының *өткізу қабілеті* деп аталады:

$$C_d = \max_{p(u)} V_T \bar{I}(V, U) \quad (105)$$

мұндағы, $p\{u\}$ – кіретін дабылдар ықтималдықтардың мүмкін бөліну жиыны.

Кедергілердің болуы кезінде арнаның өткізу қабілеті қателік жіберудің қанша болмасын өз ықтималдығымен берілуі мүмкін уақыт бірлігіндегі ақпараттардың ең үлкен санын анықтайды.

Хабарлар көздерінің әріптерін сол жағдайда ұзын тізбектіліктердің асимптотикалық тең ықтималдары туралы теорема дұрыстығын көрсететін, осындай ұзындықтағы блоктармен эргодикалық тізбектілікті кодтау арқылы кедергілермен байланыс арналарының өткізу қабілетіне жақындай аламыз.

Блоктардың ұзындығы шексіз болған кездегі шекте ғана қателіктердің болу аз ықтималдықтарына қолжеткізуге болады.

Кодталатын блоктарды ұзарту кезінде кодталатын және декодталатын құрылғыларды техникалық жағынан жүзеге асыру барған сайын күрделене түседі және хабарлар беруде блокта әріптердің қажетті сандарын жинақтау қажеттілігімен шарттасылған кешіктірулер орын алады. Тәжірибеде ұйғарымды күрделендірулер шеңберлерінде кодтау кезінде екі мақсат көзделуі мүмкін: я ақпараттарды берудің берілген жылдамдығы кезінде ең аз қателіктер жіберуді қамтамасыз етуге ұмтылады, я берілген сенімділік (анықтық) кезінде – арнаның өткізу қабілетіне жақындайтын хабарларды беру жылдамдығына жетуге ұмтылады.

Арнаның шекті мүмкіндіктері ешқашан да толық пайдаланылмайды. Оның жүктелу дәрежесі *арнайы пайдалану коэффициентімен* сипатталады:

$$\lambda = I(Z)/C_d \quad (106)$$

мұндағы, $I(Z)$ – хабарлар беру көзінің өнімділігі; C_d - байланыс арнасының өткізу қабілеті.

Өйткені, кейін көрсетілгендей, $0 \leq I(Z) \leq C_d$, шектерінде дерек көздерінің өнімділігін өзгерту кезінде, арна қалыпты жұмыс істемеуі мүмкін, λ теориялық тұрғыда 0-ден 1-ге дейін өзгереді.

Белгілі техникалық сипаттарымен үзіліссіз арна бойынша ақпараттар берудің ең жоғарғы мүмкін C_n жылдамдығы *үзіліссіз арнаның өткізу қабілеті* деп аталады:

$$C_n = \max_{p(u)} \bar{I}(VU) \quad (107)$$

мұндағы, максимум кіретін дабылдардың бүкіл мүмкін ансамбльдері бойынша табылады.

Гаусс арнасы бойынша ақпараттар берудің жылдамдығын анықтаймыз. Гаусс арнасы бойынша $\{u_T(t)\}$ ансамбльден P_u орташа қуатпен, σ_u^2 дисперсияларға тең, $v_T(t)$ үзіліссіз дабыл беріледі. Арнадан шығарда, $\xi(t)$ гаусс кедергісімен бұрмаланған, орташа қуаты $P_\xi (P_\xi = \sigma_\xi^2)$ болып белгіленетін, $\{v_T(t)\}$ ансамбльден $v_T(t)$ дабыл аламыз.

$\Delta t = 1/(2F_K)$ интервалдар арқылы алынған санау тізбектіліктерімен, аз қателік жібере отырып, $u_T(t)$ және $v_T(t)$ -ны ауыстыру мүмкін болса, $u_T(t)$ дабылдың T ұзақтығы аса жоғары болады деп санайтын боламыз, мұндағы F_K - арнаның өткізу жолағы.

Формулаға (100) сәйкес, $v_T(t)$ дабылмен берілетін ақпараттардың орташа саны үшін өрнек мынадай түрге ие болады.

$$I(V, U) = H(V) - H_U(V) \quad (108)$$

мұндағы, $H(V)$ және $H_U(V) - V_1, V_2, \dots, V_N$ кездейсоқ шамалары құраушылар болып саналатын N – өлшемдік, V – кездейсоқ вектордың априорлық және апостериорлық энтропиясы.

Өйткені арнадағы кедергі аддитивті және кіретін дабылмен статистикалық тұрғыдан байланысты емес, мынадай теңдік дұрыс болады:

$$H_U(V) = H_U(U + \Xi) = H(\Xi) \quad (109)$$

Формуладағы (109) $H(\Xi)$ шама $\Xi_1, \Xi_2, \dots, \Xi_w$ кездейсоқ шамалар оның құраушылары болып саналатын, N өлшемдік кездейсоқ вектордың Ξ кедергілерінің энтропиясы болып көрінеді.

Санаулар мезеттеріндегі ақ шуылдың мәні корреляцияланбайтын болатынын ескере отырып, былай жазамыз:

$$H(\Xi) = 2F_K \text{Th}(\xi), \quad (110)$$

мұндағы, $h(\xi)$ – кедергілердің бір саналатын мәнінің дифференциалды энтропиясы.

Қалыпты болумен және σ_ξ^2 дисперсиялармен болатын кедергілер үшін құрайды.

$$h(\xi) = \log \sigma_\xi^2 \sqrt{2\pi e} = \frac{1}{2} \log 2\pi e P_\xi. \quad (111)$$

$u_T(t)$ кіретін атқарымдардың санау мәнін тәуелсіз деп санайтын

боламыз. Оған кедергілердің тәуелсіз мәндерінің әсер етуі кезінде $V_T(t)$ шығатын дабылдардың санау мәні, сондай-ақ тәуелсіз болады.

Сол уақытта $H(V)$ -ты шығу дабылының бір санауының $h(V)$ дифференциалды энтропиясы арқылы көрсететін боламыз:

$$H(V) = 2F_k Th(V) \quad (112)$$

(4.32) және (4.33)-ті (4.29)-ға ауыстырып қойып, мынаны аламыз:

$$I(VU) = 2F_k T \left[h(V) - \frac{1}{2} \log 2\pi e \sigma_\xi^2 \right] \quad (113)$$

Тиісінше үзіліссіз байланыс арнасы бойынша ақпараттар берудің жалдамдығы:

$$\bar{I}(VU) = 2F_k \left[h(V) - \frac{1}{2} \log 2\pi e \sigma_\xi^2 \right] \quad (114)$$

Енді гаусс арнасының өткізу қабілетін анықтаймыз. (114) өрнекте $h(V)$ -ның ең жоғары мәні қамтамасыз етілетін, кіру дабылдарының ансамблін табамыз.

Өйткені шығу дабылдары, орташа қуаты шектелген, кіру дабылдары мен кедергілерін қосындылау нәтижесінде пайда болады, сондықтан шығу дабылдарының орташа қуаты шектелген. Осындай дабылдар үшін V -ны қалыпты заң бойынша бөлген кезде $h(V)$ ең үлкен мәні алынады. Сондай-ақ, екі қалыпты бөлінген кездейсоқ шамалардың қосындысы, суммарлық дисперсиямен бөлудің сондай атқарымына ие болатыны белгілі. Осыдан мынадай қорытынды шығады: ξ қалыпты бөлінген кедергі кезінде V шығу дабылы u қалыпты бөлінген кіру дабылы кезінде ғана қалыпты заң бойынша бөлінетін болады.

$h(V)$ энтропиялардың ең үлкен мәніне, демек ақпараттарды берудің ең үлкен жылдамдығына қалыпты центрленген кездейсоқ дабылдарды пайдаланған кезде ғана жетуге болады. Берілген орташа қуаты кезіндегі дабылдың центрленушілігі дисперсияның ең үлкен мәніне сәйкес келеді.

Олар сондай-ақ кең және бірқалыпты энергетикалық спектрге ие болуы тиіс, өйткені осындай жағдайда ғана санаулардың тәуелсіздігі туралы айтуға болады.

Осылайша, арнаның мүмкіндіктерін неғұрлым толық пайдалану үшін берілетін дабыл кедергілер қасиеттеріне ие болуы тиіс, яғни шуыл тәрізді болуы қажет.

Дифференциалды энтропиялардың ең үлкен шамасы:

$$h(V) = -\log 2\pi e(\sigma_u^2 + \sigma_\xi^2) = \frac{1}{2} \log 2\pi e(P_u + P_\xi) \quad (115)$$

(115)-ті (114)-ке ауыстырып қайып, гаусс арнаның өткізу қабілеттері үшін мынадай формула аламыз:

$$C_H = F_k \log 2\pi e(\hat{P}_u + \hat{P}_\xi) - \log 2\pi e P_\xi = F_k \log(1 + P_u/P_\xi).$$

Гаусс арнасының өткізу қабілеті F_k өткізу жолақтарының еніне қалай тәуелді болатынын анықтаймыз.

(116) формуладан бұл тәуелділіктің сызықтық еместігі шығады, өйткені FK сондай-ақ кедергілердің қуатына әсер етеді. Ақ шуылдың энергетикалық спектрінің бірқалыптылығын ескере отырып, оның P_ξ қуатын P_0 үлестік қуаты арқылы жиілік бірлігінде көрсетеміз.

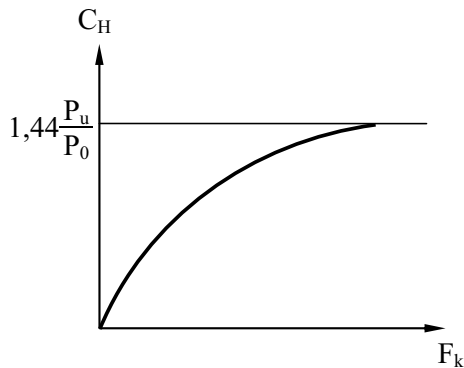
(116) формуласы мынадай әртүрге ие болады:

$$C_H = F_k \log_2 [1 + P_u / (P_0 F_k)] \quad (116)$$

Оның өткізу жолақтарын шектеусіз кеңейту кезінде арнаның өткізу қабілетінің өсуі C_M шекпен шектеледі:

$$C_M = \lim_{F_k \rightarrow \infty} C_H = \lim_{F_k \rightarrow \infty} \frac{\log_2 [1 + P_u / (P_0 F_k)]}{1/F_k}$$

$\gamma = 1/F_k$ деп белгілеп, Лопиталь ережесі бойынша $\gamma \rightarrow 0$ кезінде C_H шегін анықтаймыз:



32-сурет. $C_H = f(F_k)$ тәуелділік сипаты

$$C_M = 1,443 P_u / P_0.$$

$C_H = f(F_K)$ тәуелділік сипатын 32-суретте берілген график бойынша жорамалдауға болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

- Байланыс жүйелері үшін оның кіруінде қандай да бір хабарлардың қаншалықты жиі пайда болатыны мен олардың беретін дабылдары жүйе ішіндегі кедергілермен қаншалықты бұрмалатындығы ғана түбегейлі болып саналады.

- Тиісті дерек көздерінің ақпараттық сыйымдылығын, байланыстар арналарын немесе жадыларды толтыратын хабарлардан және дабылдардан тұратын ақпараттардың нақты санын анықтау үшін хабарлар мен дабылдардың өзіндік ерекшеліктерін ескеретіндей өлшем санын таңдап алу қажет.

- Осындай кодтау кезінде алынатын хабарларда және дабылдарда код алфавитінің әртүрлі символдары бірқалыпты пайдаланылмауы осы шектеулердің нәтижесі болып саналады: бір символдар жиі пайдаланылады, өзге символдар – сирек пайдаланылады.

- Егер дерек көзі жекелеген хабарды әртүрлі ықтималдықпен беретін болса, онда оның энтропиясы бір хабарлардың пайда болу үлкен ықтималдығына қарағанда аз болады. Керісінше, байланыс жүйесіне кіретін әртүрлі хабарлардың пайда болу тең ықтималдығы кезінде олардың дерек көздерінің энтропиясы барынша үлкен болады.

- Ақпараттарды тасымалдағыштың белгілі бір параметрін дискретті өзгерту манипуляция үдерісінде алынатын қарапайым дабыл символдың материалдық жүзеге асуы болып саналады. Қарапайым дабылдар байланыстардың нақты сызықтарымен жасалатын физикалық шектеулерді ескере отырып қалыптасады.

- Арнаның уақытқа өту ықтималдықтарының тәуелділіктері бар кезде (бұл тәжірибе де бүкіл нақты арналарға тән болып саналады), ол стационарлық емес байланыс арнасы деп аталады. Егер бұл тәуелділік айтарлықтай болмаса, өтпелі ықтималдықтар уақытқа тәуелді емес болатын стационар арна түріндегі модельді пайдаланады.

- Кодталатын блоктарды ұзарту кезінде кодталатын және декодталатын құрылғыларды техникалық жағынан жүзеге асыру барған сайын күрделене түседі және хабарлар беруде блокта әріптердің қажетті

сандарын жинақтау қажеттілігімен шарттасылған кешіктірулер орын алады.

СОӨЖ және СӨЖ тапсырмалары

1. Тақырып бойынша бақылау сұрақтарына жауап беру:

1. Ақпаратты өлшеу түсінігі.
2. Хабар, символ, алфавит дегеніміз не?
3. Байланыстың үзіліссіз және дискретті арналарының моделі қандай болады?
4. Байланыстың дискретті және үзіліссіз арналарының өткізгіштік қабілеті қалай анықталады?
5. Стационарлық емес байланыс арнасы дегеніміз не?
6. Үзіліссіз арна бойынша ақпараттарды беру жылдамдығы қалай табылады?
7. Гаусс арнасының өткізу қабілетін қалай анықтаймыз?

2. Тақырып бойынша тест тапсырмаларының сұрақтарына жауап беру:

1. Жүйедегі ену және шығу компонентінің анықтамасы:

- A) жүйеге түсетін немесе жүйеден шығатын матриалдар ағыны немесе мәліметтер ағыны
- B) жүйенің көптеген элементтері және олардың арасындағы өзара байланыс
- C) жүйенің жұмыс атқаруы ретінде u_1, u_2, \dots, u_N айнымалылар қатарында сипатталады
- D) жүйенің ену және шығу өзгерісін байланыстыратын функция $Y=F(X)$
- E) барлық берілген жауап дұрыс

2. Жүйе тәртібінің заңы компонентінің анықтамасы:

- A) жүйеге түсетін немесе жүйеден шығатын матриалдар ағыны немесе мәліметтер ағыны
- B) жүйенің көптеген элементтері және олардың арасындағы өзара байланыс
- C) жүйенің жұмыс атқаруы ретінде u_1, u_2, \dots, u_N айнымалылар қатарында сипатталады
- D) жүйенің ену және шығу өзгерісін байланыстыратын функция $Y=F(X)$
- E) барлық берілген жауап дұрыс

3. Жүйедегі мақсат және шектеу компонентінің анықтамасы:

- A) жүйеге түсетін немесе жүйеден шығатын матриалдар ағыны немесе мәліметтер ағыны
- B) жүйенің көптеген элементтері және олардың арасындағы өзара байланыс
- C) жүйенің жұмыс атқаруы ретінде u_1, u_2, \dots, u_N айнымалылар қатарында сипатталады
- D) жүйенің ену және шығу өзгерісін байланыстыратын функция $Y=F(X)$
- E) барлық берілген жауап дұрыс

4. **Жүйедегі салыстырмалы қасиетінің анықтамасы**

- A) жүйеге түсетін немесе жүйеден шығатын матриалдар ағыны немесе мәліметтер ағыны
- B) жүйенің көптеген элементтері және олардың арасындағы өзара байланыс
- C) жүйенің жұмыс атқаруы ретінде u_1, u_2, \dots, u_N айнымалылар қатарында сипатталады
- D) жүйенің ену және шығу өзгерісін байланыстыратын функция $Y=F(X)$
- E) қасиеті элементтер, өзара байланыстар, ену, шығу, мақсат және шектеулер құрамы зерттеушінің мақсатына тәуелді екендігін көрсетеді

5. **Жүйедегі бөлінгіштік қасиетінің анықтамасы:**

- A) әрқайсысын жеке қарастыруға болатын ішкі жүйелерден тұратын жүйені жеке бөліктер ретінде көруге болатынын білдіреді
- B) барлық жүйе мақсатының ішкі жүйе және элементтер мақсатымен бірге жұмыс істеуін білдіреді
- C) жүйенің жұмыс атқаруы ретінде u_1, u_2, \dots, u_N айнымалылар қатарында сипатталады
- D) жүйенің ену және шығу өзгерісін байланыстыратын функция $Y=F(X)$
- E) қасиеті элементтер, өзара байланыстар, ену, шығу, мақсат және шектеулер құрамы зерттеушінің мақсатына тәуелді екендігін көрсетеді

6. **Жүйедегі бүтінділік қасиетінің анықтамасы:**

- A) әрқайсысын жеке қарастыруға болатын ішкі жүйелерден тұратын жүйені жеке бөліктер ретінде көруге болатынын білдіреді
- B) барлық жүйе мақсатының ішкі жүйе және элементтер мақсатымен бірге жұмыс істеуін білдіреді
- C) жүйенің жұмыс атқаруы ретінде u_1, u_2, \dots, u_N айнымалылар қатарында сипатталады
- D) жүйенің ену және шығу өзгерісін байланыстыратын функция $Y=F(X)$
- E) қасиеті элементтер, өзара байланыстар, ену, шығу, мақсат және шектеулер құрамы зерттеушінің мақсатына тәуелді екендігін көрсетеді

7. **Сәйкес келу шартының ұғымы:**

- A) ЭАЖ-ге ақпаратты бір рет қана енгізіп, бірнеше мақсатта және бірнеше рет қолдану

- B) Өңдеу процестерінде және деректерде қателерді табу және өңдеу бойынша ЭАЖ-нің үздіксіз жұмысы
- C) АЖ-ге ақпараттардың көбісі қатаң жиілікте, кесте бойынша келіп түседі және өңделеді
- D) ЭАЖ-де өңделетін ақпараттар үшін жұмсалатын шығындар объектіде осы ақпаратты қолдану экономикалық ұтыстан аз болмау керек
- E) ЭАЖ берілген тиімділікпен объектінің жұмыс істеуін қаматамасыз ету керек. Тиімділік критерийі сандық түрде болу қажет

8. Үнемділігі шартының ұғымы:

- A) ЭАЖ-ге ақпаратты бір рет қана енгізіп, бірнеше мақсатта және бірнеше рет қолдану
- B) Өңдеу процестерінде және деректерде қателерді табу және өңдеу бойынша ЭАЖ-нің үздіксіз жұмысы
- C) ЭАЖ-ге ақпараттардың көбісі қатаң жиілікте кесте бойынша келіп түседі және өңделеді
- D) ЭАЖ-де өңделетін ақпараттар үшін жұмсалатын шығындар объектіде осы ақпаратты қолданудағы экономикалық пайдадан аз болмау керек
- E) ЭАЖ берілген тиімділікпен объектінің жұмыс істеуін қаматамасыз ету керек. Тиімділік критерийі сандық түрде болу қажет

9. Регламенттілік (Түпнұсқалық) шартының ұғымы:

- A) ЭАЖ-ге ақпаратты бір рет қана енгізіп, бірнеше мақсатта және бірнеше рет қолдану
- B) Өңдеу процестерінде және деректерде қателерді табу және өңдеу бойынша ЭАЖ-нің үздіксіз жұмысы
- C) ЭАЖ-ге ақпараттардың көбісі қатаң жиілікте, кесте бойынша келіп түседі және өңделеді
- D) ЭАЖ-де өңделетін ақпараттар үшін жұмсалатын шығындар объектіде осы ақпаратты қолдану экономикалық ұтыстан аз болмау керек
- E) ЭАЖ берілген тиімділікпен объектінің жұмыс істеуін қаматамасыз ету керек. Тиімділік критерийі сандық түрде болу қажет

10. Өзіндік бақылау шартының ұғымы:

- A) ЭАЖ-ге ақпаратты бір рет қана енгізіп, бірнеше мақсатта және бірнеше рет қолдану
- B) Өңдеу процестерінде және деректерде қателерді табу және өңдеу бойынша ЭАЖ-нің үздіксіз жұмысы
- C) ЭАЖ-ге ақпараттардың көбісі қатаң жиілікте, кесте бойынша келіп түседі және өңделеді
- D) ЭАЖ-де өңделетін ақпараттар үшін жұмсалатын шығындар объектіде осы ақпаратты қолдану экономикалық ұтыстан аз болмау керек
- E) ЭАЖ берілген тиімділікпен объектінің жұмыс істеуін қаматамасыз ету керек. Тиімділік критерийі сандық түрде болу қажет

11. **Интегралдылығы шартының ұғымы:**

- A) ЭАЖ-ге ақпаратты бір рет қана енгізіп, бірнеше мақсатта және бірнеше рет қолдану
- B) Өңдеу процестерінде және деректерде кателерді табу және өңдеу бойынша ЭАЖ-нің үздіксіз жұмысы
- C) ЭАЖ-ге ақпараттардың көбісі қатаң жиілікте, кесте бойынша келіп түседі және өңделеді
- D) ЭАЖ-де өңделетін ақпараттар үшін жұмсалатын шығындар, объектіде осы ақпаратты қолдану экономикалық ұтыстан аз болмау керек
- E) ЭАЖ берілген тиімділікпен объектінің жұмыс істеуін қаматамасыз ету керек. Тиімділік критерии сандық түрде болу қажет

12. **Бейімділігі шартының ұғымы:**

- A) ЭАЖ-ге ақпаратты бір рет қана енгізіп, бірнеше мақсатта және бірнеше рет қолдану
- B) Өңдеу процестерінде және деректерде кателерді табу және өңдеу бойынша ЭАЖ-нің үздіксіз жұмысы
- C) Сыртқы жағдайлардың өзгерісі кезінде оңтайлы нәтиже алу үшін ЭАЖ тәртіп заңдылығы мен өзінің құрылымын өзгерте алуға икемділігі
- D) ЭАЖ-де өңделетін ақпараттар үшін жұмсалатын шығындар объектіде осы ақпаратты қолдану экономикалық ұтыстан аз болмау керек
- E) ЭАЖ берілген тиімділікпен объектінің жұмыс істеуін қаматамасыз ету керек. Тиімділік критерии сандық түрде болу қажет

13. **Жүйелік талдау деп**

- A) Элементтер мен ішкі жүйелер байланыстарының жалпы объект қасиетіне ықпал етуін анықтау мақсатымен ішкі жүйелер мен элементтер қарастырылатын күрделі объектілерді талдау тәсілі аталады
- B) Өңдеу процестерінде және деректерде кателерді табу және өңдеу бойынша ЭАЖ-нің үздіксіз жұмысы
- C) Сыртқы жағдайлардың өзгерісі кезінде оңтайлы нәтиже алу үшін ЭАЖ тәртіп заңдылығы мен өзінің құрылымын өзгерте алуға икемділігі
- D) ЭАЖ-де өңделетін ақпараттар үшін жұмсалатын шығындар, объектіде осы ақпаратты қолдану экономикалық ұтыстан аз болмау керек
- E) ЭАЖ берілген тиімділікпен объектінің жұмыс істеуін қаматамасыз ету керек. Тиімділік критерии сандық түрде болу қажет

14. **Қазіргі кезде жүйелік талдау синтетикалық пәнді білдіреді. Оның құрамына мыналар кіреді:**

- A) информатика, математикалық бағдарламалау
- B) информатика, математикалық бағдарламалау, имитациялық үлгілеу
- C) информатика, имитациялық үлгілеу
- D) имитациялық үлгілеу, математикалық бағдарламалау
- E) берілген жауаптардың арасында дұрысы жоқ

15. **Қазіргі уақытта қандай жүйелік түсінік қалыптасқан:**
- A) жүйелік талдау
 - B) жүйелік әдіс
 - C) жүйелік талдау, жүйелік әдіс, жүйелер теориясы
 - D) жүйелер теориясы
 - E) берілген жауаптардың арасында дұрысы жоқ
16. **Үлгінің құрылымдық синтезі жүйенің құрылуы мен қызмет етуін бейнелейтін математикалық үлгілерді таңдаудан тұрады. Көбінесе мына үлгілер таңдалады:**
- A) талдау және әдіс
 - B) әдіс және алгоритм
 - C) талдау және теориясы
 - D) алгоритмдік және имитациялық
 - E) әдіс, теория, алгоритм
17. **Параметрлер идентификациясы олардың сандық мәндерін құрудан тұрады. Ол объектідегі қандай тәжірибелер барысында алынған?**
- A) пассивті
 - B) активті
 - C) эмпирикалық
 - D) имитациялық
 - E) активті және пассивті
18. **Объектідегі активті немесе пассивті тәжірибелер барысында алынған мәліметтер қандай өңдеумен жүзеге асырылады?**
- A) компьютерлік және эксперттік
 - B) компьютерлік
 - C) эксперттік
 - D) алгоритмдік
 - E) әдістік
19. **Нормалау дегеніміз не?**
- A) талдау және әдіс
 - B) бейімделушілікті қаматамасыз ететін БАЖ ҰТЖ-ң тікелей құрамды бөлігі
 - C) талдау және теория
 - D) алгоритмдік және имитациялық
 - E) әдіс, теория, алгоритм
20. **Активті тәжірибелер немен орындалатын белгілі технологиялық процестер үшін қолданылады?**
- A) персонал
 - B) құрал-жабдықпен
 - C) персонал және құрал-жабдықпен
 - D) ұжымдық
 - E) жеке

10-ТАҚЫРЫП. ФИЗИКАЛЫҚ ДЕНГЕЙДЕГІ АҚПАРАТТЫҚ ҮДЕРІСТЕР

Дәрістің мәнмәтіні

Мақсаты: Физикалық деңгейдегі ақпараттық үдерістерді қарастыру

Дәріс жоспары

1. Модуляция және демодуляция рәсімдерінің атқаратын қызметі және мазмұны
2. Модуляцияның әр түрлерінің кедергіге төзімділігі бойынша салыстырмалы сипаттамалары
3. Модуляцияның цифрлық әдістері

Негізгі түсініктер: модуляция, демодуляция, импульстік, дискреттік, цифрлық, девиация, шектеуіш

Тақырыптың мазмұны: Хабар дабылдар көмегімен беріледі. Қарапайым жағдайлардағы хабар қабылдаған дабыл болуы (болмауы) мүмкін. Бұл ретте дабылды *анықтау* есебін шешу қажет. Көптеген жағдайларда берілетін дабылдардың түрі күні бұрын белгілі және хабарды қабылдау, мүмкін дабылдардың қайсысы берілгендігін анықтау болып табылады. Сол уақыттағы есеп дабылдарды ажырата білуден тұрады. Егер дабылдар кейбір интервал ішінде тұрақты болып саналатын олардың параметрлерінің мәндерімен өзгешеленсе, онда *дабыл параметрлерінің бағасын* алу қажет. Хабар параметрлердің өзгерулерінен, яғни олардың лездік (жергілікті) мәндерінен тұруы мүмкін. Сол уақытта хабар алу үшін дабыл параметрлерін сүзгіден өткізуді орындау қажет болады. Сүзгіден өткізу міндеті, негізінен, параметрлерді бағалауға қарағанда, неғұрлым күрделі болып саналады.

Берілетін хабарларға сәйкес дабылдың ақпараттық параметрлерін басқару *модуляция* деп аталады.

Ақпараттық дабылды (хабарды) $\theta(x)$ -мен белгілейміз, параметрі хабарға сәйкес өзгертін дабыл-тасымалдағышты $s(x)$ -мен белгілейміз. Модуляция кезінде осы екі дабылды теңдеуге сәйкес бір модульденген $\zeta(x)$ дабылға түрлендіру орындалады.

$$\xi(x) = M\{s(x), \theta(x)\}, \quad (117)$$

мұндағы, $M\{\cdot\}$ - модуляция түрімен анықталатын оператор $\theta(x)$ хабардың бөлінуі үшін қабылдайтын жақта кері түрлендіруді (демодельдеуші) орындау қажет, яғни

$$\theta(x) = M^{-1}\{\xi(x)\} \quad (118)$$

$s(x)$ дабыл-тасымалдағыштардың параметрлер санына, түрі мен атқарымдық формаларына қатысты, модуляцияның әртүрлі әдістерінің қасиеттері, атап айтқанда, $\xi(x)$ дабылдың түрі мен ені, кедергі әсеріне төзімділік өзгереді.

Егер дабыл-тасымалдағыштың ақпараттық параметрі үзіліссіз өзгерсе, онда модуляция әдістері *үзіліссіз* болады (мысалы, гармоникалық дабыл-тасымалдағыштың амплитудалық, фазалық және жиіліктік үзіліссіз модуляция әдістері таралған).

Дабыл-тасымалдағыш ретінде, көбінесе импульстердің периодтық тізбектілігі пайдаланылады және сол уақытта модуляцияны *импульстік* деп атайды (мысалы, $\theta(x)$ заңы бойынша импульстер жиілігі немесе амплитудалар өзгерген кезде, тиісінше амплитудалық-импульстік немесе жиіліктік-импульстік модуляция орын алады).

Үзіліссіз дабылдар уақыттың кез келген мезетінде параметрлерді өзгертуі мүмкін. Уақыт ішінде дабыл параметрлерінің өзгеруі дабылды модуляциялау деп аталады.

Кез келген гармоникалық дабыл $x(t) = A \sin(\omega t + j)$ формуламен сипатталады. Амплитуда, ω дөңгелек жиілік және j фазаларының ығысуы осындай дабылдың параметрлері болып саналады. Осы параметрлерді өзгертіп, гармоникалық дабылды ақпараттарды тасушыға айналдыруға (дабылды ақпараттармен модульдеуге) болады. Модуляцияның үш типі болуы мүмкін.

Амплитудалық модуляция уақыт ішіндегі дабыл амплитудаларының өзгеруін жорамалдайды: $x_{AM}(t) = A(t) \times \sin(\omega t + j)$, әрі амплитудалардың өзгеру заңы, көбінесе гармоникалық болып саналады: $A(t) = A_0 + A_M \times \sin(\Omega t + j)$.

Жиіліктік модуляция уақыт ішіндегі дабыл жиіліктерінің өзгеруі кезінде туындайды: $x_{CM}(t) = A \times \sin(\omega(t) + j)$, әрі жиіліктің өзі гармоникалық заңы бойынша өзгереді: $\omega(t) = \omega_0 + \omega_0 \cos \Omega t$, мұндағы ω_0 жиіліктік девиация деп аталады.

Фазалық модуляция дабылдың фазалық ығысуының өзгеруін жорамалдайды: $x_{\phi M}(t) = A(t) \times \sin(\omega t + \phi(t))$.

$w(t)t + j = w_0 t + \theta(t) + \theta_0$ екенін көрсетуге болады, осылайша, жиіліктік және фазалық модуляция – бұрыштық модуляция деп аталатын модуляция әдісінің бірімен техникалық жүзеге асырудың екі нұсқасы.

Ақпараттық параметр мәндердің саналымды санын қабылдауы мүмкін, бұл ретте модуляцияны *дискреттік* деп атайды. Модуляцияның дискреттік түрлеріне, мысалы, амплитудалық, жиіліктік және фазалық *манипуляциялар* жатады. Егер параметр мәні кодталса және цифрлық формада берілсе, онда модуляцияның тиісті түрлері *цифрлық* модуляция атауын иеленеді. Дискреттік нүктелердегі дабылдың мәні цифрлық формада кодтайтын кездегі импульстік-кодтық модуляция цифрлық модуляцияның неғұрлым кең таралған түрі болып саналады.

Дабылдарды беру жүйелерін құру кезінде, жылдамдықты арттыру, ақпараттарды берудің сенімділігі мен кедергіден қорғалушылық көзқарасы тұрғысынан модуляция-демодуляцияның оңтайлы режимдерін анықтайтын әдістер мен математикалық модельдерді әзірлеу негізгі міндеттер болып саналады.

Модуляция түрлерін жіктеу кезінде ақпараттық дабылдың түрі, сипаты мен дабыл-тасымалдағыш: детерминацияланған үдеріс, кездейсоқ стационар үдеріс, стационар емес үдеріс және т.б. есепке алынады. Детерминацияланған дабылдар олардың амплитудалық және фазалық спектрлерімен Фурье қатарларының және Фурье түрлендіруінің қасиеттері негізінде анықталады. Ақпараттар мен дабылдарды беру теорияларында берілген сипаттамалармен – корреляциялық атқарымдармен және спектрлік тығыздықтармен берілген кездейсоқ үдерістерді жүзеге асыру болып саналатын стохастикалық дабылдар ерекше орын алады.

Егер ақпараттық дабылдың, дабыл-тасымалдағыштың түрі мен байланыс желілерінің сипаттамалары берілген болса, онда дабылдарды *оңтайлы қабылдау* негізгі есептер болып саналады. Оңтайлы қабылдаудың есебі, негізінен, кедергілер жағдайларындағы берілген өлшем бойынша дабылдарды ажырату (айыру) есебіне саяды (анықтау міндеті дабыл қоспаларын және дабыл жоқ болған кезде кедергіні кедергіден айыра білу ретінде қарастырылады).

Хабарларды қабылдау есептері екі класты – когерентті және

когерентті емес қабылдауға бөледі (тиісінше ақпараттар беру арасындағы синхрондаудың болуы және жоқ болуы кезінде). Когерентті (синхронды) қабылдау әдістері, негізінен, неғұрлым қарапайым және сенімді. Когерентті емес (асинхронды) қабылдау неғұрлым жоғары тез әрекет етуді қамтамасыз етеді, бірақ жүзеге асырылуы неғұрлым күрделі.

Гармоникалық дабыл-тасымалдағыштардың амплитудалық, фазалық және жиіліктік модуляциясы радиобабырын тарату және байланыс жүйелерінде неғұрлым кең тарауға ие болды.

Амплитудалық-модульденген дабыл жалпы жағдайда мына өрнекпен анықталады:

$$\xi(x)=[1+m\theta(x)]s(x) \quad (119)$$

мұндағы, $\Theta(x)$ – ақпараттық (модульдеуші) дабыл, $s(x)$ – дабыл-тасымалдағыш, m – модуляция коэффициенті.

Дабыл спектрін (3) Фурье түрлендіруінің қасиеттерін пайдаланып мына формада табуға болады:

$$\Xi(u)=\xi\{x(x)\}=S(u)+m S(u)*\xi(u) \quad (120)$$

мұндағы, $S(u)=F\{s(x)\}$, $\Theta(u)=F\{\theta(x)\}$.

Спектрді (120) құру 33 және 34-суреттерінде кескінделген.

Гармоникалық модульдеуші дабыл (33-сурет) кезінде оның спектрі, дабыл-тасымалдағыш спектрі сияқты екі дельта-атқарымдарды көрсетеді. $S(u)$ және $\Theta(u)$ спектрлерді жиыру (свертка) $\Theta(u)$ спектрін неғұрлым жоғары (*көтеретін* деп аталатын) $\pm u_0$ жиілікке ауыстыруға әкеледі.

Егер модульдеуші дабыл күрделі формаға ие болса, демек жиілік осьтеріндегі әртүрлі қалып-жағдайлармен дельта-атқарымдар жұбының жиынымен пайда болған аралық (бойлық) спектрге (34-сурет) ие болады, онда спектрді $\pm u_0$ көтеретін жиілікке ауыстыру нәтижесінде тиісті спектрлік реттер пайда болады. Фурье түрлендіруінің жиіліктік симметрияларының қасиеті бойынша, барлық пайдалы ақпарат спектрлік тәртіпте $\pm u_0$ жиіліктерінің төңірегінде болатынын көрсетуге болады.

Амплитудалық-модульденген дабылдың демодуляциясы, оны де-

тектордан шығарда төменгі жиіліктерде детектирлеу және сүзгіден өткізу кезінде айналып шығатын дабыл-тасымалдағыштың бөлінуі жолымен жүзеге асырылады. Сүзгіні өткізу жолақтарының ені қалпына келтірілген дабылдың ең аз спектрлік бұрмалануын қамтамасыз ету үшін, $Q(u)$ (34-сурет) спектрдің еніне сәйкес келуі тиіс.

Фазалық-модульденген (ФМ) дабыл тұрақты амплитудаға ие, дабыл фазасы ақпараттық дабылға пропорционал өзгереді, атап айтқанда

$$\zeta(x) = A \cos[2\pi u_0 x + m\theta(x)] \quad (121)$$

мұндағы, $\pm u_0$ – көтеретін жиілігі, m – фазалық модуляция индексі.

Модульдеуші дабыл гармоникалық, $\theta(x) = \cos(2\pi u_m x)$ және модуляция индексі $m \ll 1$ болып саналады деп алайық. Бұл ретте (121) өрнекті мынадай түрде қайта жазуға болады:

$$\zeta(x) = A \cos[2\pi u_0 x + m \cos(2\pi u_m x)] \approx A \cos(2\pi u_0 x) - m A \sin(2\pi u_0 x) \cos(2\pi u_m x) \quad (122)$$

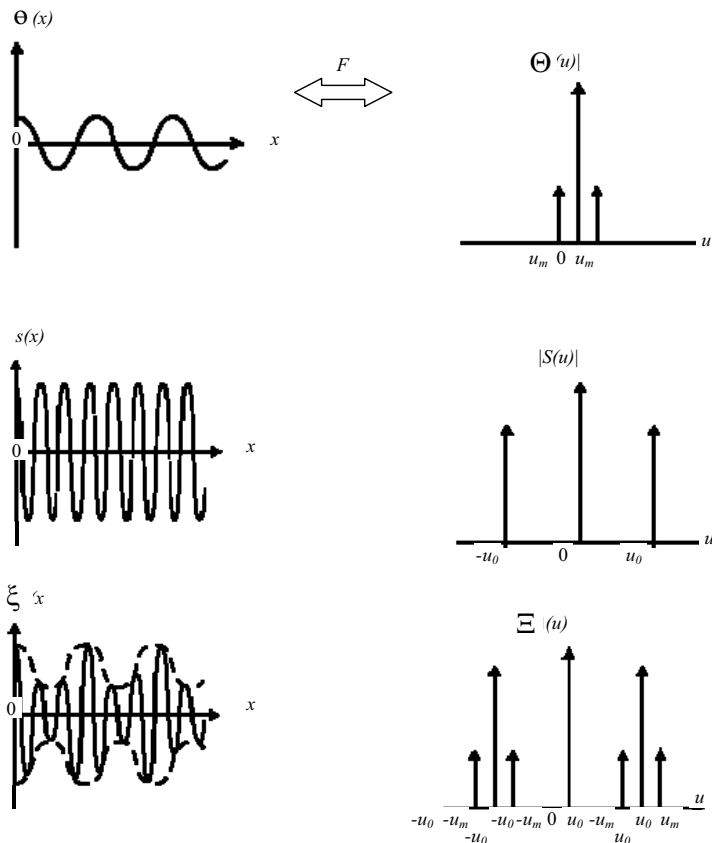
$$y \rightarrow 0 \quad \cos y \approx 1, \quad \sin y \approx y.$$

Екінші қосылғышты (122)-ға түрлендіргеннен кейін мынаны аламыз:

$$\zeta(x) \approx A \cos(2\pi u_0 x) - (mA/2) \sin 2\pi(u_0 + u_m)x - (mA/2) \sin 2\pi(u_0 - u_m)x \quad (123)$$

Модуляцияның кіші индексіндегі ФМ-дабыл спектрі 35-суретте көрсетілген.

Спектрлік құраушылардың шамалары синусоидальді амплитудалық-модульдік дабылдың спектрлік құраушылар шамаларына теңбе-тең, бірақ елеулі және бүйірлік құраушылар арасындағы фазалық арақатынас әртүрлі болады. Бұл фазалық арақатынас



33-сурет. Күрделі гармоникалық модуляциямен дабылдың амплитудалық-модульдік спектрі

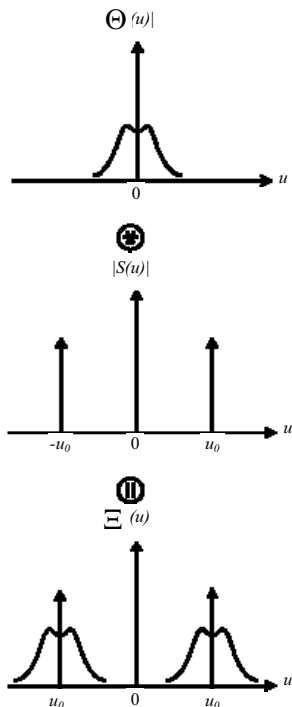
35-суреттің оң бөлігіндегі векторлық диаграммада кестемен егжей-тегжейлі көрсетілген. Кішірек векторлар тез айналатын үлкен вектордың төңірегіндегі қарама-қарсы бағыттарда баяу айналады, ал $\zeta(x)$ горизонталь осьтегі векторлар қосындыларының проекция-

ларын көрсетеді. Бірақ амплитудалық-модульдік дабыл жағдайынан өзгешелігі, кіші векторлар жиыны әрқашанда үлкен векторға перпендикуляр болады. Бұл ретте, егер бүйірлік құраушылар кіші ($m \ll 1$), жиын вектордың ұзындығы шамасы бойынша көтергіш А амплитудасына жақын болса, онда қорытқы вектор айнымал жылдамдықпен айналады.

Аталған векторлық диаграммадағы фазалық арақатынас ФМ дабылдардың $q(x)$ еркін модульдеуші дабылы кезінде модуляцияның (36-сурет) кіші индексмен генерациялаудың қарапайым тәсілін нұсқап көрсетеді.

Жиіліктік модуляция (ЖМ) кезінде, $q(x)$ ақпараттық дабылға сәйкес $s(x)$ дабыл-тасымалдағыштың $u(x)$ лездік (жергілікті) жиілігі өзгереді, атап айтқанда

$$\theta(x) = A \cos[2\pi u(x)x], \quad (124)$$



34-сурет. Дабылдың амплитудалық-модульдік спектрі

мұндағы,

$$u(x) = u_0 + \int_{-\infty}^x \theta(x) dx. \quad (125)$$

Синусоидтық ЖМ кезінде модульдеуші дабыл мынадай түрге ие болады:

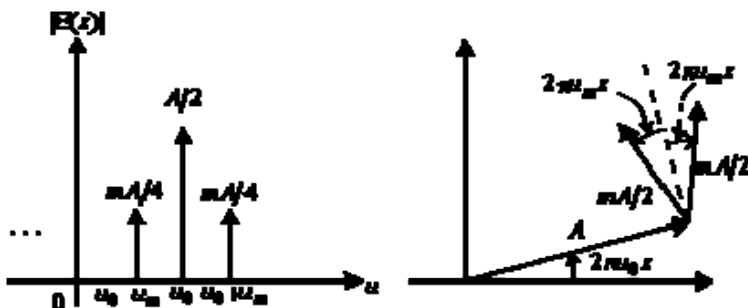
$$\theta(x) = -a \sin(2\pi u_m x), \quad (126)$$

одан

$$u(x) = u_0 + \int_{-\infty}^x \theta(x) dx = u_0 + (a/2\pi u_m) \cos(2\pi u_m x). \quad (127)$$

(127)-мен салыстыра отырып, (122) және (124)-ді салыстыру синусоидты модульдеуші атқарымдар мен $|m| = a/2\pi u_m$ модуляция индексі кезінде ФМ мен ЖМ-ның теңбе-теңдігін көрсетеді.

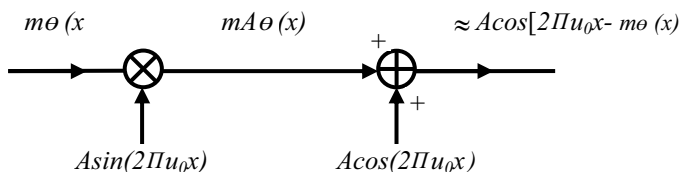
a мәні, $2\pi u_0$ көтергіш бұрыштық жиіліктерге қатысты лездік бұрыштық жиіліктердің ең үлкен *девиациясын* көрсетеді.



35-сурет. $m \ll 1$ кезінде ФМ үшін спектр мен векторлық диаграмма

ЖМ дабылдар немесе жиіліктік дискриминатор, мысалы, көтергіш жиіліктен төмен бапталған, резонанстық контур болып көрсетіледі (37-сурет). Кіретін модульденген дабылдағы лездік жиіліктердің өзгеруі резонанстық шығардағы дабыл амплитудаларының өзгеруіне түрлендіріледі. Бұл амплитудалық өзгерісті кәдімгі орай жанауыш детектордың көмегімен бөліп көрсету қиын емес.

Осындай дискриминатордың сызықтығының шектелген диапозонын, контурлар жұбын қолданып кеңейтуге болады, олардың бірі тиісінше жоғары, ал екіншісі көтергіш жиіліктерден төмен күйге келтірілген. Шығатын дабылдар осы контурлардан шығарда



36-сурет. $m \ll 1$ кезінде ФМ модулятордың құрылымдық сұлбасы

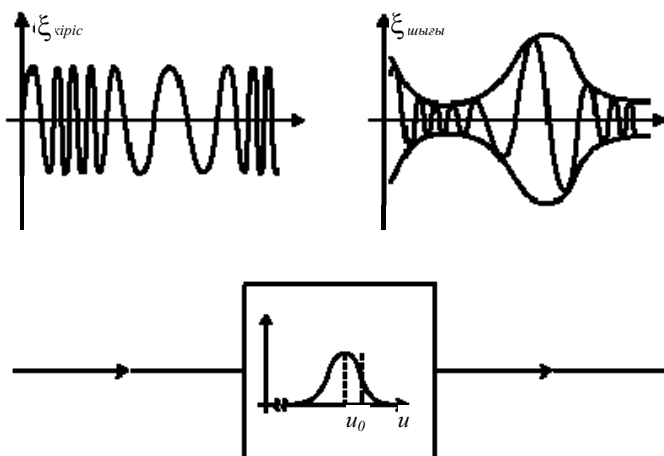
детектирленеді және осыдан кейін, 38-суретте көрсетілген дискриминатордың толық сипаттамасын құра отырып, шегеріледі. Осындай типтегі дискриминаторлардағы шығу дабылы, кіретін дабылдың амплитудаларының, сол сияқты жиіліктерінің вариациялары кезінде амплитуда бойынша өзгереді.

Нақты жүйелердегі ЖМ-дабылдағы амплитудалардың бақыланбайтын өзгерісі шуылдардан, кедергілерден, радиотолқындардың «бір орнында» тұрып қалуларынан және өзге де факторлардан туындайды. Осымен байланысты дискриминаторлар кірерде, 39-суретте көрсетілген сипаттамадағы сызықтық емес құрылғыны білдіретін, *шектеуішті* қосу қажет болады. Шектеуіш оның шығарында қосылған резонанстық күшейткішпен іс жүзінде, бұл ретте фазалық өзгерісті сақтай отырып, орай жанауыш таржолоқты дабылдың амплитудалық өзгерісін жояды.

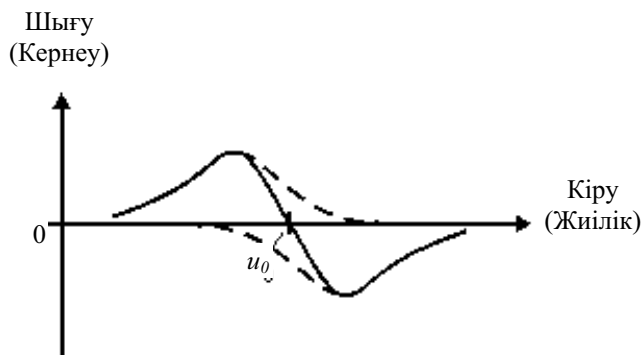
40-суретте типтік ЖМ қабылдағыштың толық құрылымдық сұлбасы көрсетілген.

Жоғары жиіліктердегі күшейткіш (ЖЖК), қабылданған дабылды күшейтеді, ішкі гетеродин (генератор) араластырғышта қабылданған дабылмен көбейетін гармоникалық «тірек» дабылды жасап шығарады. Нәтижесінде, жоғары жиіліктер күшейткіші мен гетеродинді баптау (күйге келтіру) жиіліктерін синхронды қайта құру кезінде тұрақты болып саналатын аралық жиілікте (САЖ) дабыл қалыптасады. САЖ-ның аралық жиіліктерінің күшейткіші дабылды күшейтудің жоғары коэффициентін қамтамасыз етеді. Күшейтілген дабыл шектеуіштен кейін 39-суреттегі сұлбада резонанстық күшейткіштің атқарымдарын орындайтын екінші САЖ-ға келіп түседі. Жиіліктік дискриминатор, төмен жиіліктегі ТЖК күшейткішінің кірерінде келіп түсетін, дабыл жиіліктерінің өзгеруін бөліп көрсетеді

Модуляцияның цифрлық түрлері кодталған хабарларды дискреттік



37-сурет. Резонанстық тізбектер көмегімен жиілік өзгерістерін амплитуда өзгеруіне түрлендірілуі

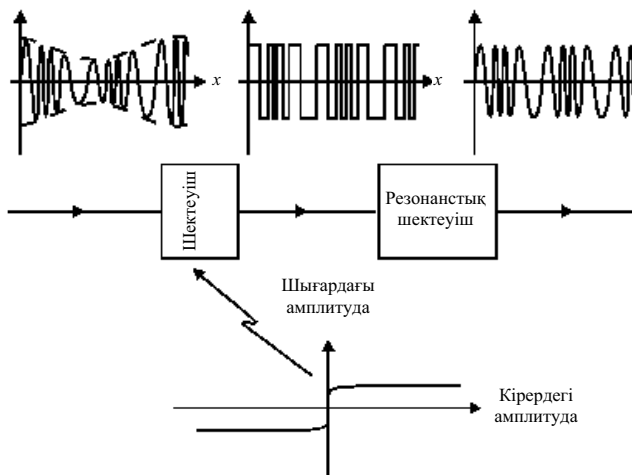


38-сурет. Резонанстық контурлар жұптарының көмегімен алынған дискриминатор сипаттамасы

әдістермен беру үшін пайдаланылады. *Берілетін үзіліссіз дабылдың уақыт ішінде дискретизацияланатыны, деңгейі бойынша квантталатыны және уақыттың келесі дискреттік мезеттерінде алынатын есептердің кодтық комбинацияларға түрленетіні, цифрлық модуляцияның мәні болып табылады.* Тізбектілікпен алынған кодтық бейнедабылдар жоғары жиілікті дабыл-тасымалдағышқа модульденеді.

Демек, модуляцияның цифрлық әдістері пайдалы үзіліссіз: дис-

критизациялау, кванттау және кодтау дабылдарының үш қажетті түрлендірулеріне негізделген.

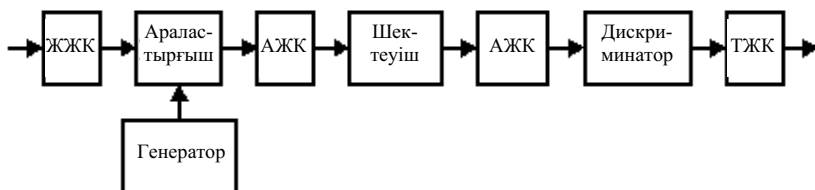


39-сурет. Шектеуіш пен резонанстық күшейткіштің бірлескен жұмысы

Модуляцияның цифрлық әдістерінің артықшылықтары мыналар болып саналады:

- аппаратура сипаттамаларының мінсіз еместігінің және тұрақты еместігінің ақпарат беру сапасына әлсіз әсері;
- тіпті, тұрақсыз сипаттамалармен және шуылдарының деңгейі жоғары арналарды пайдалану кезінде кедергіге төзімділігінің жоғарылығы;
- желілер байланыстарының тораптарында дабылдарды қалпына келтіру мүмкіндігі және бұл үлкен аралықтардағы желілер бойынша ақпараттар беру кезінде дабылдарды бұрмалаулардың жиналу эффектісін айтарлықтай әлсіретеді;
- әртүрлі хабарлар үшін (сөйлеу, теледидардағы бейне, дискреттік деректер, байланыс құрылғылары жұмысын басқару командалары және т.б.) дабылдарды берудің әмбебап формасы;
- көп арналы жүйелердің бұрмалауларға төмен сезімталдығы;
- осы жүйелерді компьютерлермен және электронды автоматты телефон стансаларымен салыстырмалы түрде келісудің қарапайымдылығы және бұл байланыс желілерін құру үшін маңызды рөл атқарады;
- компьютерлердің көмегімен дабылдарды беру мен өңдеуді автоматтандыру мүмкіндігі.

Дабылдарды цифрлық тәсілдермен беру жүйелерінің негізгі кемшіліктері болып мыналар саналады: арналар жиіліктерінің алатын жолақтарын айтарлықтай кеңейту дабылдарды дәл син-



40-сурет. ЖМ қабылдағыштың атқарымдық сұлбасы

хрондауды қамтамасыз ету қажеттілігі және үлкен аралықтардағы желілерде дабылдарды қайта генерациялау үшін аппаратуралар құру қажеттілігі.

Қазіргі уақытта, дискреттік уақыт мезеттеріндегі дабылдың мәні екілік цифрлы кодтарға түрлендірілетін, импульстік кодтық модуляциялау (ИКМ) жүйелері неғұрлым кең тарау алды.

41-суретте ИКМ жүйесіндегі дабылдардың уақытша диаграммалары көрсетілген. 41 а-суретте спектрі шектелген алғашқы үзіліссіз дабыл мен дискретизациялау интервалы $T < 1/2u_M$ дискретизацияланған дабыл көрсетілген, мұндағы, u_M – дабыл спектрінің жоғарғы жиілігі. 41 б-суретте кванттау және кодтау нәтижесінде алынған екілік бейнеимпульстердің тізбектілігі көрсетілген. Дабылдардың бұрмалануынан және шуылдардан арнадағы қабылданған бейне тізбектілік (41 в-сурет) берілген дабылдан өзгешеленеді.

s_0 шектік деңгей таңдалады және санау мезеттерінде оның дабыл мәнінен артып кетуі импульстің болуын, алартып кетпеуі – импульстің болмауын білдіреді. Қабылданған бейне тізбектіліктерден құрылған құрылғылардың көмегімен, декодерге келіп түсетін, «тазартылған» тізбектілік жасалады. Декодерден шыққаннан кейін, оның ауданы алғашқы дабылдың (41 д-сурет) тиісті импульстік санауларына тең импульстік демодуляторға келіп түседі, яғни ең қарапайым жағдайда, шығуында 41 д-суреттегідей, алғашқы үзіліссіз дабылдың көшірмесі қалпына келтірілетін, төменгі жиіліктер сүзгісіне келіп түседі.

Регенерацияланған кодтық тізбектіліктерді алу үшін, қабылданатын дабылды санау L ұзақтықпен әрбір тактілік

интервалдың ортасынан алынады. (41 б және в-суреті). Бұл байланыс арналарындағы дабылдардың, демодулятор жұмысына фазалық бұрмалануы мен кешігу әсерін болдырмау үшін жасалады. Нәтижесінде регенерацияланатын тізбектілік берілген дабылға қатысты $L/2$ -ге «кешіктірілген» (41 б және г-суреті). Дабылдарды дұрыс декодтау, сондай-ақ кодтық комбинациялардың бүкіл разрядтарының қабылдануын талап етеді. Осы үшін қабылданған санаулар интервалынан берілетін T дискретизациялауға қатысты қосымша кешіктірілген болып шығады (41 а және д-сурет).

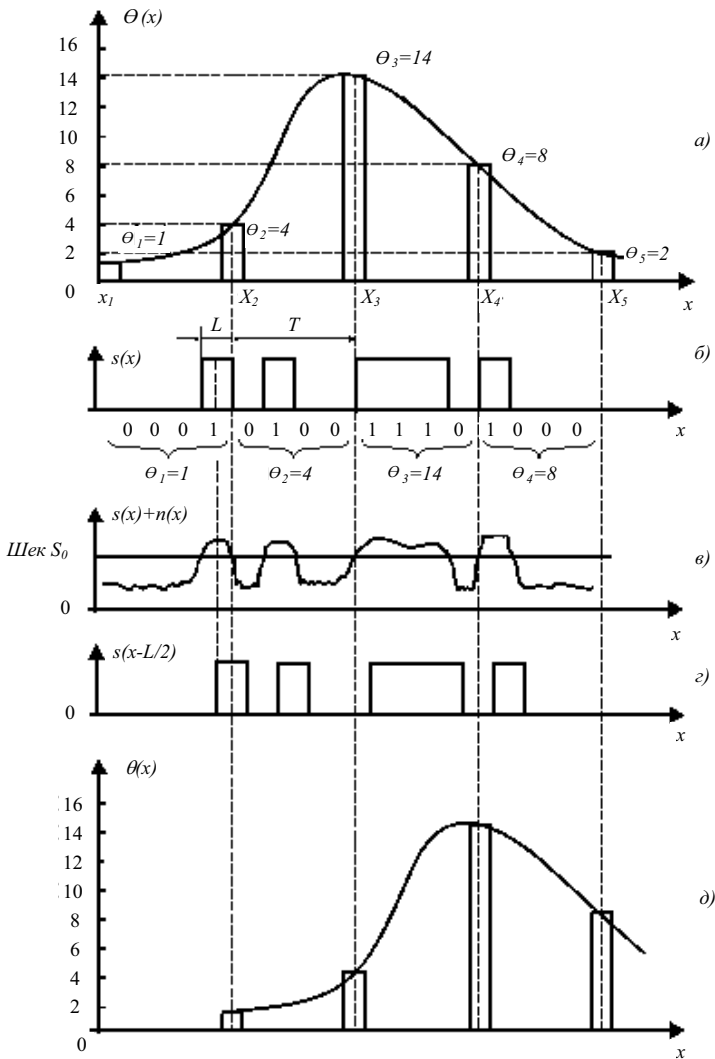
Кедергілер фонындағы дабылдардың шектік селекциялар әдісі кодтық дабылдарды қабылдау кезінде қажет кедергіге төзімділік пен сенімділікті көбінесе қамтамасыз етпейді. Импульстік дабылдарды келісілген сүзгіден өткізу әдісін қолдану неғұрлым жоғары кедергіге төзімділікті қамтамасыз етеді.

Келісілген сүзгілерді пайдалану кезіндегі цифрлық амплитудалық-импульстік, импульстік-кодтық және фазоимпульстік модуляция әдістерінің сипаттамаларына салыстырмалы талдау жүргіземіз.

Кодтық хабар жалғыз сөздер түріндегі екілік үшразрядты сандар тізбектілігі болып көрсетіледі. Осылайша, барлығы $2^3=8$ мүмкін сөздер болады. Алдағы сипатталатын жүйелерде 8 сөздің әрбіріне $3L$ үш тактілік импульстегі ұзықтықпен және дабыл сәйкестікке қойылады. Амплитудалық-импульстік модуляция (АИМ) жағдайында атап көрсетілген сегіз дабыл, 42-суретте көрсетілгендей, амплитудалардың сегіз мүмкін мәндерімен импульстер формасына ие болады. Ең үлкен амплитуда A -ға, ең кіші амплитуда 0 -ге тең, ал амплитудалардың қалған мәні $A/7$ еселік шамаға бірқалыпты бөлінген.

Суретте көрсетілген $q(x)$ дабыл арна бойынша тікелей беріледі деп жорамалдайық. Берілетін АИМ дабылдың спектрі импульстің ұзақтығына кері пропорционал, $1/3L$ еніне ие. Егер, сегіз деңгей тең ықтималды деп жорамалдасақ, онда берілетін АИМ дабылдың орташа қуаты $P_{\text{орт}} = 0,36A^2$ -қа тең екенін дәлелдеу қиын емес. Қабылдағышқа кірердегі кернеу амплитудасы кішірейтілген (арнадағы әлсіреуден) және $n(x)$ аддитивті кедергімен бұрмаланған, $\theta(x)$ берілетін дабылды білдіреді. Қарапайым түрде түсіндіру үшін $n(x)$ тұрақты спектрлік тығыздығы G_0 ақ шуыл және арнадағы әлсіреу жоқ деп санайтын боламыз.

Кодтық тізбектілікті қалпына келтіру үшін қабылдағыш $3L$



41-сурет. ИКМ-нің 4-разрядтық жүйесіндегі дабылдардың диаграммалары

әрбір интервал ішінде $\theta(x)+n(x)$ қабылданатын дабылды орташандырады. Бұл шуылдың әсерін азайтады. 43-суретте көрсетілген келісілген сүзгінің көмегімен орташаландырудың осындай операциясын орындауға болады. Келісілген сүзгінің, қабылданатын тербелістердегі пайдалы $q(x)$ дабылға үндесуі 42-суреттегі уақытша диаграммадағы үзік сызықтармен бейнеленген үшбұрыштардың жи-

ыны болып көрсетіледі. $n(x)$ шуылды құраушыларға келісілген сүзгі үндесуінің (дыбыс беруінің) орта квадраттық мәні мынаған тең:

$$\langle n_y^2(x) \rangle = G_0 \int_{-\infty}^{\infty} h^2(x) dx = G_0 / 3L \quad (128)$$

Осылайша, стробирлеуші құрылғының (43-сурет) кірердегі әрбір іріктемесінің шамасы, дабыл амплитудасына тең кернеу жиынынан тұрады, яғни $A/7, 2A/7, \dots, 7A/7$ және $\sqrt{G_0 / 3L}$ ортаквадраттық мәні мен шуыл кернеуі.

Оның алдындағы аралықта қандай деңгей берілгендігі туралы қабылданатын шешімнің жоғары сенімділікке (қателердің төмен жиілігіне) ие болуы үшін, шуылдың ортаквадраттық мәні деңгейлер арасындағы айырмалармен салыстырғанда кіші болуы тиіс, яғни АИМ үшін

$$\sqrt{G_0 / 3L} \ll A / 7 \quad (129)$$

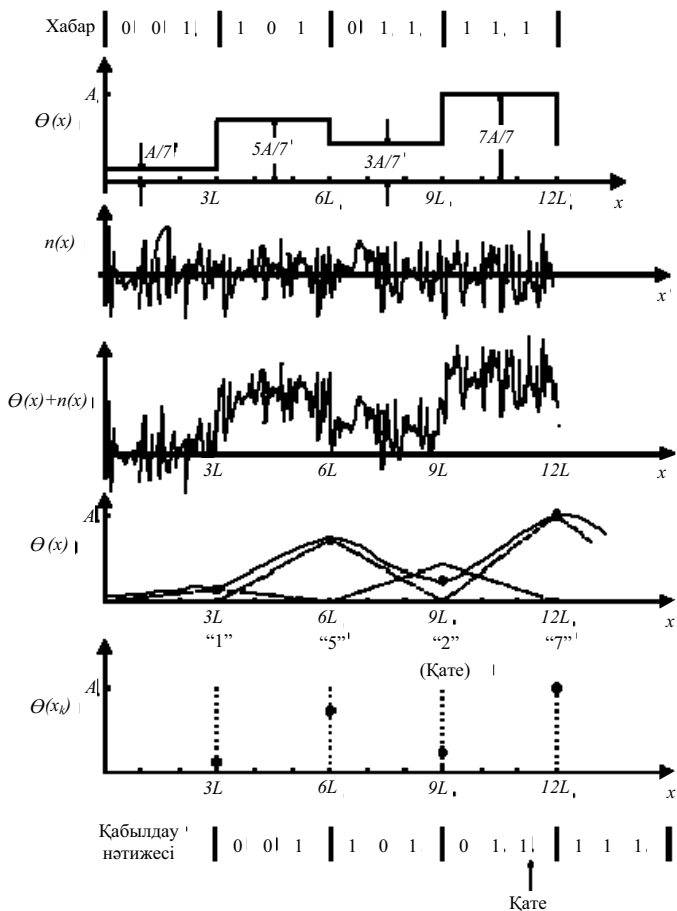
немесе $P_{\text{орт}} = 0,36A^2$ (берілетін дабылдың орташа қуаты) шарты кезінде

$$P_{\text{орт}} L / G_0 \gg 5,88 \quad (130)$$

Бұл арақатынас, берілетін дабылдың қуаты мен аталған жүйе екілік ақпаратты бере алатын, жылдамдығын сипаттайды. Осылайша, өткізу жолағы дабыл-шуыл қатынасымен алмасатынын көруге болады. Байланыс теориясының осы маңызды қағидаты модуляция әдістерінің көптеген қасиеттерін, мысалы, ЖМ-ның амплитудалық модуляциядан артықшылығын түсіндіруге мүмкіндік береді.

Импульстік-кодтық модуляция (ИКМ) мен АИМ арасындағы айырмашылық 44-суретте көрсетілген. Екілік санының әрбір разряды бөлек беріледі: $1 - L$ ұзақтық импульсімен және B амплитудамен, ал 0 – импульстің жоқ болмауымен. Егер 0 және 1 тең ықтималды болса, онда берілетін арнаның орташа қуаты $P_{\text{орт}} = 0,5B^2$ -қа тең, ал оның жолағы шамамен $1/L$ -ді құрайды. Демек, ИКМ дабыл қарастырылып отырған мысалда АИМ дабылмен салыстырғанда 3 есе үлкен кең жолаққа ие болады және бұл елеулі кемшілік болып саналады.

ИКМ жүйесінің қабылдағышы АИМ дабыл қабылдағышына ұқсас және өзгешелігі мынада: оның келісілген факторы, 45-суретте көрсетілгендей, өткізудің 3 есе үлкен жолағы мен ұзындығы



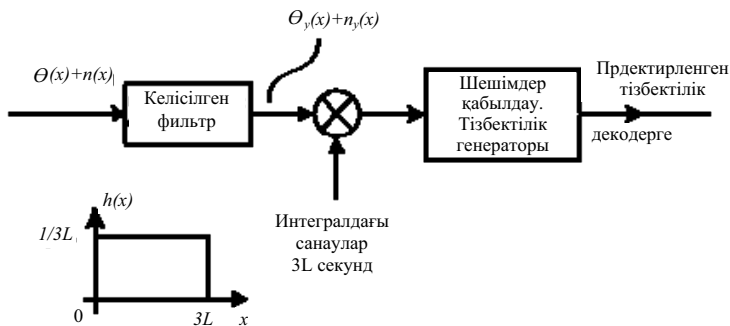
42-сурет. Цифрлық АИМ кезінде дабылдарды түрлендіру

үш есе кіші импульстік сипаттамаға ие болуы тиіс. Нәтижесінде қабылдағыштан шығардағы шуылдардың орташа квадраттық мәні:

$$\langle n_2^2(x) \rangle = G_0/L \quad (131)$$

АИМ қабылдағыш мәнімен салыстырғанда 3 есе жоғары. Бұл ИКМ дабылдың кемшілігі болып саналады. Бірақ қабылдағыштағы ИКМ іріктемесі құрылғысының кірердегі дабылының деңгейлері арасындағы айырым АИМ жүйедегі сияқты. $1/7$ амплитудаға емес, B дабылдың ең үлкен амплитудасына тең.

Осының арқасында, шығатын шуылдардың жоғары деңгейінің орны босалқы қормен (запаспен) толтырылады, өйткені ИКМ жүйеде қателердің аз ықтималдықтарына жету үшін мына шартты орындау қажет болады:



43-сурет. Келісілген сүзгімен АИМ дабылдың қабылдағышы

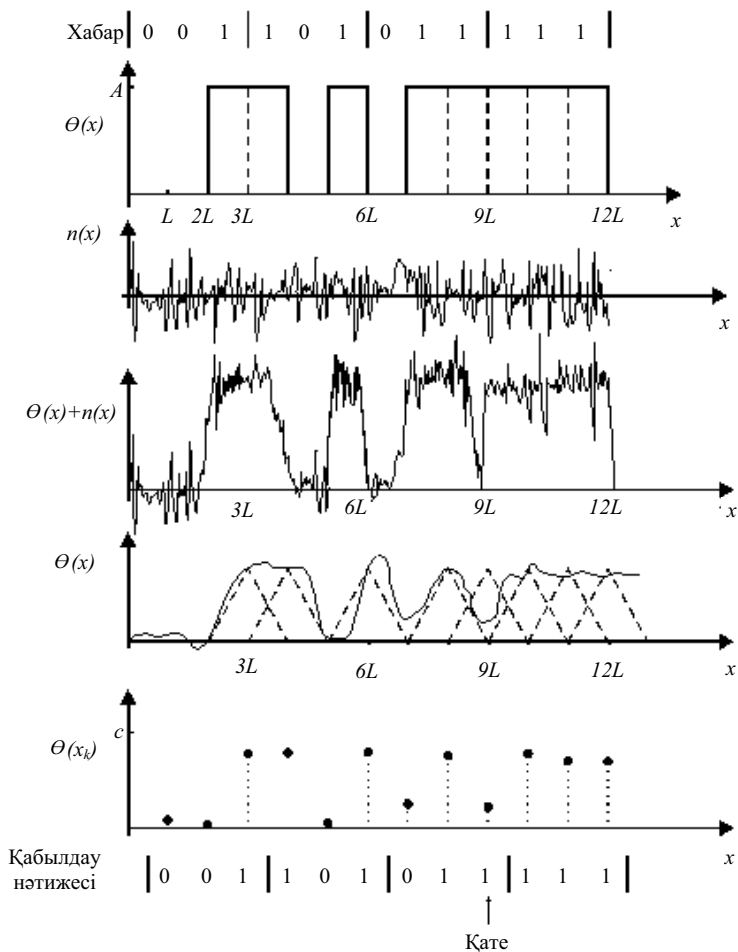
$$\sqrt{G_0/L} < B \quad (132)$$

немесе $0,5B^2 = P_{opt}$ аламыз,

$$\text{сонда } P_{opt} L/G_0 \gg 0,5. \quad (133)$$

ИКМ жүйенің, сол бір ықтималдықтар кезінде АИМ-мен салыстырғанда дабылының қуаты шамамен 10 есе аз болуы мүмкін. Қуаттары тең болған кезде ИКМ жүйенің сипаттамасы бұдан да анағұрлым жақсырақ болады.

Фазалық-импульстік модуляцияның (ФИМ) қағидаты 46-суретте кескінделген. Өзінің сипаттамалары бойынша ол қарастырылған ИКМ жүйеден асып түседі, бірақ осындай ұтысқа жиіліктер жолақтарын кеңейту есебінен ғана жетуге болады. Әрбір интервалда $3L$ ұзақтықпен амплитудасы тіркелген бір импульс беріледі, бірақ оның ұзақтығы бар болғаны $3L/8$ құрайды және ол сегіз уақытша қалып жағдайдың бірінде болады. Осылайша, көрсетілген дабылдың жолағы $8/3L$ -ге тең немесе АИМ дабылдың жолағынан 8 есе асып



44-сурет. Дабылдардың ИКМ-ге түрлендірілуі

түседі және ИКМ дабыл жолақтарынан 2,7 есе үлкен. Дабылдың орташа қуаты $P_{opt} = 0,125C^2$ құрайды.

Келісілген сүзгінің импульстік сипаттамасының ұзақтығы $3L/8$ құрайды. Сол уақытта шығатын шуылдың орташа квадраттық мәні $\langle nr^2(x) \rangle = 8G0/3L$ құрайды және бұл ИКМ-мен немесе АИМ-мен салыстырғанда анағұрлым үлкен. Бірақ бұл ретте дабылдар деңгейлері арасындағы айырма да елеулі үлкен болады. Қателердің төмен ықтималдығына жету үшін төмендегі шарттың орындалуын

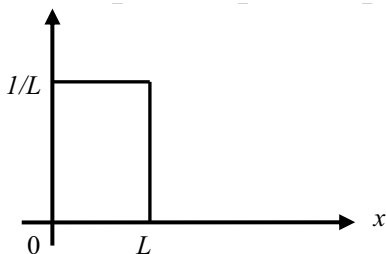
қамтамасыз ету қажет:

$$\sqrt{8G_0/3L} < C \quad (134)$$

немесе $P_{opt} = 0,125C^2$ деп аламыз, онда

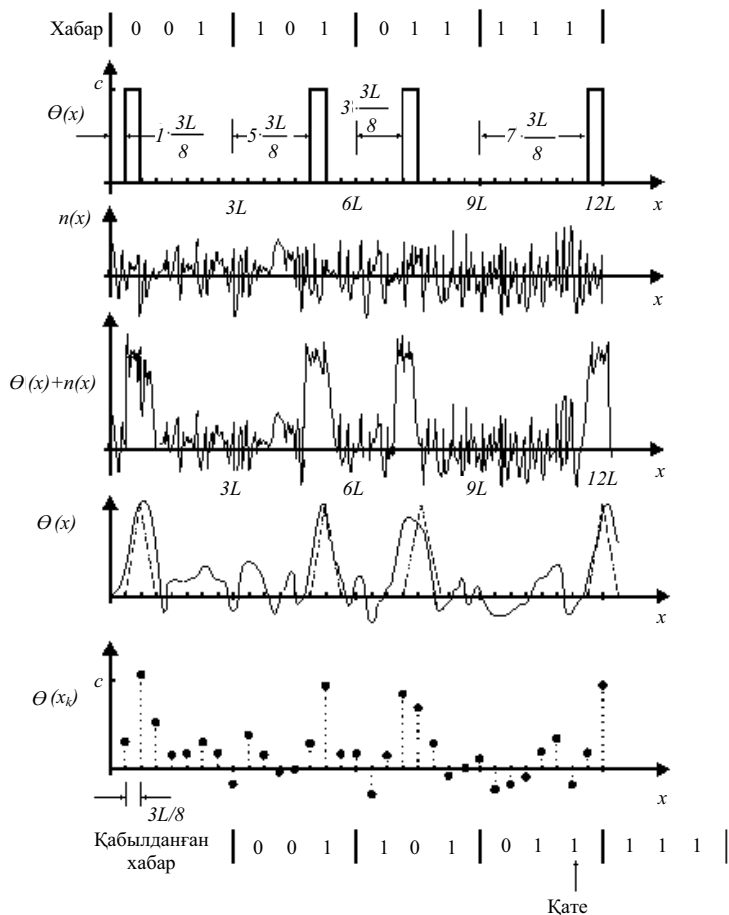
$$P_{opt} L/G_0 > 0,33. \quad (135)$$

Демек, ФИМ жүйе дабылдың орташа қуатын 1/3-ге төмендету кезінде, ИКМ-дегі сияқты сапаны қамтамасыз етеді, бірақ бұл жағдайдағы талап етілетін жиіліктер жолағы үш есе кеңейеді. Осылайша, жолақтарды дабыл-шуыл арақатынасына айырбастау мағынасында, ФИМ-жүйе ИКМ-жүйеге орын береді.



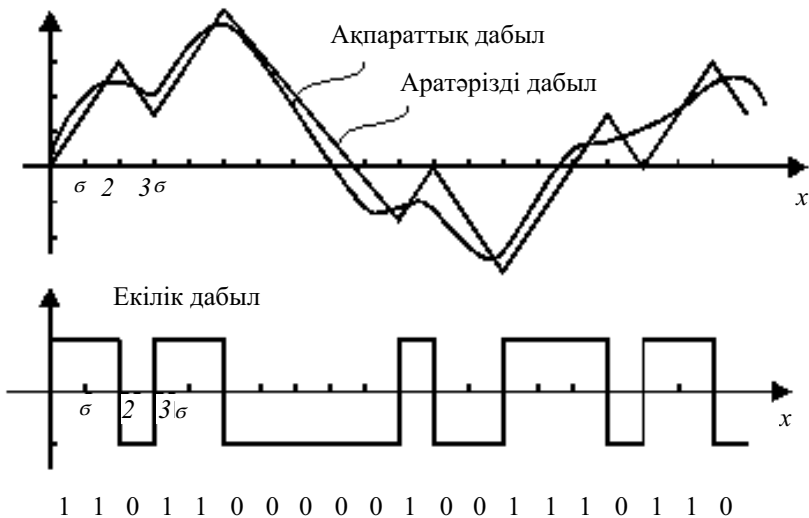
45-сурет. ИКМ дабыл үшін ұзақтығы L , ФИМ дабыл үшін ұзақтығы $3L/8$ келісілген сүзгінің импульстік үндесуі

47-суретте кескінделген *дельта-модуляция* дабылдарды цифрлық формаға түрлендірудің тиімді тәсілі болып саналады. Санаудың әрбір мезетінде дабыл d дискретизациялаудың әрбір қадамында ара тәрізді кернеумен салыстырылады. Егер дабылды санау амплитуда бойынша ара тәрізді кернеуден артып кетсе, онда соңғысы дискретизациялаудың келесі нүктелеріне дейін өсе береді, ал оған керісінше жағдайда ол басылып қалады. Ең қарапайым жүйедегі ара тәрізді кернеудің көлбеулігі үдерістің бүкіл бойында өзгеріссіз сақталады. Алынған бинарлық дабылды ара тәрізді кернеуден алынған туынды ретінде қарастыруға болады. d қадамның аса кіші мәнін таңдай отырып, дабылды көрсетудің кез келген берілген дәлдігін алуға болады. ИКМ-мен салыстырғандағы дельта-модуляцияның артықшылығы - бинарлық дабылды туғызуы.



46-сурет. Дабылдардың ФИМ-ге түрлендірілуі

Арагерізді кернеуді біріктіру (интегралдау) жолымен бинарлық дабылдан қалпына қайта келтіруге болады, ал неғұрлым тегістеу аппроксимацияға дабылды кейіннен төменгі жиіліктер сүзгісі арқылы өткізу жолымен жетуге болады. Берілген сапада алу үшін қажет цифрлық кодтарды беру жылдамдығын, мысалы, алдын ала болжай отырып сызықтық кодтауды пайдаланып, елеулі түрде азайтуға болады.



47-сурет. Дельта-модуляция кезінде дабылдың түрлендірілуі

ҚОРЫТЫНДЫ

- Хабар параметрлердің өзгерулерінен, яғни олардың лездік мәндерінен тұруы мүмкін. Сол уақытта хабар алу үшін дабыл параметрлерін сүзгіден өткізуді орындау қажет болады. Сүзгіден өткізу міндеті, негізінен, параметрлерді бағалауға қарағанда, неғұрлым күрделі болып саналады.

- Дабылдарды беру жүйелерін құру кезінде, жылдамдықты арттыру, ақпараттарды берудің сенімділігі мен кедергіден қорғалушылық көзқарасы тұрғысынан модуляция-демодуляцияның оңтайлы режимдерін анықтайтын әдістер мен математикалық модельдерді әзірлеу негізгі міндеттер болып саналады.

- Егер ақпараттық дабылдың, дабыл-тасымалдағыштың түрі мен байланыс желілерінің сипаттамалары берілген болса, онда дабылдарды оңтайлы қабылдау негізгі есептер болып саналады.

- Хабарларды қабылдау есептері екі класты – когерентті және когерентті емес қабылдауға бөледі (тиісінше, ақпараттар беру арасындағы синхрондаудың болуы және жоқ болуы кезінде). Когерентті (синхронды) қабылдау әдістері, негізінен, неғұрлым қарапайым және сенімді. Когерентті емес (асинхронды) қабылдау

неғұрлым жоғары тез әрекет етуді қамтамасыз етеді, бірақ жүзеге асырылуы неғұрлым күрделі.

- Амплитудалық-модульденген дабылдың демодуляциясы оны детектордан шығарда төменгі жиіліктерде детектирлеу және сүзгіден өткізу кезінде айналып шығатын дабыл-тасымалдағыштың бөлінуі жолымен жүзеге асырылады.

- Модуляцияның цифрлық түрлері кодталған хабарларды дискреттік әдістермен беру үшін пайдаланылады. Берілетін үзіліссіз дабылдың уақыт ішінде дискретизацияланатыны, деңгейі бойынша квантталатыны және уақыттың келесі дискреттік мезеттерінде алынатын есептердің кодтық комбинацияларға түрленетіні, цифрлық модуляцияның мәні болып табылады.

СОӨЖ және СӨЖ тапсырмалары

1. Тақырып бойынша бақылау сұрақтарына жауап беру:

1. Модуляция дегеніміз не?
2. Үзіліссіз модуляция әдістерінің анықтамасы.
3. Қандай модуляцияны дискреттік деп атайды?
4. Хабарларды қабылдау есептері қандай түрлерге бөлінеді?
5. Модуляцияның цифрлық әдістерінің артықшылықтарына не жатады?
6. Дельта-модуляция тәсілінің мәні қалай?

2. Тақырып бойынша тест тапсырмаларының сұрақтарына жауап беру:

1. **Дискретті процестер жүйе негізінде немен үлгіленеді?**
 - A) персонал
 - B) құрал-жабдықпен
 - C) персонал және құрал-жабдықпен
 - D) Петри желісі, динамикалық шешімдер кестесі, продукциондық жүйе
 - E) желі арқылы
2. **Активті тәжірибелерді жоспарлаудың мақсаты –**
 - A) үлкен шығындармен үлгі параметрлерін бағалау
 - B) шығындарды болдырмау

- C) параметрлерді бағаламау
- D) бастартуды болдыру
- E) ең аз шығындармен үлгі параметрлерін бағалау

3. **Дискретті процестерді басқару қандай бағдарламалау әдісімен жүзеге асырылады?**

- A) математикалық
- B) логикалық
- C) синтаксистік
- D) семантикалық
- E) эмпирикалық

4. **Басқару алгоритмі келесідей жүзеге асырыла алады:**

- A) графикалық
- B) сызбалы, бағдарламалы, ұйымдастырушылық
- C) синтаксистік
- D) семантикалық
- E) эмпирикалық

5. **Басқару алгоритмінің бірінші жағдайында:**

- A) бағдарлама
- B) нұсқама құрылады
- C) арнайы құрылғы
- D) семантикалық
- E) эмпирикалық

6. **Басқару алгоритмінің екінші жағдайында:**

- A) семантикалық
- B) нұсқама құрылады
- C) арнайы құрылғы
- D) бағдарлама
- E) эмпирикалық

7. **Басқару алгоритмінің үшінші жағдайында:**

- A) семантикалық
- B) эмпирикалық
- C) арнайы құрылғы
- D) бағдарлама
- E) нұсқама құрылады

8. **БАЖ ҰТЖ-ң ерекшелігі –**

- A) бағдарламалық басқарудың сызбалықтан және ұйымдастырушылықтың бағдарламалықтан басымдылығы жатады
- B) Петри желісі, динамикалық шешімдер кестесі, продукциондық жүйе
- C) бейімделушілікті қамтамасыз ететін БАЖ ҰТЖ-н тікелей құрамды бөлігі
- D) ЭАЖ-де өңделетін ақпараттар үшін жұмсалатын шығындар объектіде осы ақпаратты қолдану экономикалық ұтыстан аз болмау керек
- E) барлық жауап дұрыс

9. **Операцияларды зерттеу қай елде екінші дүниежүзілік соғыс кезінен бастап жүргізілді (кейіннен осы бағытты өңдеуді АҚШ жалғастырды)?**

- A) Ресейде
- B) Англияда
- C) Францияда
- D) КСРО-да
- E) ондай болған емес

10. **Сигнал дегеніміз не?**

- A) физикалық құрылымдардың объектінің немесе ортаның физикалық қасиеттері, жағдайы және тәртібі туралы берілетін ақпараттық қызмет
- B) Петри желісі, динамикалық шешімдер кестесі, продукциондық жүйе
- C) бейімделушілікті қамтамасыз ететін БАЖ ҰТЖ-н тікелей құрамды бөлігі
- D) ЭАЖ-де өңделетін ақпараттар үшін жұмсалатын шығындар, объектіде осы ақпаратты қолдану экономикалық ұтыстан аз болмау керек
- E) барлық жауап дұрыс

11. **Жалпы алғанда сигналдарды өңдеу мақсаты деп нені айтамыз?**

- A) физикалық құрылымдардың объектінің немесе ортаның физикалық қасиеттері, жағдайы және тәртібі туралы берілетін ақпараттық қызмет
- B) оларда бейнеленген нақты ақпараттық мәліметтерді (пайдалысын да, мақсаттысын да) алып, ол мәліметтерді қабылдау және одан әрі пайдалану үлгісіне келтіруді айтады
- C) бейімделушілікті қамтамасыз ететін БАЖ ҰТЖ-н тікелей құрамды бөлігі

- D) ЭАЖ-де өңделетін ақпараттар үшін жұмсалатын шығындар, объектіде осы ақпаратты қолдану экономикалық ұтыстан аз болмау керек
- E) барлық жауап дұрыс

12. Сигалдарға қажетті деп нені айтамыз?

- A) физикалық құрылымдардың объектінің немесе ортаның физикалық қасиеттері, жағдайы және тәртібі туралы берілетін ақпараттық қызмет
- B) Петри желісі, динамикалық шешімдер кестесі, продукциондық жүйе
- C) іріктеп алынған мақсатты сигналдарды саралау кезінде негізгі сигналдармен бірге оларға бөгет жасайтын шулармен түрлі кедергілерді тіркейді
- D) ЭАЖ-де өңделетін ақпараттар үшін жұмсалатын шығындар объектіде осы ақпаратты қолдану экономикалық ұтыстан аз болмау керек
- E) барлық жауап дұрыс

13. Сигналдарды қандай түрлерге бөледі?

- A) жалпы
- B) символды
- C) тек шулар
- D) пайдалы және бөгет жасайтын
- E) барлық жауап дұрыс

14. Бөгет жасайтын сигналдардың шығу табиғатын анықтағанда олар ауысып кетуі мүмкін:

- A) символға
- B) белгіге
- C) таңбаға
- D) ешнәрсеге айналмайды
- E) ақпараттық разрядтарға

15. Қандай өлшемде берілген сигналдардың нәтижесінде пайда болған көп өлшемді сигналдар жиі пайдаланылады?

- A) бір
- B) екі
- C) үш
- D) төрт
- E) бес

16. **Көп өлшемді сигналдар бір өлшемді сигналдардың түрінде қаралады?**
- A) реттелген көбейтіндісі
 - B) реттелген қосындысы
 - C) реттелген азайтындысы
 - D) реттелген бөліндісі
 - E) реттелген дәрежесі
17. **Көп өлшемді сигналдарды өндеудің өз ерекшеліктері бар және олардың сандарының дәрежесі көп болуына байланысты бір өлшемді сигналдардан айырмашылықтары қандай болуы мүмкін?**
- A) аз
 - B) орташа
 - C) көп
 - D) біреу ғана
 - E) тек шектеулі
18. **Сигналдар теориялық зерттеу мен практикалық талдаудың объектісі болуы үшін оны математикалық жазу әдісі - сигналдың қандай моделі көрсетілуі қажет?**
- A) алгоритмдік
 - B) физикалық
 - C) эмпирикалық
 - D) математикалық
 - E) логикалық
19. **Физикалық деректерді талдауда сигналдардың математикалық моделдерін құруда екі түрлі әдісті пайдалануға болады:**
- A) физикалық құрылымдардың объектінің немесе ортаның физикалық қасиеттері, жағдайы және тәртібі туралы берілетін ақпараттық қызмет
 - B) Петри желісі, динамикалық шешімдер кестесі, продукциондық жүйе
 - C) бейімделушілікті қамтамасыз ететін БАЖ ҰТЖ-ң тікелей құрамды бөлігі
 - D) ЭАЖ-де өңделетін ақпараттар үшін жұмсалатын шығындар объектіде осы ақпаратты қолдану экономикалық ұтыстан аз болмау керек
 - E) математикалық әдістерде аударылған сигналдар, әдіс кездейсоқ сигналдар мәнін көрсетеді

20. **Математикалық әдістерде аударылған сигналдар –**
- A) жеткілікті дәрежеде дәлдеп есептеп, оны математикалық формулалармен немесе есептеу алгоритмдермен нақтылап жазуға болады
 - B) кездейсоқ жағдайлардың болуына сигналдардың өзіне тән физикалық табиғилылығы себеп болады
 - C) мазмұнына байланысты
 - D) тіркелген сигналдардың уақытқа немесе пайда болған орнына, мазмұнына байланысты болады
 - E) барлық жауап дұрыс

11-ТАҚЫРЫП. ДАБЫЛ МЕН АРНАНЫҢ АҚПАРАТТЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫ

Дәрістің мәнмәтіні

Мақсаты: Дабыл мен арнаның ақпараттық сипаттамаларын анықтау

Дәріс жоспары

1. Дабыл мен арнаның физикалық сипаттамаларын келісу
2. Хабарлар көзі мен байланыс арнасы статистикалық қасиеттерін келісу (қиыстыру)

Негізгі түсініктер: дабыл, арна, хабарламалар көзі, сенімділік, кедергілер

Тақырыптың мазмұны: Нақты байланыс арнасы, қандай да бір дабылдарды беру мүмкіндігіне қатысты болатын, белгілі бір физикалық параметрлерге ие болады. Үзіліссіз арнаның оның тағайындалуына байланыссыз үш негізгі параметрлермен: дабылды беру үшін берілетін уақытпен T_k дабылды өткізу жолағының енімен F_k және арнада кедергіден ұйғарымды дабылдың артып кетуімен H_k сипаттауға болады. H_k -ның артып кетуі арнадағы ең үлкен ұйғарымды дабылдың $P_u \max$ кедергілер деңгейінің P_ζ (логарифмдік масштабты) айырмасымен сипатталады. Сымдық арналар үшін артып кету, негізінен, арғы жағына өтетін кернеу және түйіспелік кедергілер деңгейімен, радиоарналар үшін тиісті қашықтықтарда дабылды анықтау мүмкіндіктерімен анықталады.

Байланыс арнасының атап көрсетілген негізгі параметрлерінің көбейтіндісін арнаның көлемі (сыйымдылығы) деп атау және V_k -мен белгілеу қабылданған:

$$V_k = T_k F_k H_k. \quad (136)$$

Берілген физикалық сипаттамалармен арна бойынша дабылды беру мүмкіндіктерін бағалау кезінде де дабылдың үш негізгі параметрлерін қарастырумен шектеледі: оның ұзақтығы T_c , спектрдің ені F_c және кедергіден артып кетуі H_c , сонымен бірге

$$H_c = \log (P_u/P_\xi), \quad (137)$$

мұндағы, P_u - берілетін дабылдың орташа қуаты; P_ξ - арнадағы кедергілердің орташа қуаты.

H_c артып кетуі хабарлағыштың мүмкіндіктерімен және берудің алыстығымен байланысты болады. H_c неғұрлым үлкен болса, қате қабылдау ықтималдығы соғұрлым аздау. Берілетін арнаның V_c көлемі (сыйымдылық) ұғымы арна көлеміне ұқсас енгізіледі:

$$V_c = T_c F_c H_c. \quad (138)$$

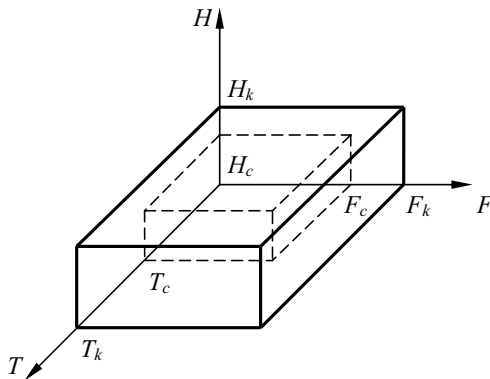
Дабыл көлемі сияқты, арна көлемі, T , F , H тиісті координаттарымен үш өлшемді кеңістікте берілуі мүмкін (48-сурет).

Аталған арна бойынша дабылды бұрмаламай берудің принципті мүмкіндіктерінің қажетті шарты мына арақатынасты орындау болып саналады.

$$V_c \leq V_k \quad (139)$$

Сонымен қатар, ақпарат берудің жеткілікті жағдайын қамтамасыз ету үшін түрлендіру қажет болуы мүмкін, атап айтқанда:

$$T_c \leq T_k, F_c \leq F_k, H_c \leq H_k \quad (140)$$



48-сурет. Дабыл көлемі координаттары

Арна, дабыл беруге жататын спектрдің тәжірибелік еніне қарағанда кішірек өткізу жолағына ие болған кезде, соңғыны дабылдың ұзақтығын ұлғайту есебінен кішірейтуге болады. Мұнда дабыл көлемі өзгеріссіз сақталады.

Егер, керісінше, кең жолақты арна дабыл ұзақтығынан аздау уақытқа берілетін болса, онда келісу дабыл спектрін кеңейту есебінен жүзеге асырылады.

Арнада дабылдың артып кетуінің төменгі ұйғарымды деңгейі кезінде түрлендіру, ақпаратта беруді бір мезгілде көп қайтара қайталау жолымен оның ұзақтығын ұлғайта отырып берілетін дабылдың артып кету деңгейін төмендету жолымен жүзеге асырылады. Сондай-ақ, түрлендірудің өзге де түрлері болуы мүмкін.

Осы арна бойынша берілетін дабыл туралы алуға болатын, ақпараттардың саны мен арна көлемі арасындағы байланыстың қандай екенін қарастырамыз.

T_k уақыт ішінде байланыс арнасы бойынша берілуі мүмкін ақпараттардың шекті саны, мынаған сәйкес келеді:

$$I_{max}(V, U) = T_k F_k \log (1 + P_u/P_{\xi}).$$

Осыдан, егер $P_u/P_{\xi} \gg 1$ болса, онда дабыл туралы алуға болатын ақпараттардың ең үлкен саны арасының физикалық мүмкіндігін толық пайдалану дабылын түрлендіру арқылы қамтамыз ету шарттары негізде, арнаның сыйымдылығына жақын болады:

$$I_{max}(V, U) = V_k = T_k F_k \log (P_{u max}/P_{\xi}).$$

Байланыс арнасы мен олардың хабарлар көзінің ақпараттық сипаттамаларын көрсететін статистикалық қасиеттерді келісу, ақпараттар беру жүйелерінің сапасын жақсарту мақсатында жүргізіледі. Сапаны бағалау үш негізгі көрсеткіштер: анықтық, ақпараттар берудің орташа жылдамдығы мен оның сенімділігі және құнын анықтайтын жүйелерді техникалық жүзеге асыру бойынша іске асырылады. Тәжірибе тұрғысынан техникалық жүзеге асырудың күрделілігі шешуші маңызға ие болуы мүмкін, жүйелердің шекті мүмкіндіктерін анықтау кезінде алғашқы екі көрсеткіштермен ғана шектелген орынды болады.

Дискреттік арнаның дұрыстығы әдетте бір символды (қарапайым

дабылды) қате қабылдау ықтималдығының мәнімен бағаланады. Үзіліссіз хабарлар беру жағдайында оның дұрыстығы туралы, қатені жаңғырту кезіндегі орта квадраттық қатенің мәні бойынша қарастырады.

$$M[\varepsilon^2]=M[(w(t)-z(t))^2],$$

мұндағы, $w(t)$ – арнадан шығуында түсетін хабар, $z(t)$ – арнаның кіруіндегі хабар.

Сенімділік (анықтық) ақпараттық жүйелердің кедергіге төзімділігін сипаттайды.

Уақыт бірлігінде арна бойынша берілетін ақпараттардың орташа саны ақпараттар беру жылдамдығы болып түсіндіріледі. Атап айтқанда, символдарды қалыптастыру жылдамдығы (техникалық емес) арнаның өткізу қабілетімен келісуге жатады. Ақпараттар беру жылдамдығы жүйенің тиімділігін сипаттайды.

Егер хабарларды беру жүйесіне ақпараттарды беру жылдамдығы мен дұрыстығына қатысты жоғары талаптар қойылмайтын болса, онда хабарлар көзі мен байланыс арнасының статистикалық сипаттамасымен келісу, негізінде қажет болып саналмайды.

Хабарларды дабылдарға түрлендіру кезегіндегі бұл жағдайда екі негізгі мақсаттар көзделуі мүмкін. Олардың бірі - оның ақпараттық құрылғыларды аппараттық жүзеге асыруының қарапайымдылығы мен сенімділігін және олардың тиімділігін қамтамасыз ететіндей символдардың (код) осындай жүйесіне хабарды түрлендіру: қолайлы уақытта оларды беру кезінде жекелеген символдарға сәйкес келетін қарапайым дабылдарды ажырату аппаратурасының қарапайымдылығын, осы жүйеде арифметикалық және логикалық амалдарды орындаудың қарапайымдылығын қамтамасыз ету болып табылады. Үздіксіз кіру дабылы кезінде осындай ең қарапайым түрде кодтау үдерісін техникалық іске асыру ұқсастық-цифрлық түрлендіргішпен жүзеге асырылады.

Оларды рұқсат етілмеген кірулерден қорғау хабарларды түрлендірудің тағы бір мақсаты болып саналады. Осындай түрлендіру *шифрлау* деп аталады. Ол таңбалар деңгейінде, сол сияқты символдар деңгейінде жүргізілуі мүмкін.

Хабарларкөзінбайланысарнасыменстатистикалықкелісімдерінің қажеттілігі жоқ болған жағдайда жүйелер атқарымының сапасын

арттыру мәселелері дискреттік арна үшін модулятордың кіруінен демодулятордың шығуына дейін шешіледі.

Модуляторға кіретін символдар тең ықтималдықта келіп түседі және олардың арасында статистикалық байланыстар жоқ. Жиіліктер жолағы мен қуаттары бойынша берілген шектеулері қанағаттандыратын дабылдар жиынынан оған әсер ететін аддитивті гаусс шуылы әрбір жекелеген символды қабылдаудың ең көп сенімділігін қамтамасыз етеді. Сонымен, бірмезгілде оңтайлы қабылдау құрылымы анықталады. Осы мәселелер екілік арна ($m = 2$) жағдайы үшін неғұрлым толығырақ қарастырылған.

Шеннон көрсеткендей, ақпараттар беру жүйесінің тиімділігі мен кедергіге төзімділігін арттыру байланыс арнасына кодтайтын, демек декодтайтын құрылғыны енгізу есебінен мүмкін болады және хабарлар көзі мен байланыс арнасының қасиеттерімен статистикалық келісу оның мақсаты болып саналады.

Оның дәлелдеген теоремалары бойынша, аталған байланыс арнасының өткізу қабілетіне қанша болмасын жақын келетін ақпараттар беру жылдамдығына қол жеткізілетін кодтаудың оңтайлы тәсілінің қолданылуы негізделген. «Модулятор-демодулятор» арнасы бөліктеріндегі операцияларды қоса алғанда хабарлардағы кедергілермен арна қоспаларын кері түрлендіру мен дабылдардағы хабарларды түрлендіру бойынша операциялардың жиынтығы бұл ретте кодтау болып түсіндіріледі.

Операциялардың тиісті жиынтығын, демек оңтайлы байланыс жүйелерінің құрылымын анықтауға арналардың модельдерін айтарлықтай оңайлататын бірқатар мүмкіндіктерді жасаған кезде де қол жеткізілген жоқ. Есептерді оңайлату үшін «модулятор-демодулятор» арнасының оңтайлы жобаланған бөліктері жағдайлары кезінде ең жақсы кодты табу жолымен бөліктері бойынша жүйелерді оңтайландыруға көшеді.

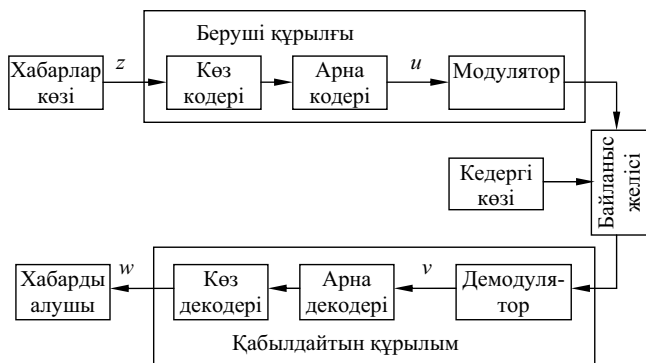
Сондай-ақ, хабарлар көзінің статистикалық қасиеттерімен шарттасылған кодтау рәсімдерін және байланыс арнасының статистикалық қасиеттеріне қатысты кодтау рәсімдерін бөлудің дұрыс болатындығы анықталды. Осындай бөлу түрлендіру үдерістерінің мәнін жақсырақ түсінуге оң ықпал етеді. Тәжірибелік тұрғыдан ол, негізгі екі тәуелсіз блоктарды кодтайтын, сол сияқты декодтайтын құрылғыларды: дерек көзінің кодері мен дерек көзінің декодері және арнаның кодері мен арнаның декодері жүзеге асыруға

мүмкіндік беретіндігімен құнды болып саналады. Дискреттік хабарларды беру жүйелерінің нақтыланған құрылымдық сұлбасы 49-суретте көрсетілген.

Енді, хабарлардың әртүрлі көздері мен байланыс арналарының статистикалық келісуінің ерекшеліктерін қарастырамыз.

Көзден келіп түсетін дискретті хабарлар, артық хабарға ие болады, ал арнада кедергілердің зиянды әсерін елемеге болады деп жорамалдап көрелік және бұл бірліктен айтарлықтай артып кететін дабыл кедергі қатынастары кезінде шындыққа жақын келетін болады. Бұл жағдайда, кедергіге төзімділікті қамтамасыз ету проблемасын ескерудің қажеттілігі жоқ және тиімділікті арттыру есебі сол күйінде қалады.

Кедергілерсіз дискреттік арна үшін кодтау туралы Шеннонның негізгі теоремасында, хабарларды статистикалық тәуелсіз және тең ықтималды символдарға түрлендіру арқылы ақпараттарды беру жылдамдығын осы арнаның өткізу қабілеттеріне дейін арттыруға болады.



49-сурет. Дискреттік хабарларды беру жүйелерінің нақтыланған құрылымдық сұлбасы

Атап көрсетілген мүмкіндіктерді техникалық іске асыру, сол жағдайда артық ақпараттарды жою азаятын, осындай кодтауды қамтамасыз ететін көз кедергімен жүзеге асырылады. Кедергілер болмаған кезде, бұл уақытты беру уақытынан (немесе есте сақтайтын құрылғы көлемінде) ұтуға тікелей мүмкіндік береді және жүйенің

тиімділігін арттырады. Сондықтан осындай кодтау тиімді немесе оңтайлы атауға ие болған.

Кедергілердің болғанда ол арнада кейін түрлендіру үшін ең жақсы түрде дайындалған, символдардың тізбегінде кіру ақпаратын түрлендіруге мүмкіндік береді.

Кедергілер әсеріне ұшыраған арнамен артық ақпаратқа ие емес дискреттік хабарды қалыптастыратын көзді статистикалық келісу кезінде, көз кодерін пайдаланудың мағынасы болмайды. Бірақ хабарлар берудің сенімділігін арттыру үшін арна бойынша жіберу жылдамдығын шамалы азайтып, ол нақты статистикалық қасиеттермен кедергілердің зиянды әсерін жоюға барынша ықпал ететіндей қосымша артық хабар енгізілуі қажет.

Кедергілі дискреттік арна үшін кодтау туралы Шеннон теоремасынан, арнадағы кедергілер ақпараттар берудің сенімділігіне шектеулер қоймайтыны туралы ойламаған іргелі қорытынды жасалады. Сол жағдайда қандай болмасын жоғары сенімділікке жетуге болатын ақпараттар беру жылдамдығына ғана шектеу қойылады. Ол кедергілер мен дискреттік арнаның өткізу қабілетінен артып кетпеуі тиіс. Артық емес хабарларды берудің сенімділігін қамтамасыз ету үшін қажет артық ақпараттар саны аса көп емес және кедергілердің әсерімен шарттасылған, арнадағы ақпараттарды жоғалтуға тең болады.

Ақпараттарды беру сенімділігін түбегейлі арттырудың мүмкіндіктерін техникалық іске асыру арна кодерімен және декодерімен жүзеге асырылады. Осындай кодтау кедергіге төзімділік атауын алды. Аталған теоремалар мен әдістерді толық қарастырудың 6-тарауы кедергіге төзімді кодтауға арналған.

Көз артық ақпаратқа ие хабарды қалыптастырған жалпы жағдайда, оларды арна бойынша кедергілермен беру талап етіледі және арнаға көз кодерін (және кодерді), сол сияқты арна кодерін (және декодерді) енгізген дұрыс.

Кейіннен кедергіге төзімді кодпен қайта кодтай отырып тиімді кодтау әдістерімен артық хабарларды жоюдың дұрыстығы, хабар көзінің артықтығы көпшілік жағдайларда байланыс арасындағы кедергілердің статистикалық заңдылықтарымен келіспейтіндігімен шарттасылған, сондықтан қабылданатын хабардың сенімділігін арттыру үшін толық пайдаланылуы мүмкін емес, бірақ әдетте осы кезде дәл келетін кедергіге төзімді кодты таңдап алуға бола-

ды. Бұдан өзге, хабарлар көзінің артықтығы көбінесе аса күрделі ықтималдық тәуелділіктердің салдары болып саналады және аса күрделі алгоритмдер мен түйсік арқылы сезінулерді пайдалана отырып, бүкіл хабарды декодтағаннан кейін ғана қателерді анықтауға және түзеуге мүмкіндік береді.

Арна бойынша кедергілерсіз үздіксіз хабарлар беру қарастырылмайды, өйткені бұл теориялық жағдайда байланыс проблемасы мүлде туындамайды. Қабылдау жағындағы амплитуда бір импульспен шектеусіз дәлдікпен қабылданады, ақпараттардың шексіз көп саны берілуі мүмкін және бұл тәжірибе тұрғысынан мағынасыздық болып табылады.

Кедергілердің әсеріне тартылған үздіксіз арнамен үзіліссіз хабарлар көзін статистикалық келісуге толығырақ тоқталамыз. Беру жүйесінің шекті мүмкіндіктері бұл жағдайда Шеннонның мына теоремасымен анықталады: егер үзіліссіз хабарлар көзінің $H_\varepsilon(Z)$ ε -өнімділігі C_H үзіліссіз арнаның өткізу қабілетінен артып кетпейтін болса, онда кез келген алынған хабар берілген хабардан, ықтималдығы бір санына өте жақын жаңғыртудың шынайылығына қабылданған бағалар шектерінде ғана өзгешеленетін хабарды берудің осындай тәсілі болады.

Сондай-ақ, $H_\varepsilon(Z) > C_H$ кезінде осындай хабар беруді ешқандай да тәсілмен қамтамасыз ету мүмкін еместігі расталады.

Теореманы дәлелдеместен, дабылдарды көрсетудің геометриялық формасын пайдаланып, онда көрсетілген беру тәсілін жүзеге асыру мүмкіндігін түсіндіреміз.

Егер хабар белгілі бір сенімділікпен жаңғыртылуы тиіс болса, онда T ұзақтығы үзіліссіз хабарлардың шексіз жиынынан жаңғыртылатын хабарлардың жұп ішкі жиындарын ғана беруі қажет.

Кодтау үдерісі бұл жағдайда хабар көзінен алынған ақпаратты жақын тұрғанға жаңғыртады және оған арнадағы әсер ететін кедергілерді ескере отырып беру үшін арнайы тандап алынған шешілген дабылдар жиынынан нақты дабылды салыстырады.

Декодтау кезінде алынған дабыл жақын шешілген дабылмен ұқсастырылады және жаңғыртылатын хабарға сәйкестікке қойылады. Егер гильберт кеңістігінде қабылданған дабылдың сектор саны, өлшемдері кедергілердің қуатына қатысты болатын тиісті шешілген дабылдың өз аймағына түсетін болса, онда қателік болмайды. Бұл шешілген дабылдар векторлар ұштары арасындағы қашықтыққа

шектеу қояды. Осылайша, берілетін дабылдардың орташа қуатының белгілі бір деңгейіне сәйкес келетін гиперсфералардың беттерінде, шешілген дабылдардың шектеулі санын ғана орналастыруға болады. Ол сенімділіктің берілген деңгейін қамтамасыз ете отырып, ақпараттар берудің шекті жылдамдығын анықтайды.

Өйткені, әдетте, өзге шешілген (рұқсат етілген) дабылды жаңғырту ықтималдығы түпкі болып қалатын, кедергілердің кез келген мәнінің пайда болу мүмкіндігіне рұқсат етеді. Бірақ берілетін дабылдардың ұзақтығын шектеусіз арттыру кезінде, оның нөлге ұмтылатыны дәлелденген.

ҚОРЫТЫНДЫ

- Үзіліссіз арнаны оның тағайындалуына байланыссыз үш негізгі параметрлермен: дабылды беру үшін берілетін уақытпен, дабылды өткізу жолағының енімен және арнада кедергіден ұйғарымды дабылдың артып кетуімен сипаттауға болады.

- Арнада дабылдың артып кетуінің төменгі ұйғарымды деңгейі кезінде түрлендіру ақпаратта беруді бір мезгілде көп қайтара қайталау жолымен оның ұзақтығын ұлғайта отырып берілетін дабылдың артып кету деңгейін төмендету жолымен жүзеге асырылады.

- Егер хабарларды беру жүйесіне ақпараттарды беру жылдамдығы мен дұрыстығына қатысты жоғары талаптар қойылмайтын болса, онда хабарлар көзі мен байланыс арнасының статистикалық сипаттамасымен келісу, негізінен қажет болып саналмайды.

- Модуляторға кіретін символдар тең ықтималдықта келіп түседі және олардың арасында статистикалық байланыстар жоқ. Жиіліктер жолағы мен қуаттары бойынша берілген шектеулері қанағаттандыратын дабылдар жиынынан оған әсер ететін аддитивті гаусс шуылы әрбір жекелеген символды қабылдаудың ең көп сенімділігін қамтамасыз етеді.

- Шеннонның дәлелдеген теоремалары бойынша, аталған байланыс арнасының өткізу қабілетіне қанша да болсын жақын келетін ақпаратты жіберу жылдамдығы кодтаудың оңтайлы тәсілінің болуы негізделеді.

СОӨЖ және СӨЖ тапсырмалары

1. Тақырып бойынша бақылау сұрақтарына жауап беру:

1. Үзіліссіз арнаның негізгі параметрлермен атаңыз?
2. Қай кезде дабыл көлемі өзгеріссіз сақталады?
3. Арнада дабылдың артып кетуі қандай жолмен жүзеге асырылады?
4. Сапаны бағалау көрсеткіштерін атаңыз.
5. Ақпараттар беру жылдамдығы қалай анықталады?
6. Хабарларды дабылдарға түрлендіру қандай мақсаттарды көздейді?
7. Ақпараттарды беру сенімділігі қалай анықталады?

2. Тақырып бойынша тест тапсырмаларының сұрақтарына жауап беру:

1. Сигналдарды топтастыру:

- A) оларды жеткілікті дәрежеде дәлдеп, есептеп математикалық формулалармен немесе есептеу алгоритмдерімен нақтылап жазуға мүмкіндік береді
- B) олардың математикалық моделдерге сәйкестік белгілеріне қарай жүзеге асырылады
- C) мазмұнына байланысты болады
- D) тіркелген сигналдардың уақытқа немесе пайда болған орнына, мазмұнына байланысты болады
- E) барлық жауап дұрыс

2. Барлық сигналдар аударылған және кездейсоқ неше ірі топқа бөлінеді?

- A) бір
- B) үш
- C) екі
- D) төрт
- E) шексіз көп

3. Ақпарат және сигналдарды беру теориясында ақпарат ретінде қарастырылатын қандай да бір оқиғалар, процестер, оқиғалар туралы мәліметтер жиынын қандай аспектіде беруді түсінеді?

- A) кеңістік
- B) уақыт
- C) атрибуттар
- D) кеңістік пен уақыт
- E) параметрлер

4. Ақпарат қандай түрде беріледі?

- A) сигнал
- B) тип
- C) таңба
- D) мәлімет
- E) хабарлама

5. Хабарлама деп:

- A) Көзден адресатқа жіберуге арналған және белгілі бір формада көрсетілген ақпаратты айтады
- B) Сигналдарды топтастыру олардың математикалық моделдерге сәйкестік белгілеріне қарай жүзеге асырылады
- C) Кездейсоқ жағдайлардың болуына сигналдардың өзіне тән физикалық табиғилылығы себеп болады
- D) Бірінші әдіс мазмұны кез келген уақытта немесе кеңістіктің жай нүктесінде мәлім және дәл анықталған болуы мүмкін аударылған (детерминированными) сигналдарға негізделеді
- E) Барлығы дұрыс

6. Дискретті хабарламаны сигналға түрлендіру үшін қандай операцияны орындау керек?

- A) шифрлеу
- B) кодтау
- C) аудару
- D) дешифрлеу
- E) алгоритмдеу

7. Энтропия нені қарастырады?

- A) көзден адресатқа жіберуге арналған және белгілі бір формада көрсетілген ақпаратты
- B) кодтауды
- C) хабарлама көзінің іс-әрекетіндегі анықталмағандықтың мәні ретінде
- D) сигналдарды топтастыру олардың математикалық моделдерге сәйкестік белгілеріне қарай жүзеге асырылатынын

Е) барлығы дұрыс

8. **Хабарлама көзінің шығару қабілеті деп нені айтамыз?**

- A) сигналдарды топтастыру олардың математикалық моделдерге сәйкестік белгілеріне қарай жүзеге асырылатынын
- B) кодтау
- C) хабарлама көзінің іс-әрекетіндегі анықталмағандықтың мәні ретінде қарастыру
- D) дешифрлеу
- E) көздің уақыт бірлігіндегі беретін ақпараттың орташа саны

9. **Екілік көздің коррелирленбегендегі тең ықтималдықты символдардың энтропиясы нешеге тең?**

- A) 5 бит/симв
- B) 4 бит/симв
- C) 3 бит/симв
- D) 2 бит/симв
- E) 1 бит/симв

10. **Фрактальді кодтау:**

- A) бұл бейненің фрактальді қасиетін бейнелейтін математикалық деректердің жиынтықтық нақты бейнесі бар растрларды кодтау үшін қолданылатын математикалық процесс
- B) хабарлама көзінің іс-әрекетіндегі анықталмағандықтың мәні ретінде қарастырылады
- C) тіркелген сигналдардың уақытқа немесе пайда болған орнына, мазмұнына байланысты болады
- D) сигналдарды топтастыру олардың математикалық моделдерге сәйкестік белгілеріне қарай жүзеге асырылады
- E) дұрыс жауап берілмеген

11. **Фрактальді қысу бейнелер функциясы жүйесінің көмегімен ыңғайлы формада ұсынылуына негізделген:**

- A) Internet Explorer
- B) Iterated Function System
- C) Microsoft Office
- D) Micro Cap
- E) Adobe Image Reader

12. **Қайта құруға кеңістіктің үш нүктесі кіреді:**

- A) I, j, k
- B) x, y, g
- C) X бейнесінің нүктесінің координаты, Y бейнесінің нүктесінің координаты және I нүктесінің ашықтығы
- D) α , β , φ
- E) a, b, c

13. **Фотокөшірмелі машина келесідей әрекеттерді орындауы мүмкін:**

- A) линзалар өндірілген форма бейнесінің бөлігін жаңа бейненің кез келген орнына проектилеуге мүмкіндік береді
- B) линза бейненің өз фрагментін айналдыра және айнадай суреттей алады
- C) бейнелер проектиленетін облыстар қиылыспайды
- D) берілген жауаптардың бәрі дұрыс
- E) линза бейненің өз фрагментін масштабтау қажет

14. **Линзалардың мінездемелеріне және орналасу орнына тәуелді, ал шығын суретінен тәуелсіз болатын бейне:**

- A) «үлкейтілген бейне»
- B) «кішірейтілген бейне»
- C) «қозғалатын бейне»
- D) берілген жауаптың бәрі дұрыс
- E) «қозғалмайтын нүкте» немесе IFS берілгенінің аттаракты

15. **Линзалардың көрінісі қысылатын болған соң, әрбір линза біздің бейнемізде өз-өзіне қандай облыстарды ұсынады?**

- A) ұқсас
- B) қарама-қарсы
- C) симметриялы
- D) ұқсамайтын
- E) әр түрлі

16. **Фрактальді компрессия:**

- A) бейнелер проектиленетін облыстар қиылыспайды
- B) бұл бейнедегі ұқсас облыстарды іздеу және аффинді қайта өңдеу параметрлері үшін анықтама
- C) сигналдарды топтастыру олардың математикалық моделдерге сәйкестік белгілеріне қарай жүзеге асырылады

- D) линзалар өндірілген форма бейнесінің бөлігін жаңа бейненің кез келген орнына проектілеуге мүмкіндік береді
- E) хабарлама көзінің іс-әрекетіндегі анықталмағандықтың мәні ретінде қарастырылады

17. **Функцияның жүйесі фрактал ұқсас қандай объектіні ұсынады?**

- A) химиялық
- B) биологиялық
- C) математикалық
- D) алгебралық
- E) әртүрлі

18. **Теория әрбір IFS үшін қандай нүктені кепіл етеді?**

- A) ұқсас
- B) қарама-қарсы
- C) симметриялы
- D) қозғалмайтын
- E) әртүрлі

19. **Машина жұмысының бір итерациясы шығын бейнесі бойынша жобалау көмегімен жаңасын құру болып табылады, содан кейін жаңасы қалай алынады?**

- A) ұқсас
- B) қарама-қарсы
- C) симметриялы
- D) кіріс
- E) шығын

20. **Алға қойған мақсат және нақты есепті шешу көзқарасынан қарағандағы жүйені бөлшектеудің шегі болып табылатын не?**

- A) Элемент
- B) Жүйе
- C) Құрылым
- D) Иерархия
- E) Байланыс

12-ТАҚЫРЫП. ДЕРЕКТЕРДІ БЕРУ ЖЕЛІЛЕРІ

Дәрістің мәнмәтіні

Мақсаты: Деректерді беру желілерімен танысу.

Дәріс жоспары

1. Байланыс желілерінің өткізу қабілеті
2. Статикалық маршруттау есептерін шешу әдістері

Негізгі түсініктер: реакциялар уақыты, толық жүктелмеген желі, жүктелген желі, пакеттер, Ethernet хаттама, ортаға ену уақыты, номинал уақыты, күту уақыты, тайм-аут, қатты дауыл, көпірлер, коммутаторлар, маршруттаушылар

Тақырыптың мазмұны: Желілердің өнімділігі – деректермен алмасуды орындау кезінде желіге енгізілетін кешіктіруді бағалаушы уақытша көрсеткіштер мен уақыт бірлігінде желімен берілген ақпараттар санын көрсететін, екі типтегі өткізу қабілетінің көрсеткіштер көмегімен өлшенеді. Көрсеткіштердің осы екі типі өзара кері болып саналады және олардың біреуін біле отырып, екіншісін есептеуге болады.

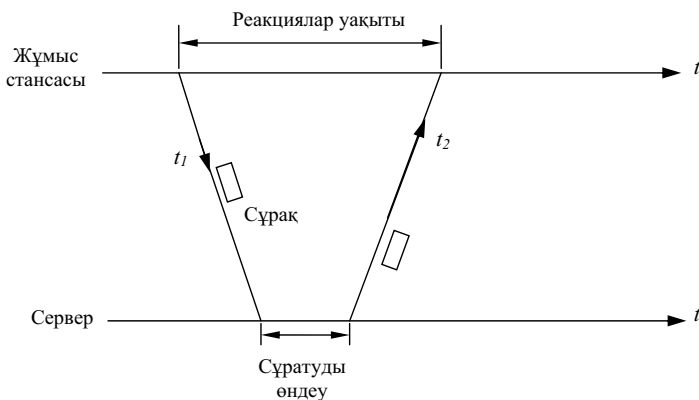
Әдетте, **реакциялар уақыты** көрсеткіші ретінде желілер өнімділігінің уақытша сипаттамасы пайдаланылады. «Реакциялар уақыты» термині өте кең мағынада пайдаланылуы мүмкін, сондықтан әрбір нақты жағдайда осы терминмен түсіндірілетін нақтылау қажет.

Жалпы жағдайда, реакциялар уақыты қандай да бір желілік сервиске пайдаланушының сұратуы пайда болуы мен осы сұратуға жауап алуы арасындағы уақыт интервалы ретінде анықталады (50-сурет). Осы көрсеткіштің мағынасы мен мәні, пайдаланушы соған жүгінетін сервисің типіне, қандай пайдаланушы және қандай серверге жүгінетініне, сондай-ақ желілердің өзге элементтерінің ағымдағы жағдайына – сұрату арқылы өтетін сегменттердің жүктелушілігіне, сервердің жүктелушілігіне және т.б. қатысты болады.

Түпкі пайдаланушы үшін, осылайша, реакциялардың белгілі бір уақыты желілер өнімділігінің түсінікті және неғұрлым табиғи

көрсеткіші (осы көрсеткішке кейбір белгісіздік енгізетін файл өлшемін, мысалы, бір мегабайт деректі беру кезіндегі реакциялар уақытын бағалай отырып, тіркеуге болады) болып саналады. Бірақ желілік маманды бірінші кезекте өз желісінің өнімділігі қызықтырады, сондықтан оны неғұрлым дәлірек бағалау үшін, реакциялар уақытынан деректерді желілік емес өңдеуге – дискіде қажетті ақпараттарды іздеуге, оны дискіге жазуға және т.б. кезеңдерге сәйкес келетін, құраушыларды мүшелеу дұрыс болады. Осындай қысқартулар нәтижесінде алынған уақытты қолданбалы деңгейдегі желілер реакциялары уақытының өзге анықтамасы деп санауға болады.

Әртүрлі, бірақ тіркелген күйлердегі желілер кезінде өлшенген реакциялар уақыты осы өлшемнің нұсқалары болып пайдаланылуы мүмкін.



50-сурет. Реакция уақыты – сұрату мен жауап арасындағы интервал

Толық жүктелмеген желі. Реакциялар уақыты серверге бір ғана клиент жүгінген жағдайларда өлшенеді, яғни серверді клиентпен біріктіретін желілер сегментінде ешқандай да басқа белсенділік болмайды, яғни өнімділік өлшенетін FTP сессиясының кадрлары ғана қатысады. Желілердің өзге сегменттерінде график айналыс жасауы мүмкін, ең бастысы - өлшеу жүргізілетін сегментіне оның кадрларының түспеуі болып табылады. Өйткені нақты желілердегі жүктелмеген сегмент – экзотикалық құбылыс, сондықтан өнімділік

көрсеткіштерінің берілген нұсқасының қолданылуы шектелген, оның жақсы мәні - бағдарламалық қамтамасыз ету және берілген екі тораптар мен сегмент аппаратурасы жеңілдетілген жағдайларда жұмыс жасау үшін қажетті өнімділікке ие екенін растайды. Сегменттің бөлінетін ресурстары үшін желілердің өзге тораптарымен күрес орын алатын кездегі нақты жағдайлардағы жұмыс үшін, желілердің тестіленетін элементтерінің өнімділігі жеткіліксіз болуы мүмкін.

Жүктелген желі. Бұл – нақты сервер мен клиент үшін FTP сервисінің өнімділігін тексерудің неғұрлым қызықты жағдайы. Бірақ желілерде өзге тораптар мен сервистер жұмыс істейтін жағдайлардағы өнімділік өлшемін өлшеу кезінде, өз қиындықтары туындайды – желілерде жүктемелер нұсқаларының шамадан тыс көп саны болуы мүмкін, сондықтан осындай сұрыптағы өлшемдерді анықтау кезіндегі бастысы – желілер жұмысының кейбір сипатты жағдайлары кезінде өлшеулер жүргізу. Өйткені желілердегі трафик пульстік сипатқа ие болады және трафик сипаттамасы бір күн уақытына және апталар күндеріне қатысты түбегейлі өзгереді, сондықтан типтік жүктемелерді анықтау – желілерде ұзақ өлшеулерді талап ететін күрделі рәсім. Егер желі тек жобаланып қана жатқан болса, онда типтік жүктемелерді анықтау одан сайын күрделене түседі.

Тораптардың жекелеген жұптарына емес, тұтастай алғанда бүкіл тораптарға қатынасы бойынша өнімділікті бағалау кезінде екі типті: *орташа алынған және шекті* өлшемдер пайдаланылады.

Орташа мөлшердегі өлшемдер, белгілі бір сервис бойынша желілердің бүкіл немесе кейбір серверлерімен өзара әрекет ету кезінде бүкіл немесе кейбір тораптардың реакциялар уақытының жиынын, яғни түрдің жиынын білдіреді.

$$(\sum_i \sum_j T_{ij}) / (n \cdot m) \quad (141)$$

мұндағы, T_{ij} – j -лік серверге жүгіну кезіндегі i -лік клиенттің реакциялар уақыты, n – клиенттер саны, m – серверлер саны. Егер орташаландыру сервистер бойынша жүргізілсе, онда келтірілген өрнекке, ескерілетін сервистердің саны бойынша тағы бір қосынды қосылатын болады. Өлшемдер ең аз мәнге ие болатын немесе тіпті болмағанда кейбір берілген саннан артып кетпейтін параметрлердің

мәндерін табу берілген өлшем бойынша желілерді оңтайландыру болып табылады.

Шектік өлшемдер клиенттердің, серверлер мен сервистердің бүкіл мүмкін ұштасулары бойынша реакциялардың ең нашар уақытын көрсетеді:

$$\max_{ijk} T_{ijk} \quad (142)$$

мұндағы, i және j , оның алдындағыдай мағынаға ие, ал k сервис типін белгілейді. Оңтайландыру сондай-ақ өлшемді барынша азайту мақсатында немесе оның тәрбиелік көзқарас тұрғысынан парасатты болып танылатын кейбір берілген шамаға жетуі мақсатында орындалуы мүмкін.

Көбінесе оңтайландырудың шектік өлшемдері қолданылады, өйткені олар бүкіл пайдаланушыларға, олардың сұратуларына желілер реакцияларының кейбір қанағаттандырылғы деңгейлеріне кепілдік береді. Орташа өлшемдер кейбір пайдаланушыларды тежеуі мүмкін, олар үшін реакциялар уақыты аса зор болуы орташаландыру кезінде толықтай қолайлы нәтиже алуға мүмкіндік береді.

Кез келген желі оны шешу үшін құрылатын негізгі есеп – компьютерлер арасында ақпараттарды тез беру болып табылады. Сондықтан желілердің немесе желілер бөліктерінің өткізу қабілетімен байланысты өлшемдер оның негізгі атқарымдарын, желінің орындау сапасын жақсы көрсетеді.

Осы түрдегі өлшемдерді, сол сияқты «реакциялар уақытының» сыныбы өлшемдерін анықтау нұсқаларының үлкен саны қолданылады. Бұл нұсқалар: берілетін ақпараттардың санын өлшеудің таңдалған бірліктерімен, ескерілетін деректердің сипатымен (пайдаланушылық қана немесе пайдаланушылар қызметтік пайдаланушылармен бірге қолданатын), берілетін графикті өлшеу нүктелерінің санымен, тұтастай алғанда желіге нәтижелерді орташаландыру тәсілімен бір-бірінен өзгешеленеді. Өткізу қабілеті өлшемін құрудың әртүрлі тәсілдерін толығырақ қарастырамыз.

Пакеттер (немесе кадрлар, алдағы уақытта бұл терминдер синонимдер ретінде пайдаланылады) немесе биттер әдетте берілетін ақпараттарды өлшеу бірлігі болып пайдаланылады. Тиісінше, өткізу қабілеті секундпен пакеттерде немесе секундпен биттерде өлшенеді.

Өйткені есептеу желілері пакеттерді (немесе кадрларды) ком-

мутациялау қағидаты бойынша жұмыс істейді, сондықтан пакеттерде берілген ақпараттардың санын өлшеу мағынаға ие болады, оның үстіне арналық деңгейде және одан жоғары деңгейде жұмыс атқаратын коммуникациялық жабдықтың өткізу қабілеті, сондай-ақ көбінесе секундпен пакеттерде өлшенеді. Бірақ пакеттің өзгермелі өлшемінен (бұл тіркелген 53 байт өлшемге ие АТМ-ді қоспағанда, бүкіл хаттамалар үшін тән болып саналады), өткізу қабілетін секундпен пакеттерде өлшеу қай хаттаманың пакеттері және қандай өлшемде деген сияқты кейбір белгісіздіктермен байланысты болады. Көбінесе, хаттама үшін ең аз 64 байт өлшемге ие (преамбулаларсыз), аса кең тарлаған Ethernet хаттамасының пакеттері солай болып түсіндіріледі. Ұзындығы ең аз пакеттер, олар үшін коммуникациялық жабдықтарға неғұрлым ауыр жұмыс режимдерін жасайтындықтан, эталон ретінде таңдалған – әрбір келген пакетпен өндірілетін есептеу операциялары, өте әлсіз түрде оның өлшеміне тәуелді болады, сондықтан тасымалданатын ақпараттардың бірлігіне ұзындығы ең аз пакетті өңдеу, ұзындығы ең үлкен пакетке қарағанда, анағұрлым үлкен операцияларды орындауды талап етеді.

Өткізу қабілетін секундпен биттарда өлшеу (секундына – мб/с – миллиондаған битпен өлшенетін жылдамдықтар жергілікті желілерге неғұрлым тән) пакеттерді пайдалануға қарағанда, берілетін ақпараттардың жылдамдығын неғұрлым дәл бағалауға мүмкіндік береді.

Кез келген хаттамада қызметтік ақпаратты ауыстыратын тақырыптар мен аталған хаттама үшін пайдалануға арналған болып есептелетін ақпараттың ауыстырылатын деректер өрісі бар болады. Мысалы, ең аз мөлшері 46 байт (64-тен) Ethernet хаттамасының кадрында деректер өрісін көрсетеді және қалған 18-і қызметтік ақпараттар болып саналады. Пакеттерде өткізу қабілеттерін секундпен өлшеу кезінде пайдалануға арналған ақпаратты қызметтік ақпараттан бөліп алу мүмкін емес, ал бит бойынша өлшеу кезінде мүмкін болады.

Егер өткізу қабілеті ақпараттарды пайдалануға арналған және қызметтікке бөлусіз өлшенетін болса, онда бұл жағдайда хаттаманы немесе аталған желілер үшін хаттамалар стегін таңдау есебін алға қоюға болмайды. Бұл, егер тіпті бір хаттаманы екіншісімен ауыстырғанның өзінде, желілердің неғұрлым жоғары өткізу қабілетін аламыз, онда бұл, түпкі пайдаланушылар үшін желі шапшаңырақ

жұмыс жасайды дегенді білдірмейді – егер пайдалануға арналған деректер бірлігіне келетін қызметтік ақпараттардың үлесі осы хаттамаларда әртүрлі болса (жалпы жағдайда бұл солай болады), онда неғұрлым оңтайлысы ретінде желілердің неғұрлым баяу нұсқасын таңдауға болады. Егер хаттама типі желілерді баптау кезінде өзгермесе, онда пайдалануға арналған деректердің жалпы ағыннан бөлінбейтін өлшемдерін пайдалануға болады.

Қолданбалы деңгейде желілердің өткізу қабілеттерін тестілеу кезінде, ең алдымен, пайдалануға арналған деректер бойынша өткізу қабілетін өлшеген оңай болады. Бұл үшін сервер мен клиент арасындағы белгілі бір өлшемдегі файлды беру уақытын өлшеу және файл өлшемін алынған уақытқа бөлу жеткілікті. Жалпы өткізу қабілетін өлшеу үшін өлшейтін арнайы аспаптар – операциялық жүйелерге кіріктірілген хаттамалар анализаторлары немесе SNMP немесе RMON агенттер, желілік адаптерлер немесе коммуникациялық құрал-жабдықтар қажет.

Өткізу қабілетін желілердің кез келген екі тораптары немесе нүктелерімен өлшеуге болады. Өйткені желілерде бір мезгілде пайдалануға арналған компьютерлер мен желілердің үлкен саны жұмыс істейді, сондықтан желілер тораптарының трафик матрицасы деп аталатын өзара әрекет ететін компьютерлердің әртүрлі үйлесімдері үшін өлшенетін өткізу қабілеттерінің жиыны желілердің өткізу қабілеттерінің жиыны желілердің өткізу қабілеттерінің толық сипаттамасын береді. Желілердің әрбір торабы үшін трафик матрицасын тіркейтін арнайы өлшеу құралдары қолданылады.

Өйткені желілерде белгіленген торапқа дейін әлі жетпеген жолдағы деректер өңдеудің бірнеше транзиттік аралық кезеңдері арқылы өтеді, сондықтан тиімділік өлшемі ретінде желілердің жекелеген аралық элементінің – жекелеген арнаның, сегмент немесе коммуникациялық құрылғының өткізу қабілеті қарастырылуы мүмкін.

Екі тораптар арасындағы жалпы өткізу қабілетін білу оны арттырудың мүмкін жолдары туралы толық ақпарат бере алмайды, өйткені жалпы цифрлардан пакеттерді өңдеудің аралық кезеңдерінің қайсысы неғұрлым үлкен дәрежеде желілер жұмысын тежейтінін түсінуге болмайды. Сондықтан желілердің жекелеген элементтерінің өткізу қабілеті оны оңтайландыру тәсілдері туралы шешімдер қабылдау үшін пайдалы болуы мүмкін.

Уақыт бірлігінде желілердің бүкіл тораптары арасында берілген ақпараттардың орташа саны ретінде жалпы өткізу қабілетін анықтаудың мағынасы бар. Желілердің сегменттерге немесе ішкі желілерге бөлінуі кезінде желілердің жалпы өткізу қабілеті ішкі желілердің өткізу қабілеттері плюс сегментаралық немесе желіаралық байланыстардың өткізу қабілетінің жиынына тең.

Желілерді оңтайландырудың таңдап алған өлшемдеріне әртүрлі типтердегі параметрлердің үлкен саны әсер етеді. Өнімділікке үлкен дәрежеде мыналар әсер етеді:

- пайдаланылатын коммуникациялық хаттамалар мен олардың параметрлері;
- әртүрлі хаттамалармен жасалатын кеңінен қолданылатын трафиктің үлесі мен сипаты;
- желілер топологиясы және пайдаланылатын коммуникациялық құрал-жабдықтар;
- қате жағдайлардың туындау қарқындылығы мен сипаты;
- түпкі тораптарды бағдарламалық және аппараттық қамтамасыз ету конфигурациясы.

Желілердің өнімділігіне коммуникациялық хаттама мен оның параметрлері типінің әсері. Коммуникациялық хаттамалардың таңдау есебі бір жағынан, арналық деңгей (Ethernet, Tokenring, FDDI, FastEthernet, ATM) және басқа жағынан, «желілік-көліктік хаттама» жұптары (IPX/SPX, TCP/IP, NetBIOS) үшін баршама тәуелсіз шешілуі мүмкін.

Әрбір хаттаманың өз ерекшеліктері, қолданылатын аймағы және бапталатын параметрлері бар және бұл хаттаманы таңдау және баптау есебінен желілердің өнімділігі мен сенімділігіне әсер ету мүмкіндігін береді. Хаттаманы баптауға мынадай параметрлерді өзгерту кіруі мүмкін:

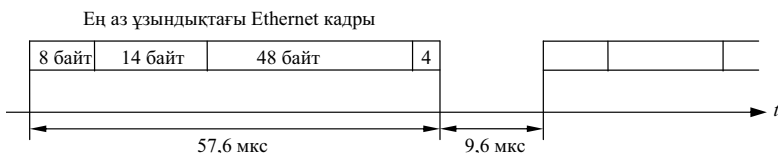
- кадрдың ең үлкен ұйғарымды өлшемі;
- тайм-ауттар шамалары (оның ішінде пакет өмірінің уақыты);
- байланыс орнатқанда жұмыс істейтін хаттамалар үшін – расталмаған пакеттер терезесінің өлшемі, сондай-ақ тағы басқалар.

Әдетте, бір пакетті беру интервалында ұсталып тұратын деректерді берудің биттік жылдамдығы *номинал өткізу қабілеті* болып түсіндіріледі. Хаттаманың тиімді өткізу қабілеті – бұл пайдалануға арналған деректерді берудің орташа жылдамдығы, яғни әрбір пакеттің деректер өрісіндегі деректерді берудің орташа

жылдамдығы. Жалпы жағдайда хаттаманың тиімді өткізу қабілеті пакетте қызметтік ақпараттардың бар болуынан, сондай-ақ жеке-леген пакеттерді беру арасында кідірістің болуынан, номиналдан төмен болады.

Ethernet хаттамасының мысалында номинал және тиімді өткізу қабілеттері арасындағы айырманы толығырақ қарастырамыз.

51-суретте ұзындығы ең аз Ethernet кадрларын берудің уақытша диаграммасы берілген. Ethernet хаттамасының номинал өткізу қабілеті 10Мб/с құрайды, бұл, яғни кадр ішіндегі биттер 0.1 мкс интервалымен беріледі дегенді білдіреді. Кадр преамбулалардың 8 байтынан тұрады, қызметтік ақпараттардың 14 байты – тақырып, пайдалануға арналған деректердің 46 байты және бақылау жиындарының 4 байты, барлығы – 72 байт немесе 576 байт. 10Мб/с номинал өткізу қабілеті кезінде ұзындығы ең аз бір кадрды беру уақыты 57.6 мкс құрайды.



51-сурет. Ethernet кадрларын берудің уақытша диаграммасы

Кадрлар арасындағы стандарт бойынша 9.6 мкс технологиялық кідіріс жасау ұсталып тұруы тиіс. Сондықтан кадрлардың қайталану периоды $57.6+9.6=67.2$ мкс. Осыдан ұзындығы ең аз кадрларды пайдалану кезіндегі Ethernet хаттамасының тиімді өткізу қабілеті $46 \times 8 / 67.2 = 5.48$ Мб/с құрайтындығы шығады.

Желілердегі пайдалануға арналған деректер бойынша нақты өткізу қабілеті жоғарыда келтірілген 5.48 Мб/с мәнінен аз ғана болуы мүмкін (аталған өлшемдегі кадрлар үшін). Оның тиімді өткізу қабілетіне, сегменттің, арнаның немесе құрылғының нақты өткізу қабілетінің қатынасы, сегменттің, арнаның немесе керісінше құрылғының пайдалану коэффициенті (*utilization*) деп аталады.

Тиімді өткізу қабілеті хаттаманың номиналды өткізу қабілетінен түбегейлі түрде өзгешеленеді, бұл, атап айтқанда, қандай да бір желілердің сегменті үшін хаттаманың типін таңдау кезінде тиімді өткізу қабілетіне бағдарлану қажеттілігін растайды. Мысалы,

Ethernet хаттамасы үшін тиімді өткізу қабілеті номиналдан шамамен 70%-ды құрайды, ал FDDI хаттамасы үшін - 90% жуық.

Хаттаманың өткізу қабілеті көбінесе секунд ішінде берілетін кадрлардың санымен өлшенеді.

Ethernet хаттама үшін осы сипаттама ұзындығы ең аз кадрларға 14880 К/с құрайтынын санап шығу қиын емес. Секундпен кадрлардағы өткізу қабілетін өлшеу кезінде номиналды және тиімді өткізу қабілетін шектеудің ешқандай мағынасы жоқ.

Жергілікті желілердің арналық деңгейінің бүкіл хаттамалары бір тіркелген номинал өткізу қабілетін ұстап тұрады: Ethernet - 10 Мб/с, TokenRing - 16 Мб/с (4 Мб/с ескі жабдықтармен сыйысушылық үшін ұсталып тұруы мүмкін), FDDI, FastEthernet және 100VG-AnyLAN - 100 Мб/с. АТМ хаттамасы ғана әртүрлі номинал биттік жылдамдықтармен – 25,155 және 622Мб/с жұмыс істеуі мүмкін, соған қарамастан бір жылдамдықтан екінші жылдамдыққа ауысу коммутаторлар немесе маршруттаушылар интерфейстерін немесе желілік адаптерлерді ауыстыруды талап етеді.

Сондықтан, егер желілер жұмысын жақсарту үшін хаттаманың номинал өткізу қабілетімен нұсқаларды өзгерткіміз келсе, онда бір хаттаманы екінші хаттамамен ауыстыру қажет болады – бұл мүмкін іс шара, бірақ айтарлықтай материалдық және физикалық шығындарды талап етеді.

Ортаға ену уақыты хаттаманың өзінің логикасымен, сол сияқты желілердің жүктелушілік дәрежесімен анықталады. Жергілікті желілерде әзірге кадрды беру құқығын алу үшін белгілі бір рәсімдерді орындауды талап ететін деректерді берудің бөлінетін ортасы басымдық етеді. Ethernet және FastEthernet хаттамаларда CSMA/CD, коллизияларды анықтаумен кездейсоқ ену алгоритмі, ал TokenRing және FDDI хаттамаларда – токен детерминацияланған түрде беруге негізделген алгоритм пайдаланады. 100VG-AnyLAN жаңа стандарт DemandPriority ену алгоритмін пайдаланады және сол жағдайда оған ену туралы мәселені шешуді орталық элемент – концентратор қабылдайды.

Ортаға ену уақыты енудің *номинал уақытынан* және енуді *күту уақытынан* қалыптасады. Енудің номинал уақыты жүктелмеген ортаға ену уақыты ретінде анықталады, сол уақытта торап өзге тораптармен бәсекелеспейді. Жүктелмеген ортаға кірудің номинал уақытының TokenRing және FDDI хаттамалары Ethernet

хаттамасының тиісті уақытынан 5 - 10 есе артып кетеді, өйткені Ethernet жүктелмеген желілерде станция іс жүзінде тез арада кіруге мүмкіндік алады, ал TokenRing желілерінде ол ену маркерінің келуін күтуі тиіс.

Ортаға кірудің өзге құраушы уақыттары – күту уақыты – бір мезгілде бірнеше жұмыс жасайтын станциялар арасындағы беру, орталардың бөлінуінен туындайтын кешіктірулерге тәуелді болады. Күту уақыты ену алгоритміне, сол сияқты орталардың жүктелушілік дәрежелеріне тәуелді болады, әрі күту уақытының желілердің жүктелушілік дәрежелеріне (пайдалану коэффициентіне) тәуелділігі басым көпшілік хаттамалар үшін экспоненциалдық сипатқа ие болады.

Пакет мөлшері түбегейлі түрде хаттаманың өткізу қабілетіне, яғни желілердің өнімділігіне әсер етуі мүмкін.

Нақты хаттама пакетінің өлшемі әдетте хаттамадағы стандартта анықталған деректер өрісінің (MaximumTransferUnit, MTU) ең үлкен мәнімен шектелген.

Жергілікті желілердің хаттамалары мынадай MTU мәніне ие:

- Ethernet, Fast Ethernet - 1500 байт;
- TokenRing 16 - 16 Кбайт (әдетте 4К мәні үнсіз белгіленеді, бірақ оны үлкейтуге болады);
- FDDI - 4Кбайт;
- 100VG-AnyLAN - 1500 байт, Ethernet пайдалану кезінде және TokenRing кадрларын пайлану кезінде 16К;
- ATM - 48 байт.

Желіліктен бастап жоғары деңгейлердің хаттамалары өзінің пакеттерін арналық деңгейдің хаттамалар кадрларына инкапсулдайды, сондықтан арналық деңгейдегі шектеу бүкіл деңгейлердегі хаттамалар үшін пакеттің ең үлкен өлшемін жалпы шектеу болып саналады.

Кадрдың өлшемін арттыру, желілердегі деректер сирек бұрмаланған немесе жоғалып кеткен жағдайда, яғни желілердің орнықты, сенімді жұмысы кезінде ғана желілердің өткізу қабілетін арттыратынын атап өту қажет. Бұған керісінше жағдайда пакет өлшемін ұлғайту өткізу қабілетін арттыруға емес, қайта төмендетуге әкелуі мүмкін, өйткені ақпараттардың үлкен порциялары қайталанып берілетін болады. Деректерді бұрмалаудың әрбір деңгейі үшін, желілердің өткізу қабілеті ең үлкен болатын пакеттің ұтымды өлшемін таңдап алуға болады.

Пакеттің ең үлкен өлшемі ғана өткізу қабілетін арттыру үшін алғышарттар жасайды, өйткені деректер өрісінің берілген ең үлкен шамасы пайдаланылады ма, әлде жоқ па деген қосымшаларға тәуелді болады. Егер, мысалы, қосымша деректер қорымен жұмыс жүргізіп, SQL серверге сұратуларды жіберетін болса (жауап ретінде бір қысқа жазбалар ала отырып), онда 4 немесе 16 Кбайт деректер өрісінің ең үлкен өлшемі желілірдің өткізу қабілетін арттыруға ешқандай да көмектесе алмайды. Өлшемі бірнеше мегабайт мультимедиялық файлды қайта жіберу үшін файлдық серверге қосымшаны жолдау кезінде 16 К бойынша бөліктермен қайта жөнелту мүмкіндіктерінің болуы 1500 байт бойынша бөліктермен файлды қайта жөнелту нұсқасымен салыстырғанда желілердің өткізу қабілетін сөзсіз арттырады.

Деректердің қайта жөнелтілетін порцияларының өлшемін баптау әдетте хаттамалар стегінің транспорттық деңгейінде жүзеге асады және егер қосымшаны әзірлеуші осындай мүмкіндікті қарастырса, онда қолданбалы деңгейде де жүзеге асады.

Үлкен өлшемдердегі пакеттермен жұмыс істеу тақырыптың қызметтік ақпаратына жұмсалатын үстеме шығыстарды азайту есебінен ғана желілердің өнімділігі арттырылмайды. Үлкен пакеттерді пайдалану кезінде кадрлармен және пакеттермен жұмыс жасайтын коммуникациялық құрал-жабдықтың, яғни көпірлердің, коммутаторлардың және маршруттаушылардың өнімділігі артады. Бұл ақпараттардың бір көлемін беру кезінде пайдаланылатын үлкен пакеттердің саны кіші пакеттердің санына қарағанда айтарлықтай аз болатындығынан жүзеге асады, өйткені коммуникациялық құрал-жабдықтар әр пакетті өндеуге белгілі бір уақыт жоғалтады, сондықтан үлкен пакеттерді пайдалану кезінде көпірлердің, коммутаторлардың және маршруттаушылардың пакеттерді алдыға жылжытудағы уақыттық шығындары аз болады.

Желілердің өнімділігі құрамды гетерогендік желілердің әртүрлі бөліктеріндегі кадрдың ең үлкен өлшемінің келісімсіздігінен күрт төмен түсуі мүмкін.

Осындай желілер бөліктерінің әрбірінде өзінің MTU тағайындалуымен арналық деңгейдің өз хаттамасы пайдаланылса, онда MTU әртүрлі мәндерін келісу проблемасын MTU үлкен мәнімен желілерден MTU ең кіші мәнімен желіге беру кезінде туындауы мүмкін.

Жергілікті желілердің арналық деңгейіндегі бүкіл қолданылатын хаттамалар оларды кейін бастапқы кадрға құрастыратын кадрларды динамикалық фрагменттеу мүмкіндіктерін қарастырмайды. Пакеттерді фрагменттеу атқарымдары желілік деңгейдің хаттамаларында ғана жүзеге асырылған және барлығындай емес – жергілікті деңгейдің неғұрлым кең таралған хаттамаларынан IP хаттамасы ғана динамикалық фрагменттеу атақырымын қолдайды. Сондықтан MTU әртүрлі мәндерінің желілер арасында кадрлар беру кезінде туындайтын проблеманы екі тәсілмен шешуге болады – я IP-пакеттері MTU арналық хаттамада орналасатындай түрде фрагменттелетін IP-маршруттаушылар қолдану жолымен, я гетерогендік желілерде қолданылатын хаттамалардың бүкіл жиыны бойынша ең аз MTU тең мәндерге дейін бүкіл құрамды желілерде MTU шектеу жолымен.

Тіпті, егер оңтайландыру өнімділік өлшемі бойынша ғана жүргізілетін болса, ал шешу құны назарға алынбайтын болса, сондай кездің өзінде осы нұсқалардың бірін таңдау анық болмайды. Маршруттаушылар, жалпы айтқанда өте тез жұмыс істемейді, ал фрагменттеуді орындау пакеттерді жылжытуды қосымша кешіктіруге әкеледі. Сондықтан құрамды желілердің жекелеген бөліктерінде MTU бірегей мәндерін пайдалану кезінде ұзындықтары үлкен пакеттерді пайдалану есебінен алынған өткізу қабілеттеріндегі ұтыс, фрагменттеу операциясын орындайтын маршруттаушылармен пакеттерді жылжытуды кешіктірумен байланысты жүзеге аспауы мүмкін. Егер гетерогендік желілер жұмысының жылдамдығы өте маңызды болса, онда ең жоғары өнімділікке жету үшін натуралдық немесе еліктемелік модельдеудің екі тәсілін, яғни MTU фрагменттеу және шектеу тәсілдемелерін қолдану қажет.

Қолданбалы деңгейдегі көптеген қосымша мен хаттамалар құрамды гетерогендік желілерде талап етілетін сервермен деректер алмасуға мүмкіндік беретін MTU осындай мәнін динамикалық түрде табуға мүмкіндік береді.

Пакет құрамды желілер бойынша ұзақ сапар шегуі мүмкін екенін анықтайтын параметр желілік деңгейдің көптеген хаттамаларында қолданылады. IP хаттамасында бұл параметр Time-To-Live, TTL (Өмір уақыты), IPX - Distance (Қашықтық) хаттамасы деп аталады.

Бұл параметр желілік хаттама тақырыптарын өңдейтін маршруттаушылар желілер бойынша пакет қалай ұзақ орын ауыстырғаны, аталған маршруттаушыға қалай келгені туралы ақпаратқа ие болу

үшін пайдаланылады. Егер пакет желілер бойынша тым ұзақ уақыт сапар шегетін болса, онда ол қандай да бір себеп бойынша «адасты» деген үлкен ықтималдыққа ие болады. Желілер бойынша пакеттердің дұрыс емес орын ауыстыру себептері мыналар болуы мүмкін: өз кезегінде кестелерді қолымен құру кезінде әкімшілердің қателік жіберу салдарынан, я маршруттық ақпараттар алмасу хаттамаларының жетілмегендігінен кейбір маршруттаушыларда маршруттау кестелері мәнінің дұрыс болмауы, мысалы, RIP хаттамасының кейбір уақытта желілер күйінің өзгеруі – байланыс арналарының істен шығуы, істен шығу, өзге маршруттаушылардың пайда болуы немесе ажыратылып қалуы кезінде жұмыс істеуі орнықсыз болады.

«Адасқан» пакеттер арналардың және маршруттаушылардың өткізу қабілетінің бір бөлігі босқа жұмсалмас үшін, маршруттаушылар арқылы желілерден жойылады.

IP хаттамасындағы TTL өрісі жөнелтуші тораппен кейбір нөлдік емес мәнге орнығады, ал маршруттаушылар пакетті жылжыту кезінде әдетте оны 1-ге кішірейтеді. Егер мәнді азайтқаннан кейін TTL өрісі 0-ге тең болса, сол жағдайда пакет желілерден жойылады.

IPX хаттамасында Distance өріс басқаша өңделеді – жөнелтуші торап оны 0-ге орнықтырады, ал әрбір маршруттаушы оны 1-ге өсіреді. Осы өрістің мәні 16-ға жеткен кезде пакет желілерден жойылады.

IP хаттамасы бойынша жұмыс жасайтын желілердегі уақыт өрісінің бастапқы мәні, желілер жұмысының өнімділігі мен сенімділігіне әсер ететін баптауға болатын параметр болып саналады. TTL өрісінің бастапқы мәнін ұлғайту кезінде пакеттер аралық желілердің үлкен санын қиып өтуі мүмкін, демек кез келген абоненттің үлкен желілерге пакетті ойдағыдай жеткізу ықтималдығы артуы мүмкін, яғни жолда лақтырылған пакеттердің «оған дейінгі жетпегендерінің» үлесін азайту есебімен өнімділік арттырылуы мүмкін. Бірақ бұл ретте желілерде желілердің өнімділігін төмендететін «адасқан» пакеттердің үлкен саны бар болуы мүмкін.

Бастапқы мәнді таңдау бойынша жай ұсынымдар нәтижесінде IP хаттамасында TTL өрісі болмайды – бұл мәнді натуралды эксперименттеу немесе модельдеу жолымен баптауға жатады.

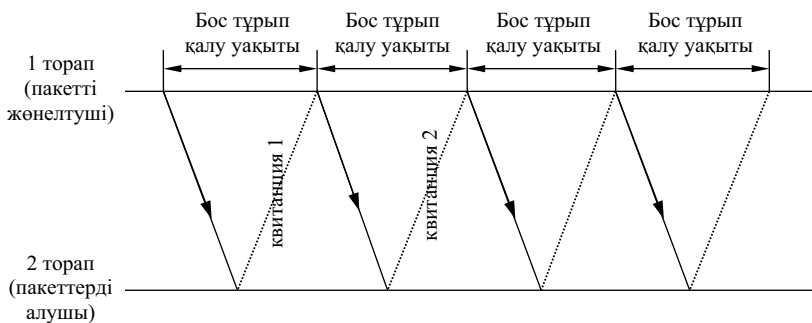
Жалғауды орнатумен айналысатын хаттамалар, әдетте алушыға пакеттердің дұрыс жеткізілуін қадағалайды және бұрмаланған не-

месе жоғалып қалған пакеттерді қайыра беруді ұйымдастырады. Жалғау шеңберлерінде әрбір пакетті беру дұрыстығы алушының түбіртегімен расталуы тиіс. Квитирлеу – бұл сенімді байланысты қамтамасыз етудің дәстүрлі әдістерінің бірі.

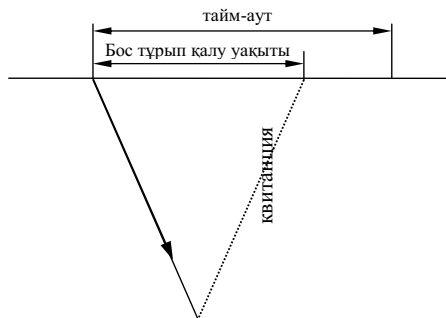
Бұрмаланған деректерді қайыра беруді ұйымдастыруға мүмкіндік болуы үшін жөнелтуші берілетін деректердің – пакеттердің бірліктерін нөмерлейді. Әр пакет үшін жөнелтуші, қабылдаушыдан оң түбіртеккі – алғашқы пакет алынғандығы және ондағы деректер дұрыс болғандығы туралы хабарлайтын қызметтік хабарды күтеді. Бұл күту уақыты шектелген – әрбір пакетті жөнелту кезінде хабарлағыш таймерді іске қосады, егер сол уақыт өткеннен кейін оң түбіртек алынбайтын болса, онда пакет жоғалған болып саналады. Кейбір хаттамаларда қабылдаушы пакетті бұрмаланған деректермен алған жағдайда, теріс түбіртеккі – аталған пакетті қайыра беру қажет екенін көрсететін анық нұсқауды жөнелтуі тиіс.

Оң және теріс түбіртектермен алмасу үдерісін ұйымдастыруда екі тәсілдеме: бос тұрып қалу және «терезені» ұйымдастыру тәсілдемелері қолданылады.

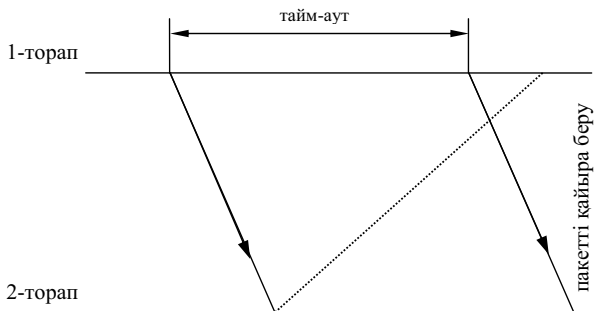
Бос тұрып қалу әдісі кадрды жіберген көз қабылдаушыдан түбіртеккі алуын күтетінін және содан кейін ғана барып келесі кадрда жөнелтетінін (немесе бұрмаланғанды қайталағанын) талап етеді. 52-суреттен көрініп тұрғандай, бұл жағдайда деректерді алмасу өнімділігі айтарлықтай төмендейді, таратқыш келесі кадрды оның алдындағыны жөнелткеннен кейін бірден жөнелте алатын болса да, ол түбіртектердің келуін күтуге міндетті.



52-сурет. Қабылдағыштардың бос тұрып қалуымен квитирлеуді жүзеге асыру



а) тайм-ауттан аздау, түбіртектегі күту



б) тайм-ауттан үлкен, түбіртектегі күту уақыты

53-сурет. Хаттаманың жұмысына тайм-ауттың әсері

Түзетулердің осы әдісі үшін өнімділікті төмендету, әсіресе байланыстардың жылдамдығы төмен арналарында, яғни аумақтық желілерде ерекше байқалады.

Бос тұрып қалулар түбіртектерімен алмасу әдісі бір параметрге түбіртектерді күту тайм-аутының шамасына ие болады. Кезекті пакетті жөнелту кезінде түбіртектерді күту таймері енгізіледі, егер белгіленген тайм-аут өтіп кетсе, ал түбіртек келмеген болса, онда пакет немесе түбіртек жоғалған болып есептеледі және расталмаған пакетті (53-сурет) қайыра беру ұйымдастырылады.

Тайм-аут шамасы – бұл көздің бос тұрып қалу алгоритміне сәйкес жұмыс жасайтын хаттамаларды баптаудың негізгі параметрі. Тайм-ауттың тым кіші мәні өткізу қабілетінің қажетсіз төмендеуін туғызуы мүмкін. Бұл пакеттердің ағындарын баяу өңдейтін, артық

жүктелген маршруттаушылар жұмыс жасайтын үлкен құрамды бөліктер болуы мүмкін. Егер пакеттер беруді кешіктіруі тайм-аут мәнінен артып кететін болса, онда алғашқы тарап, шындығында жоғалмаған, белгіленген торапқа дейін баяу жүріп келген пакеттерді қайыра беретін болады.

Тайм-аут шамаларын таңдау кезінде байланыстардың физикалық желілерінің жылдамдығы мен сенімділігі олардың ұзақтығы мен көптеген осыған ұқсас басқа да факторлар ескерілуі тиіс. Хаттамада TCP, мысалы, тайм-аут, мынадай идеяларды ұсынатын аса күрделі адаптивті алгоритмнің көмегімен анықталады: Сегментті жөнелту мезетінен оның қабылдауына (айналым уақыты) түбіртектер келгенге дейінгі уақыт әрбір жіберу кезінде белгіленеді. Айналым уақытының алынатын мәні, алдындағы өлшеуден соңғы өлшеуге дейін өсетін, салмақты коэффициенттермен орташаландырылады. Бұл, соңғы өлшеулердің әсерін күшейту үшін жасалады. Кейбір коэффициентке көбейтілген айналымның орташа уақыты тайм-аут ретінде таңдалады. Тәжірибе көрсеткендей, осы коэффициенттің мәні 2-ге артуы тиіс. Айналым уақыты аса шашыраңқы желілерде тайм-аутты таңдау кезінде осы шамалардың дисперсиясы таңдалады.

Тайм-ауттардың үлкен мәндері кезінде, түбіртектерді күтуге кеткен уақыт шығыны аса үлкен болуы мүмкін және желілердің өткізу қабілеті ондаған есе төмендеуі мүмкін.

Көптеген хаттамалар өзінің өткізу қабілетін арттыру үшін сырғымалы терезе тетігін пайдаланады. Оған аумақтық желілерде пайдаланылатын, HDLC топтарындағы LAP-B, LAP-D және LAP-M сияқты белгілі хаттамалар, қазіргі модемдерде жұмыс жасайтын, V.42 хаттама, SPX, TCP хаттамалары және қолданбалы деңгейдегі көптеген хаттамалар жатады.

TCP хаттамасындағы квитирулеу алгоритмін жүзеге асыру ерекшелігі мынада: TCP хаттамасында берілетін деректердің бірліктері сегмент болып саналса да (пакеттің өзге атауы), терезе, жоғарғы деңгейден келіп түсетін, TCP хаттамасымен буферленген деректердің құрылымданбаған ағынының нөмірленген байтының жиынымен анықталады.

Сегментті алушы түбіртектер ретінде, алынған сегментте байттың ең үлкен нөмірінен артып кететін бірліктегі санды орналастыратын жауап хабарды (сегментті) салып жібереді. Егер терезе өлшемі W-ға тең болса, ал соңғы түбіртек N мәнінен тұрса, онда жөнелтуші,

кезекті сегмент N+W нөмірмен байтқа дәл түскенге дейін жаңа сегментті жібере беретін болады. Бұл сегмент терезе шеңберінің сыртына шығып кетеді және бұл жағдайда сегментті беруді келесі түбіртек келгенге дейін тоқтата тұру қажет.

Терезе шамасын адаптивті өзгерту, сондай-ақ TCP хаттамасының ерекшелігі болып саналады. Өзге хаттамалардың басым көпшілігінде терезе өлшемін әкімші белгілейді және оның жұмыс үдерісінде хаттаманың өзімен өзгермейді. Терезенің өлшемін өзгерте отырып, желілерді жүктеуге әсер етуге болады. Терезе неғұрлым үлкен болса, расталмаған деректердің соғұрлым үлкен порциясын желіге жіберуге болады. Егер желі жүктемемен жұмыс жасауға қабілетті болмаса, онда аралық тораптарда – маршруттарда және түпкі тораптар – компьютерлерде кезектер пайда болады.

Түпкі тораптың қабылдау буфері аса толып кеткен кезде TCP-дың «артық жүктелген» хаттамасы түбіртеккі жөнелте отырып, оған жаңа, терезенің кішірейтілген өлшемін сыйғызады. Егер ол қабылдаудан мүлдем бас тартса, онда түбіртектерде нөлдік өлшемдегі терезе көрсетіледі. Бірақ, тіпті осыдан кейін қосымша қабылдаудан бас тартқан портқа хабар жөнелтуі мүмкін. Бұл үшін хабар «жедел» белгісімен қоса жіберілуі тиіс. Осындай жағдайда егер тіпті бұл үшін буферден онда осыған дейін болған деректерді ығыстырып шығаруға тура келсе де, порт сегментті қабылдауға міндетті.

Терезенің нөлдік мәнімен түбіртектерді қабылдағаннан кейін хаттама-жөнелтуші уақыт өткен сайын деректермен алмасуды жалғастыруға бақылау талпыныстарын жасайды. Егер хаттама-қабылдаушы ақпаратты қабылдауға дайын болса, онда бақылау сұранымына жауап ретінде ол терезенің нөлдік өлшемін көрсете отырып, түбіртеккі жібереді. Маршруттаушыларда буферлердің артық толтырылуы желінің артық жүктелуінің тағы бір көрінісі болып саналады. Осындай жағдайларда ол, басқарушы хабарды кейбір түпкі тораптармен жібере отырып, терезенің өлшемін бір орталықтан өзгертуі мүмкін және бұл оның желілердің әртүрлі бөліктерінде деректер ағынының интенсивтілігін саралап (дифференциалды) басқаруға мүмкіндік береді.

Жергілікті желілердің кез келген арнасының өткізу қабілеті пайдаланылатын арналық хаттаманың ең жоғары тиімді өткізу қабілетімен шектеледі. Егер осы өткізу қабілетінің бір бөлігі

пайдалануға арналған деректерді беру үшін емес, қызметтік трафикті беру үшін пайдаланылса, онда желілердің тиімді өткізу қабілеті әлі де кішіреймейтін болады. Әдетте желілердің қолжетімді өткізу қабілетінің кейбір бөлігін, жергілікті желілерде жұмыс істейтін хаттамалардың бүкіл стектерінің іс жүзінде ажырамайтын бөлігі болып саналатын кеңінен қолданылатын қызметтік трафик пайдалануға арналған деректерден алып тастайды.

Кадрлар мен пакеттерді кеңінен қолдану үшін жіберуді желілерде олардың сандық мекенжайларын есте сақтау көмегімен емес, пайдаланушы үшін неғұрлым ыңғайлы символдық атауды пайдалану жолымен қорларды табуға болатын хаттамаларды пайдаланады. Оларды автоматты сканерлеу және пайдаланушыға символдық атаулары бар анықталған қорлардың тізімін беру желілерде қорларды іздеудің тағы бір ыңғайлы тәсілі болып саналады. Пайдаланушы желілердің ағымдағы қорларының – файл-серверлердің, деректер қорлары серверлерінің немесе бөлінетін принтерлердің тізімін қарап шығып, пайдалану үшін олардың кез келгенін таңдай алады.

Пайдаланушының қорларымен жұмыс жасауының келтірілген екі тәсілі әдетте кеңінен қолданылатын трафиктің қандай да бір түріне негізделеді, сол уақытта желілерді қарап шығуды жүзеге асыратын торап желілерде қандай да бір серверлердің бар болуын сұрататын кеңінен қолданылатын мекенжаймен сол арқылы сұратуды жөнелтеді. Осындай сұратуды алған сервер сұратушы торапқа өзінің дәл мекенжайын хабарлайтын және сервер көрсететін қызметті сипаттайтын жөнелтілген пакетпен жауап береді.

Тәжірибеде жергілікті желілерде пайдаланылатын барлық хаттамалар кеңінен қолданылатын мекенжайды қолдайды (ATM хаттамаларынан өзге). Барлық (111...1111) бірліктерден тұратын мекенжай Ethernet, TokenRing, FDDI, FastEthernet, 100VG-AnyLAN хаттамалар үшін бір мағынаға ие болады: осындай мекенжайы бар кадрды желілердің бүкіл тораптары қабылдауы тиіс. Кеңінен қолданылатын мекенжайдың тұрақты сипаты мен ерекше түрімен байланысты апаратуралардың (желілік адаптер, қайталағыш, көпір, коммутатор немесе маршруттаушы) қате жұмыс істеуі нәтижесінде оны беру ықтималдығы аса жоғары болады. Кейбір уақытта қате кеңінен қолданылатын трафик жоғары деңгейлердегі хаттамалардың атқарымдарын жүзеге асыратын бағдарламалық қамтамасыз етудің жаңылыс жұмысы нәтижесінде беріледі.

Арналық деңгейдің кеңінен қолданылатын трафигі пассивтік кабельді жүйемен немесе бірнеше қайталағыш/концентраторлармен пайда болған сегмент шектерінде ғана емес, сонымен бірге көпірлерді және коммутаторларды пайдалана отырып құрылған желілер шектерінде таралады. Осы құрылғылардың жұмыс қағидаттары оларды кеңінен қолданылатын мекенжаймен барлық порттарға (кадр қай жақтан келді, содан өзге) беруді міндеттейді. Кеңінен қолданылатын трафикті өңдеудің осындай тәсілі қайталағыштардың, көпірлердің және коммутаторлардың көмегімен бір-бірімен байланысқан бүкіл тораптар үшін бүкіл клиенттер мен серверлер бір-бірін «көретін» жалпы желілердің әсерін туғызады.

Әдетте хаттамалар кеңінен қолданылатын трафик деңгейі желілердің жалпы өткізу қабілетінің шамалы үлесін құрайтындай түрде жобаланады. Кеңінен қолданылатын трафиктің қалыпты деңгейі желілердің 8-10% өткізу қабілетінен артып кетпеуі тиіс деп есептеледі. Бірақ 5%-дық шекке жеткен кезде кеңінен қолданылатын трафиктің ең үлкен үлесін беретін тораптарға талдау жүргізу дұрыс деп саналады және олар қайта конфигурациялауды қажетсінуі мүмкін. Кеңінен қолданылатын пакеттердің әрбір хаттама көзі көбінесе тұрақты интенсивті кеңінен қолданылатын трафиктің туғызады, өйткені желіге белгілі бір уақыт аралығында белгіленген өлшемдегі пакеттерді жібереді.

Желілердегі кеңінен қолданылатын трафиктің жалпы интенсивтілігі екі фактормен – осындай трафик көздерінің санымен және әрбір көздің орташа интенсивтілігімен анықталады. Жергілікті желілердің хаттамалары кеңінен қолданылатын трафикті беретін компьютерлердің шағын санымен салыстырылған есеппен, сондай-ақ сол уақыттағы үстел үстіндегі компьютерлердің және шағын компьютерлер файлдық сервисінің қажеттіліктерімен салыстыру бойынша жергілікті желілер арналарының өткізу қабілетінің үлкен қорын (запасын) (10Мб/с) ескере отырып, 80-шы жылдарының басында әзірленді. Сондықтан жергілікті желілерде - NovellNetWareIPX/SPX және стек NetBIOS/SMB компанилар IBM және Microsoft – қолдану үшін ерекше жобаланған хаттамалар стектері, серверлердің атауы мен мекенжайларын есте сақтаудың қажеті болмаған, пайдаланушылар үшін аса жоғары ыңғайлылықтар жасау үшін кеңінен қолданылатын жіберулер (жөнелту) кеңінен пайдаланылды.

Стек TCP/IP жергілікті желілердегі, сол сияқты арналарының

жылдамдығы төмен жаһандық желілердегі кез келген жағдайларда жұмыс жасауды есептей отырып жобаланды. Сондықтан TCP/IP кеңінен қолданылатын хабарлармен аса сирек, негізінен, ол қажет болған жағдайларда ғана пайдаланылады. Бұл TCP/IP стекке тіпті жылдамдығы төмен арналардың өзінде түгелдіктің қолайлы деңгейіне кепілдік береді, сол уақытта NetWare желілерде жаһандық арналардағы кеңінен қолданылатын деңгейі 20% қажетсіз цифрларға жетуі мүмкін.

Кеңінен қолданылатын трафиктің 20%-дан жоғары деңгейден артып кетуі кеңінен қолданылатын *қатты дауыл (broadcaststorm) деп аталады*. Бұл құбылыс аса қажетсіз, өйткені желілерді пайдалану коэффициентін өсіруге, демек мәліметті күту уақытын күрт арттыруға әкеледі.

Ілгеріде айтылғандай, көпірлер мен коммутаторлар порттарға қосылған желілердің, сегменттердің, арналық хаттамалардың кеңінен қолданылатын трафиінен оқшауламайды. Бұл үлкен желілер үшін проблемалар туғызуы мүмкін, өйткені кеңінен қолданылатын қатты дауыл бүкіл желіні «басып кетіп», тораптардың қалыпты жұмысын бұғаттайтын (блокировать) болады. Маршруттаушылар қатты дауыл жолындағы кеңінен қолданылатын сенімді тосқауыл болып саналады.

Маршруттаушының жұмыс қағидаттары (принцип) одан бүкіл порттар арқылы кеңінен қолданылатын мекенжай (адрес) мен кадрларды жіберуді міндетті түрде талап етпейді. Маршруттаушы кадрды жылжыту туралы шешім қабылдау кезінде арналық деңгейдегі емес, желілік деңгейдегі тақырып ақпараттарын басшылыққа алады. Сондықтан арналық деңгейдегі кеңінен қолданылатын мекенжайды маршруттаушылар елемейді. Желілік деңгейде, сондай-ақ түгелдік мекенжай қолданылады, бірақ бұл мекенжай шектеулі әрекетке ие – осындай мекенжайы бар пакеттер барлық тораптарға бір желілер шектерінде ғана жеткізілуі тиіс. Осымен байланысты мұндай мекенжайлар *шектелген кеңінен қолданылатын мекенжайлар (limitedbroadcast)* деп аталады. IP және IPX желілік деңгейлерінің неғұрлым белгілі хаттамалары осындай ережелер бойынша жұмыс жасайды.

Бірақ желілердің қалыпты жұмысы үшін көбінесе бүкіл құрамды желілер шектерінде кейбір типтегі пакеттерді кеңінен қолданысқа берудің қажетті мүмкіндігі талап етіледі. Мысалы,

NetWare желілердегі SAP сервистері хабарламасы хаттамасының пакеттерін өзге желілердегі серверлерге клиенттердің қатынаса алатындай болу үшін маршруттаушылармен жалғанған желілер арасында беру талап етіледі. Атап айтқанда, Novell компаниясының NetWare операциялық жүйесінде жүзеге асырған маршруттауды бағдарламалық қамтамасыз етуі осылай жұмыс атқарады. Осы қасиетті ұстап тұру үшін тәжірибеде аппараттық маршруттаушыларды шығарушылардың бүкілі, сондай-ақ SAP трафигінің кеңінен берілуін қамтамасыз етеді. Осындай ерекшелік SAP хаттамасы үшін ғана емес, сонымен бірге желілерде сервистерді автоматты іздеу атқарымдарын орындайтын немесе желілер жұмысын оңайлататын өзге пайдалы атқарымдарды орындайтын көптеген басқа да қызметтік хаттамалар үшін жасалады.

Желілердің тораптар арасындағы байланыстар топологияларының өзгеру мүмкіндігі желілік біріктіргішке (интеграторға), тұтастай алғанда желілердің, сол сияқты жекелеген учаскелердің өткізу қабілеттерін арттыру үшін кең мүмкіндіктер береді. Тіпті байланыс арналарының тіркелген өткізу қабілеттері кезінде қандай да бір тораптар арасында екі баламалы арналардың болуы осы тораптардың өзара әрекет етуі кезінде желілердің өткізу қабілетін бірден екі есе арттырады.

Қайталағыштарды/концентраторларды ғана пайдаланатын жергілікті желілер толықтай анықталған топологиялар бойынша құрылуы тиіс – жалпы шиналары, сақиналары немесе жұлдыздары пайдаланылатын базалық желілік технологиялармен (Ethernet, TokenRing және т.б.) анықталады.

Бірақ көпірлерді, коммутаторларды немесе маршруттаушыларды пайдалану кезінде, стандарттыдан өзгешеленетін неғұрлым күрделі топологияларды пайдалану мүмкіндігі пайда болады. Желілердің дәл келетін топологияларын таңдау, желілердің тар орындарындағы (өткізу қабілетіне қатысты) көптеген проблемаларды шеше алады. Бұл қосымша байланыс арналарының болуымен ғана емес, сонымен бірге осындай жағдайда желілердің бүкіл тораптар арасында бөлінетін бір жалпы ортаның емес, өткізу қабілеті желілердің аталған сегментінің арасында ғана бөлінетін, бір жалпы ортаны құрайтын жағдайына байланысты болады.

Көпірлер, коммутаторлар және маршруттаушылар сияқты осындай коммуникациялық құрылғылардың өнімділігі сөзсіз

түрде желілердің өткізу қабілетіне үлкен әсер етеді. Бұл өнімділік желіге аталған типтегі құрылғыны орнату нәтижесінде пайда болатын желілер бөліктері арасындағы сегмент аралық немесе желі аралық трафикті беру үшін жеткілікті болуы тиіс. Көпірлердің, коммутаторлардың немесе маршруттаушылардың кадрларды немесе пакеттерді жоғалту желілердің өткізу қабілетін айтарлықтай төмендетуге әкеледі, әсіресе, жоғалған пакеттерді қалпына келтіру түбіртектерді күтудің тайм-аутының үлкен мәндерімен хаттама арқылы жүзеге асырылады.

Ішкі желілердің қайталағыштары мен концентраторлары деректерді берудің бөлінетін орталары үшін әзірленген базалық технологияларды жүзеге асырады. Коаксиальдік кабельдегі Ethernet технология осындай технологиялардың классикалық түрі болып саналады. Осындай желілердің бүкіл компьютерлері коаксиальді кабельдің сегментімен құрылған байланыс арнасының уақыт бойынша бір арнасын бөледі.

Қандай да бір компьютермен электр кадрын беру кезінде бүкіл қалған компьютерлер хабарлағышпен тұрақты биттік синхронизмде бола отырып, оны жалпы коаксиальдік кабель бойынша қабылдайды. Осы кадрды беру уақытында ешқандайда өзге ақпараттармен желілерде алмасуға рұқсат етілмейді. Жалпы кабельге кіру тәсілі арбитраждың күрделі емес бөлінген тетігімен басқарылады – егер кабельде ақпараттық дабылдар болмаса кадрды беру құқығына ие болады, ал кадрларды бірнеше компьютерлермен бір мезгілде беру кезінде коллизия деп аталатын тораптар қабылдағыштарының сұлбалары осы жағдайды танып және өңдей алады. Сондай-ақ коллизияларды өңдеу де қиын емес – бүкіл деректерді беретін тораптар өз кадрларының биттерін кабельге қоюын тоқтатады және кадрды кездейсоқ уақыт аралығында беруге талпыныс жасауды қайталайды.

Ethernet желілерінің жалпы арнасына қосылу кезінде әрбір торап желілер жұмысының жалпы уақытының біршама үлесі ішінде ғана 10Мб/с оның өткізу қабілетін пайдаланады. Тиісінше, торапқа арнаның өткізу қабілетінің осы үлесі дәл келеді. Тіпті, егер барлық тораптар арна жұмысы уақытының теңдей үлесін алады және уақыттың өнімді емес шығындары жоқ деп ықшамдап санайтын болсақ, онда желілерде N тораптардың болған кезінде бір торапқа 10/N Мб/с өткізу қабілеті ғана келеді. N үлкен мәндері кезінде әрбір торапта бөлінетін өткізу қабілеті соншалықты аз шама болып

шығатыны анық, қосымшалар мен пайдаланушылардың қалыпты жұмысы мүмкін болмайды. Желілік қорларға мәліметтердің кешіктірілуі қосымшалардың тайм-ауттарын арттырады, ал пайдаланушылар желілердің үн қатуын ұзақ күтетін болады.

Ethernet технологияларда қабылданған деректерді беру ортасына қатынау алгоритмінің кездейсоқ сипаты жағдайды одан сайын қиындата түседі. Егер ортаға кіруге жасалған сұратулар тораптар мен уақыттың кездейсоқ мезеттерінде берілетін болса, онда олардың коллизиялардың туындау ықтималдығына жоғары интенсивтілігі, сондай-ақ арта түседі және арнаны тиімсіз пайдалануға әкеледі: коллизияны анықтау уақыты мен оны өңдеу уақыты өнімсіз шығындарды құрайды. Сол уақыт ішінде арна нақты тораптың иелік етуіне беретін уақыт үлесі барған сайын азая түседі.

Осыдан шамалы уақытқа дейін жергілікті жерлерде деректердің үлкен пайыздарын аударып алатын көбінесе бірнеше ондаған мегабайттан тұратын мультимедиялық қосымшалар сирек пайдаланылды. Алфавиттік-цифрлық қызмет атқаратын қосымша айтарлықтай трафик жасаған жоқ. Сондықтан ұзақ уақыт бойы Ethernet сегменттер үшін эмпирикалық ереже қолданып келген болатын, ол бойынша бөлінетін сегментте 30 тораптан артық болмауы тиіс. Ендігі уақытта жағдай өзгерді және көбінесе 3 - 4 компьютер оның 10Мб/с ең жоғары өткізу қабілетімен және секундына 14880 кадрмен Ethernet сегментін толық жүктейді.

Туындайтын коллизиялармен және бөлінетін сегментті айтарлықтай жүктеу кезінде оған енуді күтудің үлкен уақытымен байланысты шектеу, көбінесе кабельдерде электрдабылдарын орнықты беру тұрғысынан, стандартпен анықталған тораптардың ең үлкен санымен шектелгенге қарағанда неғұрлым күрделі болып шығады.

Ethernet технологиясы жергілікті желілер технологияларына тән шектеулерді көрсету кезінде мысал түрінде таңдалған болатын, өйткені осы технологияларда шектеулер неғұрлым анық көрінеді, ал олардың себептері айтарлықтай. Бірақ осындай шектеулер жергілікті желілердің бүкіл қалған технологияларына да тән болып саналады, өйткені олар бір бөлінетін қор ретінде деректерді беру орталарын пайдалануға сүйенеді. Tokenring және FDDI сақинасы сондай-ақ бөлінетін қор режимінде ғана желілер тораптарын пайдалана алады. Ethernet арнасынан өзгешелігі, мұнда мәлімет алу

мүмкіндігінің маркерлік әдісі сақинаға мәлімет арудың мүмкіндігін берудің детерминацияланған кезектілігін анықтайтындығы болып табылады, бірақ сақинаға бір тораптың мәлімет алу мүмкіндігін беру кезінде бұрынғысынша бүкіл қалған тораптар өз кадрларын бере алмайды және торапта мәлімет алу мүмкіндігі құқығына ие өзінің деректерді беруін аяқтағанға дейін күтуі тиіс.

Қайталағыштар мен концентраторларды пайдаланып қана құрылған жергілікті желілерді жалпы шектеу, осындай желілердің жалпы өнімділігі әрқашан да тіркелгендігінен және пайдаланылатын хаттаманың ең жоғары өнімділігіне тең екендігінен тұрады. Және бұл өнімділікті бүкіл құрал-жабдықтарды қымбат тұратын құрал-жабдықтармен алмастырумен байланысты өзге технологияларға көшу арқылы ғана арттыруға болады.

Қарастырылған шектеу бөлінетін арналарды жергілікті желілерде пайдалануға мүмкіндік беретін артықшылық үшін ақы болып саналады. Бұл артықшылықтар айтарлықтай, сондықтан осындай типтегі технологиялар 20 жылға жуық қолданылып келеді.

Артықшылықтарға бірінші кезекте мыналарды жатқызу қажет:

- желілер топологияларының қарапайымдылығы;
- мүлтіксіз жұмыс жасайтын арматура мен стандарт шектеулерін сақтау кезінде кадрды мекенжайға (алушыға) жеткізу кепілдігі;
- желілік адаптерлердің, қайталағыштардың және концентраторлардың төмен құнын қамтамасыз ететін хаттамалардың қарапайымдылығы.

Бірақ коммутаторлардың қайталағыштарды және концентраторларды ығыстырып шығаруының басталған үдерісі басымдықтардың өзгергендігі туралы айтуға мүмкіндік береді және желілердің жалпы өткізу қабілетін арттыру үшін пайдаланушылар концентраторлардың орнына коммутаторларды сатып алумен байланысты шығындарға баруға дайын.

Жергілікті желілер технологиялар шектеулерін еңсеру үшін көп уақыттан бері коммутаторлардың атқарымдық орынбасушылары болып саналатын жергілікті көпірлер қолданыла бастады. Қазіргі желілерде коммутаторлар, жұмыс қағидаттары мен тәжірибеде қолдану бірдей деп айтуға болатын көпірлерді жергілікті желілерден ығыстырып шығарды.

Көпір – бұл оларды аралық буферлеу көмегімен бір желіден екіншіге кадрларды беру арқылы екі жергілікті желілердің (сирек

түрде бірнеше) өзара байланысын қамтамасыз ететін құрылғы. Көпірдің қайталағыштан өзгешелігі, екі біріктірілетін желілерде биттік синхронизмді қолдануға ұмтылмайды. Мұның орнына ол желілердің әрбіріне қарым-қатынасы бойынша түпкі торап ретінде қатысады. Ол кадрды қабылдайды, оны буферлейді, кадрдың тағайындалу мекенжайын талдайды және алушыға жолданатын торап шынымен басқа желіге жататын жағдайда ғана, басқаға береді.

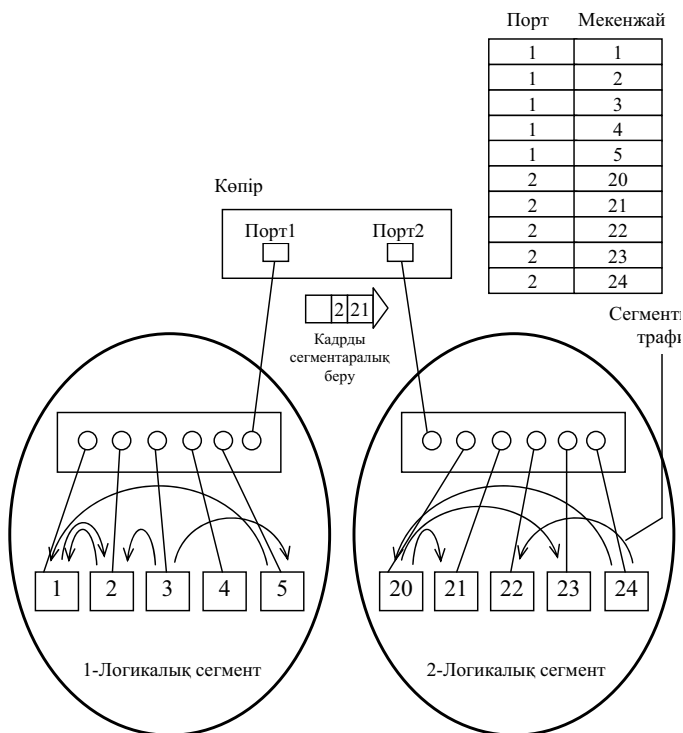
Кадрды өзге желіге беру үшін көпір оның бөлінетін ортасына кәдімгі тораптағы сияқты ережелерге сәйкес деректерді беруге мүмкіндік алуы тиіс.

Осылайша, көпір бұл сегменттің трафигін кадрларды сүзгіден өткізе отырып, өзге сегменттің трафигінен оқшаулайды. Өйткені сегменттердің әрбірінен енді тораптардың аз санынан трафик жіберіледі, сондықтан сегменттерді жүктеу коэффициенті азаяды (54-сурет). Нәтижесінде әрбір сегменттің өткізу қабілеті артады, яғни желілердің жиын өткізу қабілеті артады.

Желілердің әрбір сегменті коллизиялар домені, яғни барлық тораптар бір мезгілде тіркелетін желілер учаскесі болып қалады және ол осы учаскенің қандай да бір жерінде болмасын коллизияға пайдаланылады. Бірақ бір сегменттің коллизиялары өзге сегменттегі коллизиялардың туындауына әкелмейді, өйткені көпір сегменттер арасында оларды трансляцияламайды.

Ethernet сегменттері коммутацияларының технологиясын жергілікті желілердің өткізу қабілетін арттыруға деген өспелі қажеттілікке жауап ретінде 1990 жылы Kalpana фирмасы ұсынған болатын. Бұл технология сегменттің бүкіл тораптары арасында бөлінетін байланыстар желілерін пайдаланудан бас тартуға және бүкіл оның порттарының жұптары арасындағы пакеттерді бір мезгілде беруге мүмкіндік беретін коммутаторларды пайдалануға негізделді.

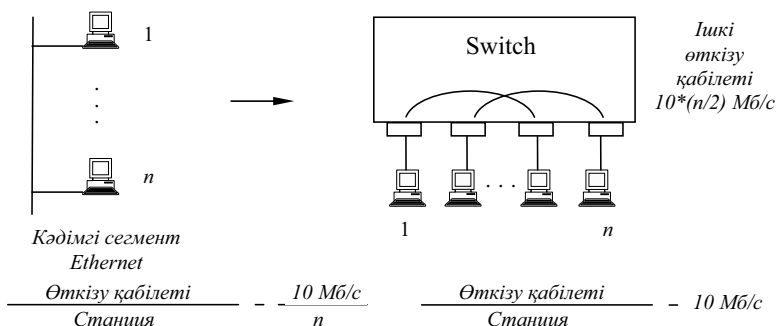
Көп портты атқарымдық коммутатор көп портты көпір ретінде, яғни арналық деңгейде жұмыс атқарады, кадрлардың тақырыптарын талдайды, мекенжай кестесін автоматты түрде құрады және осы кестелер негізінде кадрды өзінің шығатын порттарының біріне қайта бағыттайды немесе буферден алып тастап, оны сүзгіден өткізеді. Келіп түсетін кадрларды параллель өңдеу оның жаңалығы болып табылады, сол уақытта көпір кадрдың сыртындағы кадрды өңдейді. Коммутатор, әдетте, олардың әрбірі көпір алгоритмін орындай алатын кадрларды өңдейтін бірнеше ішкі процессорларға ие болады.



54-сурет. Көпірді пайдалану кезінде трафикті локализациялау

Осылайша, коммутатор – бұл ішкі параллелизм есебінен жоғары өнімділікке ие болатын мультипроцессорлық көпір.

Осы эффект 55-суретте кескінделген. Суретте өнімділікті арттыруға қатысты, 4-тің коммутаторға қосылған екеуі деректер 10 Мб/с жылдамдықпен Ethernet хаттама үшін барынша көбірек беретін, әрі олар осы деректерді коммутатордың қалған екі портына конфликтіге бармай, әрбір кіретін порттан өзінің шығатын портына беретін мінсіз жағдай бейнеленген. Егер коммутатор, тіпті кіретін порттарға кадрлардың келіп түсуінің аса жоғарғы интенсивтілігі кезінде, кіретін трафикті өңдеуді үлгере алатын қабілетке ие болады, сондықтан келтірілген мысалдағы коммутатордың жалпы өнімділігі 2×10 Мб/с, ал N порттарда мысалды жинақтау кезінде $(N/2) \times 10$ Мб/с құрайды. Коммутатор әрбір станцияға немесе сегментке, оның порттарына қосылған, хаттаманың бөлінген өткізу қабілетін береді деп айтады.



55-сурет. Бірнеше кадрларды бір мезгілде өңдеу есебінен желілердің өнімділігін арттыру

Жергілікті желілер үшін алғашқы коммутатор Ethernet технологиялары үшін кездейсоқ пайда болған жоқ. Ethernet желілерінің аса кеңінен танымалдылығымен байланысты анық себептерден өзге, одан маңызыдылығы төмен емес өзге себеп болды – бұл технология сегменттің жүктелуін арттыру кезінде ортаға кіру мүмкіндігін күту уақытын арттырудан басқалардан көбірек зардап шегеді. Сондықтан ірі желілердегі Ethernet сегменттер бірінші кезекте, Kalpana фирмасының коммутаторлары, содан кейін өзге компаниялардың коммутаторлары пайда болған желілердің тар орындарын жүктеу құралдарын қажетсінді.

Кейбір компаниялар коммутациялар технологиясы мен өнімділікті арттыру үшін TokenRing сияқты жергілікті желілердің өзге технологияларын дамыта бастады. Өйткені ашық болатын көпір жұмысының алгоритмді коммутациялар технологияларының негізіне жатады, сондықтан коммутациялар қағидаты деректер алу мүмкіндігі әдісіне, пакет форматына және әрбір технологиялардың өзге бөлшектеріне тәуелді емес. Коммутатор, сол арқылы өтетін трафик негізінде желілердің түпкі тораптарының мекенжайын зерделейді, желілердің мекенжай кестесін құрады және содан кейін соның негізінде TokenRing немесе FDDI желілерде сақинааралық беруді жүзеге асырады. Кез келген технологиялар желілеріндегі коммутатор жұмысының қағидаты коммутатор порттарының жұптары арасындағы кадрлардың бір мезгілде алға қозғалуын қамтамасыз ете отырып, өзгеріссіз қалады.

Коммутаторды орнату кезінде желілердің өнімділігін арттыру

жалпы жағдайда, мысалдағы сияқты сондай елеулі болмайды. Коммутатор жұмысының тиімділігіне көптеген факторлар әсер етеді және кейбір жағдайда, төменде көрсетілетіндей, коммутатор концентратормен салыстырғанда ешқандай да артықшылық бермеуі мүмкін.

Көпірлерге және коммутаторларға ұқсас маршруттаушылар желілердің бір бөлігінен екінші бөлігіне трафикті оқшаулайды және сол арқылы тұтастай алғанда желілердің өткізу қабілетін арттырады. Бұл ретте желілерді оқшалау дәрежесі көпірлерді және коммутаторларды пайдалану кезіндегіге қарағанда неғұрлым жоғары болады, өйткені маршруттаушылар желілер арасында кеңінен қолданылатын трафикті және тағайындалу мекенжайлары белгісіз кадрларды бермейді.

Көпірлерді/коммутаторларды қолдану жағдайындағы сияқты маршруттаушыларды пайдалану өткізу қабілетін азайтуы мүмкін, бұл мынадай жағдайда болады, егер маршруттаушының өнімділігі желіаралық трафиктің орташа интенсивтілігінен аз болып шығатын болса. Әдетте маршруттаушы өнімділігі коммутатордың өнімділігінен айтарлықтай аз болады – орташа маршруттаушы бір пакетті өңдеуге орташа коммутаторға қарағанда 5-10 есе көп уақыт жұмсайды. Сондықтан маршруттаушылар әдетте аса оңашаланған болып саналатын желілердің осындай фрагменттерін қосу үшін қолданылады және өте интенсивті емес желіаралық трафикті туғызады.

Жоғарыда айталған бүкіл арақатынас коммутаторлардың өнімділігіне қойылатын талаптарды талқылау кезінде алынған болатын және маршруттаушылар үшін де дұрыс болады.

Статикалық маршрутты екі нүктелер арасында ақпараттар беру үшін пайдаланылуы тиіс жалғыз жолды береді. Әкімші маршруттау кестелеріндегі статикалық маршруттарды беруі және конфигурациялауы тиіс және олар әкімші жүзеге асырғанша өзгермейтін болады. Статикалық маршруттармен желілік орталар аса қарапайым түрде ұйымдастырылады және маршруттау топологияларында шамалы ғана өзгеріс болуы мүмкін шағын орталар үшін, әсіресе, дәл келеді.

Нақты маршруттардың Microsoft Windows операциялық жүйелерде тұрақты маршруттар болып саналуы міндетті емес. Басқаша айтқанда, сіз маршруттың тұрақты болып саналатынын

және –р кілттің көмегімен қандай да бір себеп бойынша сервер артық жүктелген жағдайда статикалық маршруттау кестесіне таңылған болуы тиіс екенін нұсқап көрсетуіңіз қажет.

Олардың желілер күйінің өзгеруіне бейімделмейтіндігі статикалық маршрутталатын желілік орталардың негізгі кемшілігі болып саналады. Мысалы, маршруттаушыны немесе арнаны ажыратып тастаған жағдайда статикалық маршрут оларды қажетті алушыға беру үшін пакеттерді өзге маршруттаушыларға қайта бағыттауға мүмкіндік бермейді. Бұдан өзге біздің төңірегіміздегі қандай да бір желілерді қосу немесе алып тастау кезінде әкімші маршруттаудың мүмкін сценарийлерін беруі және оларды тиісті түрде конфигурациялауы тиіс. Сондықтан статикалық маршрутталатын (әсіресе, жекелеген өзгерістерге ұшырайтындар) желілік орталар неғұрлым ірі желілер үшін дәл келмейді. Статикалық маршруттау шағын желілік орталар үшін ғана дәл келетінін түсіну үшін әкімшілік етуге жұмсалатын шығыстарды бағалау жеткілікті болады.

Төмендегі жағдайлар кезіндегі ғана статикалық маршруттар эмпирикалық ереже ретінде пайдаланылады:

- Үй кеңсесі немесе филиал;
- Желілердің шағын санды желілік ортасы;
- Жақын болашақта оны өзгерту болжанбайтын қосылыс (мысалы, ақпаратты басқа тәсілмен маршруттауға болмайтын кездегі соңғы құрал ретінде пайдаланылатын маршруттаушы).

Желілердің негізгі есебі – ЭЕМ-жөнелтушіден ЭЕМ-алушыға ақпараттарды тасымалдау. Көпшілік жағдайларда бұл үшін бірнеше алғышарттар жасалуы қажет. Жолдарды таңдау проблемасын маршруттау алгоритмдері шешеді. Егер деректерді тасымалдау дейтограммалармен жүзеге асырылса, оның әрбірі үшін бұл есеп тәуелсіз дербес шешіледі. Виртуалды арналарды пайдалану кезінде жолдарды таңдау осы арнаны қалыптастыру кезеңінде орындалады. Интернетте оның IP-дейтограммаларымен бірінші нұсқа (егер виртуалды желілерді қарастырмайтын болсақ), ал ISDN және ATM-де екінші нұсқа жүзеге асырылады. Маршруттау проблемаларын шешу үшін маршруттаушылар деп аталатын арнайы құрылғы қолданылады.

Маршруттау екі параллель үдерісті түсіндіреді: маршруттық кестені дайындау және осы кестенің көмегімен дейтограмманы басқа алушыға жолдау. Маршруттық кестелерді құру маршруттау хаттамалары арқылы немесе желілік әкімші нұсқаулықтардың

әсерімен жүзеге асырылады. Маршруттау алгоритмі: толық сенімділік, мінсіздік, тұрақтылық, қарапайымдылық және оңтайлылық сияқты толық анықталған қасиеттерге ие болуы тиіс. Соңғы қасиеті бір қарағанда солай болатын сияқты аса ашық, мөлдір емес, оңтайландыру қандай немесе қандай параметрлер бойынша жүзеге асырылатына қатысты болады. Бұл есептер кей уақытта қарапайым жергілікті желілермен салыстырғанда мүлде қарапайым бола бермейді.

Маршрутты оңтайландыру параметрлері. Оңтайландыру параметрлері арасында мәліметке кіру мүмкіндігінің ең аз кешіктірілуі, аса жоғары өткізу қабілеті, ең төмен баға, аса жоғары сенімділік немесе ең аз қате жіберушілік ықтималдығы болуы мүмкін.

Маршруттау алгоритмдері адаптивті және адаптивті емес болады. Екіншісі маршрутты таңдауды жүзеге асыра отырып, сол мезеттегі қолданылатын арналардың топологиясын немесе жүктемесін назарға алмайды. Осындай алгоритмдер сондай-ақ статикалық деп аталады. Адаптивті алгоритмдер арналардың сипаттамаларын мерзімді өлшеуді және маршруттар топологияларын тұрақты зерттеуді жорамалдайды. Бұл жерде қандай да бір болсын маршрутты таңдау осы өлшеулер негізінде жүргізіледі.

Тәжірибеде маршруттаудың бүкіл әдістері мынадай тұжырымдарға негізделеді:

Маршрутты оңтайландыру қағидаты. Егер M маршруттаушы I маршруттаушыдан J маршруттаушыға апаратын оңтайлы жолда болса, сол кезде M -нен J -ге апаратын оңтайлы жол осы жол бойынша өтеді. Осы айтылғандарға көз жеткізу үшін маршрут I - M -ді - $R1$ -мен, ал M - J -ді - $R2$ -мен белгілейміз. Егер $R2$ -ге қарағанда оңтайлы маршрут бар болатын болса, онда ол I - J -ді неғұрлым оңтайлы жолды құрауы үшін $R1$ -мен біріктірілуі тиіс және бұл J - J жолдардың оңтайлылығы туралы алғашқы тұжырымға қайшы келеді. Бүкіл жөнелтушілерден жалпы тағайындалатын орынға апаратын оңтайлы маршруттар циклдері болмайтын ағашты құрау тұжырымы оңтайлылық қағидатының (принциптің) салдары болып саналады. Осындай ағаш (sink tree деп аталады) жалғыз емес, жолдардың осындай ұзындығымен өзге ағаш та болуы мүмкін. Ал бұл - өз кезегінде кез келген пакет маршруттаушылардың бір рет анықталған санынан өте отырып, қатаң шектелген уақыт ішінде жеткізілетін болады.

Маршруттаушы әрқашанда осы ағаштың түбірі болып саналады. Нақты жағдайларда жекелеген тораптар істен шығып қалуы немесе ажыратылып қалуы мүмкін және бұл ағаштың айтырлықтай түрін өзгертуін туғызады. Өртүрлі маршруттаушылар қандай мүмкін ағаштардан қайсысын таңдау керектігі туралы өз түсінігіне ие болуы тиіс. Бұл А нүктесінен Б нүктесіне апаратын жол Б нүктесінен А нүктесіне апаратын жолмен сәйкес келмеуі себебінен болады.

Оның тағайындалған орнының IP-мекенжайы пакетті Интернетке маршруттау кезіндегі басты параметр болып саналады. Қазіргі уақытта миллиардтан асатын тораптар болып саналатын қазіргі интернетке оңтайлы маршруттау проблемасы аса күрделі. Маршруттардың толық кестесі 109! жазбалардан тұруы мүмкін (мұнда ! эмоцияларды білдіру емес, факториал белгісін білдіреді) және бұл қазіргі ЭЕМ-нің өзінде мүмкін емес. Сыртқы маршруттаушылар әдетте жекелеген ЭЕМ емес, желілер арасындағы оңтайлы жолды іздейді. Соған қарамастан маршруттық кестелердің өлшемдері экспоненциалды түрде өседі және дәстүрлі сұлбалар мен шешімдері ерте ме, кеш пе тиімсіз болып қалады. Жалпы жағдайда оңтайлы маршрутты қалыптастыру үшін бүкіл желілік сегменттер туралы толық ақпаратқа ие болу қажет. Бұл шағын немесе орта өлшемдердегі жергілікті желілер үшін ғана шынайы болады. Сондай-ақ желілердегі жағдай тұрақты өзгеріп отыратын және олардың есептерін шешу үшін маршруттаушылар шектеулі уақыт қорларына ие болатынын ескеру қажет. Тәжірибеде оңтайландыру өңдеуге жататын деректер көлемі көптеген реттік қысқартылған кездегі сегменттердің шектелген аймағы үшін жүзеге асырылады. Бұл жерде ымырашылдықтың болмай қоймайтыны түсінікті және бұл жағдайда қорытқы маршрут әрқашанда оңтайлы бола бермейді. Желілік сегменттер және маршруттар туралы деректер жинау маршруттаушылар арасында осы ақпараттарды алмасу жолымен орындалады. Дейтограммаларды мекенжайға қайта жолдау буфердегі кезектіліктің ұзындығына қатысты 1-20 миллисекунд уақыт ішінде жүзеге асырылуы тиіс.

IPv6 мекенжайларды жаппай енгізу кезінде мүмкін болатын географиялық маршруттау проблемаларды шешудің түбегейлі шараларының бірі болуы мүмкін.

Географиялық қағидат жағдайында елдердің әрбірі саны бойынша тең IP-мекенжайлар блоктарын алады (АҚШ және Андорра мекен-жайлардың тең санын алады). Атап айтқанда, осы себеп

бойынша мекенжайдың 32-биттары кезінде осындай сұлба жүзеге асыруға келмейді.

90-шы жылдардың басында автономиялы жүйелер (AS) ұғымын енгізу шешімі қабылданған болатын. Автономиялы жүйе – бұл бір әкімшіге және жалғыз маршруттық саясатқа ие жергілікті желілер жиынтығы. AS енгізу маршруттық кестелердің өлшемін бірнеше есе қысқартуға мүмкіндік берді, өйткені маршруттарды жергілікті желілер арасына емес, неғұрлым ірі құрылымдар – автономиялы жүйелер арасында салуға болады. Осындай жүйелер атауының өзі олардың тәуелсіз екенін атап көрсетеді және ерікті ынтымақтастық қана барлық қатысушыларға ортақ проблемаларды шешуге көмектеседі.

Кәдімгі пайдаланушылар маршруттау проблемалары туралы ойланбауы тиіс, бірақ тіпті оған кейбір уақытта Интернетте ненің мүмкін, ненің мүмкін емес екендігін түсіну пайдалы болып шығады.

IP барлық ЭЕМ-ді маршруттаушыларға және кәдімгі ЭЕМ-ге (host) бөледі, соңғысы, негізінен, өзінің маршруттық кестелерін салып жібермейді. Маршруттаушы дұрыс маршруттар туралы (бұл мүлдем осылай демесек те) толық ақпараттарға ие болады деп жорамалданады. Кәдімгі ЭЕМ ең аз мөлшердегі маршруттық ақпаратқа ие болады (мысалы, жергілікті желілер маршруттаушысының мекенжайы және атаулар сервері). Автономиялық жүйе маршруттаушылар жиынынан тұруы мүмкін, бірақ өзге AS-пен әрекет етуді ол шекаралас деп аталатын бір маршруттаушы арқылы ғана жүзеге асырады (border gateway, BGP хаттамасы атауын атап айтқанда сол берген). Шекаралық маршруттаушы автономиялық жүйе бірден артық сыртқы арнаға ие болған кезде ғана қажет, оған керісінше жағдайда оның атқарымдарын сыртқы қосылу порты орындайды (gateway; маршруттаудың сыртқы хаттамасын қолдау бұл жағдайда қажет болмайды). Осында және алдағы уақытта бір қарағанда аса қарапайым сыртқы және ішкі арналар, сыртқы және ішкі хаттамалар немесе маршруттаушылар пайдаланылады. Бірақ осындай бөліну көбінесе аса шартты болады.

Егер мекенжайға бірден жүзеге аспайтын жолмен жетуге болса, маршруттаушы таңдау жасауы тиіс, бұл таңдау үміткер-маршруттарды бағалау негізінде жүзеге асырылады. Әдетте маршрутты құрайтын әрбір сегментке бірқатар шама – осы сегменттің бағасы беріледі. Маршруттаудың әрбір хаттамасы маршруттарды

бағалаудың өз жүйесін қолданады. Маршрут сегментін бағалау метрика деп аталады. Бұл жерде маршрутты таңдау кезінде жолдардың бүкіл сегменттеріне метрикалардың салыстырмалы мәні берілуі тиіс екендігіне назар аудару қажет. Бір сегменттердің қадамдардың санымен анықталуына, ал екінші бір сегменттердің – миллисекундтармен есептелгендегі кешігулер шамасы бойынша бағалануына жол берілмейді. Автономиялы жүйелер шектерінде бұл әдетте проблемаларды туғызбайды, өйткені бұл бір әкімшінің жауапкершілік аймағы болып саналады. Бірақ көптеген әкімшілер жұмыс жасайтын аймақтық желілерде метриkanı таңдау проблемасы нақты қиындыққа айналуы мүмкін. Атап айтқанда, осы себеп бойынша осындай желілерде, көбінесе метриkanı бағалау субъективтілігін болдырмайтын қашықтық векторы қолданылады.

Тағайындалған орынның мекенжайы бойынша маршруттаудың классикалық сызбаларынан өзге, көбінесе жөнелтушінің маршрутты таңдау нұсқасы пайдаланылады (аталған нұсқа IPv6 стандартын енгізу кезінде одан әрі дамуға ие болды). Бұл жағдайда IP-пакет ол өзінің жолында тағайындалған орынға баруға тиіс тораптардың аралық мекенжайларының тізімі мен опциялардың тиісті кодынан тұрады.

Маршрутты оңтайландыратын кеңінен қолданылатын алгоритм. Сондай-ақ, өзге сұлбалар, мысалы, мекенжайдың (flooding) кеңінен қолданылатын әдістері пайдаланатын сұлбалар бар, мұндағы әрбір өтетін пакет сол бойынша алынған арнаны қоспағанда, бүкіл қолданылатын алғашқы арналар бойынша жіберіледі. Пакеттердің шексіз көбеюін болдырмау үшін тақырыпқа қадамдар санының есептегіш-өрісі енгізіледі. Әрбір торап ондағы өріс бірлікке азайтылады. Сол уақытта өріс мәні 0-ге тең болады, пакет жойылады. Есептегіштің алғашқы мәні субжелілердегі өлшеммен анықталады. Пакеттердің мүмкін циклденуіне қарсы арнайы шаралар қолданылады. Талғамалы салып жіберулер деп аталатын, кеңінен қолданылатын маршруттаудың жетілдірілген нұсқасы қолданылады. Бұл алгоритмде салып жіберу бүкіл мүмкін бағыттар бойынша емес, дұрыс жаққа қарай ғана апарады деп жорамалданғандары бойынша ғана жүргізіледі. Кеңінен қолданылатын әдістер кеңінен қолдануға жатпайды. Бірақ олар қай жерде шекті мүмкін сенімділік болса, мысалы, қандай да бір арналарды бұзу аса ықтимал болатын әскери қосымшаларда пайдаланылады. Аталған әдістер виртуалды арнаны құру кезінде ғана пайдаланылуы мүмкін, өйткені олар әрқашанда апаратын аса қысқа жолды қамтамасыз етеді, өйткені

бүкіл мүмкіндіктерді қолданады. Егер жол пакетте жазылатын болса, онда алушы оңтайлы өту жолын таңдап, бұл туралы жөнелтушіге хабарлай алады.

Алгоритмдердің көпшілігі олардың сапасын (өткізу қабілетін, жүктеуді және т.б.) емес, байланыста топологиясын ескереді. Бірақ топологияны, сол сияқты жүктемені (flow-based routing) ескеретін статикалық маршруттау проблемаларын шешу тәсілдемелері қолданылады. Кейбір желілерде тораптар арасындағы ағымдар салыстырмалы түрде тұрақты және алдын ала болжап білуге болады. Бұл жағдайда маршруттардың оңтайлы сұлбасын күні бұрын есептеп шығару мүмкіндігі пайда болады. Бұл жерде жаппай қызмет көрсету теориясы негізінде әрбір байланыстар үшін жеткізілулердің орташа кешіктірілуін бағалау жүргізіледі. Маршруттар топологиясы пакетті жеткізуді кешіктіру мәні бойынша оңтайландырылады. Байланыстар топологиясын сипаттау бүкіл тораптар үшін трафик матрицасы $T_{i,j}$ (секундпен пакеттерде) және секундпен биттардағы арналардың өткізу қабілеттерінің матрицасы $B_{i,j}$ есептеу кезінде алғашқы деректер болып саналады. Байланыстардың әрбірі үшін t кешіктіру мына формула бойынша бағаланады.

$$t_{i,j} = 1/(p * B_{i,j} - T_{i,j}),$$
 мұндағы, i және j – тораптар нөмірі.

мұндағы $1/P$ – биттардағы пакет ендерінің орташа мәні, $p * B_{i,j}$ секундпен пакеттерде көрсетіледі, ал t мсек-пен өлшенеді. $t_{i,j}$ матрицаны құрып, ең қысқа байланыстар графын алуға болады. Өйткені есептеу уақыттың нақты масштабында жүргізілмейді және бұл жерде ерекше қиындықтар туындамайды.

ҚОРЫТЫНДЫ

- Өткізу қабілетін секундпен битте өлшеу пакеттерді пайдалануға қарағанда, берілетін ақпараттардың жылдамдығын неғұрлым дәл бағалауға мүмкіндік береді.

- Желілердің сегменттерге немесе ішкі желілерге бөлінуі кезінде желілердің жалпы өткізу қабілеті ішкі желілердің өткізу қабілеттері плюс сегментаралық немесе желіаралық байланыстардың өткізу қабілетінің жиынына тең.

- Әрбір хаттаманың өз ерекшеліктері, қолданылатын аймағы және бапталатын параметрлері бар және бұл хаттаманы таңдау және

баптау есебінен желілердің өнімділігі мен сенімділігіне әсер ету мүмкіндігін береді.

- Ортаға ену уақыты хаттаманың өзінің логикасымен, сол сияқты желілердің жүктелушілік дәрежесімен анықталады. Жергілікті желілерде әзірге кадрды беру құқығын алу үшін белгілі бір рәсімдерді орындауды талап ететін деректерді берудің бөлінетін ортасы басымдық етеді.

- Ортаға қатынаудың басқа құраушы уақыттары – күту уақыты – бірмезгілде бірнеше жұмыс жасайтын стансалар арасындағы жіберу орталардың бөлінуінен туындайтын кешіктірулерге тәуелді болады.

- Деректердің қайта жөнелтілетін порцияларының өлшемін баптау әдетте хаттамалар стегінің транспорттық деңгейінде жүзеге асады және егер қосымшаны әзірлеуші осындай мүмкіндікті қарастырса, онда қолданбалы деңгейде де жүзеге асады.

- Бұрмаланған деректерді қайыра беруді ұйымдастыруға мүмкіндік болуы үшін жөнелтуші берілетін деректердің – пакеттердің бірліктерін нөмерлейді. Әр пакет үшін жөнелтуші, қабылдаушыдан оң түбіртеккі – алғашқы пакет алынғандығы және ондағы деректер дұрыс болғандығы туралы хабарлайтын қызметтік хабарды күтеді.

- Жергілікті желілердің кез келген арнасының өткізу қабілеті пайдаланылатын арналық хаттаманың ең жоғары тиімді өткізу қабілетімен шектеледі. Егер осы өткізу қабілетінің бір бөлігі пайдалануға арналған деректерді беру үшін емес, қызметтік трафикті беру үшін пайдаланылса, онда желілердің тиімді өткізу қабілеті әлі де кішіреймейтін болады.

- Маршруттаушы жұмыстарының қағидаттары (принциптері) одан бүкіл порттар арқылы кеңінен қолданылатын мекенжай мен кадрларды жіберуді міндетті түрде талап етпейді. Маршруттаушы кадрды жылжыту туралы шешім қабылдау кезінде арналық деңгейдегі емес, желілік деңгейдегі тақырып ақпараттарын басшылыққа алады.

- Коммутаторды орнату кезінде желілердің өнімділігін арттыру жалпы жағдайда, мысалдағы сияқты сондай елеулі болмайды. Коммутатор жұмысының тиімділігіне көптеген факторлар әсер етеді және кейбір жағдайда, төменде көрсетілетіндей, коммутатор концентратормен салыстырғанда ешқандай да артықшылық бермеуі мүмкін.

СОӨЖ және СӨЖ тапсырмалары

1. Тақырып бойынша бақылау сұрақтарына жауап беру:

1. Реакциялар уақыты қандай жағдайда пайдаланылады?
2. Толық жүктелмеген желінің анықтамасы.
3. Жүктелген желі дегеніміз не?
4. Өткізу қабілеті өлшемін құрудың қандай тәсілдері бар?
5. Өнімділікке үлкен дәрежеде не әсер етеді?
6. Хаттаманы баптауға қандай параметрлерді өзгерту мүмкін?
7. Бос тұрып қалу әдісі нені талап етеді?
8. Тайм-аут шамасы нені ескертеді?
9. Көпірлер, коммутаторлар және маршруттаушылар желілерге қалай әсер етеді?
10. Арналардың артықшылықтарына бірінші кезекте нелер жатады?
11. Қандай жағдайларда маршруттар эмпирикалық ереже ретінде пайдаланылады?

2. Тақырып бойынша тест тапсырмаларының сұрақтарына жауап беру:

1. ... - бұл элементтердің жиыны мен олардың арасындағы байланыс
A) Элемент
B) Құрылым
C) Жүйе
D) Иерархия
E) Байланыс
2. Компоненттердің қажеттілік сатысы бойынша реттеу дегеніміз не?
A) Элемент
B) Құрылым
C) Иерархия
D) Жүйе
E) Байланыс
3. Жүйеге кірмейтін, бірақ олардың жағдайларының өзгеруі жүйенің өзгеруіне әсер ететін түсінік қандай ортаға тән?
A) Ішкі
B) Байланыс
C) Жүйелік

- D) Сыртқы
E) Берілген жауаптардың ешқайсысы дұрыс емес
4. **Жүйенің құрамының анықталған тобын көрсететін жүйені сипаттау түсінігін атаңыз?**
- A) Элемент
B) Құрылым
C) Иерархия
D) Байланыс
E) Модель
5. **Жүйенің тепе-теңдік күйінен сыртқы қарсыластардың әсерінен өзгеріп, қайта орнына келуін қалай атайды?**
- A) Тұрақтылық
B) Тепе-теңдік
C) Байланыс
D) Иерархия
E) Элемент
6. **Басқару процесінің айналатын басқару анализі келесі үштіктерді ерекшелуге бұйырады – айнала, объект және ...?**
- A) Алгоритм
B) Субъект
C) Элемент
D) Модель
E) Кері байланыс
7. **Объектінің құрылымының дискретті элементтерінен құрылған құрылымының қалдықсыз болмауын не деп атаймыз?**
- A) Объект
B) Субъект
C) Жүйе
D) Элемент
E) Модель
8. **Қандай түсінік күрделі термодинамикалық және табиғаттағы, қоғамдағы ақпараттық процестерді түсіндіруге көмектеседі?**
- A) Байланыс
B) Тепе-теңдік
C) Тұрақтылық
D) Даму

Е) Мақсат

9. **Жүйенің сыртқы қарсыластарының әрекеттерінің жоқ болуынан өзінің күйін қалауынша сақтап қалуына не жатады?**

А) Тұрақтылық

В) Даму

С) Мақсат

Д) Байланыс

Е) Тепе-теңдік

10. **Ақпаратты өлшеудің минималды бірлігі:**

А) Бит

В) Байт

С) Мегабайт

Д) Килобайт

Е) Гигабайт

11. **Сегізразрядты екілік код, оның көмегімен бір символды көруге болады?**

А) Бит

В) Байт

С) Килобайт

Д) Мегабайт

Е) Гигабайт

12. **«Мир» деген сөз орысша алфавитте үш белгімен беріледі, ал ағылшын тілінде «peace» сөзі неше белгімен беріледі?**

А) 3

В) 4

С) 5

Д) 6

Е) 7

13. **Физикалық құрылымдардың объектінің немесе ортаның физикалық қасиеттері, жағдайы және тәртібі туралы берілетін ақпараттық қызмет қалай аталады?**

А) Ақпарат

В) Модем

С) Интернет

Д) Сигнал

Е) Дыбыс

14. Екілік көздің коррелирленбегендегі тең ықтималдықты символдардың энтропиясы неше бит/симв-ға тең?

- A) 5
- B) 4
- C) 3
- D) 2
- E) 1

15. 1 бит – бұл қандай хабарлама көзі тасымалдайтын ақпараттың орташа максималды саны?

- A) Екілік
- B) Сегіздік
- C) Ондық
- D) Он алтылық
- E) Төрттік

16. Ақпараттық символдардан басталатын және тексеру символдарымен аяқталатын әрбір кодтық сөздері бар кодтар қалай аталады?

- A) Байланыс
- B) Жүйелік
- C) Иерархия
- D) Құрылым
- E) Аталғандардың барлығы дұрыс

17. Ақпараттық символдардың сызықтық комбинациясын қандай кодтар құрайды?

- A) Тармақталған
- B) Циклдік
- C) Сызықтық
- D) Жүйелік
- E) Иерархиялық

18. Қандай да бір жүйенің кез келген элементін атаңыз?

- A) Субъект
- B) Орта
- C) Модель
- D) Объект
- E) Ешқайсысы

19. Бір ресурстың екінші ресурсқа түрленуі қалай аталады?

- A) Байланыс
- B) Жүйе
- C) Дұрыс жауап жоқ
- D) Өшіру
- E) Процесс

20. Қай модель әрбір элементі кез келген басқа элементпен байланыса алатын құрылым бола алады?

- A) Желілік
- B) Дерек
- C) Иерархиялық
- D) Сызықтық
- E) Циклдік

13-ТАҚЫРЫП. КОДТАУ ТЕОРИЯСЫНЫҢ ЖАЛПЫ ҰҒЫМДАРЫ

Дәрістің мәнмәтіні

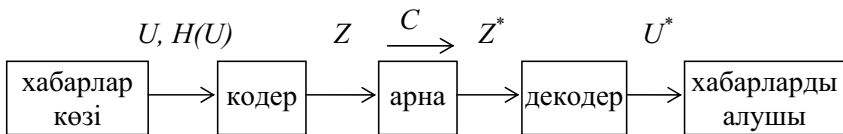
Мақсаты: Кодтау теориясының жалпы ұғымдарын зерделеу

Дәріс жоспары

1. Кодтау туралы Шеннонның негізгі теоремалары
2. Аналогтық-кодтық түрлендіргіштер
3. Тиімді кодтау

Негізгі түсініктер: кодер, декодер, энтропия, кодтау әдісі, кодтың тиімділігі, шуыл, дискреттік арна, Шеннон теоремасы

Тақырыптың мазмұны: Біз, қателердің туындау ықтималдығы нөлге жақын (идеалда = 0) дискреттік арнаға ие боламыз деп жорамалдайық. Осындай арна мінсіз арна немесе шуылсыз арна деп аталады. Бұған сәйкес арнаның өткізу қабілеті $C = u_k \times \log M$ -мен анықталады. Мінсіз арнаның болуы кезінде ақпараттарды ол бойынша $H'(U)$ сенімділікпен сипатталатын U еркін дискреттік көзден арнаның өткізу қабілетіне тең жылдамдықпен, жоғалтусыз хабар беру мүмкіндігі туралы мәселені қою заңды. Ақпараттарды берудің осындай жүйесін құру сұлбасы, 56-суреттегідей көрінуі тиіс.



56-сурет. Ақпараттарды берудің жүйесін құру сұлбасы

Арнадағы ақпараттарды беру жылдамдығы оның өткізу қабілетіне тең болуы үшін арнадан шығарда $I(Z, Z^*)$ шаманы арттыратын, белгілі бір статистикалық қасиеттермен дискреттік көз қолданылуы тиіс. Жекелей алғанда, біздің қызығушылығымызды туғызатын мұндағы кедергілерсіз мінсіз арна жағдайында осындай көз ең үлкен энтропияға немесе нөлдік артықшылыққа ие болуы тиіс, яғни тәуелсіз тең ықтималды хабарлар беруі қажет. Есептердің қойылымы

кезінде еркін дереккөзінен кез келген статистикалық қасиеттермен, яғни нөлдік емес артықшылыққа ие хабарлар беру мүмкіндігін қажет етеміз. Осылайша, кодер атқарымдары статистикалық мағынада көз хабарларының арнаға кірумен келісуі болып саналады. Осы келісім есептері түпкі қорытындысында хабарлардың артықтығын жоюға әкеледі. Кодер хабарларды кодтауды жүзеге асырады, яғни белгілі бір ереже бойынша әрбір дискреттік хабарға көлемі M алфавиттен символдардың тізбектілігін сәйкестікке қояды. Бұл ретте арнаға кіруге қатынасы бойынша кодермен берілетін символдардың өзі статикалық қасиеттері алғашқы көз хабарларының статикалық қасиеттерінен өзгешеленуі тиіс статикалық қасиеттер хабарларының дискреттік элементтері болып саналады. Хабарлардың еркін алғашқы көзінің артықтығын толық жоятын кодер құру мүмкіндігі арнаның өткізу қабілетіне тең жылдамдықпен ақпараттарды қатесіз берудің алға қойған есептерін шешу мүмкіндігін анықтайды. Оны толық шешу кезінде төмендегі теңдік дұрыс болып шығады.

$$H'(U) = u_c \times H(U) = u_k \times \log M = C \quad (143)$$

одан мынаны аламыз:

$$\eta = u_k / u_c = H(U) \times \log M \quad (144)$$

мұндағы, $H(U)$ - берілетін хабарлар көзінің энтропиясы, u_k және u_c - уақыт бірлігінде берілетін хабар мен кодқа сәйкес символдардың орташа саны, $\eta = u_k / u_c$ - бір хабарға келетін код символдарының орташа саны.

(143) және (144) теңдіктерін дәл орындауға жуықтау дәрежесі хабарлар көзінің артықтығын азайту дәрежесіне байланысты болады. Хабарлар көздерінің артықтығын жоюға мүмкіндік беретін кодтау тиімді немесе *статистикалық* деп аталады. Осындай кодтау нәтижесінде алынатын кодтар, тиімді немесе статистикалық деп аталады. Тиімді кодтау негізі болып қалануы мүмкін негізгі идеяларды қарастырамыз. Дискреттік көздердің артықшылығы екі себептермен:

- деректер көзінің жадысымен;
- хабардың бірқалыпты еместігімен шарттасылады.

Қарапайым (элементар) хабарларды ірілендіру көз жадысымен шарттасылған артықшылықты азайтудың әмбебап тәсілі болып саналады. Бұл ретте кодтау ұзын блоктармен жүзеге асырылады. Блоктар арнасындағы ықтималдылық байланыстары хабарлардың жекелеген элементтері арасындағына қарағанда аздау болады және блоктар неғұрлым ұзынырақ болса, олардың арасындағы тәуелділік

соғұрлым аз болады. Ірілендіру мағынасын әріптік мәтін мысалымен түсіндіреміз: егер кез келген тілдегі әріптер арасындағы ықтималдылық байланыстар салыстырмалы түрде күшті болса, онда олар сөздер арасында айтарлықтай аздау, ал сөз тіркестері арасында одан да аздау, абзацтар арасында тіпті одан да аздау болады. Сондықтан сөздерді, сөз тіркестерін, абзацтарды кодтауды қолдана отырып, біз ықтималдылық байланыстарымен шарттасылған артықтышылықты толықтай жоя аламыз. Бірақ бұл ретте хабарларды беруді кешіктіру көбейеді, өйткені алдымен хабарлардың бүкіл ұзын блогын қалыптастыруды күтіп, содан кейін ғана барып оны кодтау және беру қажет. Хабардың бірқалыпты еместігінен шарттасылған артықтышылықты азайтуға бірқалыпты емес кодтарды қолданумен жетуге болады. Осындай кодтарды құрудың негізгі идеясы: неғұрлым ықтимал хабарларға кодтық символдардың (кодтық комбинациялардың) неғұрлым қысқа блоктарын, ал ең кіші ықтимал блоктарға неғұрлым ұзын блоктарды сәйкестікке қою болып табылады. Осындай кодтардың бірқалыпты еместігінен және U хабардың кездейсоқ сипатынан, u_K кодтық символдардың тұрақты жылдамдығымен ақпараттарды жоғалтусыз беру, үлкен жадысы бар буферлік жинақтағыштың болуы кезінде, демек үлкен кешіктірулердің ұйғарымдылығы кезінде ғана қамтамасыз етіледі.

Статистикалық кодтаудың шекті мүмкіндіктері ақпараттарды беру теориясының негізгі ережелерінің бірі болып саналатын шуылсыз арна үшін Шеннон теоремасында ашып көрсетіледі. Бұл теорема мына түрде тұжырымдалуы мүмкін:

Хабарлар көзі $H'(U) = u_C \times H(U)$ өнімділікке ие, ал арна $C = u_K \times \log M$ өткізу қабілетіне ие болады. Сол уақытта,

$$\eta = u_K / u_C = (H(U) \times \log M) + e \quad (145)$$

хабар элементіне келетін кодтық символдардың орташа санын алатындай түрде көзден шығатын хабарды кодтауға болады, мұндағы e - керек болса, сонша аз (тура теорема).

η -нен кіші мәнді алу мүмкін емес (кері теорема).

$$\eta = u_K / u_C = H(U) / \log M \quad (146)$$

мәнін алу мүмкін еместігін растайтын теореманың кері бөлігі, егер (146) теңсіздік $u_C \times H(U) > u_K \times \log M$, $H'(U) > C$ теңсіздікке эквивалентті екенін ескеретін болсақ, дәлелденуі мүмкін. Соңғы теңсіздік орындалмайды, өйткені қарастырылып отырған кодтау қайтымды түрлендіру (яғни ақпараттарды жоғалтусыз). Арнаға кірердегі бір

секундтағы энтропия немесе кодердің өнімділігі арнаның өткізу қабілетінен артып кетпейді.

Тура теореманы екі әртүрлі тәсілдермен дәлелдейміз, бұл ретте хабарлар көзін жадысыз көз деп жорамалдайық, егер хабар элементтері блоктарының аса үлкен K_i ұзындығын, алфавит көлемі N_u қарапайым хабар ретінде қарастыратын болсақ, оған керек болса, сонша жоғары дәлдік дәрежесімен кез келген көз келтірілуі мүмкін деп түсіну керек.

Дәлелдеудің бірінші тәсілі көзбен құралатын K символдардан хабарлардың жиынын қарастырудан тұрады. Көлемі N_u алфавиттен таңдалатын U_i қарапайым хабарлардың K мазмұнының осындай әрбір тізбектілігін $a=(U_{k-1} U_{k-2} \dots U_1 U_0)$ хабар деп санайтын боламыз. Жадыларсыз көздер үшін осы хабарлардың ықтималдығы $P(a)=P(U_{k-1}) \times P(U_{k-2}) \dots P(U_0)$. Бұл ретте бір-бірінен жақсы a хабарларының L саны $L=N_u^k$. K хабарының ұзындығы аса үлкен болған кезде мүмкін хабарлардың L бүкіл жиыны 2 ішкі жиынға бөлінуі мүмкін, олардың бірі, ықтималдықтар қосындысы $1-d$ бірлікке жақын неғұрлым ықтимал хабарлардың K_i -нен тұрады (оны жоғары ықтимал немесе типтік деп атайтын боламыз), екінші, хабарлар қосындысының ықтималдығы d нөлге жақын хабарлардан (аз ықтималды немесе типтік емес) тұрады. K -ны ұлғайта отырып, d -ны кішірейтуге болады. Осы айтылғандар ықтималдықтар теориясы заңынан шығарылады және соған сәйкес сынақтардың аса үлкен саны кезінде мүмкін нәтижелерінің әрбір саны өзінің математикалық үмітіне (үлкен сандар заңы) жақын келеді. Аталған жағдайда хабарлардың K элементтерінің саны сынақтар саны болып, u_i элементтердің мәні алғашқы болып саналады және U_i нәтижелер санының математикалық үміті $K \times P(U_i)$ -ге тең. Сондықтан хабарлардың аса үлкен ұзындығы 0 элементтер санының $K \times P(0)$ -на жақын $N_u - 1$ элементтер саны $K \times P(N_u - 1)$ -ға жақын, $1, \infty$ элементтер саны $K \times P(1)$ -ға жақын. Осындай хабар жоғары ықтимал ішкі жиынды құрайды. Хабардың $K P \infty$ кезінде элементтердің өзге санынан тұру ықтималдығы өте аз болады. Өйткені хабардың әртүрлі элементтерінің қандай да бір ұштасуының (сочетание) ықтималдық көзінде жадының жоқ болуы кезінде олардың санына ғана тәуелді болады, сондықтан жоғары ықтималдық ішкі жиынына жататын, яғни әртүрлі элементтердің шамамен алғанда сондай бір санынан тұратын және осы элементтердің тізбектіліктерінде орналасумен ғана өзгешеленетін бүкіл хабар,

$P(0)^{K \times P(0)} \times P(1)^{K \times P(1)} \dots P(N_U - 1)^{K \times P(N_U - 1)} = P$ -ға жақын бір ықтималдыққа ие болады. Алынған теңдікті логарифм дейміз:

$$\begin{aligned} \log P &= \sum_{U=0}^{U_n-1} \log P(U)^{K \cdot P(U)} = \sum_{U=0}^{U_n-1} K \cdot P(U) \cdot \log P(U) = \\ &= -K \underbrace{\sum_{U=0}^{U_n-1} P(U) \cdot \log(1/P(U))}_{H(U)} = -K \cdot H(U) \end{aligned}$$

$K_1 > 1/P$ жоғары ықтималдық ішкі жиындағы хабарлар санының тең ықтималдығынан, P , K_1 логарифм үшін алынған өрнекті ескеріп, дереккөзі энтропиясы арқылы жазуға болады.

$$P = 2^{-K \times H(U)}, K_1 = 1/P = 2^{K \times H(U)} \quad (147)$$

Өйткені $L = N_u^K = 2^{K \times \log(N_u)}$

$$\frac{K_1}{L} = 2^{K[H(U) - \log N_U]} = 2^{-\frac{K}{\log N_U} \underbrace{\left[\frac{H(U)}{\log N_U} \right]}_{\mu}} = 2^{-\frac{K_{\mu}}{\log N_U}} \quad (148)$$

мұндағы, μ - көздің артықтығы. (148) өрнекті талдау, μ көздің кез келген нөлдік емес артықтығы кезінде жоғары ықтимал ішкі жиын хабарлар саны, егер K хабар ұзындығы аса үлкен болса (қанша болмасын аз ықтималдық аса ұзын хабарлардың үлкен бөлігіне ие болады) бүкіл мүмкін хабарлардың қандай да бір аз бөлігін құрайтындығын көрсетеді. Бұл басым көпшілік сан хабарлар элементіне η кодтық символдардың ең аз санына жетуге мүмкіндік береді. Хабарлардың жоғары ықтималдық тобына бөлінетін дабыл ретінде пайдалану үшін біреуін қалдырып, n_1 ұзындықтардың бірқалыпты кодының әртүрлі қысқа (олар аз) кодтық комбинацияларын сәйкестікке келтіреміз. Аз ықтималды ішкі жиындарды құрайтын хабарлардың қалғандары үшін $K_2 = L - K_1 > L$. Жоғарыда айтылған ұзындықтары n_1 , бөлінетін комбинациялардан басталатын (декодтау кезінде қабылданатын хабарды шектейтіндей болу үшін) n_2 символдардан тұратын неғұрлым ұзын кодтық комбинацияларды пайдаланамыз. n_1 және n_2 кодтардың ұзындықтарын (149) $S \leq m^n$ шартынан анықтаймыз, мұндағы, S – бірқалыпты кодтың әртүрлі кодтары комбинацияларының саны, m –

кодтық символдар алфавитінің көлемі, n – символдар саны (кодтық комбинациялар ұзындығы).

$$S=K_l+1+\lambda, n=n_l \quad (149)$$

деп ұйғарамыз, мұндағы, $\lambda - K_l+1$ -ді m^{n_l} -ге дейін толықтыратын санды былайша жазуға болады:

$$n_l = \frac{\log(K_l+1+\lambda)}{\log m} = \frac{\log K_l(1+\frac{1+\lambda}{K_l})}{\log m} = \frac{\log K_l}{\log m} + \theta = \frac{K \cdot H(U)}{\log m} + \theta$$

мұндағы, $\theta = \frac{\log(1+\frac{1+\lambda}{K_l})}{\log m}$ K санын ұлғайта отырып, ол қосындыланатын (K_p μ және K_{lp} μ кезінде) санмен салыстыру бойынша q санын азайтуға болады. Осылай ойлай отырып, бөлетін комбинацияларды ескеріп, n_2 үшін өрнек аламыз:

$$n_2 = n_l + \frac{\log(L+\psi)}{\log m} = \frac{K \cdot H(U)}{\log m} + \theta + \frac{\log L(1+\frac{\psi}{L})}{\log m} = \frac{K \cdot H(U)}{\log m} + \theta + \frac{K \cdot \log N_u}{\log m} + \gamma$$

$L=N_u^k$ (y және g жайлы да, l және q жайлы сияқты айтуға болады).

Өйткені бұл ретте кодтық комбинациялардың орташа ұзындығы $\bar{n} = (1-\delta) \cdot n_l + \delta \cdot n_2$ -ге тең, сондықтан хабардың бір элементіне келетін кодтық символдардың орташа саны $\eta = \frac{\bar{n}}{K} = \frac{H(U)}{\log m} + \xi$, мұндағы

$$\xi = \frac{\theta}{K} + \delta \cdot \frac{\gamma}{K} + \delta \cdot \frac{\log N_u}{\log m}$$

мұндағы, x үлкен K кезінде қандай болмасын кіші болады. Бұл тура теореманы дәлелдейді.

Келтірілген дәлелдемеде біз, аз ықтималды тізбектіліктердің жиыны оларды бір мәнді декодтауды мүмкін ететін, ұзын кодтық комбинациялармен (ұзындығы n_2+n_l) кодталады деп алдық. Бірақ, негізінде, осы топтардың бүкіл хабарларымен, ұзындығы n_l басып бөліп көрсететін комбинацияға сәйкестікке келтіруге болады және ол бойынша қабылданған хабардың аз ықтималды топқа жататындығын анықтап, оларды қате ретінде алып тастауға болады. Өйткені K -нің өсуімен типтік емес хабарлар азаяды, сондай-ақ

кателер ықтималдықтары да аз болады. Осы ескертпе, келтірілген дәлелдемелердің мәнін өзгертпейді, бірақ онда қарастырылған кодтау нұсқасын бірқалыпты кодтау деп атауға мүмкіндік береді.

Тура теорема дәлелдемелерінің екінші тәсілі, тиімді кодтаудың өзге тәсілін жорамалдайды: бұл, яғни бұрынғысынша, ұзындығы K u_j қарапайым хабарлардың тізбектілігі болып көрінетін a_i хабарды қарастыру болып табылады. Бүкіл a_i хабарды, олардың ықтималдықтары $P_1^3 P_2^3 \dots^3 P_L$ болатын, ықтималдықтарының азаюы тәртібінде орналастырамыз, мұндағы, $L=N_u^k a_i$ хабарларының саны. $Q_s = \sum_{i=1}^{s-1} P_i$ деп алайық. Яғни, $Q_s P_{s-1}$ -ге дейінгіні қоса алғандағы

жинақталған ықтималдық. Алдымен, бүкіл хабарды екілік жүйеге кодтаймыз. Q_s хабары үшін екілік код ($S=1$, $Q_s=0$ кезіндегі) екілік сан ретінде, Q_s жіктеудің бөлшектік бөлігін жазу жолымен алынады. Жіктеу m_s позицияларға дейін жүргізіледі, мұндағы $m_s -$

$$\log_2 \frac{1}{P_s} \leq m_s \langle 1 + \log_2 \frac{1}{P_s} \rangle \quad (150)$$

арақатынасты қанағаттандыратын, бүтін сан.

Мысал : Біз 4 хабарға ие болдық дейік.

α_1	α_2	α_3	α_4
$P(\alpha_1) = 1/2$	$P(\alpha_2) = 1/4$	$P(\alpha_3) = 1/8$	$P(\alpha_4) = 1/8$
$Q_1 = 0$	$Q_2 = 1/2$	$Q_3 = 3/4$	$Q_4 = 7/8$
$m_1 = 1$	$m_2 = 2$	$m_3 = 3$	$m_4 = 4$
код 0	код 10	код 110	код 111

Кестенің соңғы жолында көрсетілген кодтар – бұл бөлшек бөлікті Шэннон кодтары.

Осылайша, жоғары ықтимал хабар қысқа кодтармен, ал аз ықтималды хабар ұзын кодтармен көрсетіледі (бұны (150)-ден көруге болады). Осы теңсіздіктерден теңсіздіктердің мына жүйесі туындайды

$$\frac{1}{2^{m_s}} \leq P_s \langle \frac{1}{2^{m_s-1}} \rangle \quad (151)$$

Ол (150) теңсіздіктер жүйесіне сәйкес m_s -ті таңдау кезіндегі $s P_s$ нөмірмен хабарлау ықтималдығы, Q_s екілік жіктеудің соңғы кіші разрядының $\frac{1}{2^{m_s}}$ салмағынан аз екенін көрсетеді. Осының салда-

рынан код Q_s үшін өзінің m_s позицияларының бір және одан көп бүкіл кейінгі кодтарынан өзгешеленетін болады, өйткені ең аз шегі бойынша қалған $Q_i, \frac{1}{2^m}$ шамаға үлкен болады, сондықтан олардың екілік жіктеуі, кіші разрядта болса да, Q_s үшін кодтан өзгешеленеді. Бұл кодтаудың ұсынылған тәсілінің бірімәнділігін растайды. a бір хабарға келетін код символдарының орташа санын,

$$\eta_c = \sum_{s=1}^L m_s \cdot P_s \quad (152)$$

ретінде, ал $U_k \eta = \frac{\eta_c}{K} = \frac{1}{K} \cdot \sum_{s=1}^L m_s \cdot P_s$ бір қарапайым хабарға келетін код символдарының орташа санын $\eta_c = \sum_{s=1}^L m_s \cdot P_s$ (152) ретінде анықтауға болады.

Теңсіздіктер (150) жүйесінің бүкіл бөліктерін $\frac{1}{K}$ -ға көбейтіп және оларды a_i хабарлардың ансамблі бойынша орташаландырып,

$$\frac{1}{K} \cdot \sum_{s=1}^L P_s \cdot \log_2 \frac{1}{P_s} \leq \frac{1}{K} \cdot \sum_{s=1}^L P_s \cdot m_s \left\langle \frac{1}{K} \cdot \sum_{s=1}^L P_s \cdot (1 + \log_2 \frac{1}{P_s}) \right\rangle \quad (153)$$

теңсіздіктерге келеміз, бірақ $\sum_{s=1}^L P_s \cdot \log_2 \frac{1}{P_s} = H_a$, мұндағы H_a - U_i элементтік тәуелсіз хабарлардың K -ге біріктірілуі болып көрсетілетін, a ірілендірілген хабарлар көзінің энтропиясы (жадысыз көзді қарастырамыз). Сондықтан энтропияның аддитивтілік қасиеттерінің салдары $H_a = K \times H(U)$. Өз кезегінде

$$\sum_{s=1}^L P_s \cdot \left(1 + \log_2 \frac{1}{P_s} \right) = \sum_{s=1}^L P_s + \sum_{s=1}^L P_s \cdot \log_2 \frac{1}{P_s} = 1 + K \cdot H(U)$$

Осылайша (153) теңсіздікті

$$H(U) \leq \eta < \frac{1}{K} + H(U) \quad (154)$$

түрінде жазуға болады. (154) теңсіздік K мәнінің шектеусіз өсуінен кодтың h символдарының орташа санына көздің бір қарапайым хабары келеді, осы көздің энтропия мәніне барынша жақындайды. Өйткені біз 2-ге тең алфавит көлемімен екілік кодты қарастырдық және (154) теңсіздіктің орындалуы (145) шартты

орындауға эквивалентті, бұл тура теореманы дәлелдейді. *Алынған нәтиже энтропияның мынадай түсіндірмесін береді: көз энтропиясы, хабар кодердің шығуы бойынша өте дәл қалпына келтірілуі мүмкін жағдай кезіндегі осы көз үшін ең жақсы кодерге шығардағы хабардың екілік символдарының ең аз саны.*

Тура теоремалар дәлелдемелерінің қарастырылған екі нұсқасы бірқалыпты және бірқалыпты емес кодтауды пайдалануға негізделген тиімді кодтарды құрудың екі мүмкін тәсілдемесін суретпен көрсетеді. Бірқалыпты емес кодтау кезінде бүкіл хабарларды бірмәнді декодтау қамтамасыз етіледі.

Дәлелдеменің екінші тәсілін біз Шеннонның берген түсіндіруі бойынша қарастырдық, атап айтқанда екілік тиімді кодты құру арқылы (145) тікелей нәтижеге әкелетін M -ді еркін негіздеумен бірқалыпты емес статистикалық кодты құруға негізделетін неғұрлым жалпы тәсілдеме қолданылуы мүмкін. Дәлелдеменің осындай нұсқасы Колесник-Бондарев кітабында берілген.

Шеннон ұсынған тиімді кодтау әдісі іс жүзінде, ол бойынша, ықтималдықтары өспейтін тәртіпте жазылған ұзындығы K хабарлар, әрбір бөліктегі хабарлардың жиын ықтималдықтары мүмкіндікке қарай тең болатындай екі бөлікке бөлінетін, басқа бір америкалық ғалым Фано ұсынған әдіспен сәйкес келеді. Бірінші бөліктегі хабарларға бірінші символ ретінде 0, екінші бөліктегі хабарларға – 1 қосылып жазылады. Содан кейін осы бөліктердің әрбірі тағы да (егер ол бір хабардан артық болса), шамамен екі тең бөлікке бөлінеді және екінші символ ретінде олардың біріншісі үшін 0, ал екіншісі үшін 1 алынады. Бұл үдеріс алынған бөліктердің әрбірі бір-бір хабардан қалғанға дейін қайталана береді. Тиімді кодтаудың өзге де әдістері қолданылады. Шеннон-Фано әдісі бойынша кодтау өзге әдістер сияқты K элементтік хабарлардың тізбектілігіне ғана емес, сонымен бірге тікелей, тең ықтималды емес қарапайым хабарлардың көздеріне де қолданылуы мүмкін. Бұл ретте тиімділіктен ұту азаяды. (154) теңсіздіктер жүйесінің сол жақ бөлігі теңдікке айналған сол жағдайда

$$\eta_{min} = H(U) \quad (155)$$

ие боламыз. η_{min} -ге ие код көз хабарын екілік оңтайлы кодпен кодтауға болатындығы оңтайлы деп аталады және хабар көзінің бүкіл ықтималдығы 2 санының бүтін теріс дәрежесіне тең санды көрсетуіне жеткілікті болады, яғни $P_i = 2^{-a_i}$, мұндағы a_i – бүтін. Шы-

нында да (151) теңсіздіктен көрініп тұрғандай, мұндай жағдайда P_s ықтималдығы m^s кодтық сөз ұзындығын анықтаудың біз таңдап алған тәсілі кезінде $P_c = 2^{-m_s}$ сияқты анықталады. Бұл ретте (152)-ға сәйкес бір хабарға келетін кодтар символдарының орташа саны

$$\eta_c = \sum_{s=1}^L m_s \cdot 2^{-m_s} \text{ -ге тең.}$$

Өз кезегінде H_a хабарлары көзінің энтропиясы $H_a = \sum_{s=1}^L P_s \cdot \log \frac{1}{P_c} = \sum_{s=1}^L 2^{-m_s} \cdot \log_2 2^{m_s} = \sum_{s=1}^L m_s \cdot 2^{-m_s}$ -ке тең болады. Осылайша, $h_c = h_{cmin} = H_a$ алдық, одан соңғы теңсіздіктің екі бөліктерін K -ға бөлгеннен кейін (155) өрнекке келуге болады. Осылай ойлай отырып, көз хабарларын M еркін негіздеумен бірқалыпты емес кодпен кодтау жағдайында оңтайлы код бүкіл хабарлар ықтималдықтарының M санының бүтін теріс дәрежелеріне тең шарттары кезінде алынуы мүмкін екенін көрсетуге болады, яғни $P_i = M^{-a_i}$ кезінде, мұндағы a_i - бүтін сан және бұл ретте $\eta_{cmin} = \frac{H(U)}{\log M}$. Егер кодталған көздің ықтималдықтарын бөлу, атап көрсетілген қасиетке ие болмаса, онда тиімді код оған сәйкес келетін $h > h_{min}$ -ге оңтайлы болмайды. Оңтайлыға қалыпты емес статистикалық кодтың жақындық дәрежесін сипаттайтын

$$\psi = \eta_{min} / \eta \quad (156)$$

шама, *кодтың тиімділігі* деп аталады. Осылайша, теоремалар шарттарындағы төменгі шекке, хабарлар көзінің ықтималдықтарын белгілі бір бөлу кезінде ғана жетуі мүмкін. Бірақ оған жақындау кодталатын хабарлардың тізбектілігінің ұзындығын K ұлғайту кезінде оған қанша да болсын жақындауы мүмкін. Бұл ретте ақпараттарды беру жүйелері тиімділігінің өсуі хабарларды кешіктірудің көбеюімен қоса жүреді.

Сонымен, қарастырылған теоремалардан, дискреттік хабарлардың кез келген көзі үшін (яғни, ықтималдықтарды кез келген көпөлшемді бөлумен сипатталатын) мінсіз арна бойынша ақпараттарды беру жылдамдығы, ақпараттарды жоғалтпаған кезде арнаның өткізу қабілетіне барынша жақын болып жасалу мүмкіндігі туындайды. Бұл ретте, K хабарларының ұзындығы неғұрлым үлкен болса, соғұрлым көбірек жақындайды және бұл кешіктіруді ақпараттарды беру жылдамдығына ауыстыру мүмкіндігін нұсқап көрсетеді.

Дискреттік көзді шуылды дискреттік арнамен келісу есебі.
 Енді, беру үдерісінде, дабылдың шуылмен бұрмаланатын кезіндегі, яғни кейбір кездейсоқ оқиға болған кездегі жағдайды қарастырамыз. Белгілеулерге сәйкес (56-сурет), Z – дискреттік арнаға кіретін дабылдар ансамблі, ал Z^* - оның шығардағы дабылдар ансамблі деп жорамалдайық. Арнада шуылдың болуы, Z^* дабылы бойынша Z дабылын бірімәнді анықтауға болмайтынына әкеп соғады. Ақпараттар теориясы тұрғысынан бұл эффект ақпараттарды жоғалтудың болуымен немесе $H(Z/Z^*) > 0$ арнаның сенімді еместігімен сипатталады және $I(Z, Z^*) = H(Z) - H(Z/Z^*)$ арақатынаспен сипатталады, мұндағы $I(Z, Z^*)$ – арна бойынша берілген ақпарат, $H(Z)$ – энтропия және арнаға кірердегі дабылдар ансамблінің өзіндік ақпараты. Уақыт бірлігіне жатқызылған ақпараттық сипаттамаларға көше отырып, соңғы өрнекті

$$I(Z, Z^*) = H(Z) - H(Z/Z^*) \quad (157)$$

түрінде жазуға болады, мұндағы $I(Z, Z^*)$ – арна бойынша ақпараттарды беру жылдамдығы, $H(Z)$ – арнаға кірердегі ансамбльдің өнімділігі, $H(Z/Z^*)$ – уақыт бірлігіндегі ақпараттарды жоғалту. Бұл ретте C арнаның өткізу қабілеті шуылсыз арна жағдайымен салыстырғанда азайса да, жалпы жағдайда, түпкі мәнді қабылдайды (бұл жерде назарға алынбайтын, арнаның үзілу төтенше жағдайын қоспағанда).

Хабарды арна бойынша беру қажет болатын, өнімділігі $H'(U) < C$ кейбір дискретті көз бар деп жорамалдайық. Осы есептерді шешу үшін бұрынғысынша 56-суретте бейнеленген беру жүйесін пайдаланамыз. Кодермен және декодермен орындалатын атқарымдар мұндай жағдайда алдағы талқылаудан анық болады.

Өйткені

$$H'(U) < C, I'(Z, Z^*) = H'(U) \quad (158)$$

жылдамдықпен арна бойынша $I(Z, Z^*)$ ақпаратты беру мүмкін болады, өйткені анықтау бойынша C – арна бойынша ақпараттарды берудің мүмкін жылдамдығы. Теңсіздіктердің (157-158) оң жақ бөліктерін теңестіріп, $H'(Z) - H'(Z/Z^*) = H'(U)$ арақатынасқа келеміз. Одан $H'(Z) = H'(U) + H'(Z/Z^*) > H'(U)$ екендігі шығады. Соңғы

теңсіздік, арнаға кірердегі Z ансамбльдердің (оны код деп атаймыз) өнімділігі U хабарлар көзі өнімділігінен жоғары болуы тиіс екенін білдіреді, демек Z , U туралы ақпараттардан өзге, қосымша өзіндік ақпараттан тұруы тиіс. Бұл ретте, егер, қосымша ақпаратты, арнаның сенімді еместік салдарынан Z дабылының арна бойынша, шуылмен өтуі кезінде, U хабарлары туралы пайдалы ақпарат емес, атап айтқанда ол жоғалатындай түрде өткізуге қол жеткізілсе, онда U хабарларын $H'(U) < C$ түпкі жылдамдықпен арна бойынша шуылмен қатесіз беруді қамтамасыз ету мүмкін жағдайға айналған болар еді. Бірақ осындай кодер құру негізінде, осы айтылғандар мүмкін бе деген мәселе бос сөзділік болып саналмайды. Дискреттік хабарларды кодтау кезінде артықшылықты енгізу есебінен шуылдың әсерімен кедергі келтірушілікпен күрес идеясы мына түрде түсіндіріледі: $U_1 = 0$ және $U_2 = 1$ екілік көзді хабарлауды, тиісінше n бірліктерден немесе n нөлдерден тұратын, $P < 0,5$ екі кодтық комбинациялары бар ықтималдылық қателермен симметриялы екілік арна бойынша беру жорамалданды. $b_1 = \underbrace{0 \dots 0}_n$; $b_2 = \underbrace{1 \dots 1}_n$. Егер қабылдау орнына комбинациялардағы қабылданған белгілердің көпшілігі бойынша 1 немесе 0-ді тіркейтін болсақ, яғни мажоритарлық декодтауды қабылдайтын болсақ, онда егер кодтық комбинацияларда $n/2$ немесе одан да көп символдарды қабылдау дұрыс болмаса, қате кететіні анық болып саналады. Кодтық комбинацияларға m қателер санының ауытқу ықтималдығының үлкен сандарының заңы бойынша олардың $n \times p$ (1.11-есепті қараңыз) математикалық үмітінен n ұзындықтары $n \rightarrow \infty$ кезінде 0-ге ұмтылатын болады, яғни

$$\lim P(|m - n \cdot p| > \varepsilon) = 0 \quad \varepsilon \rightarrow 0.$$

Өйткені $n \times p < 0,5n$ $n \rightarrow \infty$ кезінде кіру қатесіз қабылдауды қамтамасыз етеді. Бірақ бір символды беруді шексіз ұзақ жүзеге асыру қажет болады, яғни арна бойынша ақпараттарды беру жылдамдығы 0-ге ұмтылатын болады. Осылайша бұрын келтірілген пайымдаулар негізінде, шуылы бар арнада ақпараттарды қатесіз беру, жіберудің нөлдік жылдамдығы кезінде ғана мүмкін деп жорамалданады. Сондықтан жоғарыда тұжырымдалған мәселені оң шешу дискреттік ақпараттарды беру жүйелерінің әлеуетті мүмкіндіктері туралы түсінікті түбегейлі өзгертуге мүмкіндік береді және байланыстар теориясы мен тәжірибесін дамытуда принципті маңызға ие болады. Шуылы бар дискреттік арна үшін, оған берілетін жауапты Шеннон теоремасынан табуға болады.

Шуылды дискреттік арна үшін Шеннон теоремасы. Аталған ақпараттар теориясының іргелі ережесі болып саналады және сондай-ақ Шеннонның негізгі кодтау теоремасы деп аталады. Ол мына түрде тұжырымдалуы мүмкін: егер $H'(U)$ хабарлар көзінің өнімділігі C арнаның өткізу қабілетінен төмен, яғни $H'(U) < C$ болса, онда қате жіберудің қадай да бір аз ықтималдығымен (немесе қанша да болсын сенімді еместікпен) көз хабарларын берудің мүмкіндігін қамтамасыз ететін кодтаудың осындай жүйесі қолданылады.

Егер $H'(U) > C$ болса, онда хабарды, уақыт бірлігіндегі сенімділік $H'(U) - C + \epsilon$ -ге қарағанда аз болатындай түрде кодтауға болады, мұндағы $\epsilon \rightarrow 0$ (тура теорема).

$H'(U) - C$ -ке (тура теорема) қарағанда аз уақыт бірлігіндегі сенімсіздікті қамтамасыз ететін кодтау тәсілі жоқ. Бұл теореманы осындай тұжырымда Шеннонның өзі берген болатын. Әдебиеттерде көбінесе тура теореманың екінші бөлігі және кері теорема мына түрде тұжырымдалған кері теорема түрінде біріктіріледі: егер $H'(U) > C$ болса, онда кодтаудың осындай тәсілі болмайды. Тура теореманың бірінші бөлігін дәлелдеу үшін, жоғары ықтимал немесе типтік және ықтималдығы аздау немесе типтік емес ішкі жиынға түсетін көздің қарапайым дискреттік хабарларының ұзын тізбектерінің жиынын қарастыру нәтижелерін пайдаланамыз. Z дискреттік арнаның кіру дабылдарының кейбір ансамблі кезінде

$$C = I'(Z, Z^*) = H(Z) - H'(Z/Z^*) \quad (159)$$

арнаның өткізу қабілеті қамтамасыз етіледі.

(147) теңдікке сәйкес, арнаның кіретін дабылдарының типтік тізбектіліктерінің саны аса үлкен ұзақтығымен T (K символдарының үлкен сандарынан тұратын)

$$K_1(Z) = 2^{K \times H(Z)} \quad (160)$$

тең болады.

Өйткені $H'(Z) = u_k \times H(Z)$, мұндағы u_k - $T = K/u_k$ уақыт бірлігінде берілген Z код символдарының саны, онда $K \cdot H'(Z) = v_k \cdot H(Z) \cdot \frac{K}{v_k} = H'(Z) \cdot T$, сондықтан (160) теңдікті

$$K_1(Z) = 2^{T \cdot H'(Z)} \quad (161)$$

түрінде жазуға болады.

Өнімділігі $H'(U) < C = H'(Z) - H'(Z/Z^*)$ -ден аздау U дискреттік көзбен берілетін хабар беруге жатады, одан

$$H'(U) + H'(Z/Z^*) < H'(Z) \quad (162)$$

екендігі шығады. Өйткені $H'(Z/Z^*) > 0$ (162)-дан

$$H'(U) < H'(Z) \quad (163)$$

екендігі шығады.

Бұл ретте, T ұзындығы аса үлкен көздің типтік тізбектіліктерінің санын (161)-ге ұқсас

$$K_1(U) = 2^{T \cdot H'(U)} \quad (164)$$

сияқты анықтауға болады. (163) шарты салдарынан арнаның типтік тізбектіліктерінің саны, тізбектіліктерінің типтік санынан анағұрлым асып түседі:

$$K_1(Z) = 2^{T \cdot H'(Z)} \gg 2^{T \cdot H'(U)} \quad (165)$$

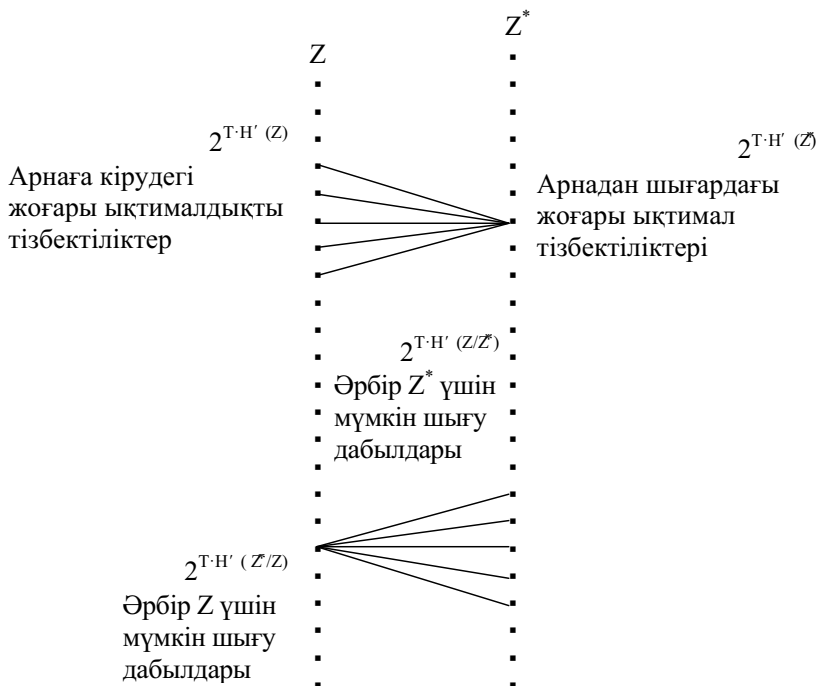
Көздің типтік тізбектілігін кодтауды жүзеге асыруға болады. Кодтау үдерісінде көздің әрбір типтік тізбектілігін арналық дабылдардың типтік тізбектілігінің біріне сәйкестікке қоямыз. T ұзындықтағы (егер көз қалай болса да олардың біреуін берсе) хабарлардың типтік емес тізбектіліктері, осындай тізбектіліктің әрбірі қате қабылданатынына келісе отырып, берілмейтін болады. Атап көрсетілген кодтауды барлық мүмкін тәсілдермен орындаймыз және кодтаудың мүмкін жүйелерінің бүкіл осы үлкен класы бойынша (165) салдарынан қателер ықтималдығын орташаландырамыз. Бұл хабарлар көзінің типтік тізбектіліктері мен арналық дабылдарды кездейсоқ байланыстыру кезінде қателер ықтималдықтарын есептеумен бірдей болады. M мүмкін кодтарының саны $K_1(U)$ $M = A_{K_1(Z)}^{K_1(U)}$ бойынша $K_1(Z)$ -дан элементтер санын орналастыру санына тең болады. Қателердің орташа ықтималдығын бағалау үшін мыналарды арнаның типтік тізбектіліктерінің әрбірі, кедергілер әсерінің салдарынан, шығудың типтік тізбектіліктерінің $K_1(Z^*/Z) = 2^{T \cdot H(Z^*/Z)}$ санынан түрлендірілуі мүмкін (шығудың аз ықтималды типтік емес тізбектіліктерінің пайда болуын елемейміз). Өз кезегінде $H(Z/Z^*)$ арнасының сенімді еместігінен әрбір типтік шығатын тізбектілік,

$$K_1(Z/Z^*) = 2^{T \cdot H(Z/Z^*)} \quad (166)$$

типтік кіру арналық тізбектіліктерінің бірімен шарттасылған болуы мүмкін. Аталған жағдай 57-суретте кескінделген.

Арнаның $K_1(Z/Z^*)$ типтік шығу тізбектіліктерімен пайда болуы мүмкін Z^* кейбір кіру тізбектіліктері байқалады деп жорамалдаймыз. Егер арнаның кіру тізбектілігінің осы жиынтығының арасында, хабарлардың кодталған көзі кезінде пайдаланылған сандардың бірі ғана болса, онда оның берілгендігі анық болады және демек, хабарлардың оған сәйкес келетін тізбектілігі дұрыс қабылдануы

мүмкін. Дабылдар тізбектіліктері $K_j(Z/Z^*)$ санының арасында кодтау кезінде екі немесе одан көп пайдаланылғандары болған кезде ғана берілетін хабарлардың типтік тізбектіліктерін қате қабылдау болмауы мүмкін. $\bar{P}_{дұрыс}$ типтік тізбектілікті дұрыс қабылдаудың орташа ықтималдығы кіру тізбектіліктерінің $K_j(Z/Z^*)$ санының арасында, кодтау кезінде $K_j(Z/Z^*)-1$ арнаның пайдаланылмағаны, біреуі ғана пайдаланылғаны туралы ықтималдыққа тең.



57-сурет. Арнаның типтік тізбектіліктерінің түрлендірілуі

Арналық дабылдардың қандай да бір типтік тізбектілігінің кодтау кезінде пайдаланылғаны туралы ықтималдық күші бойынша таңдау ықтималдығына тең екені,

$$P = \frac{K_j(U)}{K_j(Z)} \ll 1 \quad (167)$$

ал оның пайдаланылмағандығы туралы ықтималдық $1 - P = 1 - \frac{K_j(U)}{K_j(Z)}$ сияқты анықталады, өйткені кодтау кезінде арналық

дабылдардың бірі таңдалғандығы туралы ықтималдық бірлікке тең болады. Демек кодтау кезінде $K_1(Z/Z^*)-1$ тізбектіліктерінің пайдаланылмағандығы туралы орташа ықтималдық $\bar{P}_{\text{дұрыс}} = (1 - \frac{K_1(U)}{K_1(Z)})^{K_1(Z/Z^*)-1} \cdot K_1(Z/Z^*) \gg 1$ деп жорамалдап (үлкен T кезінде дұрыс болады),

$$\bar{P}_{\text{дұрыс}} \approx (1 - \frac{K_1(U)}{K_1(Z)})^{K_1(Z/Z^*)} \quad (168)$$

деп жазуға болады. (168)-ті Ньютон биномына жіктеп және (167) шартты ескеру арқылы, жіктеудің бірінші мүшелерімен шектеліп,

$$\bar{P}_{\text{дұрыс}} \approx 1 - \frac{K_1(U)}{K_1(Z)} \cdot K_1(Z/Z^*) \quad (169)$$

деп жазуға болады. Жеткілікті үлкен T кезіндегі типтік тізбектіліктерді қате қабылдаудың орташа ықтималдығы $\bar{P}_{\text{қате}} = 1 - \bar{P}_{\text{дұрыс}} \approx \frac{K_1(U)}{K_1(Z)} \cdot K_1(Z/Z^*)$ немесе (164, 160, 166, 159-ны ескергендегі

$$\bar{P}_{\text{қате}} \gg 2^{-T[H(Z) - H(Z/Z^*) - H(U)]} = 2^{-T[C - H(U)]} \quad (170)$$

Жиын d ықтималдықпен типтік емес тізбектіліктердің пайда болу мүмкіндіктерін ескергендегі қателердің қорытқы орташа ықтималдығы

$$\bar{P} = d + (1-d) \cdot \bar{P}_{\text{қате}} \quad (171)$$

Өйткені (158) теореманың шарты бойынша $C - H'(U) > 0$, сондықтан (170 және 171)-ден көзделетіндей T -ның өсуімен $\bar{P} \rightarrow 0$ екендігі шығады, өйткені бұл ретте $\bar{P}_{\text{қате}}$ (170-ні қараңыз), сол сияқты және d нөлге ұмтылады. Демек, кез келген берілген $e > 0$ кезінде аса үлкен T -ны таңдауға болады, яғни $\bar{P} < e$ -ге ие боламыз, бірақ егер сандардың орташа кейбір жиыны e -ден үлкен емес болса, онда бұл жиында, ең аз дегенде e -ден аз бір сан болуы тиіс. Сондықтан \bar{P} орташа мәнді қамтамасыз ететін бүкіл мүмкін M кодтаудың арасында, қате жіберу ықтималдығы \bar{P} -дан артып кетпейтін, ең болмағанда біреуі болады. Осылайша, Шеннон теоремасының бірінші бөлігі дәлелденді.

Тура теореманың екінші бөлігін, бір секундта C бит хабарлар көзінен жасалатын ақпараттардың қалдығын мүлде елеместен жай түрде беруге болатындығынан шығара отырып дәлелдеуге болады. Қабылдағыштағы бұл ескерілмейтін бөлік $H'(U)-C$ уақыт секундында сенімсіздік туғызады, ал берілетін бөлік жоғарыда дәлелденгенге сәйкес e -ні қосады.

Кері теореманы дәлелдеуді қарсы әдіспен жүргіземіз. Алдымен оның ұсынылған тұжырымдамасын қарастырамыз. Хабарлар көзінің өнімділігі $H'(U)=C+a$ -ға тең, мұндағы $a > 0$. теорема шарты бойынша бұл жағдайда ең аз жетуге болатын сенімді еместік мәні $H'_{\min}(U/U^*)=H'(U)-C=C+a-C=a$. Біз $H'(U/U^*)=a-\varepsilon < H'_{\min}(U/U^*)$ мәнін қамтамасыз ететін кодтау тәсілі қолданылады деп санаймыз, мұндағы $\varepsilon > 0$. Бірақ бұл ретте $I'(U/U^*)=H'(U)-H'(U/U^*)=C+a-a+\varepsilon=C+\varepsilon > C$ ақпараттарды берудің жүзеге асырылған жылдамдығы, бұл арна бойынша өткізу қабілетін ақпараттарды берудің ең үлкен жылдамдығы ретінде анықтауға қарама-қайшы келеді.

Кері теореманың екінші теоремасын қарастырамыз. Хабарлар көзі $H'(U)=C+e > C$ өнімділікке ие деп жорамалдаймыз, мұндағы $\varepsilon > 0$. Және кодтаудың белгілі бір тәсілінің көмегімен $H'(U/U^*)=e/2$ -ге тең сенімсіздік пайда болады.

Бұл тағы да мүмкін болмайтын өткізу қабілетінен артып кететін $I'(U/U^*)=H'(U)-H'(U/U^*)=C+e-\frac{\varepsilon}{2}=C+\frac{\varepsilon}{2}$ ақпараттарды беру жылдамдығын жүзеге асыруға эквивалентті. Осы қарама-қайшылық теореманы дәлелдейді.

Тура теореманы дәлелдеуден туындайтын кодталатын хабарлардың ұзақтығын ұлғайту кезінде ықтималдықтарды арттыру эффектісінің физикалық мағынасы мынада болып табылады: T -ның өсуімен арнадағы шуылды орташаландыру дәрежесі артады, демек оған кедергі келтіретін әсер дәрежесі азайтылады. Шеннон теоремасын дәлелдеу кезіндегі жорамалданатын тәсілмен ұзақтығы T хабарларды кодтау хабар тұтастай кодталатын құрылғыға келіп түскен кезде ғана басталуы мүмкін. Декодтау бүкіл қабылданған тізбектілік декодталатын құрылғыға келіп түскен кезде ғана басталуы мүмкін. Сондықтан байланыс пункттері арасындағы уақыт ішіндегі хабарларды кешіктіру $t_{\text{бер}}=2T+t_0$, мұндағы t_0 – кодтауға жұмсалатын уақыт. Декодтау және арна бойынша өту. Үлкен T кезінде $t_{\text{бер}}=2T$ деп қабылдауға болады. (170) өрнектен маңызды нәтиже шығады:

байланыс сенімділігі неғұрлым жоғары болса (қателер ықтималдығы аздау болса), ұзынырақ болады (яғни, арнаның өткізу қабілетінің запасын анықтайтын $C-H\phi(U)$ айырымы неғұрлым үлкен болса). Сонымен, ақпараттарды берудің ықтималдығы, кешіктірілуі және жылдамдығы арасында алмасудың принципті мүмкіндігі пайда болады. Тәжірибеде кодтау және кодтаудың күрделілігі T -ның өсуімен түбегейлі өседі, сондықтан қазіргі жағдайларда көбінесе T -ның орташа мәніне ие болуға және арнаның өткізу ықтималдылығын арттыруға артықшылық беріледі.

Арнада шуылдың болуымен шарттасылған қателерді соның көмегімен жоюға болатын кодтауды кедергіге төзімді деп атайды. Қателерді түзетуге және анықтауға қабілетті кодтар да кедергіге төзімді код деп аталады. Өкінішке қарай, Шеннонның негізгі кодтау теоремасы сындарлы емес, ол, дабылдың арнамен нақты келісуін қамтамасыз ететін нақты оңтайлы кедергіге төзімді кодты құру тәсілін нұсқап көрсетпейді. Сонымен қатар, мінсіз жіберуді қамтамасыз ететін кедергіге төзімді кодтар құрудың принципті мүмкіндігі негізделген. Шеннон теоремасы нақты кодтар әзірлеуге ғалымдардың күшін жұмылдырды. Нәтижесінде қазіргі уақытта кедергіге төзімді кодтау теориясы оны дамыту нәтижесінде үлкен табыстарға жеткен дербес ғылымға айналды. Кедергіге төзімді кодтар құрудың негізі болып қаланған негізгі қағидаттарды қарастырамыз. Шеннонның негізгі теоремасының дәлелдемелерінен келіп шығатындай, артықшылықтың болуы кедергіге төзімді кодтардың қолдануға келмейтін қасиеті болып саналады. Бұл ретте жай түрде кез келген артықшылық қана емес, арнаның қасиетімен және кодты құру ережесімен анықталатын, өзіндік ерекшелікті артықтық қажет. Және ең аз шығындармен беру ықтималдығын арттыруға мүмкіндік береді. Хабарлар көзі, өзіндік түбегейлі артықтыққа ие болатын жағдайларда, негізінен ол да белгілі бір дәрежеде ақпараттар берудің сенімділігін арттырады (бірақ оның мүмкін болатындығындай сондай тиімділікте емес).

Хабарлар мынадай түрде түседі: алдымен ең аз мөлшерге дейін тиімді кодтау көмегімен хабарлар көзінің артықтығын азайтады, содан кейін кедергіге төзімді кодтау үдерісінде берілетін дабылға, қарапайым құралдармен сенімділікті арттыруға мүмкіндік беретін артықшылықты енгізеді.

Осылайша, тиімді кодтау кедергіге төзімділікпен үйлесуі мүмкін.

Кедергіге төзімді кодтарды екі үлкен класты блоктыққа және үзіліссізге бөлуге болады. Блоктық кодтар жағдайындағы кодтау кезінде, әрбір дискреттік хабарға кодтық комбинациялар деп аталатын кодтық символдардың жекелеген блогы сәйкестікке келтіріледі. Үзіліссіз кодтар кодтық комбинацияларға бөлінбейтін символдардың тізбектілігін құрады. Кедергіге төзімді блоктық кодтарды құру қағидатын қарастырамыз. Бірқалыпты блоктық кодтың түзетуші қасиетін шарттастыратын артықтықтық әдетте

$$m^n > M \quad (172)$$

теңсіздікті орындау есебінен енгізіледі, мұндағы m - кодтың негізі, яғни пайдаланылатын кодтық символдар алфавитінің көлемі, n - кодтық комбинациялар разрядтарының ұзындығы немесе саны, M - кодтауға жататын хабарлар саны. Осы теңсіздікті орындау хабар таңбаларын беру үшін, мүмкін кодтық комбинациялардың M бөлігін ғана пайдаланатынын білдіреді. Пайдаланылатын кодтық комбинациялар рұқсат етілген деп аталады.

Пайдаланылмайтын $m^n - M$ комбинациялар тыйым салынған болып саналады. Арнаға кіруге рұқсат етілген комбинациялар ғана беріледі. Егер кедергілердің салдарынан бір немесе бірнеше символдар қате қабылданған болса, онда арнадан шығарда тыйым салынған комбинация пайда болады және бұл қатенің болуын растайды. (172)-нің орындалуын қамтамасыз ету үшін $n > K$ -ны таңдау қажет, мұндағы,

$$K - m^K \geq M \quad (173)$$

теңсіздікті қанағаттандыратын ең аз бүтін. K саны әдетте кодтық комбинациялардың ақпараттық разрядтарының саны деп аталады, өйткені әртүрлі кодтық комбинациялардың саны, беруге жататын M хабарлардың санынан аз болмауы үшін m негіздемемен код комбинациялары сонша разрядтардан тұруы тиіс. Пайдалы ақпараттар беру үшін қажет кодтық комбинациялардың $R = n - K$ разрядтары тексерілетін деп аталады.

Олардың саны кедергіге төзімді кодтың артықтығын анықтайды. Кедергіге төзімді кодты пайдалану кезінде қателерді анықтаумен және түзетумен декодтауға болады. Бірінші жағдайда қабылданған комбинацияны талдау негізінде, оның рұқсат етілгені немесе тыйым салынғандығы анықталады. Осыдан кейін тыйым салынған комбинация, я лақтырылып тасталады, я сұратуға берілген

ақпаратты қайталауға жіберу жолымен нақтыланады. Екінші жағдайда тыйым салынған комбинацияларды белгілі бір тәсілмен қабылдау кезінде ондағы қателіктер анықталады және түзетіледі. Аталған кодтың көмегімен анықталуы (q) немесе түзетілуі мүмкін q және S кодтық комбинациялардағы қателердің ең көп саны, тиісінше кодты анықтайтын немесе түзететін қабілеті деп аталады. Мәндердегі q және S жақын рұқсат етілген комбинациялар арасындағы шамасы d_{min} ең аз кодтық қашықтықпен анықталады. Кодтық комбинациялардағы бірдей емес разрядтардың саны кодтық қашықтық болып түсіндіріледі. Кедергіге төзімді кодтағы d_{min} шама n және K арақатынасына, яғни кодтың тексерілетін разрядтарының r санына тәуелді болады. S түзететін қабілетпен берілген ұзындығы n блоктық кедергіге төзімді кодтың r_{min} тексерілетін разрядтарының санымен көрсетілген қажетті ең аз артықтықты бағалауға мүмкіндік беретін ақпараттық тәсілдемені қарастырамыз. Негіздемесі m және түзетуші қабілеті S код қолданылады деп алайық. Және қателерді түзететін декодтау пайдаланылады. Осындай кодты пайдалану кезінде хабарды дұрыс қабылдау және дұрыс қабылдамау сияқты екі жағдай болуы мүмкін. P_H ықтималдықпен жүзеге асыру. Дұрыс қабылдамау қателер санын арттырып жібергендіктен, кодтың комбинациялар арасынан келген S мәні рұқсат етілген кодтық комбинациялардың біріне айналуы мүмкін болған жағдайда ғана болады. Өз кезегінде дұрыс қабылдау, я қабылданатын комбинацияларда қателер болмағанда (осындай хабардың P_0 ықтималдығын белгілейміз), я қабылданған комбинацияларда қарастырылған кодпен түзетілген болуы мүмкін қателер болған жағдайда, $N_{дұрыс}$ жүзеге асырылады. Осындай жағдайлардың ықтималдығын P_j $j=1$, $N_{дұрыс}$ арқылы белгілейміз. Қойылған есептерді шешу үшін, нақты қателіктердің бірінің және қателердің бірінің пайда болуы, қателердің болмауы немесе *жаңылысқан* қателердің пайда болуы кіретін оқиғалар жиынтығы сипатталуы мүмкін ақпараттардың ең аз санын анықтаймыз. Кодтың бір тексерілетін символынан тұруы мүмкін ақпараттардың осы шамасы мен ең үлкен санын біле отырып, тексерілетін символдардың ең аз санын анықтауға болады. Ақпараттар саны

$$I_K = \sum_{j=0}^{N_{mk}} P_j \cdot \log P_j - P_H \cdot \log P_H \quad (174)$$

нұсқап көрсетілген оқиғаларды сипаттау үшін қажет болады

(қателер болмаған жағдайда нөлді шекке енгізіп қосындылауды ескереміз). (1.6)-ға сәйкес m негізімен код символынан тұруы мүмкін ақпараттардың ең үлкен саны $\log_2 m$ -ге тең. Демек, код комбинацияларындағы тексерілетін разрядтар саны,

$$r_{\min} = \frac{I_K}{\log_2 m} \quad (175)$$

аз болмауы тиіс. Осылай анықталған r_{\min} шамасын *ақпараттық артықтылық шегі* деп атайды. Тәуелсіз қателер мен екілік арна үшін r_{\min} мәнін табамыз. Осындай арнада оның алдындағы қателердің пайда болуы кейінгі қателердің пайда болуына әкелмейді. Бұл жағдайда ұзындығы n кодтық комбинациялардағы i еселік қатенің $R(i)$ саны C_n^i тіркесімдер санына тең.

$$\eta = \frac{\eta_c}{K} = \frac{1}{K} \cdot \sum_{s=1}^L m_s \cdot P_s \quad (176)$$

Өйткені $P(i)$ ықтималдық қателері тәуелсіз, кодтық комбинацияларда i еселік қателер

$$P(i) = P^i \times (1-P)^{n-i} \quad (177)$$

тең, мұндағы, P - арнадағы қателер ықтималдығы. Аталған жағдайда $N_{np} = S$ өрнекті (174) $I_K = -\sum_{i=0}^S R(i) \cdot P(i) \log P(i) - P_H \cdot \log P_H$ түрінде жазуға болады. Екінші қосылғышты елемеуге болады, өйткені оны сипаттайтын атқарымы қателерді түзету үдерісінде қолданылмайды. Сондықтан (166 және 167)-ті ескеріп, аламыз.

$$I_K = \sum_{i=0}^S C_n^i \cdot P^i (1-P)^{n-i} \cdot \log_2 [P^i \cdot (1-P)^{n-i}] \quad (178)$$

Кез келген еселік нақты қателер туындаған және қателер болмаған кездегі жекелеген жағдай бірдей ықтималдыққа ие, яғни кез келген i кезінде $P^i \times (1-P)^{n-i} = P_i$. P_i шаманы, қандай да бір еселік қатенің пайда болу, енгізу және нөлдік ықтималдық бірлікке тең екендігі туралы фактіні көрсететін,

$$\sum_{i=0}^S C_n^i \cdot P^i = 1 \quad (179)$$

нормалау шартынан анықтаймыз. Осындай түрде табылған r_{\min} мәні, өзге әдістермен, жекелей алғанда Хэммингтің төменгі шегімен

алынған бағалармен сәйкес келеді. Арнадағы, қателердің өзге конфигурациялары үшін, мысалы, жекелеген қателер әртүрлі еселік пакеттерге топтастырылатын кездегі пакеттік қателер үшін артықтықтың ақпараттық шектері осыған ұқсас түрде табылуы мүмкін. Бұл ретте алынған нәтижелер сондай-ақ өзге әдістермен алынған қорытындылармен жақсы келісіледі. Осындай түрде табылған r_{min} мәні, өзге әдістермен, жеке алғанда Хэммингтің төменгі шегімен алынған бағалармен сәйкес келеді. Арнадағы қателіктердің өзге конфигурациялары үшін, мысалы, жалғыз қателіктер әртүрлі еселік пакеттерге топтастырылатын кездегі үшін артықтылықтардың ақпараттық шектері табылуы мүмкін. Бұл ретте алынатын нәтижелер сондай-ақ, өзге әдістермен алынған қорытындылармен келісіледі.

Аналогтық-кодтық түрлендіргіштер (АКТ) екі топқа: аналогтық-цифрлық (АЦТ) және цифрлық-аналогтық (ЦАТ) түрлендіргіштерге бөлінеді. Аналогтық-цифрлық түрлендіргіштердің үлкен саны қолданылады, олардың ең бастысы – параллель компьютерлерде түрлендірілетін, разрядтар бойынша теңестірілген АЦТ (аналогтық-цифрлық түрлендіргіштер) және біріктіруші типтегі АЦТ қолданылады. АЦТ-ның бірінші түрі аса тез әрекет етумен өзгешеленеді, бірақ дәлдігі төмен, екінші түрінің әрекет етуі тез емес, бірақ дәлдігі неғұрлым жоғары, үшінші түр аса жоғары дәлдікпен, кедергіге жақсы төзімділікпен, бірақ тез әрекет етуінің төменділігімен сипатталады.

Аналогтық-кодтық түрлендіргіштер, құрама есептеу машиналарындағы негізгі блоктар болып саналады, мұнда ақпарат аналогтық және цифрлық екі түрде көрсетіледі. Өйткені цифрлық есептеу машиналары бірнеше микросекундтағы уақыт ішінде қарапайым операцияларды орындайды, сондықтан оған арналған аналогтық-кодтық түрлендіргіштер осындай жылдамдықпен жұмыс істеуге тиіс.

Санаудың аналогтық-кодтық түрлендіргіштері тікелей келесі өлшейтін түрлендіргіштермен орындалады.

Тізбектілік саналымды аналогтық-кодтық түрлендіргіштер тура, өрістететін немесе қадағалайтын өлшеу түрлендіргіштері негізінде орындалады.

Қарастырылған аналогтық-кодтық түрлендіргіштің дәлдігі, негізінен, орнын толтыратын кернеу генераторының сызықтылығымен және салыстыру органының сезімталдығымен анықталады. Негізінен, қателік пайыздың бірнеше ондаған үлесін құрайды.

Кодтық эквиваленттерді цифрлық индикациялауға немесе адам тікелей пайдаланатын тіркеуші құрылғыға біреуі тиіс аналогтық-кодтық түрлендіргіштерде ондық кодтағы түсінікті қолданған дұрыс болады.

Микросұлба үзіліссіз типтегі жарықтық-диодтық шкаладағы (12 элементтегі) басқару сұлбасы болып көрінеді.

Микросұлба қиылысатын коммутациялары бар 10 элементтегі сызықтық жарықтық диодты шкалалы (аналогтық-кодтық түрлендіргіш) басқару сұлбасы болып көрінеді. АЖ құрамына қайталағыштары, компараторлар, кернеу стабилизаторы, айқындық реттегіштері, шығу кілттері мен шығу қайталағыштары кіреді.

Кодтауға жататын басқару сұлбаларынан синхрондау импульсінің түсуі кезінде – артық кодтан разрядтық комбинация, мысалы, аналогтық-кодтық түрлендіргіштен n -разрядтық регистрдің ақпараттық разрядтарына қайта жазылады.

Аналогтық шамалардың үзіліссіз тізбектілігін дискреттік мәндердің түпкі санымен ауыстыруға және оларды берілген кодта көрсетуге мүмкіндік беретін құрылғы аналогтық-кодтық түрлендіргіштер атауын алды. Аналогтық шамалардың кодтық эквиваленттері оптикалық, электромеханикалық, электрондық және өзге элементтер күйлерінің комбинацияларымен немесе электр импульстерінің уақыт ішіндегі тізбектіліктерінің комбинацияларымен көрсетілуі мүмкін.

АБ(ИП)-ға кіруге термодардан және тензотүрлендіргіштерден алынатын 0-ден 20-25 мВ-ға дейінгі төмен деңгейде тұрақты ток кернеуі; индуктивті, трансформаторлық және ферродинамикалық түрлендіргіштерден алынатын, шамасы 0-2В айнымалы ток кернеуі, тұрақты ток; жиілік түрлендіргіштерінен шығарда алынатын айнымалы ток кернеуінің жиілігі; аналогтық-кодтық түрлендіргіштермен берілетін цифрлық код; пневматикалық және электрпневматикалық түрлендіргіштерден шығатын орын ауыстыру; айнымалдар саны; мезет, күш; омикалық, индуктивті немесе сыйымдылық кедергісі түсуі мүмкін.

Хабар көзінің статистикалық қасиетін ескеріп, хабардың бір әрпін көрсету үшін қажет, шуыл жоқ кезінде беріліс уақытын немесе есте сақтайтын құрылғының көлемін азайтуға мүмкіндік беретін, екілік символдардың орташа санын азайтуға болады. Осындай тиімді кодтау шуылсыз арналар үшін негізгі Шеннон теоремасына негізделеді.

Шеннон кейбір алфавиттің әріптерінен құрастырылған хабарды,

әріпке екілік символдардың орташа саны осы хабарлар көзінің энтропиясына қанша болмасын жақын болатындай, бірақ осы шамалардан аз болмайтындай егіп кодтауға болатынын дәлелдеді.

Әріптер арасындағы статистикалық өзара байланыстар болмаған кезде тиімді кодтар құрудың сындарлы әдістерін алғаш Шеннон мен Фэнно берген болатын. Олардың әдістемелері түбегейлі өзгешеленбейді, сондықтан қолданылатын код Шеннон-Фэнно коды деген атауға ие болды. Код мына түрде құрылады: хабарлар алфавитінің әріптері ықтималдықтардың азаюы тәртібінде кестеге жазылады. Содан кейін олар топтардың әрбіріндегі ықтималдықтар жиындары мүмкіндіктерге қарай бірдей болатындай егіп екі топқа бөлінеді. Жоғарғы жартылардағы барлық әріптерге бірінші символ ретінде 1, барлық төменгі жартыларына 0 қосылып жазылады. Алынған топтардың әрбірі өз кезегінде бірдей жиын ықтималдықтармен және т.б. екі ішкі топтарға бөліктеледі. Үдеріс, әрбір ішкі топта бір әріптен қалғанға дейін қайталанады.

Сегіз әріптен тұратын алфавитті қарастырамыз. Әрбір әріпті көрсету үшін кәдімгі (статистикалық сипаттамаларды ескермейтін) кодтау кезінде үш символ қажет болатыны анық. Әріптер ықтималдықтары екінің бүтін саналымды теріс дәрежелерін көрсеткен кездегі жағдайда неғұрлым үлкен қысу эффектісі алынады. Әріпке символдардың орташа саны бұл жағдайда энтропияларға дәл тең болады. Энтропияны есептеп, бұған көз жеткіземіз:

$$H(z) = -\sum_{i=1}^8 p(z_i) \cdot \log p\left(\frac{z_i}{64}\right) = 1 \quad (180)$$

және әріпке символдардың орташа саны

$$lcp \sum_{i=1}^8 p(z_i) \cdot n\left(\frac{z_i}{64}\right) = 1 \quad (181)$$

мұндағы, $n(z_i) - z_i$ әріпке сәйкес келетін, l кодтық комбинацияларға символдар саны. Осындай ансамбльдің сипаттамалары мен әріптер кодтары 6-кестеде көрсетілген.

Ансамбльдің сипаттамалары мен әріптер кодтары

Әріптер	Ықтималдықтар	Кодтық комбинациялар	Бөліктеу сатысы
z1	1/2	1	
z2	1/4	01	I
z3	1/8	001	II
z4	1/16	0001	III
z5	1/32	00001	IV
z6	1/64	000001	V
z7	1/128	0000001	VI
z8	1/128	0000000	VII

Неғұрлым жалпы жағдайда сегіз әріптен тұратын алфавит үшін әріпке символдардың орташа саны үштен аз, бірақ $H(z)$ алфавит энтропиясынан үлкен болады. 7-кестеде берілген әріптер ансамблі үшін, энтропия 2,76-ға тең, ал әріпке символдардың орташа саны 2,84.

Демек, символдар тізбектіліктеріндегі кейбір артықшылық сақталады. Шеннон теоремасынан кодтауға аса үлкен блоктармен ауысатын болса, сондай-ақ осы артықты жоюға болатындығы шығады.

Мұндағы және алдағы уақыттағы кодтық комбинациялардағы разрядтар саны тиімді және кедергіге төзімді кодтау саласындағы жалпыға бірдей қабылданған терминологиялардан алшақтықты болдырмау үшін n арқылы белгіленген.

Берілген әріптер ансамблінің энтропиясы және символдардың орташа саны

Әріптер	Ықтималдықтар	Кодтық комбинациялар	Бөліктеу сатысы
z1	0,22	11	II
z2	0,20	101	III
z3	0,16	100	I
z4	0,16	01	IV
z5	0,10	001	V
z6	0,10	0001	VI
z7	0,04	00001	VI
z8	0,02	00000	VII

Тиісінше $p(z_1)=0,9$ және $p(z_2)=0,1$ пайда болу ықтималдықтары мен бар болғаны z_1 және z_2 екі әріптен тұратын алфавиттің көмегімен пайда болған хабарды қарастырамыз. Өйткені ықтималдықтар тең емес, сондықтан осындай әріптердің тізбектілігі артықтыққа ие болады. Бірақ әріптік кодтау кезінде ешқандай да эффекті алынбайды.

Шынында, әрбір әріпті беруге не 1 символы, не 0 қажет болады, бұл уақытта энтропия 0,47-ге тең. Екі әріптен тұратын блоктарды кодтау кезінде, 8-кестедегі кодтарды аламыз.

8-кесте.

Екі әріптен тұратын блоктарды кодтау

Блоктар	Ықтималдықтар	Кодтық комбинациялар	Бөліктеу сатысы
$z_1 z_1$	0,81	1	
$z_1 z_2$	0,09	01	I
$z_2 z_1$	0,09	001	II
$z_2 z_2$	0,01	000	III

Өйткені әріптер статистикалық тұрғыдан байланыспаған, блоктар ықтималдықтары әріптерді құрайтын ықтималдықтардың көбейтіндісі ретінде анықталады. Блокқа символдардың орташа саны 1,29-ға тең болып, ал әріпке 0,645-ке тең болып алынады. Үш әріптен тұратын блоктарды кодтау, одан да үлкен эффект береді. Сәйкес ансамбль мен кодтар 9-кестеде берілген.

9-кесте.

Үш әріптен тұратын блоктарды кодтау

Блоктар	Ықтималдықтар	Кодтық комбинациялар	Бөліктеу сатысы
$z_1 z_1 z_1$	0,729	1	
$z_2 z_1 z_1$	0,081	011	I
$z_1 z_2 z_1$	0,081	100	III
$z_1 z_1 z_2$	0,081	010	II
$z_2 z_2 z_1$	0,009	00011	IV
$z_2 z_1 z_2$	0,009	00010	VI
$z_1 z_2 z_2$	0,009	00001	V
$z_2 z_2 z_2$	0,001	00000	VII

Блокқа символдардың орташа саны 1,59-ға, әріпке – 0,53-ке тең, барлығы энтропиядан 12%-ға үлкен. $H(z)=0,47$ теориялық минимумға әріптердің шексіз саны кіретін блоктарды кодтау кезінде жетуге болады:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} lcp = H(z) \quad (182)$$

Блоктарды ірілендіру кезінде кодтаудың тиімділігін арттыру аса алыс статистикалық байланыстарды ескерумен байланысты емес екенін атап көрсету қажет, өйткені біз, алфавиттерді корреляциялық әріптермен қарастырдық. Тиімділікті арттыру блоктарды ірілендіру кезінде алынатын ықтималдықтар жиынын жиын ықтималдықтар бойынша неғұрлым жақын ішкі топтарға бөлуге болатындығымен ғана анықталады.

ҚОРЫТЫНДЫ

- Тура теоремалар дәлелдемелерінің қарастырылған екі нұсқасы бірқалыпты және бірқалыпты емес кодтауды пайдалануға негізделген тиімді кодтарды құрудың екі мүмкін тәсілдемесін суретпен көрсетеді. Бірқалыпты емес кодтау кезінде бүкіл хабарларды бірмәнді декодтау қамтамасыз етіледі.

- Дискреттік хабарлардың кез келген көзі үшін (яғни, ықтималдықтарды кез келген көпөлшемді бөлумен сипатталатын) мінсіз арна бойынша ақпараттарды беру жылдамдығы ақпараттарды жоғалтпаған кезде арнаның өткізу қабілетіне барынша жақын болып жасалу мүмкіндігі туындайды.

- Арнада шуылдың болуымен шарттасылған қателерді соның көмегімен жоюға болатын кодтауды кедергіге төзімді деп атайды. Қателерді түзетуге және анықтауға қабілетті кодтар да кедергіге төзімді код деп аталады.

- Аналогтық-кодтық түрлендіргіштер, құрама есептеу машиналарындағы негізгі блоктар болып саналады, мұнда ақпарат аналогтық және цифрлық екі түрде көрсетіледі. Өйткені цифрлық есептеу машиналары бірнеше микросекундтағы уақыт ішінде қарапайым операцияларды орындайды, сондықтан оған арналған аналогтық-кодтық түрлендіргіштер осындай жылдамдықпен жұмыс істеуге тиіс.

- Аналогтық шамалардың үзіліссіз тізбектілігін дискреттік

мәндердің түпкі санымен ауыстыруға және оларды берілген кодта көрсетуге мүмкіндік беретін құрылғы, аналогтық-кодтық түрлендіргіштер атауын алды.

СОӨЖ және СӨЖ тапсырмалары

1. Тақырып бойынша бақылау сұрақтарына жауап беру:

1. Арнадағы ақпараттарды беру жылдамдығы қалай анықталады?
2. Дискретік көздердің артықтылығы қандай себептермен шарттасылады?
3. Алынған нәтиже бойынша энтропияның қандай түсіндірмесі алынады?
4. Кедергіге төзімді кодтарды қандай кластарға бөлуге болады?
5. Аналогтық-кодтық түрлендіргіштер қандай топтарға бөлінеді?

2. Тақырып бойынша тест тапсырмаларының сұрақтарына жауап беру:

1. **Қай модель ағаш құрылымын білдіретін, жоғарыдан төмен қарай бағыну тәртібімен орналасқан элементтер жиыны?**
 - A) Желілік
 - B) Иерархиялық
 - C) Дерек
 - D) Сызықтық
 - E) Циклдік
2. **Қандай модель деректер құрылымы мен оларды өңдеу операциясының жиынтығы?**
 - A) Желілік
 - B) Иерархиялық
 - C) Дерек
 - D) Сызықтық
 - E) Циклдік
3. **Қай режимде белгіленген уақыт мерзімі болмайынша және деректер көлемі қандай да бір шектен асып кетпейінше жүйеге деректер жинала береді?**

- A) Диалогтық
- B) Циклдік
- C) Желілік
- D) Пакеттік
- E) Есептеуіш

4. **Қандай режим кезінде жұмыс қолданушы мен жүйе арасында мағлұмат алмасу ретінде жүргізіледі?**

- A) Есептеуіш
- B) Циклдік
- C) Желілік
- D) Пакеттік
- E) Диалогтық

5. **Кейбір құбылыстың, процестің немесе құбылыстың жеке қасиетінің ақпараттық кескінін не деп атайды?**

- A) Атрибут
- B) Субъект
- C) Жүйе
- D) Элемент
- E) Модель

6. **Кез келген құрылымды АҚБ-нің екі деңгейлік құрылымға өту операциясы қалай аталады?**

- A) Композиция
- B) Нормализация
- C) Декомпозиция
- D) Құрылым
- E) Индекстеу

7. **Алдын ала қойылған іріктеу шартын қанағаттандыратын АҚБ мәндерінің көпшесін бөлу операциясы қалай аталады?**

- A) Түрлендіру
- B) Индекстеу
- C) Іріктеу
- D) Пайдаға асыру
- E) Жобалау

8. **Қай база бір немесе бірнеше деректер базасынан тұрады?**

- A) Деректер

- В) Реляциялық
- С) Жүйелік
- Д) Ақпараттық
- Е) Пакеттік

9. **Қай деректер базасы барлық деректер кесте түрінде жасалып қолданушыға түсінікті болатын, ал деректермен орындалатын барлық операциялар осы кестеде орындалатын операцияға тән болатын деректер базасы болып табылады?**

- А) Деректер
- В) Пакеттік
- С) Жүйелік
- Д) Ақпараттық
- Е) Реляциялық

10. **Деректер базасы:**

- А) Сәйкес материалдық жүйе үшін жалған болады
- В) Сәйкес емес материалдық жүйе үшін ақиқат болады
- С) Сәйкес емес материалдық жүйе үшін жалған болады
- Д) Дұрыс жауабы жоқ
- Е) Сәйкес материалдық жүйе үшін ақиқат болып табылады

11. **Атрибут -**

- А) Кейбір құбылыстың не үрдістің жеке қасиеттерінің ақпараттық кескіні
- В) Мәліметтердің материалдық кескіні
- С) Сақталатын құжаттардың кескіні
- Д) Деректер жинағы
- Е) Формулалар жиынтығы

12. **Композиция дегеніміз не?**

- А) Өртүрлі құрылымды АБҚ-ң бірнеше АБҚ-не сақтау операциясы
- В) Бірдей құрылымды АБҚ-ң бірнеше АБҚ-не өзгерту операциясы
- С) Өртүрлі құрылымды АБҚ-ң бір АБҚ-не түрлену операциясы
- Д) Ұқсас АБҚ-ң бірнеше АБҚ-не түрлену операциясы
- Е) Дұрыс жауабы жоқ

13. **Ақпараттық процессор дегеніміз:**

- А) Есептеуге арналған бастапқы және анықтамалық ақпараттар

- В) Нәтежиеге жетпеу үшін ДБ және концептуалды схема операцияларының командасын атқаратын механизм
- С) Нәтежиені алу үшін ДБ және концептуалды схема операцияларының командасын атқаратын механизм
- Д) ДБ мәліметтерді сақтайтын құрылғы
- Е) Дұрыс жауабы жоқ

14. **Деректер базасын басқару жүйесі бұл -**

- А) Бастапқы және анықтамалық ақпараттар
- В) Бағдарламаларды есте сақтау құрылғысы
- С) Мәліметтер жиынтығы
- Д) ДБ енетін деректерді орталықтан сақтау, жинау, өзгерту және беруді қамтамасыз ететін бағдарламалар кешені
- Е) Аталғандардың барлығы жатады

15. **Заттық облыс деп нені айтамыз?**

- А) ЭАЖ-де сақталатын және өңделетін ақпараттарды, материалдық жүйенің элементтерін атайды
- В) ЭАЖ-де сақталмайтын, бірақ өңделетін ақпараттарды, материалдық жүйенің элементтерін атайды
- С) Мәліметтер базасының аймағындағы деректер жиынтығын айтады
- Д) Кез келген облыстағы мәліметтер
- Е) Дұрыс жауабы жоқ

16. **Ақпараттық база неден тұрады?**

- А) Есептеуге арналған бастапқы және анықтамалық ақпараттардан тұрады
- В) Материалдық құндылықтардан тұрады
- С) Бір немесе бірнеше бағдарламалардан тұрады
- Д) Бір мәліметтен тұрады
- Е) Бір немесе бірнеше деректер базасынан тұрады

17. **Транзакция бұл -**

- А) Өзара байланыс
- В) ДБ жиынтығы
- С) Есте сақтау
- Д) Кез келген өзгеріс
- Е) Объектілерді өңдеу

18. **ДБ администраторы қандай қызмет атқарады?**
- A) ДБ мәліметтерді жояды
 - B) ДБ мәліметтерді сақтаушы
 - C) ДБ қолданушыларына қызмет ететін маман не мамандар тобы
 - D) Объектілерді іздестіретін бағдарлама
 - E) Аталғандардың барлығы жатады
19. **Модульдердің түрлерін көрсет:**
- A) Ақпараттық, реляциялық, желілік
 - B) Реляциялық, желілік, қолданушылық
 - C) Мәліметтік, иерархиялық, желілік
 - D) Мәліметтік, желілік, қолданушылық
 - E) Реляциялық, желілік, иерархиялық
20. **Ақпараттың негізгі екі түрі бар, біріншісі - ақпараттың құрама бірлігі, ал екіншісіне не жатады?**
- A) Ақпарат
 - B) Атрибут
 - C) Мәлімет
 - D) Бағдарлама
 - E) ДБ

14-ТАҚЫРЫП. АҚПАРАТТЫ ШЫҒЫНДАП ҚЫСУ ӘДІСТЕРІ

Дәрістің мәнмәтіні

Мақсаты: Ақпаратты қысу әдістерінің жалпы бағыттарын білу

Дәріс жоспары

1. Түрлендірулерді кодтау. JPEG қысу стандарты
2. Фракталды әдіс
3. Рекурсивті (толқынды) алгоритм

Негізгі түсініктер: абсолютті дәл, деректерді жуықтап қалпына келтіру, кванттау, пиксель, квадраттық блоктар, дабыл спектрі, арифметикалық кодтау, Хаффмен алгоритмі, спектрлік компоненттер, фракталды кодтау, wavelet

Тақырыптың мазмұны: Алғашқы деректерді тұтынушыға берудің, абсолютті дәлдігіне деген қажеттіліктің, көбінесе керегі жоқ болады. Біріншіден, деректер көздерінің өзі шектеулі динамикалық диапазонға ие және бұрмалаулар мен қателердің белгілі бір деңгейімен алғашқы хабарды шығарады. Екіншіден, байланыс арналары бойынша деректерді беру мен оларды сақтау әрқашанда әртүрлі кедергілердің болуы кезінде жүргізіледі. Сондықтан (жаңғыртылған) хабар әрқашанда белгілі бір дәрежеде берілген хабардан өзгешеленеді. Ең соңында, ақпараттарды алушылар – адамның сезетін органдары, атқарушы тетіктер және т.б., сондай-ақ соңғы шешуші қабілетке ие, яғни жаңғыртылатын хабардың *абсолютті дәл* және *жуық* мәндері арасындағы шамалы айырмаларды байқамайды.

Бұзумен кодтау осы дәлелдерді *деректерді жуықтап қалпына келтіру* пайдасы үшін ескереді және шамасы бойынша кейбір бақыланатын қателер есебінен қысу коэффициенттерін алуға мүмкіндік береді, бұл кейбір уақытта бұзбайтын әдістер үшін қысу дәрежесінен ондаған есе артып кетеді.

Бұзатын қысу әдістерінің басым көпшілігі, деректердің өзін емес, одан, мысалы, Фурье дискреттік түрлендіруінің коэффициенттерінен,

косинустық түрлендірудің коэффициенттерінен сияқты сызықтық түрлендірулерді кодтауға негізделген.

JPEG – аса қуатты алгоритм. Тәжірибеде ол толық түрлі түсті бейнелер үшін де-факто стандарты болып саналады. Анықтығы мен түсі салыстырмалы түрде бірқалыпты өзгеретін алгоритм 8×8 аймақтарында сүйеніп пайдаланылады. Осының салдарынан, матрицалардың осындай аймағын косинустар бойынша екілік қатарға жіктеу кезінде, алғашқы коэффициенттер ғана маңызды болады. Сонымен JPEG-ке қысу, бейнелердегі түстерді өзгертудің бірқалыптылығы есебінен жүзеге асырылады.

Алгоритм 24-биттік бейнелерді қысу үшін фотографиялар саласындағы сарапшылар тобы арнайы әзірлеген болатын. JPEG - Joint Photographic Expert Group – ISO – стандарттау жөніндегі Халықаралық ұйым шеңберіндегі бөлімше. Тұтастай алғанда алгоритм – коэффициенттердің белгілі бір жаңа матрицаларын алу үшін бейнелеу матрицасына қолданылатын дискреттік косинусойдалды түрлендірулерге ДКТ (Discrete-Cosine Transform – DCT)-ке негізделеді. Алғашқы бейнені алу үшін кері түрлендіру алынады.

DCT бейнелерді кейбір жиіліктер амплитудалары бойынша өзара бөледі. Сонымен, түрлендіру кезінде біз көптеген коэффициенттері нөлге жақын, я тең болатын матрицаны аламыз. Бұдан өзге, адам көзінің жетілмегендігінен коэффициенттерді бейнелеу сапасын айтарлықтай жоғалтусыз неғұрлым өрескелдеу аппроксимациялауға болады.

Бұл үшін коэффициенттерді кванттау (quantization) пайдаланылады. Ең қарапайым жағдайда – бұл арифметикалық бит бойынша оң жаққа ығысу. Мұндай түрлендірулерде ақпараттардың бір бөлігі жоғалады, бірақ үлкен қысу дәрежесіне қол жеткізілуі мүмкін.

256 деңгейлердегі (8 екілік разрядтар) анықтық градацияларының санымен өзінің санаулар (пиксельдер) жиынымен берілген ақ-қара бейнені кодтау кезіндегі JPEG қысу алгоритмінің жұмысын қарастырамыз. Бұл бейнелерді сақтаудың ең көп таралған тәсілі – экрандағы әрбір нүктеге, оның айқындығын анықтайтын, бір байт (8бит – 256 мүмкін мәндер) сәйкес келеді. 255 – ең жоғары айқындық (ақ түс), 0 – ең төменгі айқындық (қара түс). Аралық мән сұр түстердің бүкіл қалған гаммасын құрайды (58-сурет).

JPEG қысу алгоритмінің жұмысы *бейнені* $8 \times 8 = 64$ пиксельдер өлшемімен *квадраттық блоктарға бөліктеу* жолымен басталады.

Қысудың екінші кезеңі – бүкіл блоктарға дискреттік косинустық түрлендіруді – DCT қолдану. Дискреттік косинустық түрлендіру бейнені кеңістіктік көрсетуден (санаулар немесе пиксельдер жиынымен) спектрлік көрсетуге (жиілікті құраушылардың жиынымен) көшуге және керісінше жасауға мүмкіндік береді.

$IMG(x, y)$ бейнелеуден дискреттік косинустық түрлендіру мынадай түрде жазылуы мүмкін:

$$DCT(u, v) = \sqrt{2/N} \sum_{i,j} IMG(x_i, y_j) \cos((2i+1)\pi u/2N) \cos((2j+1)\pi v/2N), \quad (183)$$

мұндағы, $N = 8, 0 < i < 7, 0 < j < 7,$

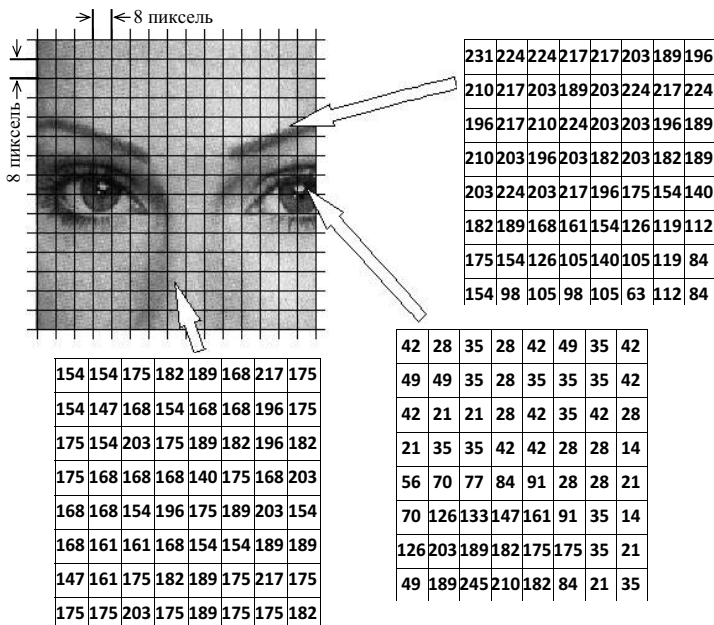
немесе, матрицалық формада

$$RES = DCT^T * IMG * DCT \quad (184)$$

мұндағы, DCT – төмендегідей түрге ие, өлшемі 8 x 8 түрлендіру үшін базистік (косинустық) коэффициенттер матрицасы:

	.35355	.35355	.35355	.35355	.35355	.35355	.35355	.35355	
	3	3	3	3	3	3	3	3	
	.49039	.41581	.27799	.09788	-	-	-	-	
	3	8	2	7	.09710	.27732	.41537	.49024	
					6	9	5	6	
	.46197	.19161	-	-	-	-	.19014	.46136	
	8	8	.19088	.46167	.46228	.19235	5	6	
			2	3	2	3			
	.41481	-	-	-	.27666	.49071	.09944	-	(185)
DC	8	.09710	.49024	.27865	7	0	8	.41448)
T =		6	6	3				6	
	.35369	-	-	.35256	.35481	-	-	.35143	
	4	.35313	.35425	7	9	.35200	.35537	5	
		1	6			1	8		
	.27799	-	.09632	.41670	-	-	.49101	-	
	2	.49024	4	0	.41448	.10022	3	.27467	
		6			6	8		3	
	.19161	-	.46136	-	-	.46318	-	.18719	
	8	.46228	6	.18940	.19382	7	.46044	5	
		2		9	2		0		
	.09788	-	.41670	-	.48977	-	.27400	-	
	7	.27865	0	.49086	1	.41359	8	.09241	
		3		2		3		4	

Сонымен, блокқа дискреттік косинустық түрлендірудің өлшемі 8 x 8 пиксельдері бейнесін қолдану нәтижесінде, сондай-ақ санаулардың 8 x 8 өлшеміне ие екі өлшемді спектр аламыз. Басқаша айтсақ, бейненің санауларын көрсететін 64 саны, оның DCT-спектрінің санауларын көрсететін 64 санға айналады.



58-сурет. Сұр түстер гаммаларының аралық мәндері

Дабыл спектрі – бұл тиісті спектрлік құраушылар, нәтижесінде осы дабылды беретін жиынға кіретін коэффициенттер шамалары. Дабыл соған өзара бөлінетін, жекелеген спектрлік құраушылар, көбінесе базистік атқарымдар деп аталады. ПФ үшін әртүрлі жиіліктердегі синустар мен косинустар базистік атқарымдар деп аталады.

8 x 8 DCT үшін базистік атқарымдар жүйесі мына формуламен беріледі

$$b[x, y] = \cos\left[\frac{(2x + 1)u\pi}{16}\right] \cos\left[\frac{(2y + 1)v\pi}{16}\right] \quad (186)$$

ал базистік атқарымдардың өзі 59-суретте көрсетілген сияқты көрінеді. (0,0) индекстерге сәйкес келетін, аса төмен жиілікті базистік атқарым суреттің сол жақ жоғарғы бұрышында, ал аса жоғары жиілік – төменгі оң жақта бейнеленген. (0,1) үшін базистік атқарым, бір координат бойынша косинусоид периодының жартысын және (1,0) индекстермен өзге базистік атқарым бойынша кон-

стантаны көрсетеді, бірақ 90°-қа бұрылған.

Дискреттік косинустық түрлендіру 8 x 8 пиксельдер бейнесінің блоктарын осы базистік атқарымдардың әрбірімен элемент бойынша қайта көбейту және қосындылау жолымен есептеледі.

Нәтижесінде, мысал үшін, DCT – спектрінің компоненті (0,0) индекстермен, бейне блогының бүкіл элементтерінің жиынын жай түрде көрсететін болады, яғни блок үшін орташа анықтықты көрсетеді. (0,1) индекспен компонентке бейненің бүкіл горизонталь бөлшектері бірдей салмақтармен орташаландырылады, ал вертикаль бойынша ең үлкен салмақ бейненің жоғарғы бөліктерінің элементтеріне беріледі. DCT матрицасында оның компоненті неғұрлым төмен және оң жаққа қарай болса, ол соғұрлым бейненің неғұрлым жоғары жиіліктік бөлшектеріне сәйкес келеді.

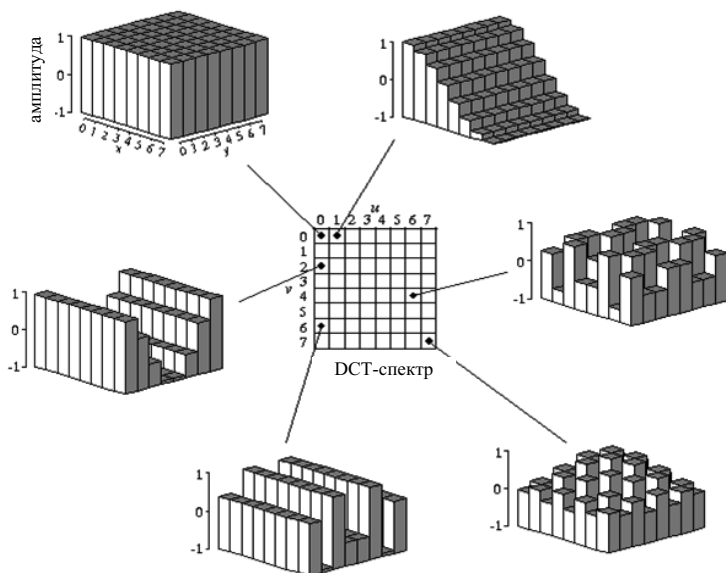
DCT-спектрі бойынша алғашқы бейнені алу үшін (кері түрлендіруді орындау үшін), енді (0,0) индекстері бар базистік атқарымды (0,0) координаталарымен спектрлік компонентке көбейту, көбейтінді нәтижесіне, спектрлік (1,0) базистік атқарымдар көбейтіндісінің нәтижесіне компонентке (1,0) базистік атқарымдарды (1,0) қосу қажет.

Төменде келтірілген 10-кестеден бейне блоктарының және оның DCT-спектрінің бірінің сандық мәндерін көруге болады:

10-кесте. Бейненің және оның DCT-спектрінің сандық мәні

<i>Алғашқы деректер</i>							
139	144	149	153	155	155	155	155
144	151	153	156	159	156	156	156
150	155	160	163	158	156	156	156
159	161	161	160	160	159	159	159
159	160	161	162	162	155	155	155
161	161	161	161	160	157	157	157
161	162	161	163	162	157	157	157
162	162	161	161	163	158	158	15
<i>DCT нәтижесі</i>							
235,6	-1	-12,1	-5,2	2,1	-1,7	-2,7	1,3
-22,6	-17,5	-6,2	-3,2	-2,9	-0,1	0,4	-1,2
-10,9	-9,3	-1,6	1,5	0,2	-0,9	-0,6	-0,1

Алғашқы деректер							
-7,1	-1,9	0,2	1,5	0,9	-0,1	0	0,3
-0,6	-0,8	1,5	1,6	-0,1	-0,7	0,6	1,3
1,8	-0,2	1,6	-0,3	-0,8	1,5	1	-1
-1,3	-0,4	-0,3	-1,5	-0,5	1,7	1,1	-0,8
-2,6	1,6	-3,8	-1,8	1,9	1,2	-0,6	-0,4



59-сурет. 8 x 8 DCT үшін базистік атқарымдар жүйесі

Алынған DCT-спектрдің өте қызықты ерекшелігін атап өтеміз: оның ең үлкен мәні сол жақ жоғарғы бұрышына шоғырландырылған (төменжілікті құраушылар), оның оң жақтағы төменгі бөлігі (жоғары жиілікті құраушылар) салыстырмалы түрде шағын сандармен толтырылған. Бұл сандар, бейне блогындағыдай болады: $8 \times 8 = 64$, яғни әзірге ешқандай қысу болмағандай және егер кері түрлендіруді орындайтын болсақ, бейненің сондай блогын алатын боламыз.

JPEG алгоритм жұмысының келесі кезеңі кванттау (11-кесте) болып саналады.

Егер DCT нәтижесінде алынған коэффициенттерге назар салып

қарайтын болсақ, онда олардың жартысы – нөлдік немесе ең кіші мәнге ие (1–2) болатынын көретін боламыз. Бұл ешқандай нұқсан келтірусіз алып тасталуы мүмкін немесе ең жуық бүтін мәнге дейін дөңгелектенуі мүмкін жоғары жиіліктер.

DCT әрбір коэффициентін кванттау матрицасына сәйкес белгілі бір санға бөлу кванттау болып табылады. Бұл матрица, я тіркелген болуы, я неғұрлым сапалы және тиімді қысу үшін алғашқы суреттерді талдау нәтижесінде алынған болуы мүмкін. Бөлінетін сан неғұрлым үлкен болса, бөлу нәтижесінде нөлдік мән соғұрлым үлкен, қысу күштірек және жоғалтулар елеулі болады.

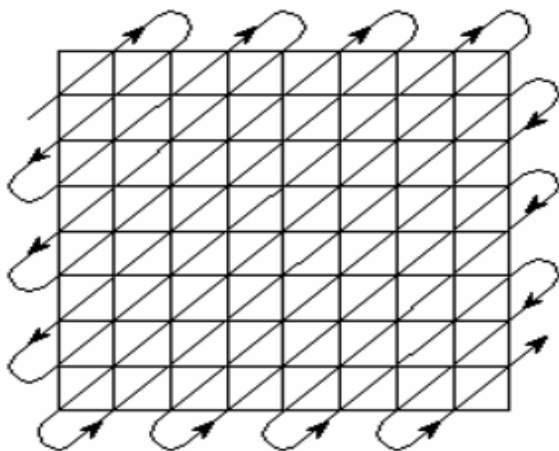
11-кесте.

JPEG алгоритм жұмысы

<i>Бұрын алынған DCT нәтижесі</i>							
235,6	-1	-12,1	-5,2	2,1	-1,7	-2,7	1,3
-22,6	-17,5	-6,2	-3,2	-2,9	-0,1	0,4	-1,2
-10,9	-9,3	-1,6	1,5	0,2	-0,9	-0,6	-0,1
-7,1	-1,9	0,2	1,5	0,9	-0,1	0	0,3
-0,6	-0,8	1,5	1,6	-0,1	-0,7	0,6	1,3
1,8	-0,2	1,6	-0,3	-0,8	1,5	1	-1
-1,3	-0,4	-0,3	-1,5	-0,5	1,7	1,1	-0,8
-2,6	1,6	-3,8	-1,8	1,9	1,2	-0,6	-0,4
<i>Кванттау кестесі</i>							
16	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	100	103	99
<i>Кванттау нәтижесі</i>							
15	0	-1	0	0	0	0	0
-2	-1	0	0	0	0	0	0
-1	-1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Сызықтық тізбектіліктегі DCT-спектрі матрицаларының 8x8 түрлендіруі JPEG алгоритм жұмысының келесі кезеңі болып саналады. Бірақ, бұл, мүмкіндік бойынша бүкіл үлкен мәні мен спектрдің бүкіл нөлдік мәнін бірге топтастыратындай етіп жасалады. Бұл үшін, DCT коэффициенттері матрицаларының элементтерін (60-сурет) сол жақ жоғарғы бұрыштан оң жақ төменгі бұрышқа қарай таза-лау қажет болатыны анық. Бұл рәсім *иректіксканирлеу* деп аталады.

Осындай түрлендіру нәтижесінде DCT квантталған коэффициенттердің 8x8 квадраттық матрицасы 64 саннан тұратын сызықтық тізбектілікке айналады, оның үлкен бөлігі – қатар жүретін нөлдер. Осындай ағындарды *қайталау ұзындықтарын кодтау* жолымен өте тиімді қысуға болады.



60-сурет. Сызықтық тізбектіліктегі DCT-спектр матрицаларының 8x8 түрлендірілуі

Алынған тізбектіліктерді белгілі бір статистикалық алгоритммен кодтау (қайыра қысу) JPEG алгоритм жұмысының келесі кезеңі болып саналады. Әдетте арифметикалық кодтау немесе Хаффмен алгоритмі пайдаланылады. Нәтижесінде, өлшемі алғашқы деректер массивінің өлшемінен түбегейлі кіші болатын жаңа тізбектілік алынады.

JPEG алгоритмге сәйкес қысылған деректерді декодтау, кодтау сияқты, дәл сондай түрде жүргізіледі. Хаффмен (немесе LZW) арифметикалық кодтау әдісімен бұзбайтындай етіп ашу және

сызықтық тізбектіліктерді өлшемі 8x8 сандардың блоктарына қою кезінде, *спектрлік компоненттер* кодтау кезінде сақталған кванттау кестелерінің көмегімен *деквантталады*. Бұл үшін DCT-тың ашылған 64 мәні кестелердің тиісті сандарына көбейтіледі. Осыдан кейін әрбір блок, оның рәсімі тікелей түрлендіруге сәйкес келетін және түрлендіру матрицасындағы таңбалармен ғана ерекшеленетін, кері косинустық түрлендіруге тартылады. Декодтау кезіндегі әрекеттердің тізбектілігі мен алынған нәтиже төменде берілген 12-кестеде кескінделген.

Қалпына келтірілген деректер алғашқы деректерден біршама өзгешеленетіні анық. Бұл заңды болып саналады, өйткені JPEG, жоғалтулармен қысу сияқты әзірленген болатын.

12-кесте.

Әрекеттер тізбектілігі және декодтау кезінде алынған нәтиже

<i>Квантталған деректер</i>							
15	0	-1	0	0	0	0	0
-2	-1	0	0	0	0	0	0
-1	-1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Деквантталған деректер</i>							
240	0	-10	0	0	0	0	0
-24	-12	0	0	0	0	0	0
-14	-13	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

<i>Кері DCT нәтижесі</i>							
144	146	149	152	154	156	156	156
148	150	152	154	156	156	156	156
155	156	157	158	158	157	156	155
160	161	161	162	161	159	157	155
163	163	164	163	162	160	158	156
163	164	164	164	162	160	158	157
160	161	162	162	162	161	159	158
158	159	161	161	162	161	159	158
<i>Салыстыру үшін – алғашқы деректер</i>							
139	144	149	153	155	155	155	155
144	151	153	156	159	156	156	156
150	155	160	163	158	156	156	156
159	161	161	160	160	159	159	159
159	160	161	162	162	155	155	155
161	161	161	161	160	157	157	157
161	162	161	163	162	157	157	157
162	162	161	161	163	158	158	15

Төменде көрсетілген 61-суретте алғашқы бейне, сондай-ақ JPEG алгоритмдерді пайдалана отырып, 10 есе (сол жақтан) және 45 есе (ортасында) қосылған бейне кескінделген. Соңғы жағдайда сапаны жоғалту толықтай байқалады, бірақ көлемі бойынша ұту да айтарлықтай болады.



61-сурет. JPEG алгоритм пайдаланылған алғашқы және қысылған бейне

Фрактальді кодтау – бұл, нақты бейнелерден, бейненің фрактальді қасиетін сипаттайтын математикалық деректердің жиынтығынан тұратын, растрларды кодтау үшін қолданылатын математикалық үдеріс. Фрактальді кодтау, бүкіл жасанды және басым көпшілік табиғи объектілер, *фрактальдар* деп аталатын, бірдей, қайталанатын суреттер түріндегі артық ақпараттан тұратын фактіге негізделеді. Фрактальді қысу бейне, итерирленетін атқарымдар (Iterated Function System – IFS) жүйелері коэффициенттерінің көмегімен неғұрлым жиынтық (компактілі) формада көрсетілетініне негізделеді.

Фрактальді қысу үдерісінің өзін қарастырмас бұрын, IFS қалай бейнені жасайтынын анықтап аламыз, яғни декомпрессиялау үдерісін қарастырамыз.

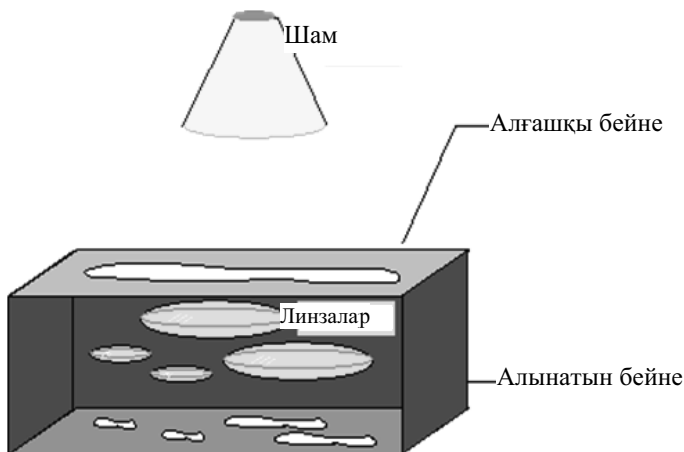
Нақтырақ айтатын болсақ, IFS, біздің жағдайымызда бір бейнені екінші бейнеге ауыстыратын үшөлшемді аффиналық түрлендіргіштердің жиыны бөлып көрсетіледі. Үшөлшемдік кеңістіктегі нүктелер (X бейне нүктелерінің координатасы, Y бейне нүктелерінің координатасы және I нүктелер жарықтығы) түрлендіруге тартылады.

Бұл үдерісті ықшамдап мынадай түрде түсіндіруге болады. Алғашқы сурет бейнеленген экраннан және екінші экранға бейнені кескіндейтін линзалар жүйесінен тұратын, суретті көшіргілейтін машинаны (62-сурет) қарастырамыз. Суретті көшіргілейтін машина мынадай әрекеттерді орындауы мүмкін:

- линзалар еркін формада бейненің бөлігін жаңа бейненің кез келген өзге орнына кескіндеуі мүмкін;
- бейнелеу кескінделетін аймақтар, *қиылыспайды*;
- линза жарықтықты өзгертуі және контрастылықты кішірейтуі мүмкін;
- линза *айнадай көрсетуі* және өз бейнесінің фрагментін *бұруы* мүмкін;
- *линза* өз бейнесінің фрагментін масштабтауы (кішірейтуі) тиіс.

Линзаны орнына қойып және олардың сипаттамаларын өзгертіп, алынатын бейнемен басқаруға болады. Машина жұмысының бір итерациясы мынадан тұрады: алғашқы бейне бойынша жобалау көмегімен жаңасы құрылады, содан кейін жаңа алғашқы ретінде алынатын болады. Итерациялар үдерісінде біздің, өзгеруін тоқтататын бейнені алатынымыз расталатын болады. Ол линзаның орналасуы

мен сипаттамаларына ғана қатысты болады және алғашқы суреттерге тәуелді болмайды. Бұл бейне «қозғалмайтын нүкте» немесе аталған IFS-тің аттракторы деп аталады. Тиісті теория, әрбір IFS үшін тура бір қозғалмайтын нүктенің болуына кепілдік береді.

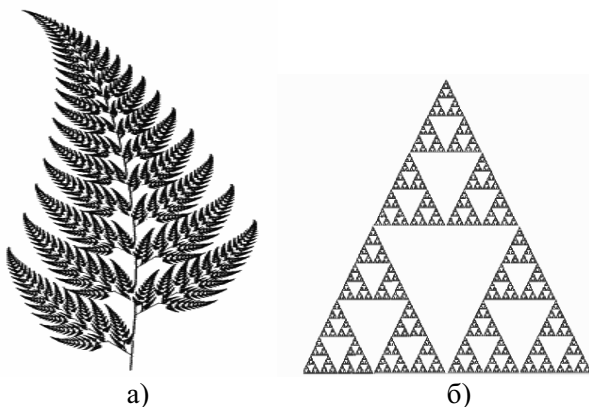


62-сурет. Суретті көшіргілейтін машина

Өйткені линза бейнесі қысушы болып саналады, әрбір линза, біздің бейнедегі өзіне ұқсас аймақты анық береді. Өзіне ұқсастығының арқасында қалай үлкейтсек те, бейненің күрделі құрылымын аламыз. Осылайша, итерацияланатын атқарымдар жүйесі *фрактальді* – өзіне ұқсас математикалық объектіні беретіні түйсік арқылы түсінікті болады.

Төрт аффиналық түрлендіргіштермен (немесе біздің терминологияларымыздағы «линзалармен») берілетін, «папоротник Барнсли» (63 а-суреті) және үш аффиналық түрлендіргіштермен берілетін «Серпинский үшбұрышы» (63 б-суреті) IFS көмегімен алынған бейнелердің белгісі болып саналады. Әрбір түрлендіру, саналған байттармен кодталады, сол уақытта олардың көмегімен құрылған бейне ретінде, бірнеше мегабайтқа ие болуы мүмкін.

Жоғарыда айтылғандардан, фрактальді кодердің қалай жұмыс істейтіні түсінікті болады және сондай-ақ, қысу үшін оған өте көп уақыт қажет екендігі анықталады.



63-сурет. Итерацияланатын атқарымдар жүйелері коэффициенттерінің көмегімен алынған бейне

Нақты фрактальдік компрессия – бұл бейнелердегі өзіне ұқсас аймақтарды іздеу және ол үшін аффиналық түрлендіргіштер параметрлерін анықтау. Бұл үшін асып кетуді орындау және әртүрлі өлшемдегі бейненің бүкіл мүмкін фрагменттерін салыстыру қажет болады. Тіпті шағын бейнелер үшін дискреттілікті есепке алған кезде біз іріктеп алатын нұсқалардың астрономиялық санын алатын боламыз, әрі түрлендіру саныптарын (кластарын), мысалы, масштабтау есебінен күрт тартылу белгілі бір санда ғана уақыт бойынша айтарлықтай ұтуға әкелмейді. Бұдан өзге, бұл ретте бейне сапасы жоғалады. Фрактальдік қысу саласындағы зерттеулердің басым көпшілігі сапалы бейне алу үшін қажет архивтендіру уақытын азайтуға бағытталған.

Рекурсивтік қысудың ағылшынша атауы – *wavelet*. Орыс тіліне ол толқынды қысу және су сылдырларын пайдаланып қысу ретінде аударылады. Алгоритм бірқалыпты ауысатын түрлі-түсті және ақ-қара бейнеге бағдарланған, рентгендік суретке түсіру типіндегі суреттер үшін мінсіз. Қысу коэффициенті 5 - 100 шектерінде беріледі және өзгереді. Әсіресе, диагональ бойынша өтетін шекараларда үлкен коэффициенттер беруге ұмтылыс жасау кезінде, «баспалдақтық эффект» - өлшемі бірнеше пиксельдер болатын әртүрлі жарықтық сапалар көрінетін болады.

Өз бейнесін кодтаудың орнына, әдетте 0-ге жуық мәні қабылданатын, бейнелердегі көрші блоктардың орташа мәндері

арасындағы айырма сақталатыны алгоритм идеясы болып табылады.

Мәселен, a_{2i} және a_{2i+1} екі санды әрқашанда $b^1_i = (a_{2i} + a_{2i+1})/2$ және $b^2_i = (a_{2i} - a_{2i+1})/2$ түрде көрсетуге болады. Осыған ұқсас a_i тізбектілігі $b^{1,2}_i$ тізбектілікке жұп болып ауыстырылуы мүмкін.

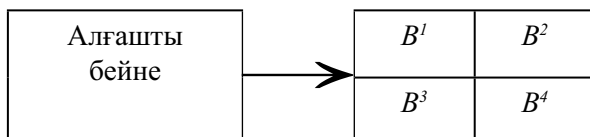
Мысалдарды қарастырамыз. Біз пиксельдердің a_i жарықтығының сегіз мәнінен жолды қысамыз: (220, 211, 212, 218, 217, 214, 210, 202). Мынадай b_{1i} и b_{2i} тізбектілік аламыз: (215.5, 215, 215.5, 206) және (4.5, -3, 1.5, 4). b_{2i} мәнінің 0-ге аса жақын екенін байқаймыз. b_{1i} -ні a_i ретінде қарастырып, операцияны қайталаймыз. Аталған әрекет рекурсивті сияқты орындалады және алгоритм атауы содан шыққан. (215.5, 215, 215.5, 206)-дан (215.25, 210.75) (0.25, 4.75) аламыз. Алынған коэффициенттерді бүгінге дейін дөңгелектеп және қысып (мысалы, Хаффман алгоритмінің көмегімен), кодтау нәтижесі деп санауға болады. Біз өзіміздің түрлендіруімізді тізбекке екі рет қана қолданғанымызды байқаймыз. *wavelet* – түрлендіруді 4 - 6 рет қолдану үшін өзімізге нақты мүмкіндік берсек, қысудың айтарлықтай коэффициенттеріне жетуге болады.

Екі өлшемдер үшін алгоритм жоғарыдағыға ұқсас жүзеге асырылады.

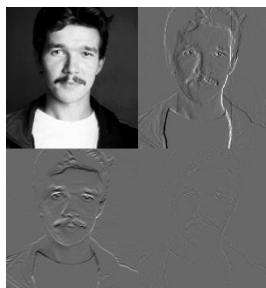
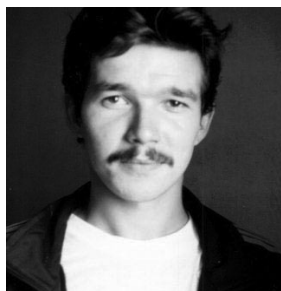
Егер бізде анықтықтары $a_{2i,2j}$, $a_{2i+1,2j}$, $a_{2i,2j+1}$ және $a_{2i+1,2j+1}$ төрт нүктелерден тұратын квадрат бар болса, онда

$$\begin{aligned}
 b^1_{i,j} &= (a_{2i,2j} + a_{2i+1,2j} + a_{2i,2j+1} + a_{2i+1,2j+1})/4, \\
 b^2_{i,j} &= (a_{2i,2j} + a_{2i+1,2j} - a_{2i,2j+1} - a_{2i+1,2j+1})/4, \\
 b^3_{i,j} &= (a_{2i,2j} - a_{2i+1,2j} + a_{2i,2j+1} - a_{2i+1,2j+1})/4, \\
 b^4_{i,j} &= (a_{2i,2j} - a_{2i+1,2j} - a_{2i,2j+1} + a_{2i+1,2j+1})/4,
 \end{aligned}
 \tag{187}$$

512x512 пиксельдер бейнесі үшін осы формулаларды пайдаланып, бірінші түрлендіруден кейін элементтердің өлшемі 256x256 4 матрицаларын аламыз. (64 а және б-суреттер):



Біріншісінде, бейненің кішірейтілген көшірмесі сақталатынына



а)

б)

64-сурет. *Wavelet* түрлендіруді қолдану

оңай көз жеткізуге болады, екіншісінде – горизонталь бойынша пиксельдер мәндері жұптардың орташа айырмдары, үшіншісінде – вертикаль бойынша пиксельдер мәндерінің орташа айырымдары, төртіншіде – диагональ бойынша пиксельдер мәндерінің орташа айырымдары.

Екіөлшемді жағдай ұқастықтары бойынша түрлендіруді қайталауға және бірінші матрицаның орнына өлшемі 128×128 4 матрица алуға болады. Түрлендіруді үшінші рет қайталап, қорытындысында 64×64 4 матрица, 128×128 3 матрица және 256×256 3 матрица аламыз. Әрі қарай қысу айырымдық матрицаларда, квантталғаннан кейін тиімді қысылатын көптеген нөлдік немесе нөлге жақын мәндердің болуы есебінен орындалады.

Желілер бойынша бейнені беру кезінде бейненің бірте-бірте «көріну» мүмкіндігін, оның өте оңай жүзеге асыруға мүмкіндік беретін осы алгоритмінің артықшылықтарына жатқызуға болады. Бұдан өзге, бейне басталар алдында біз оның кішірейтілген көшірмесін нақты сақтаймыз, тақырыбы (басы) бойынша «терендетілген» бейнесін көрсету оңайлатылады. JPEG және фрактальдік алгоритмнен өзгешелігі - аталған әдіс блоктармен, мысалы, 8×8 пиксельдермен асып түспейді. Дәлірек айтқанда, біз 2×2 , 4×4 , 8×8 блоктармен асып түсеміз. Бірақ осы блоктар үшін коэффициенттердің тәуелсіз сақталатындығы есебінен, бейненің «мозаикалық» квадраттарға бөлшектенуін оңай болдырмауға болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

- Бұзумен кодтау дәлелдерді *деректерді жуықтап қалтына келтіру* пайдасы үшін ескереді және шамасы бойынша кейбір бақыланатын қателер есебінен қысу коэффициенттерін алуға мүмкіндік береді, бұл кейбір уақытта бұзбайтын әдістер үшін қысу дәрежесінен ондаған есе артып кетеді.

- Бұзатын қысу әдістерінің басым көпшілігі, деректердің өзін емес, одан, мысалы, Фурье дискреттік түрлендіруінің коэффициенттерінен, косинустық түрлендірудің коэффициенттері сияқты сызықтық түрлендірулерді кодтауға негізделген.

- JPEG – аса қуатты алгоритм. Тәжірибеде ол, толық түрлі-түсті бейнелер үшін де-факто стандарты болып саналады. Анықтығы мен түсі салыстырмалы түрде бірқалыпты өзгертін алгоритм 8x8 аймақтарында сүйеніп пайдаланылады.

- Дабыл спектрі – бұл тиісті спектрлік құраушылар, нәтижесінде осы дабылды беретін жиынға кіретін коэффициенттер шамалары. Дабыл соған өзара бөлінетін, жекелеген спектрлік құраушылар, көбінесе базистік атқарымдар деп аталады.

- DCT әрбір коэффициентін кванттау матрицасына сәйкес белгілі бір санға бөлу кванттау болып табылады. Бұл матрица, я тіркелген болуы, я неғұрлым сапалы және тиімді қысу үшін алғашқы суреттерді талдау нәтижесінде алынған болуы мүмкін.

- Фрактальді кодтау – бұл, нақты бейнелерден, бейненің фрактальді қасиетін сипаттайтын математикалық деректердің жиынтығынан тұратын, растрларды кодтау үшін қолданылатын математикалық үдеріс.

- Нақты фрактальдік компрессия – бұл бейнелердегі өзіне ұқсас аймақтарды іздеу және ол үшін аффиналық түрлендіргіштер параметрлерін анықтау. Бұл үшін асып кетуді орындау және әртүрлі өлшемдегі бейненің бүкіл мүмкін фрагменттерін салыстыру қажет болады.

- Өз бейнесін кодтаудың орнына, әдетте 0-ге жуық мәні қабылданатын, бейнелердегі көрші блоктардың орташа мәндері арасындағы айырма сақталатыны, алгоритм идеясы болып табылады.

- Желілер бойынша бейнені беру кезінде бейненің бірте-бірте «көріну» мүмкіндігін оның өте оңай жүзеге асыруға мүмкіндік

беретін осы алгоритмінің артықшылықтарына жатқызуға болады. Бұдан өзге, бейне басталар алдында біз оның кішірейтілген көшірмесін нақты сақтаймыз, тақырыбы бойынша «терендетілген» бейнесін көрсету оңайлатылады.

СОӨЖ және СӨЖ тапсырмалары

1. Тақырып бойынша бақылау сұрақтарына жауап беру:

1. Түрлендірулер қалай кодталады?
2. JPEG деген не?
3. Фрактальді әдістің мәні қандай?
4. Рекурсивті алгоритм қалай құрылады?
5. Базистік атқарымдар дегеніміз не?
6. Көшіргілейтін машина қандай іс-әрекеттерді орындайды?

2. Тақырып бойынша тест тапсырмаларының сұрақтарына жауап беру:

1. **Ақпарат бірлігінің атын өзгерту деп нені айтады?**
 - A) Анықтамалық ақпараттарды өзгертуді айтады
 - B) Материалдық құндылықтарды сақтауды айтады
 - C) Мәліметтерді қорғауды айтады
 - D) Жаңа ат беруді айтады
 - E) Аталғандардың барлығы жатады
2. **Іріктеу дегеніміз не?**
 - A) Бір облыстағы жинақталған АҚБ мәндері
 - B) Бір аймақтағы АҚБ мәндер көпшісін бөлу операциясы
 - C) Кез келген АҚБ мәндер жиынтығы
 - D) Барлық АҚБ мәндерін алу операциясы
 - E) Алын ала қойылған іріктеу шартын қанағаттандыратын АҚБ мәндер көпшесін бөлу операциясы
3. **Өндіру деңгейлері қандай шектеулерді қамтамасыз етеді?**
 - A) Технологиялық, шикілік, адамдық
 - B) Уақыттық, сандық
 - C) Жылдық, шикілік, адамдық
 - D) Орталық, уақыттық

Е) Технологиялық, уақыттық

4. **Сызықтық кодтардың негізгі қасиеттері қанша бөлімнен тұрады?**

А) Жеті

В) Алты

С) Бес

Д) Төрт

Е) Үш

5. **Экономикалық ақпараттық жүйеге астында аталғандардың қайсысы жатпайды?**

А) Сақтау

В) Өңдеу

С) Жинау

Д) Жою

Е) Тарату

6. **Дискриминатордың шығу жолына астында келтірілгендердің қайсысын қосқан жөн болады?**

А) Шектенушіні

В) Сигналды

С) Жиілікті

Д) Девиацияны

Е) Аталғандардың барлығы дұрыс

7. **Соңғы қолданушы арқылы пайдалы ретінде қабылданған, ұғынылған және бағаланған жаңа мәліметтер:**

А) Ақпарат

В) Құбылыс

С) Жағдай

Д) Жарнама

Е) Алгоритм

8. **Адамның ұғыну және бағалау жүйесіне салынған, адам санасындағы хабарды көрсету:**

А) Ассимиляцияланған ақпарат

В) Құжатталған ақпарат

С) Берілетін ақпарат

Д) Келтірілген ақпарат

Е) Реттелген ақпарат

9. **Жүйенің көптеген элементтері және олардың арасындағы өзара байланыс қалай аталады?**

- А) Таңба
- В) Құрылым
- С) Сигнал
- Д) Сөз
- Е) Рет

10. **Объектіні басқарудың тиімділігін арттыру**

- А) С4-С6 мақсаттары
- В) С6-С9 мақсаттары
- С) С1-С3 мақсаттары
- Д) С9-С12 мақсаттары
- Е) С1-С3 мақсаттары

11. **ЭАЖ ресурстарын тиімді қолдану**

- А) С4-С6 мақсаттары
- В) С6-С9 мақсаттары
- С) С1-С3 мақсаттары
- Д) С9-С12 мақсаттары
- Е) С1-С3 мақсаттары

12. **ЭАЖ көптеген аспектілер бойынша мыналарға жіктеледі:**

- А) түрлерге
- В) типтерге
- С) деңгейлерге
- Д) класстарға
- Е) үрдістерге

13. **Біз қарастыратын ЭАЖ қандай жүйеге жатқызуға болады?**

- А) практикалық
- В) теориялық
- С) әкімшілік-территориялық
- Д) құқықтық-әкімшілік
- Е) әкімшілік-ұйымдасқан

14. **ЭАЖ-ны деректерді өңдеу жүйесі, басқарудың автоматтандырылған жүйесі және ақпараттық іздеу жүйесі деп неге байланысты бөлуге болады?**
- A) Қызметіне қарай
 - B) Типіне қарай
 - C) Түріне қарай
 - D) Класына қарай
 - E) Ретіне қарай
15. **ДӨЖ басқару шешімдерін таңдауды орындай алуға (өз бетімен немесе маманның қатысуымен) бейім болса, онда ол басқарудың автоматтандырылған жүйесі мынаған айналады:**
- A) ЭАЖ айналады
 - B) БАЖ айналады
 - C) БҚБЖ айналады
 - D) ДБ айналады
 - E) Бағдарламаларға айналады
16. **Экономикалық-математикалық тәсілдер негізінде немесе маманның басқару шешімін қабылдау бойынша әрекеттерді модельдеу арқылы іске асатын үрдіс:**
- A) Жүйенің есеп шығаруы
 - B) Жүйенің қызмет атқаруы
 - C) Жүйенің шешім қабылдауы
 - D) ЭЕМ дұрыс жұмыс істеуі
 - E) Процессордың жұмысын реттеу
17. **Тапсырманы оңтайландыруға арналған бастапқы мәліметтер деректердің қандай жүйесі режимінде есептеледі?**
- A) сақтау
 - B) теңестіру
 - C) реттеу
 - D) есептеу
 - E) өңдеу
18. **Индекстеу деп неше кезеңнен тұратын процесі атаймыз?**
- A) бес
 - B) төрт
 - C) үш

- D) бір
- E) екі

19. **Қандай да бір ақпараттық сұранысқа сәйкес келетін құжаттарды АІЖ арқылы іздеу үшін сұраныстың өзінде не істелуі керек?**

- A) индекстелу
- B) реттелу
- C) көбейтілу
- D) идентификациялану
- E) сақталу

20. **Өндеудің қандай белгіленген уақыт мерзімі болмайынша және деректер көлемі қандай да бір шектен асып кетпейінше жүйеге деректер жинала береді:**

- A) уақыттық режимінде
- B) пакеттік режимінде
- C) тәуелділік режимінде
- D) тәуліктік режимінде
- E) колданбалы режимінде

15-ТАҚЫРЫП. КРИПТОГРАФИЯЛЫҚ КОДТАУ

Дәрістің мәнмәтіні

Мақсаты: Криптографиялық кодтаудың түрлерін қарастыру

Дәріс жоспары

1. Кедергіге төзімді кодтау
2. Сызықтық топтық кодтар
3. Тривиальді жүйелік кодтар
4. Циклдік кодтар

Негізгі түсініктер: қабылданған хабар, артықсыздық кодтар, кодтық қашықтық, сызықтық, кодтық вектор, туғызатын, өндіруші, құрушы

Тақырыптың мазмұны: Қабылданған хабардағы қатені анықтау мүмкін болу үшін, қате кодты дұрыс кодтан ажыратуға мүмкіндік беретін, бұл хабардың кейбір артық ақпараты болуы тиіс. Мысалы, егер берілген хабар үш абсолютті бірдей бөліктерден тұрса, онда қабылданған хабарлардағы дұрыс символдарды қате символдардан бөліп алу жөнелтпенің бір түрінің (мысалы, 0 немесе 1) жинақталу нәтижелері бойынша жүзеге асырылуы мүмкін. Екілік кодтар үшін бұл әдісті мынадай мысалмен көрсетуге болады:

10110 – берілген кодтық комбинация;

10010 – 1-ші қабылданған комбинация;

10100 – 2-ші қабылданған комбинация;

00110 – 3-ші қабылданған комбинация;

10110 - жинақталған комбинация. Байқағанымыздай, бүкіл қабылданған үш комбинацияларда қателер болғандығына қарамастан, жинақталған комбинацияда қателер болмайды.

Қабылданған хабар сондай-ақ кодтан және оның инверсияларынан тұруы мүмкін. Инверсиялар коды, біртұтас ретінде байланыс арнасына жіберіледі. Қабылдау ұшындағы қате код пен оның инверсияларын салыстыру кезінде шығады. Хабар символдарының кез келгенін бұрмалау тыйым салынған комбинацияларға әкелмес үшін, кодта символдар қатарында бір-бірінен өзгешеленетін комбинацияларды бөліктеу, осы комбинациялардың бір бөлігіне ты-

йым салу және сол арқылы кодқа артықтық енгізу қажет. Мысалы, бірқалыпты блоктық кодта, әрбір кодтық комбинациялардағы нөлдер мен бірліктердің тұрақты арақатынасымен кодтық комбинацияларды шешілген (рұқсат етілген) деп санау керек. Осындай кодтар салмағы тұрақты кодтар деген атауға ие болды. Екілік кодтар үшін салмағы тұрақты, кодтық комбинациялар санының n символдардағы ұзындығы мынаған тең:

$$N = C_n^j = \frac{n!}{l!(n-l)!}, \quad (188)$$

мұндағы l – кодтық сөздегі бірліктер саны. Егер тұрақты салмақ шарты қолданылмаған болса, онда код комбинацияларының саны анағұрлым үлкен, атап айтқанда 2^n болар еді. Стандартты телеграфтық код №3, салмағы тұрақты кодтың мысалы болып пайдаланылуы мүмкін. Осы кодтың комбинациялары, 7 тактыға, сол уақыт ішінде бір комбинация қабылдануы тиіс түрде құрылады, яғни әрқашанда үш осындай және төрт осындай емес жөнелтпелер қажет болады. Осындай жөнелтпелердің санын үлкейту немесе азайту, қателердің бар болуын растайды.

Олардың сомасы әрқашанда жұп немесе тақ болатындай алғашқы кодтарға нөлдерді, я бірліктерді қосу әдісі кодқа артықшылықты енгізудің тағы бір мысалы болып табылады. Кез келген бір символдың тоқтап қалуы әрқашанда жұптылық (тақтылық) шартын бұзады және қате анықталатын болады. Бұл жағдайда комбинациялар бір-бірінен, аз дегенде екі символдармен өзгешеленуі тиіс, яғни код комбинацияларының тура жартысы тыйым салынған болып саналады (жұптылыққа немесе керісінше тексеру кезінде бүкіл так комбинациялар тыйым салынған болып саналады).

Ілгеріде айталған барлық жағдайларда хабар артық ақпаратқа ие болады. Хабардың артықтығы, егер сол, бір кодты көп рет қайталамаса, кодқа оның инверсиясын қоспаса, егер код комбинацияларының бір бөлігіне жасанды тыйым салмаса, оның одан да көп ақпараттар санынан тұратындығын растайды. Бірақ бүкіл айтылған артықшылықтың түрлерін, қате комбинацияны дұрыс комбинациядан ажырата білу үшін енгізуге тура келеді.

Кодтың кез келген екі комбинациялары бір-бірінен өзгешеленетін символдардың ең аз санының, *артықсыздық кодтарын* анықтай

алмайтыны, оның үстіне қателерді түзей алмайтыны кодтық қашықтық деп аталады. Кодтың бүкіл комбинациялары бір-бірінен өзгешеленетін символдардың ең аз саны ең аз кодтық қашықтық деп аталады. Ең аз кодтық қашықтық – кодтың кедергіге төзімділігін анықтайтын және код артықтығының параметрі. Ең аз кодтық қашықтық пен кодтың түзетуші қасиеті анықталады.

$$d_0 = r + 1 \quad (189)$$

Бір мезгілде анықтау және қателерді түзету үшін қажет ең аз кодтық қашықтық,

$$d_0 = r + s + 1 \quad (190)$$

мұндағы, s – түзетілетін қателер саны.

Қателерді түзететін ғана кодтар үшін,

$$d_0 = 2s + 1. \quad (191)$$

Екілік кодтың екі комбинациялары арасындағы кодтық қашықтықты анықтау үшін, 2 модуль бойынша осы комбинацияларды қосындылау және алынған комбинациялардағы бірліктер санын санау жеткілікті болады.

Кодтық қашықтық ұғымы кодтардың геометриялық модельдерін құру мысалында жақсы игеріледі. Геометриялық модельдердегі n төбелердегі – бұрыштар, мұндағы, n – кодтың мәнділігі кодтық комбинациялар орналасқан, ал бір комбинацияны екіншісінен бөліп тұратын n бұрыш қабырғаларының саны кодтық қашықтыққа тең.

Егер A екілік кодтың кодтық комбинациясы B кодтық комбинациядан d қашықтықта болса, онда бұл A кодында d символдарды, B кодын алу үшін кері символдарға ауыстыруы қажет, бірақ бұл кодтың түзетушілік қасиеттерге ие болуы үшін, d қосымша символдар қажет дегенді білдірмейді. Екілік кодтарда бір қатені анықтау үшін кодтың ақпараттық разрядтарының санына тәуелсіз 1 қосымша символға ие болуы жеткілікті, ал ең аз кодтық қашықтық $d_0 = 2$.

Бір қатені анықтау және түзету үшін n_M ақпараттық разрядтар саны мен n_K түзетуші разрядтар саны арасындағы арақатынас мына шарттарды қанағаттандыруы тиіс:

$$2^{n_M} \geq n + 1 \quad (192)$$

$$2^{n_M} \leq \frac{2^n}{(n + 1)} \quad (193)$$

бұл ретте, кодтық комбинациялардың жалпы ұзындығы

$$n = n_M + n_K. \quad (194)$$

Тәжірибеде есептеу үшін $d_0 = 3$ ең аз кодтық қашықтық пен кодтардың бақылау разрядтарының санын анықтау кезінде мына өрнектерді пайдаланған ыңғайлы болады:

$$n_{K_{l(2)}} = \lceil \log_2(n+1) \rceil \quad (195)$$

егер n толық кодтық комбинациялардың ұзындығы белгілі болса және

$$n_{K_{l(2)}} = \lceil \log_2 \{ (n_M + 1) + \lceil \log_2(n+1) \rceil \} \rceil, \quad (196)$$

егер есептеулер кезінде берілген сандардан n_M ақпараттық символдарды табу ыңғайлы болса.

($d_0=4$) үш еселі қателерді анықтайтын кодтар үшін,

$$n_{K_{l(3)}} \geq 1 + \log_2(n+1) \quad (197)$$

немесе

$$n_{K_{l(3)}} \geq 1 + \log_2 \left[(n_K + 1) + \log_2(n_K + 1) \right]. \quad (198)$$

($d_0=5$) бір немесе екі қатені түзететін ұзындығы n символдардағы кодтар үшін,

$$n_{K_2} \geq \log_2(C_n^2 + C_n^1 + 1). \quad (199)$$

Тәжірибеде есептеулер үшін мына өрнекті пайдалану қажет

$$n_{K_2} = \left\lceil \log_2 \frac{n^2 + n^1 + 1}{2} \right\rceil. \quad (200)$$

($d_0=7$) 3 қатені түзететін кодтар үшін,

$$n_{K_3} = \left\lceil \log_2 \frac{n^3 + n^2 + n + 1}{6} \right\rceil. \quad (201)$$

($d_0=2s+1$) s қателерді түзейтін кодтар үшін,

$$\log_2(C_n^S + C_n^{S-1} + \dots + 1) \langle n_{k_s} \log_2(C_n^{2S-1} + C_n^{2S-2} + \dots + 1) \rangle. \quad (202)$$

Сол жақтағы өрнек Хэммингтің төменгі шекарасы ретінде белгілі, ал оң жақтағы өрнек – Варшамов-Гильбеттің жоғарғы шекарасы ретінде белгілі.

Жуық есептеулер үшін мына өрнекті қолдануға болады:

$$n_{k_s} = \left[\log_2 \frac{n^S + n^{S-1} + \dots + 1}{S!} \right] \quad (203)$$

n_k мәні логарифм белгісіндегі өрнектің тұтас дәрежесіне жақындайтыны қаншалықты көрсетілгеніне қатысты жоғарғы немесе төменгі шекараға жақындайды деп жорамалдауға болады.

Тексерілетін символдар ақпараттық символдардың сызықтық комбинациялары болып көрсетілетін кодтар *сызықтық* деп аталады.

Екілік кодтар үшін сызықтық операциялар ретінде 2 модуль бойынша қосылғыш пайдаланылады.

2 модуль бойынша қосылғыш ережесі мына теңдіктермен анықталады:

$$0 \oplus 0 = 0; 0 \oplus 1 = 1; 1 \oplus 0 = 1; 1 \oplus 1 = 0.$$

Осы кодқа жататын нөлдер мен бірліктердің тізбектілігін *кодтық вектор* деп атаймыз.

Сызықтық кодтардың қасиеті: сызықтық кодтың кодтық векторларының жиыны (айырымы), аталған кодқа жататын векторды береді.

Сызықтық кодтар 2 модуль бойынша қосу операциясына қатынасы бойынша алгебралық топ құрады және бұл мағанасында олар *топтық кодтар* болып саналады.

Топтық кодтың қасиеті: топтық кодтың кодтық векторлары арасындағы ең аз кодтық қашықтық нөлдік емес кодтық векторлардың ең аз салмағына тең болады.

Кодтық вектордың аймағы (кодтық комбинациялар) оның нөлдік емес компоненттерінің санына тең.

Екі кодтық векторлар арасындағы қашықтық 2 модуль бойынша алғашқы векторларды қосу нәтижесінде алынған вектор салмағына тең. Осылайша, осы топтық код үшін $W_{\min} = d_0$.

Топтық кодтарды, өлшемділігі n_M және n_K кодтың параметрімен анықталатын матрицалармен берген ыңғайлы болады. Матрицадағы

жолдар саны n_M -ге тең, матрицалар бағаналарының саны $n_M + n_K = n$ -ге тең:

$$C_{n_{k_u}} = \begin{vmatrix} a_{11}a_{12} \cdots a_{1k_u} p_{11}p_{12} \cdots p_{1k_l} \\ a_{21}a_{22} \cdots a_{2k_u} p_{21}p_{22} \cdots p_{2k_l} \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ a_{k_u1}a_{k_u2} \cdots a_{k_u k_u} p_{k_u1}p_{k_u2} \cdots p_{k_u k_l} \end{vmatrix}. \quad (204)$$

Осы матрицалар тұғызатын кодтар $(n; k)$ – кодтар ретінде белгілі, мұндағы $k = n_M$ ал оған сәйкес келетін матрицалар *тұғызатын, өндіруші, құрушы* деп аталады.

С тұғызатушы матрица А және Т (ақпараттық және тексерілетін) екі матрицалармен көрстілуі мүмкін. Т матрицалары бағаналарының саны n_K -ға, ал А матрицалары бағаналарының саны n_M -ге тең:

$$C_{n_{k_u}} = \left\| \begin{vmatrix} a_{11}a_{12} \cdots a_{1k_u} \\ a_{21}a_{22} \cdots a_{2k_u} \\ \dots \dots \dots \\ a_{k_u1}a_{k_u2} \cdots a_{k_u k_u} \end{vmatrix} \right\| \left\| \begin{vmatrix} p_{11}p_{12} \cdots p_{1k_l} \\ p_{21}p_{22} \cdots p_{2k_l} \\ \dots \dots \dots \\ p_{k_u1}p_{k_u2} \cdots p_{k_u k_l} \end{vmatrix} \right\| = \|A\| \|T\|. \quad (205)$$

Теорияда және тәжірибеде дәлелдегендей, канондық формуладағы бірлік матрицаны матрицалар ретінде алған ыңғайлы болады:

$$I_{n_A} = \left\| \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 \end{vmatrix} \right\|.$$

Т матрицаны таңдау кезінде мынадай тұжырымдардан шығарады: Т тексерілетін матрицалардың разрядтарында бірліктер неғұрлым көп болса, оңтайлы кодқа оңтайлы 1-ге тиісті туындататын код соғұрлым жақын болады, екіншіден, Т матрицалар бірліктерінің саны шифраторда және дешифраторда 2 модуль бойынша сумматорлар санын анықтайды. Т матрицада бірліктер саны неғұрлым көп болса, аппаратура соғұрлым күрделі болады. Т матрицасының әрбір

жолдарының салмағы $W_T \geq d_0 - W_A$ –ден аз болмауы тиіс, мұндағы W_A – А матрицасының тиісті жолдарының салмағы. Егер А матрицасы – жалғыз болса, онда $W_A = 1$ (А матрицасы санында бірлік матрицаны таңдау ыңғайлы болатыны анық: $W_A > 1$ кезінде кодтарды құру да, технологиялық жүзеге асыру да күрделі болар еді). Айтылған шарттарды сақтау кезінде топтық кодтың кез келген туындататын матрицасын мынадай түрге келтіруге болады:

$$a_1 a_2 a_3 \dots a_{n_A} p_1 p_2 \dots p_{n_A}$$

$$C_{n:n_A} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & p_{11} p_{12} & \dots & p_{1(n-n_A)} \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & p_{21} p_{22} & \dots & p_{2(n-n_A)} \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & p_{31} p_{32} & \dots & p_{3(n-n_A)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & p_{k1} p_{k2} & \dots & p_{k(n-n_A)} \end{pmatrix} = \|AT\|$$

матрицаны туындататын сол жақтық канондық форма деп аталады.

С матрицаны туындататын $d_0 = 2$ кодтар үшін мынадай түрге ие болады:

$$C_{n:n_A} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 1 \end{pmatrix} = \overbrace{\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}}^A = \overbrace{\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{pmatrix}}^T .$$

Осындай матрицаның көмегімен туындаған кодтың бүкіл комбинацияларында, бірліктердің жұп саны болады.

Матрицаны туындататын $d_0 \geq 3$ кодтар үшін бүкіл түрлерін жалпы d_0 деректер формасында көрсету мүмкін емес. Матрица түрі туындататын кодқа қойылатын нақты талаптарға қатысты болады. Түзетуші разрядтардың минимумы, я аппаратуралардың аса қарапайымдылығы осындай талаптар болуы мүмкін.

Артық разрядтардың саны ең аз болатын түзетуші кодтар *тығыз қапталған* немесе *жетілдірілген кодтар* деп аталады.

$d_0 = 3$ кодтар үшін n және n_0 арақатынас мынадай: (3;1), (7;4), (15;11), (31;26), (63;57) және т.б.

Тығыз қапталған кодтар, $r+1$, $r+2$ еселік қателер нұсқаларының ең көп мүмкін санын анықтайтын және $d_0 \notin 6$ және $n \notin 40$ -қа ие болатын артық символдардың ең аз саны тұрғысынан оңтайлы болатынын Д. Слепян зерттеген болатын. Осы кодтарды алу үшін Т матрица салмағы ең жоғары комбинацияларға ие болуы тиіс. Бұл үшін $d_0^3 \cdot 3$ кодтарын құру кезінде ұзындығы $n-n_u$, салмағы $W_T=n_k$, n_k-1 , ..., d_0-1 векторлар тізбекпен пайдаланылады. Слепян аз тығыздықпен жұптылыққа тығыз емес қапталған кодтарды зерттеді. Бұл кодтар аппаратуралардың қарапайымдылығы тұрғысынан үнемді және тұндататын матрицалардың түзетуші разрядтарында бірліктердің ең аз санынан тұрады. Аса қарапайым шифраторлармен және дешифраторлармен кодтарды құру кезінде салмағы $W_T=2, 3, \dots, n_k$ векторлар тізбекпен таңдалады, кодтың түзетуші разрядтарын көрсететін комбинациялар санын $W_T^3 \cdot d_0-1$ және көбірек n_u комбинацияларын көрсетеді. Кодтың қалған комбинациялары мына ереже бойынша пайда болатын матрицалардың көмегімен құрылады: кодтың ақпараттық бөлігіндегі қателерді анықтау немесе түзетуге арналған түзетуші символдар, нөмірі разрядтар нөмірлерімен дәл келетін, кодтың ақпараттық бөлігін көрсететін кодтық векторда бірліктерден тұратын, Т матрицаның сол жолдарындағы 2 модуль бойынша қосындылау жолымен табылады. Алынған комбинацияны оң жақтан кодтың ақпараттық бөлігіне қосып векторын алады. Алғашқы алфавиттегі бүкіл символдарды беру үшін түзетуші код құрылғанға дейін, екінші, үшінші және одан кейінгі ақпараттық кодтық комбинациялармен осыған ұқсас рәсім созыла беретін болады.

Кодтың белгілі бір ақпараттық бөлігі бойынша тексерілетін символдар құру алгоритмі мына түрде жазылуы мүмкін:

$$p_1 = p_{11} a_1 \oplus p_{21} a_2 \oplus \dots \oplus p_{n_A 1} a_{n_A},$$

$$p_2 = p_{12} a_1 \oplus p_{22} a_2 \oplus \dots \oplus p_{n_A 2} a_{n_A},$$

.....

$$p_{n_k} = p_{1n_k} a_1 \oplus p_{2n_k} a_2 \oplus \dots \oplus p_{n_A n_k} a_{n_A},$$

$$\text{немесе } p_{ij} = p_{1j} a_1 \oplus p_{2j} a_2 \oplus \dots \oplus p_{n_A j} a_{n_A} = \sum_{i=1}^{n_A} p_{ij} a_i. \quad (206)$$

Декодтау үдерісінде, жалпы түрде оның идеясы мына түрде көрсетілуі мүмкін тексерулер жүргізіледі:

$$p_i \oplus \sum_{i=1}^{n_A} p_j a_i = S_i, \quad j = 1, 2, \dots, n_k. \quad (207)$$

Әрбір нақты матрица үшін өзінің, жалғыз бір ғана тексерулер жүйесі қолданылады. Тексерулер мына ереже бойынша жүргізіледі: бірінші тексеруге p_1 тексерілетін разрядпен бірге, T тексерілетін матрицаның бір бағанасының бірліктеріне сәйкес келетін ақпараттық разрядтар кіреді; екінші тексеруге p_2 екінші тексерілетін разряд пен тексерілетін матрицаның бағанасының бірліктеріне сәйкес келетін ақпараттық разрядтар кіреді. Тексерулер саны n_k түзетуші кодтың тексерілетін разрядтарының санына тең.

Тексерулерді жүзеге асыру нәтижесінде *синдром* деп аталатын, S_1, S_2, \dots, S_{n_k} тексерілетін вектор пайда болады. Егер синдром салмағы нөлге тең болса, онда қабылданған комбинация қателіксіз болып саналады. Егер тексерілетін вектордың, ең болмағанда бір разряды бірліктен тұрса, онда қабылданған комбинацияда қате болады. Қателерді түзету синдром түрі бойынша жүргізіледі, өйткені әрбір қате разрядқа бір жалғыз тексерілетін вектор сәйкес келеді.

Синдром түрі әрбір нақты матрица үшін T транспонирленген матрица болып көрсетілетін бағаналар саны: $H = \|T^T I_{n_k}\|$ кодтың тексерілетін разряд санына тең, I_{n_k} бірлік матрицалармен толықтырылған, H тексерілетін матрица көмегімен анықталған болуы мүмкін.

Осындай матрицаның бағаналары H матрица бағанасының нөміріне сәйкес келетін разряд үшін синдром мәні болып көрсетіледі.

Топтық кодтарды декодтау үдерісінде қателерді түзету рәсімі мыналарға саяды:

Кодтық кесте құрылады. Кестенің бірінші жолына A_i бүкіл кодтық векторлары орналасады. Екінші жолдың бірінші бағасында, салмағы 1-ге тең e_j вектор орналасады.

Екінші жолдың қалған позициялары, бірінші жолдың тиісті бағанасында орналасқан A_i вектормен e_j вектордың 2 модулі бойынша қосындылау нәтижесінде алынған векторлармен толтырылады. Үшінші жолдың бірінші бағанасында, салмағы сондай-ақ 1-ге тең, бірақ, егер e_j вектор бірінші разрядтағы бірліктен тұрса, онда e_2 -

екінші разрядтағы бірліктен тұратын, e_2 вектор жазылады. Үшінші жолдың қалған позициялары A_i және e_2 жиындарын жазады.

Салмағы 1 e_i бүкіл векторлары A_i векторлармен, n разрядтардың әрбіріндегі бірліктермен қысындыланғанға дейін, осыған ұқсас түсе беретін болады. Содан кейін, бүкіл мүмкін разрядтарды тізбекпен жаба отырып, салмағы 2, e_i векторлардың 2 модулі бойынша қосындыланады. e_i бүкіл векторлар түзетілетін қателердің санын анықтайды. e_i векторлар саны қайталанбайтын синдромдардың мүмкін санымен анықталады және $2^{n_k} - 1$ -ге тең (нөлдік комбинация қателердің жоқтығын растайды). Синдромның қайталанбайтындық шарты, оның түрі бойынша оған жалғыз сәйкес келетін e_i векторын анықтайды. e_i векторлары берілген топтық кодпен түзетілуі мүмкін қателер векторы болып табылады.

Синдром түрі бойынша қабылданған комбинация, e_i қателер векторымен A_i кодтық комбинациялармен 2 модуль бойынша қосумен пайда болған сол немесе өзге шектес класқа, яғни кодтық 13-кестенің белгілі бір жолына жатқызылуы мүмкін.

13-кесте.

Қабылданған кодтық комбинация

$e \backslash A$	A_1	A_2	...	A_{2n_A-1}
e_1	$e_1 \oplus A_1$	$e_1 \oplus A_2$...	$e_1 \oplus A_{2n_A-1}$
e_2	$e_2 \oplus A_1$	$e_2 \oplus A_2$...	$e_2 \oplus A_{2n_A-1}$
...
e_{2n_k-1}	$e_{2n_k-1} \oplus A_1$	$e_{2n_k-1} \oplus A_2$...	$e_{2n_k-1} \oplus A_{2n_A-1}$

Қабылданған кодтық комбинация A_k^n , тексеру нәтижесінде алынған синдромға сәйкес келетін жолға жазылған векторлармен салыстырылады. Шынайы код кестелердің сол бағаналарының бірінші жолына орналасатын болады, e_j қателер векторындағы бірліктерге сәйкес келетін разрядтардың кері мәнімен алмастыру қателерді түзету үдерісі болып табылады.

$e_1, e_2, \dots, e_{2n_k-1}$ векторлар $A_1, A_2, \dots, A_{2n_A-1}$ векторлардың бірде-біреуіне тең болмауы тиіс, оған керісінше жағдайда кестеде нөлдік векторлар пайда болады.

Жүйелік кодтар, ақпараттық және түзетуші разрядтар қатаң

белгіленген жүйе бойынша орналасатын және кодтық комбинацияларда әрқашанда қатаң белгіленген орынға ие болатын кодтар. Жүйелік кодтар бірқалыпты кодтар болып саналады және берілген түзетушілік қабілеттерімен бүкіл комбинациялар бірдей ұзындыққа ие болады. Топтық кодтар сондай-ақ жүйелік топтық бола алмайды. Тривиальді жүйелік кодтар, туындатушы матрица негізінде, топтық сияқты құрылуы мүмкін. Әдетте туындатушы матрица, рангі ақпараттық разрядтар санымен және бағаналар саны кодтың бақылау разрядтарының санымен анықталатын қосымша санымен анықталатын бірлік матрица көмегімен құрылады. Қосымша матрицаның әрбір жолы аз дегенде d_0-1 бірліктен тұруы, ал кез келген жолдар үшін модуль бойынша жиыны аз дегенде d_0-2 бірлік болуы тиіс (мұндағы d_0 -ең аз кодтық қашықтық). Туындатушы матрица, барлық мүмкін тіркестерде туындатушы матрица жолдары үшін модуль бойынша қосындылаумен бүкіл қалған кодтық комбинацияларды табуға мүмкіндік береді.

Хэмминг коды жүйелік кодтың типтік мысалы болып саналады. Бірақ оны құру кезінде әдетте матрицаларға жүгірмейді. Кодтың негізгі параметрлерін есептеу үшін, я ақпараттық символдар саны, я $N = 2^{n_k}$ ақпараттық комбинациялар саны беріледі. (192) және (193) көмегімен n_A және n_K есептеледі. Хэмминг үшін n , n_A және n_K арасындағы арақатынас 8-қосымшаның 1-кестесінде берілген. Түзетуші кодтың негізгі параметрлерін біле отырып, дабылдардың қандай позициялары жұмысшы, қандай позициялары бақылаушы болатынын анықтайды. Тәжірибе көрсеткендей, бақылау символының нөмірлерін 2^i заңы бойынша таңдаған ыңғайлы болады, мұндағы $i=0, 1, 2$ және т.б. – сандардың натурал қатары. Осы жағдайдағы бақылау символдарының нөмірі тиісінше: 1, 2, 4, 8, 16, 32 және т.б. болады.

Содан кейін: *бақылау позицияларындағы бірліктер жиыны жұп болуы тиіс* ережесін басшылыққа алып, бақылау коэффициенттері (0 немесе 1) анықталады. Егер бұл қосынды жұп болса, онда бақылау коэффициентінің мәні – 0, оған керек жағдайда – 1.

Тексерілетін позициялар мына түрде таңдалады: натурал сандар қатары үшін екілік кодта кесте құрылады. Кесте жолдарының саны:

$$n = n_A + n_K.$$

Бірінші жолға a_1 тексерілетін коэффициент, екінші жолға a_2 және т.б. сәйкес келеді. Содан кейін, коэффициенттерді мына қағидат бойынша жазып, тексерілетін позициялар анықталады: бірінші

тексеруге, 1 кіші разрядтағы коэффициенттер кіреді, яғни $a_1, a_3, a_5, a_7, a_9, a_{11}$ және т.б. екіншіге – екінші разрядтағы 1-ден тұратын коэффициенттер, яғни $a_2, a_4, a_6, a_8, a_{10}, a_{12}$ және т.б.; үшінші тексеруге – үшінші разрядтағы 1-ден тұратын, коэффициенттер кіреді. Тексерілетін коэффициенттердің нөмірлері тексерілетін позициялар нөмірлеріне сәйкес келеді және бұл тексерулердің жалпы кестесін жасауға мүмкіндік береді. Разрядтардың үлкеюі солдан оңға қарай саналады, ал тексеру кезінде жоғарыдан төменге қарай саналады. Тексеру тәртібі, сондай-ақ алынған екілік кодта разрядтар алуда разрядтарды қолдану тәртібін көрсетеді.

Егер қабылданған кодта қате болса, онда бақылау позициялары бойынша тексерулер нәтижелері, қате позициялардың нөмірін көрсететін екілік санды құрайды. Қате позициялар символын кері позициямен алмастырып, қатені түзетеді.

Бір қатені түзету және екілік қатені анықтау үшін, бақылау позициялары бойынша тексерулерден өзге, әрбір код үшін жұптылыққа тағы бір тексеру жүргізу көзделеді. Осындай тексеруді жүзеге асыру үшін, әрбір кодқа кодтық комбинациялардың соңынан, алынған комбинациялардағы бірліктер жиыны әрқашанда жұп болатындай бақылау символын қосу керек болады. Сол уақытта позициялар бойынша тексерудегі жалғыз қате қателердің бар екенін растайды. Егер позицияларды тексеру қателердің бар екенін көрсетсе, онда жұптылыққа тексеру қателерді тіркемейді, яғни кодта екі қате бар.

Код комбинацияларының ондағы бөлігі, я бүкіл комбинациялары бір немесе бірнеше комбинация кодын циклдік жылжыту жолымен алынатындығынан, *циклдік кодтар* деп аталған. Циклдік жылжыту оңнан солға қарай жүзеге асырылады, әрі шекті сол жақ символ әрбір ретте комбинациялардың соңына ауыстырылады. Циклдік кодтар, тәжірибеде, барлығы жүйелік кодтарға жатады, ондағы бақылау және ақпараттық разрядтары қатаң белгіленген орындарда орналасқан. Бұдан өзге, циклдік кодтар *блоктық* кодтарға жатады. Әрбір блок (бір әріп блоктың жеке жағдайы болып саналады) өздігінен кодталады.

Циклдік кодтар құру идеясы екілік сандар өрісінде *келтірілмейтін* көпмүшелерді пайдалануға негізделеді. Жай сандар өзге сандардың көбейтіндісімен көбейтіле алмайтын, сондай өрістердегі коэффициенттермен төмен дәрежелердегі көпмүшелердің көбейтіндісі түрінде

көрсетілуі мүмкін емес көпмүшелер келтірілмейтін деп аталады. Басқаша айтсақ, келтірілмейтін көпмүшелер қалдықсыз өзіне ғана немесе бірлікке бөлінеді.

Келтірілмейтін көпмүшелер циклдік кодтар теориясында көпмүшелерді құрушылық (генераторлық, туындатушылық) рөл атқарады. Егер берілген кодтық комбинацияны таңдалған, келтірілмейтін көпмүшеге көбейтсек, онда түзетушілік қабілеті келтірілмейтін көпмүшемен анықталатын циклдік код аламыз.

Төртмәнді екілік код комбинацияларынан біреуін кодтау талап етіледі деп жорамалдаймыз. Сондай-ақ, бұл комбинация – $U(x)=x^3+x^2+1 \rightarrow 1101$ деп жорамалдайық. Өзіміздің таңдауымызды негіздемей тұрып, келтірілмейтін көпмүшелер кестелерінен құраушы ретінде $K(x)=x^3+x+1 \rightarrow 1011$ көпмүшені аламыз. Содан кейін $U(x)$ -ны, құраушы көпмүшедегідей дәрежедегі бірмүшеге көбейтеміз. Көпмүшені n дәрежедегі көпмүшеге көбейтіп, көпмүшенің әрбір мүшесінің дәрежесі n -ге артады және бұл көпмүшенің кіші разрядтары жағынан n нөлдерді қосып жазуға эквивалентті болады. Өйткені таңдалған келтірілмейтін көпмүше дәрежесі үшеуге тең, сондықтан алғашқы ақпараттық комбинация үшінші дәрежедегі бір мүшеге көбейтіледі:

$$U(x) \cdot x^n = (x^3 + x^2 + 1) \cdot x^3 = x^6 + x^5 + x^3 = 1101000$$

Бұл ақырында осы нөлдердің орнына түзетуші разрядтарды жазуға болатындығы үшін жасалады.

Түзетуші разрядтардың мәні нәтиже бойынша $U(x) \cdot x^n$ -ны $K(x)$ -ға бөлумен табылады:

$$\begin{array}{r} x^6+x^5+0+x^3+0+0+0 \\ x^6+0+x^4+x^3 \end{array} \quad x^3+x+1$$

$$x^3+x^2+x+1+\frac{1}{x^3+x+1}$$

$$\begin{array}{r} x^5+x^4+0+0 \\ x^5+0+x^3+x^2 \\ x^4+x^3+x^2+0 \\ x^4+0+x^2+x \\ x^3+0+x+0 \\ x^3+0+x+1 \end{array}$$

немесе

$$\begin{array}{r} 1101000 \\ 1011 \end{array} \quad 1011$$

$$1111+\frac{001}{1011}$$

$$\begin{array}{r} 1100 \\ 1011 \\ 1110 \\ 1011 \\ 1010 \\ 1011 \\ 001 \end{array}$$

Осылайша,

$$\frac{U(x) \cdot x^3}{K(x)} = x^3 + x^2 + x + 1 + \frac{1}{x^3 + x + 1},$$

немесе жалпы түрде

$$\frac{U(x) \cdot x^n}{K(x)} = Q(x) + \frac{R(x)}{K(x)},$$

(208)

мұндағы, $Q(x)$ -жеке, ал $R(x)-U(x) \cdot x^n$ -ны $K(x)$ -ға бөлуден алған қалдық.

Өйткені екілік арифметикада $1 \oplus 1 = 0$, яғни $-1 = 1$, онда екілік сандарды қосу кезінде қосылғыштарды таңбаны өзгертусіз (егер осылай ыңғайлы болса), теңдіктің бір бөлігінен екіншісіне ауыстыруға болады, сондықтан $a \oplus b = 0$ түрдегі теңдікті $a = b$ және $a - b = 0$ сияқты жазуға болады. Аталған жағдайда бүкіл үш теңдік, я a және b 0-ге тең, я a және b 1-ге тең екенін білдіреді, яғни бірдей жұптылыққа ие.

Осылайша, (208) өрнекті былайша жазуға болады

$$F(x) = Q(x) \cdot K(x) = U(x) \cdot x^n + R(x), \quad (209)$$

біздің мысалымыздағы жағдайда мынаны береді:

$$F(x) = (x^3 + x^2 + x + 1)(x^3 + x + 1) - (x^3 + x^2 + 1)x^3 + 1$$

немесе

$$F(x) = 1111'1011 = 1101000 + 001 = 1101001$$

Көпмүше 1101001 және бұл ізделетін комбинация болып саналады, мұндағы 1101 - ақпараттық бөлік, ал 001 - бақылау символдары. Ізделетін комбинацияны біз, толық төрттаңбалы екілік код комбинацияларының бірін (екілік жағдайда 1111) құраушы көпмүшеге көбейту, сол сияқты берілген комбинацияны, таңдалған құраушы көпмүше (біздің жағдайымызда, осылайша 1101000 комбинация алынған болатын) кейіннен алынған көбейтіндіге осы көбейтіндіні құраушы көпмүшеге бөлуден алған қалдықты (біздің мысалымызда қалдық 001 түрге ие болған болатын) алынған көбейтіндіге кейіннен қосумен, сондай дәрежеге ие бірмүшеге көбейту нәтижесінде алатынымызды байқаймыз.

Осылайша, біз, оған циклдік кодтар жатқызылатын, сызықтық жүйелік кодтар комбинацияларының пайда болуының екі тәсілін білетін боламыз. Бұл тәсілдер кодтайтын және декодтайтын құрылғыларды құру үшін теориялық негіз болып саналады.

Циклдік кодтар шифраторлары қандай да бір түрде екілік көпмүшелерді көбейту қағидаты бойынша құрылған. Кодтық комбинациялар 2 модуль бойынша көрші комбинацияларды қосу нәтижесінде алынады және төменде біз, бірінші комбинацияны $x+1$ екі мүшеге көбейтуге эквивалентті екенін көреміз.

Сонымен, циклдік кодтар комбинацияларын көпмүше түрінде көрсетуге болады және ондағы x дәрежелерінің көрсеткіштері разрядтар нөміріне сәйкес келеді, x кезіндегі коэффициенттер, 0 немесе 1, осы көпмүшені көрсететін кодтық комбинациялар разрядында тұрғандығына қатысты. 0 немесе 1-ге тең болады. Мысалы,

$$000101 \rightarrow 0 \cdot x^5 + 0 \cdot x^4 + 0 \cdot x^3 + 1 \cdot x^2 + 0 \cdot x^1 + 1 \cdot x^0 = x^2 + 1;$$

$$001010 \rightarrow 0 \cdot x^5 + 0 \cdot x^4 + 1 \cdot x^3 + 0 \cdot x^2 + 1 \cdot x^1 + 0 \cdot x^0 = x^3 + 1;$$

$$010100 \rightarrow 0 \cdot x^5 + 1 \cdot x^4 + 0 \cdot x^3 + 1 \cdot x^2 + 0 \cdot x^1 + 0 \cdot x^0 = x^4 + 1;$$

$$101000 \rightarrow 1 \cdot x^5 + 0 \cdot x^4 + 1 \cdot x^3 + 0 \cdot x^2 + 0 \cdot x^1 + 0 \cdot x^0 = x^5 + 1.$$

Кодтық комбинациялардың циклдік ығысуы тиісті көпмүшені x -ға көбейтуге ұқсас:

$$(x^3+1) \cdot x = x^3+x \rightarrow 001010;$$

$$(x^2+x) \cdot x = x^4+x^2 \rightarrow 010100;$$

$$(x^4+x^2) \cdot x = x^5+x^3 \rightarrow 101000.$$

Егер көпмүше дәрежесі кодтың разрядтылығына жетсе, онда x кезінде нөлдік дәрежеге «ауысы» болады. Циклдік кодтардың шифраторларында бұл операция үлкен разряд ұялары шығуының, нөлдік разряд ұяларының кіруімен қосылу жолымен жүзеге асырылады.

Егер осындай мүшелерді келтіру 2 модуль бойынша жүзеге асырылса, циклдік кодтың кез келген екі көрші комбинацияларын 2 модуль бойынша қосу $x+1$ көпмүшеге бірінші қосылғыштың тиісті комбинацияларының көпмүшесін көбейту операциясына эквивалентті болады:

000101	x^2+0+1	→ 000101
⊕	⊗	
	001010	$x+1$
	001111	x^2+0+1
	x^3+0+x	→ 001010
	x^3+x^2+x+1	→ 001111

яғни, сондай құраушы көпмүшені кейбір өзге көпмүшеге көбейту жолымен циклдік кодтың кез келген кодтық комбинацияларын алудың принципті мүмкіндігі қолданылады.

Бірақ циклдік кодты құру аз болуы керек. Одан болуы мүмкін қате разрядтарды бөліп көрсете білу, яғни бүкіл басқалардан қате блокты бөліп алатындай, қателердің кейбір анықтап танушыларын енгізу керек. Мәселен, циклдік кодтар – блоктық сияқты, сондықтан әрбір блок өзінің анықтап танушыларына ие болуы тиіс. Және бұл жерде $K(x)$ көпмүшені құраушы қажет шешуші рөл атқарады. Циклдік кодты құру әдістемесі мынадай: құрушы көпмүше әрбір кодтық комбинацияны құруға қатысады, сондықтан циклдік кодтың кез келген көпмүшесі құраушыға қалдықсыз бөлінеді. Бірақ осы кодқа жататын көпмүшелер ғана қалдықсыз бөлінеді, яғни құраушы көпмүше бүкіл мүмкіндіктерінің ішінен шешілген (рұқсат етілген) комбинацияларды таңдауға мүмкіндік береді. Егер циклдік кодты құраушы көпмүшеге бөлетін болсақ, онда қалдық алынатын болады, яғни бұл

кодта қате кеткенін, я бұл қандай да бір өзге кодтың комбинациясы (тыйым салынған комбинация) екенін білдіреді. Қалдық бойынша тыйым салынған комбинациялардың бар екендігі, яғни қатенің бар екені анықталады. *Көпмүшені бөлуден қалған қалдықтар циклдік кодтардың қателерін анықтап танушылар болып саналады.*

Екіншіден, бірліктерді нөлдермен құраушы көпмүшеге бөлуден алынған қалдықтар циклдік кодтарды құру үшін қолданылады (осындай мүмкіндікті (209) өрнектеп көруге болады.

Бірліктерді нөлдермен құраушы көпмүшеге бөлу кезінде қалдықтың ұзындығы бақылау разрядтарының санынан аз болмауы тиіс екенін естен шығармау керек, сондықтан қалдықта разрядтардың жетпеуі жағдайында қалдыққа оң жағынан нөлдердің қажетті саны қосып жазылады. Мысалы,

10000000000	1011			
1011				
		$11111 + \frac{1}{1011}$		
01100				
1011			Қалдықтар	
1110			011	
1011				110
1010			111	
1011				101
1000			001	
1011				010
11			100	
011				
110				

және т.б., сегізіншіден бастап, қалдықтар қайталанатын болады.

Бөлуден қалған қалдықтар, туынды комбинацияларды алудың көрнекілігі мен ыңғайлылығы арасында циклдік кодтар құру үшін кең тарауға ие болған, құраушы матрицаларды құру үшін пайдаланылады. Құраушы матрицаларды құру элементтері бірліктерді нөлдермен құраушы $K(x)$ көпмүшелерге бөлуден қалған қалдықтар болып көрсетілетін, бірліктік транспонирленген және қосымша

матрицаларды құруға саяды. Бірліктік транспонирленген матрица барлық элементтері – нөлдер болатын (жоғарыдан төмен қарай сол жаққа оң жақтағы диагональдар бойынша орналасқан элементтерден өзге) квадраттық матрица болып көрсетілетінін еске саламыз. Қосымша матрицалар элементтері бірліктік транспонирленген матрицалардан оң жаққа қосып жазылады.

Бірақ бірліктерді нөлдермен құраушы көпмүшелерге бөлуден қалған бүкіл қалдықтар қосымша матрицалар элементтері ретінде пайдалануға келмейді. Салмағы $W \geq d_0 - 1$ болатын қалдықтар ғана пайдаланылуы мүмкін, мұндағы d_0 ең аз кодтық қашықтықтар және қалдықтарының ұзындығы бақылау разрядтары санынан аз болмауы тиіс, ал қалдықтар саны ақпараттық разрядтар санына теңелуі қажет.

Матрицалары құраушы комбинациялары болып көрсетіледі. Кодтың қалған комбинациялары матрицаларды құраушы жолдардың бүкіл мүмкін тіркесімдерінің 2 модулі бойынша қосындылау нәтижесінде алынады.

Құраушы матрицаларды құрудың ілгеріде сипатталған әдісі жалғыз болып есептелмейді. Құраушы матрица бірлік матрицаларының элементтерін құраушы көпмүшелерге тікелей көбейту нәтижесінде құрылуы мүмкін. Бұл бөлуден қалған қалдықтарды табуға қарағанда, көбінесе ыңғайлырақ болады. Алынған кодтар қосымша матрица бірліктерді нөлдермен құраушы көпмүшеге бөлуден қалған қалдықтардан тұратын, құраушы матрицалар бойынша құрылған кодтардан ешқандай өзгешеленбейді.

Құраушы матрица n_M рангтің бірлік матрицаларының жолдарын құраушы көпмүшеге көбейту нәтижесінде алынған комбинацияларды циклдік жылжыту жолымен құрылуы мүмкін.

Қорытындылай келе, циклдік кодтарды құрудың тағы бір әдісін ұсынамыз. Кодтаушы және декодтаушы құрылғыларды сұлбалық жүзеге асырудың ерекше қарапайымдылығы осы әдістің артықшылығы болып саналады.

Циклдік кодтың комбинацияларын алу үшін бұл жағдайда, оны айнадағыдай бейнесі болып саналатын құраушы матрицалар мен комбинациялар жолдарының циклдік жылжуын жүзеге асыру жеткілікті. $d_0=3$, $n_M=4$, $n_K=3$ кодтарды құру кезінде құраушы матрицалар жолдарының бүкіл мүмкін тіркесімдерінің 2 модулі бойынша қосындылаумен алынған комбинациялар саны құраушы матрицалар мен оның айнадағыдай комбинацияларының жолдарын циклдік

жылжыту нәтижесінде алынған комбинациялар санына тең болады. Бірақ бұл тәсіл ақпараттық разрядтардың саны кіші кодтарын алу үшін пайдаланылады. $n_M=5$ кезінің өзінде циклдік жылжыту нәтижесінде алынатын комбинациялар саны, құраушы матрицалар жолдарының бүкіл мүмкін тіркесімдерін қосындылау нәтижесінде алынатын комбинациялар санына қарағанда аз болады.

Құраушы матрицалардың бүкіл мүмкін екі жолының 2 модулі бойынша қосындылау нәтижесінде алынған нөлдік емес комбинациялар саны,

$$P_s = C_{n_M}^1 + C_{n_M}^2 + \dots + C_{n_M}^{n_M-1} + C_{n_M}^{n_M}, \quad (210)$$

мұндағы, n_M - кодтың ақпараттық разрядтарының саны.

Құраушы матрицалар мен оның айнадағыдай комбинацияларының кез келген жолдарын циклдік жылжыту нәтижесінде алынған нөлдік емес комбинацияларының саны,

$$P_C = 2n \quad (211)$$

мұндағы, n – кодтық комбинациялар ұзындығы.

Ақпараттық разрядтың n^3b саны кезінде құраушы матрицалар жолдарын қосындылауда алынған комбинациялар саны, құраушы матрицалар мен оның айнадағыдай матрицаларының жолдарын циклдік жылжыту нәтижесінде алынған комбинациялар санына қарағанда, анағұрлым тезірек өсетін болады. Соңғы жағдайда кодтар артық алынады (өйткені, кодтың сондай ұзындығы кезінде хабарлардың көбірек санын басқалай тәсілмен беруге болады), тиісінше ақпараттарды берудің салыстырмалы жылдамдығы төмендейді. Осындай жағдайларда кодтаудың қандай да бір әдісін қолданудың дұрыстығы нақты техникалық шарттардан анықталуы мүмкін.

Циклдік кодтардағы қателер алынған комбинацияларды құраушы көпмүшеге бөлуден қалған қалдықтардың көмегімен анықталады және түзетіледі. *Бөлуден қалған қалдықтар қателерді анықтап танушылар болып саналады*, бірақ циклдік кодтағы қатенің орнын тікелей нұсқап көрсетпейді.

Қателерді түзету идеясы, қате комбинация белгілі бір циклдік жылжулардың санынан кейін, қалдығы бар сомада ол түзетілген комбинацияны беретін, қалдыққа «дәлдістіруге» негізделеді. Қалдық бұл ретте, бұрмаланған және дұрыс символдар арасындағы айыр-

мадан басқа ештеңе емес болып көрсетіледі, қалдықтағы бірліктер, циклдік ығыстырумен дәлденген комбинациялардың бұрмаланған разрядтарының орындарында тұрады. Бұрмаланған комбинация қалдықтағы санына тең болғанға дейін дәлdestіру жүргізіледі. Бұл ретте, бірліктер санының, я осы кодпен түзетілетін (код 3 қатені түзетеді және бұрмаланған комбинациялардағы 3 қатені түзетеді) s қателердің қателер санына тең болуы мүмкін екені, я s -тен кіші болуы мүмкіндігі (код 3 қатені, қабылданған комбинацияда – 1 қатені түзетеді) заңды болып саналады.

Кодтық комбинациялардағы қателер орны маңызға ие емес. Егер $n_k \geq \frac{n}{2}$ болса, онда жылдамдатулардың белгілі бір санынан кейін барлық қателер құраушы көпмүшенің «бір реттік» әсеріне ұшырайды, яғни салмағы $W \leq s$ бір қалдық алу жеткілікті болады және бұрмаланатын комбинацияларды түзету үшін де осы жеткілікті.

ҚОРЫТЫНДЫ

- Жүйелік кодтар бірқалыпты кодтар болып саналады және берілген түзетушілік қабілеттерімен бүкіл комбинациялар бірдей ұзындыққа ие болады. Топтық кодтар сондай-ақ жүйелік топтық бола алмайды. Травиальді жүйелік кодтар, туындатушы матрица негізінде, топтық сияқты құрылуы мүмкін.

- Егер қабылданған кодта қате болса, онда бақылау позициялары бойынша тексерулер нәтижелері қате позициялардың нөмірін көрсететін екілік санды құрайды. Қате позициялар символын кері позициямен алмастырып, қатені түзетеді.

- Келтірілмейтін көпмүшелер циклдік кодтар теориясында көпмүшелерді құрушылық (генераторлық, туындатушылық) рөл атқарады. Егер берілген кодтық комбинацияны таңдалған, келтірілмейтін көпмүшеге көбейтсек, онда түзетушілік қабілеті келтірілмейтін көпмүшемен анықталатын циклдік код аламыз.

- Циклдік кодтар жатқызылатын, сызықтық жүйелік кодтар комбинацияларының пайда болуының екі тәсілін білетін боламыз. Бұл тәсілдер кодтайтын және декодтайтын құрылғыларды құру үшін теориялық негіз болып саналады.

- Циклдік кодтардағы қателер алынған комбинацияларды құраушы көпмүшеге бөлуден қалған қалдықтардың көмегімен

анықталады және түзетіледі. Бөлуден қалған қалдықтар қателерді анықтап танушылар болып саналады,

• Қателерді түзету идеясы, қате комбинация белгілі бір циклдік жылжулардың санынан кейін, қалдығы бар сомада ол түзетілген комбинацияны беретін, қалдыққа «дәлдестіруге» негізделеді.

СОӨЖ және СӨЖ тапсырмалары

1. Тақырып бойынша бақылау сұрақтарына жауап беру:

1. Қабылданған хабардың құрамы неден тұруы мүмкін?
2. Кодтық қашықтық деп нені айтамыз?
3. Сызықтық кодтардың қасиетін атаңыз?
4. Топтық кодтың қандай қасиеттері бар?
5. Жүйелік кодтар қандай орындарға ие болады?
6. Циклдік кодтын анықтамасын келтірініз.

2. Тақырып бойынша тест тапсырмаларының сұрақтарына жауап беру:

1. **Жұмыс қолданушы мен жүйе арасында мағлұмат алмасу ретінде қандай режимде жүргізіледі?**
 - A) күту режимінде
 - B) сөндіру режимінде
 - C) өшіру режимінде
 - D) диалогтық режим
 - E) жұмыс режимінде
2. **Деректерді басқару және сақтау жүйесін түзетін ақпараттық процессор, концептуалдық схема және деректер базасы:**
 - A) ЭАЖ компоненттері
 - B) Бағдарламалау компоненттері
 - C) Ақпараттық жүйенің компоненттері
 - D) Қолданбалы бағдарламасының компоненттері
 - E) Компьютер компоненттері
3. **ЭАЖ сақталатын және өңделетін мәліметтердің жинақталған түрі**
 - A) Форматталған мәліметтер

- B) Реттелген мәліметтер
- C) Қарастырылған мәліметтер
- D) Өңделген мәліметтер
- E) Жинақталған мәліметтер

4. Ақпарат дегеніміз не?

- A) заттың, энергияның және ақпараттың өзінің түрленуімен байланысқан процестерді жақсартуға мүмкіндік беретін жаңа мәліметтер
- B) ақпаратты жіберу көзінен қабылдау көзінің арасында мағыналы ақпаратты бере алатын дабылдар
- C) өзара лексикалық және синтаксистік байланысқан мақұлдаудың, факт немесе цифрлардың жиынын білдіреді
- D) жүйеге түсетін немесе жүйеден шығатын матриалдар ағыны немесе мәліметтер ағыны
- E) бір жағынан тұтас бір зат ретінде қарастырылатын, екінші жағынан құрама бөліктердің өзара байланысқан немесе өзара әрекет ететін кез келген объектіні атайды

5. Ақпараттың бар болуының қанша фазасы бар?

- A) екі
- B) бір
- C) он
- D) үш
- E) бес

6. «Адамның ұғыну және бағалау жүйесіне салынған, адам санасындағы хабарды көрсету» деген анықтама қай анықтамаға сәйкес?

- A) Ассимиляцияланған ақпарат
- B) Құжатталған ақпарат
- C) Берілетін ақпарат
- D) Таңбалар
- E) Ақпарат

7. Таңбалар дегеніміз не?

- A) заттың, энергияның және ақпараттың өзінің түрленуімен байланысқан процестерді жақсартуға мүмкіндік беретін жаңа мәліметтер
- B) өзара лексикалық және синтаксистік байланысқан мақұлдаудың, факт немесе цифрлардың жиынын білдіреді

- C) жүйеге түсетін немесе жүйеден шығатын матриалдар ағыны немесе мәліметтер ағыны
- D) бір жағынан тұтас бір зат ретінде қарастырылатын, екінші жағынан құрама бөліктердің өзара байланысқан немесе өзара әрекет ететін кез келген объектіні атайды
- E) ақпарат беру көзінен қабылдау көзінің арасында мағыналы ақпаратты бере алатын сигналдар

8. Таңбалық жүйе деп нені атаймыз?

- A) уақытқа байланысты хабар келешек (болашақ оқиғалар туралы) және өткен деп бөлінеді
- B) арнайы бір көрсетілген келісімі бар таңбалар жиынын атайды
- C) берілу көзінен қабылдау көзіне ақпаратты беру кезінде қарастырылатын мәлімет
- D) бір жағынан тұтас бір зат ретінде қарастырылатын, екінші жағынан құрама бөліктердің өзара байланысқан немесе өзара әрекет ететін кез келген объектіні атайды
- E) қандай да бір физикалық тасығышта таңба түрінде белгіленген мәліметтер

9. Деректер деп нені айтамыз?

- A) Байланыс каналдарымен жіберілетін кодтық сөздерде қатені түзетуге және анықтауға мүмкіндік беретін кодтар
- B) Жалпы айтқанда олар бір-бірінен бір символмен (элемент) ажыратылады
- C) Өзара лексикалық және синтаксистік байланысқан мақұлдаудың, факт немесе цифрлардың жиынын білдіреді
- D) Деректерді жіберу сенімділігін арттыру үшін кедергіге тұрақты кодтарды қолдану кодтау және декодтау тапсырмаларын шешумен байланысты
- E) Кодтаудың бұл түрі дискретті сигналда, оны байланыс каналдарынан жіберу кезінде пайда болатын қателерді іздеу және/немесе түзету үшін қолданылады

10. Жүйе дегеніміз не?

- A) бір жағынан тұтас бір зат ретінде қарастырылатын, екінші жағынан құрама бөліктердің өзара байланысқан немесе өзара әрекет ететін кез келген объектіні атайды
- B) заттың, энергияның және ақпараттың өзінің түрленуімен байланысқан процесстерді жақсартуға мүмкіндік беретін жаңа мәліметтер

- C) бір жағынан тұтас бір зат ретінде қарастырылатын, екінші жағынан құрама бөліктердің өзара байланысқан немесе өзара әрекет ететін кез келген объектіні атайды
- D) ақпарат беру көзінен қабылдау көзінің арасында мағыналы ақпаратты бере алатын сигналдар
- E) өзара лексикалық және синтаксистік байланысқан мақұлдаудың, факт немесе цифрлардың жиынын білдіреді

11. Заттық облыс деп:

- A) бір ресурстың екінші ресурсқа түрленуі
- B) бір немесе бірнеше деректер базасынан тұрады
- C) факт немесе цифрлардың жиынын білдіреді
- D) ЭАЖ-де өңделетін және сақталатындар туралы ақпараттарды, материалдық жүйенің элементтерін атайды
- E) өзара әрекет ететін кез келген объектіні атайды

12. Ақпараттық база дегеніміз не?

- A) бір ресурстың екінші ресурсқа түрленуі
- B) бір немесе бірнеше деректер базасынан тұрады
- C) факт немесе цифрлардың жиынын білдіреді
- D) ЭАЖ-де өңделетін және сақталатындар туралы ақпараттарды, материалдық жүйенің элементтерін атайды
- E) өзара әрекет ететін кез келген объектіні атайды

13. Объект қасиеті деп:

- A) кеңістікте орын алатын кез келген зат деп қабылданған
- B) бір кластың объектілері аттары бірдей қасиеттермен сипатталады
- C) кез келген уақытта объектің күй-жағдайын сипаттайтын шаманы атайды
- D) бірде-бір объектіге жеке түрде жатпайтын, объектілердің бірлескен тәртібін сипаттайтын қасиетін атайды
- E) объектілердің өзара байланысы

14. Атрибут қандай операция?

- A) алдын ала қойылған іріктеу шартын қанағаттандыратын АҚБ мәндерінің көпшесін бөлу операциясы
- B) бастапқы АҚБ-нің әртүрлі құрылымды бірнеше АҚБ-не түрлену операциясы
- C) әртүрлі құрылымды АҚБ-нің бір АҚБ-не түрлену операциясы
- D) қайта кодтау, яғни барлық мәндер үшін ескі кодты жаңа кодқа айырбастау

Е) кез келген құрылымды АҚБ-нің екі деңгейлік құрылымға өту операциясы

15. Композиция бұл?

- А) кез келген құрылымды АҚБ-нің екі деңгейлік құрылымға өту операциясы
- В) бастапқы АҚБ-нің әртүрлі құрылымды бірнеше АҚБ-не түрлену операциясы
- С) әртүрлі құрылымды АҚБ-нің бір АҚБ-не түрлену операциясы
- Д) қайта кодтау, яғни барлық мәндер үшін ескі кодты жаңа кодқа айырбастау
- Е) алдын ала қойылған іріктеу шартын қанағаттандыратын АҚБ мәндерінің көпшесін бөлу операциясы

16. Көрсеткіштің сипаттамасы?

- А) негіз сандық қасиетінің кескіні болып табылады
- В) кейбір процесс пен объектіні кескіндейтін толық сандық параметр сипаты
- С) көрсеткіште атрибут-негізді алудың алгоритмін көрсететін формалды сипаттамасы
- Д) процеске қатысатын объектілер тізімі
- Е) атрибут-негіздің өлшем бірлігі

17. Тұрақтылық деп?

- А) жүйенің тепе-теңдік күйінен сыртқы әсер арқылы өзгеріп, қайта орнына келуін айтады
- В) кейбір процесс пен объектіні кескіндейтін толық сандық параметр сипаты
- С) көрсеткіште атрибут-негізді алудың алгоритмін көрсететін формалды сипаттамасы
- Д) процеске қатысатын объектілер тізімі
- Е) атрибут-негіздің өлшем бірлігі

18. Сөздер дыбысын электрлік импульске өзгертіп кодтайтын құрал:

- А) телефон сымы
- В) диктофон
- С) микрофон
- Д) магнитофон
- Е) телеграмма

19. Агрегат дегеніміз:

- A) жүйелеу сұлбасының көптеген қосымша күйлерінен шектеу дабылдары мен хабарлар арқылы операторларға өтуі мен шығуы арқылы сипатталады
- B) бұл кіріс сигналымен басқару сигналын қабылдай алмайтын агрегат болып табылады
- C) жіктеу және құрам сипатына жүйелік құрылым болып табылады
- D) функционалды мақсаттық принцип, декомпозиция өте күшті байланыс принципі
- E) элементтер мен ішкі жүйелер байланыстарының жалпы объект қасиетіне ықпал етуін анықтау мақсатымен ішкі жүйелер мен элементтер қарастырылатын күрделі объектілерді талдау тәсілі

20. Жүйелік талдау:

- A) бұл кіріс сигналымен басқару сигналын қабылдай алмайтын агрегат болып табылады
- B) функционалды мақсаттық принцип декомпозиция өте күшті байланыс принципі
- C) бұл кіріс сигналымен басқару сигналын қабылдай алмайтын агрегат болып табылады
- D) элементтер мен ішкі жүйелер байланыстарының жалпы объект қасиетіне ықпал етуін анықтау мақсатымен ішкі жүйелер мен элементтер қарастырылатын күрделі объектілерді талдау тәсілі
- E) жіктеу және құрам сипатына жүйелік құрылым болып табылады

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Мишенин А. И. Теория экономических информационных систем: Учебник. – М.: Финансы и статистика, 2000.
2. Петров В. Н. Информационные системы. - СПб.: Питер, 2002.
3. Уткин В. Б., Балдин К. В. Информационные системы и технологии в экономике: Учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003.
4. Душин В. К. Теоретические основы информационных процессов и систем: Учебник. – Издательско-торговая корпорация «Дашков и К*», 2003.
5. Юркевич Е. В. Введение в теорию информационных систем . /Юркевич Е. В. – М.: Издательский дом «Технологии», 2004.
6. Дж. Ван Гиг. Прикладная общая теория систем. – М.: Мир, 1981.
7. Шульгин В. И. Основы теории передачи информации. Ч. 1. Экономное кодирование. Учеб. пособие. – Харьков: Нац. аэро косм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2003. – 102 с.
8. Лидовский В. В. Теория информации. Учеб. пособие. – М.: Рос. гос. технолог. ун-т им. К. Э. Циолковского, 2002. – 116 с.
9. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. – М.: МГУ, 2002. – 98 с.
10. Солодовников В. В. Системный анализ и проектирование многообъектных систем управления: Учебное пособие. – М.: МВТУ им. Баумана, 1982.
11. Черняк Ю. И. Системный анализ в управлении экономикой. - М.: Экономика, 1975.
12. Гришиани Д. М. Методологические аспекты системных исследований. – В.кн. Философско-методологические основания системных исследований. – М.: Наука, 1983.
13. Моисеев Н. Н. Математические задачи системного анализа. Уч. пособие для студентов. М: 1981.
14. Дубов Ю. А., Травкин С. И., Якимец В. Н. Многокритериальные модели формирования и выбора вариантов систем. – М.: Наука, 1986.
15. Перегудов Ф. И., Тарасенко Ф. П. Введение в системный анализ- М.: Высшая школа, 1989.
16. Козырев А. А. Информационные технологии в экономике и управлении: Учебник. Второе издание. - СПб.: Издание Михайлова В.А., 2001.
17. Курицкий Б. Я. Поиск оптимальных решений средствами EXSEL. 7.0 Спб.: ВHV – Санкт–Петербург, 1997.
18. Ханенко В. Н. Информационные системы.- Л.: 2001.
19. Шафрин Ю. Азбука компьютерных технологий. - М.: Издательство Института Психотерапии, 2000.
20. Александров А. В. и др. Электронная почта в компьютерных сетях. М.: “ПРИОР”, 1996г.

21. Иордан Э. Структурное программирование и конструирование программ. /Пер. с англ. М.: “Мир”, 1979г.
22. Системный анализ в управлении научно-техническими комплексами. /под ред. Л. Н. Сумарокова. – М.: Атомиздат, 1980.
23. Волкова В. Н., Воронков В. А. и др. Теория систем и методы системного анализа в управлении и связи. - М.: Радио и связь, 1983.
24. Основы кибернетики. Теория кибернетических систем./ Под ред. К. А. Пупкова.- М.:Высшая школа,1976.
25. Введение в теорию информационных систем. / под ред. Юркевич Е. В.-М: ИД Технологии, 2004.
26. Мамиконов А. Г. Основы построения АСУ: Учебник для вузов.- М.: Высшая школа, 1981.
27. Глушков В. М. Основы безбумажной информатики. - М.: Наука, 1982,
28. Дмитриев В. И. Прикладная теория информации. - М.: Высшая школа,1989.
29. Мартин Дж. Вычислительные сети и распределенная обработка данных. Т. 1, Т. 2. - М.: Финансы и статистика, 1986.
30. Ханенко В. Н. Информационные системы.- Л.: 2001.
31. Информационные управляющие системы. //Сборник научных трудов - Пермь: Изд-во Перм.гос.тех.ун-та,200].
32. Петров В. Н. Информационные системы. - СПб.: Питер, 2002.
33. Калымов В. В., Сенин А. И. Основы теории информации Учебное пособие. - М.: МГТУ, 1992.
34. Колесник Д., Иолтырев Г. Ш. Курс теории информации. - М.: Наука, 1982.
35. Информационные системы в управлении производством /Под ред. Ю.П. Васильева. - М.: Прогресс, 1973.
36. Ли Ю. А. Основы информационных систем. Учебно-практическое пособие - Караганды: КЭУК, 2006.
37. Айтчанов Б. Х. Модели и методы статистического анализа и синтеза нелинейных динамических систем. - Алматы: КазНТУ, 2003.
38. Айтчанов Б. Х. Применение ЭВМ при проектировании и исследовании автоматизированных систем управления. - Алма-Ата: КазПТИ, 1987.
39. Берталанфи Л., фон. Общая теория систем – критический обзор. //В сб.: Исследования по общей теории систем, - М., Прогресс, 1969
40. Философский энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия. 1983.
41. Холл А. Д., Фейджин Р. Е. Определение понятия системы. //В сб.: Исследования по общей теории систем, -М., Прогресс, 1969
42. Эшби У. Р. Общая теория систем как новая научная дисциплина. //В сб.: Исследования по общей теории систем, -М., Прогресс

43. Месарович М., Такахара Я., Общая теория систем: математические основы. Пер. с англ. - М.: Мир, 1978.
44. Темников Ф. Е., Афонин В. А., Дмитриев В. И. Теоретические основы информационной техники - М., 1971.
45. Уемов А. И., Системный подход и общая теория систем. М.: Мысль, 1978.
46. Поваров Г. Н. Представление булевых функций в различных базах и синтез логических сетей. / Сб. Управление в распределенных интегральных сетях. «Наука», 1991
47. Бир С. Мозг фирмы. - М.: Радио и связь, 1993.
48. Блауберг И. В., Мирский Э. М., Садовский В. Н. Системный подход и системный анализ // Системные исследования. М., 1982.
49. Волкова В. И., Денисов А. А. Основы теории систем и системного анализа. СПб.: Изд. СПбГТУ, 1997. 510 с.
50. Couger J. D. System analysis techniques. - New York: Wiley, 1974.-509.
51. Davenport T. H. Process innovation : reengineering work through information technology. - Boston, Mass.: Harvard Business School Press, 1993.-337.
52. Mesarovic M. D. 1964. Views on general systems theory. Wiley, NY.

МАЗМҰНЫ

1-тақырып.	Кіріспе.....	3
2-тақырып.	Жүйелер теориясының есептері.....	23
3-тақырып.	Кибернетикалық тәсілдеме.....	53
4-тақырып.	Ақпараттық жүйелерді сипаттау әдістері.....	75
5-тақырып.	Ақпараттық жүйелерді агрегаттық сипаттау....	100
6-тақырып.	Ақпараттық жүйелерді талдау және жинақтау (синтез).....	120
7-тақырып.	Ақпараттық үдеріс ұғымы мен құрылымы.....	152
8-тақырып.	Дискретизациялау әдістерінің жіктеуі.....	177
9-тақырып.	Жіберу үдерісінің модельдері.....	208
10-тақырып.	Физикалық деңгейдегі ақпараттық үдерістер.....	236
11-тақырып.	Дабыл мен арнаның ақпараттық сипаттамалары.....	263
12-тақырып.	Деректерді беру желілері.....	277
13-тақырып.	Кодтау теориясының жалпы ұғымдары.....	317
14-тақырып.	Ақпаратты шығындап қысу әдістері.....	349
15-тақырып.	Криптографиялық кодтау.....	370

**С. С. АЯЖАНОВ, Ш. Е. ОМАРОВА,
Қ. С. АЯЖАНОВ**

АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ НЕГІЗДЕРІ

Оқулық

Басуға 28.09.2012 қол қойылды.
Қағазы офсеттік. Қаріп түрі «Times».
Пішіні 60x90/16. Офсеттік басылым. Баспа табағы 25.
Таралымы 1200 дана. Тапсырыс № 1052.

Тапсырыс берушінің дайын файлдарынан
басылып шықты.



ЖШС РПБК «Дәуір», 050009,
Алматы қаласы, Гагарин д-лы, 93а.
E-mail: rpik-dauir81@mail.ru