

H. Ýazhanowa, A. Artykowa

# YKDYSADY KIBERNETIKA

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

*Türkmenistanyň Bilim ministrligi  
tarapyndan hödürlenildi*

Aşgabat  
Türkmen döwlet neşirýat gullugy  
2020

**Ýazhanowa H., Artykowa. A.**

**Ý 11** **Ykdysady kibernetika.** Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby. – A.: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2020.

«Ykdysady kibernetika» okuw kitaby ýokary okuw mekdepleriniň ykdysady kibernetika hünärini ele alýan talyplary üçin niýetlenilýär. Bu okuw kitabynda ykdysadyýetiň çylşyrymly ulgamlaryndaky meseleleriň matematiki beýan edilişi, olaryň modelleriniň düzülişi, kompýuter programalarynyň çözgütleri esasynda has ýokary ykdysady netijeleri gazanmagyň usullary beýan edilýär. Okuw kitabynda ykdysadyýeti dolandyrmagyň kibernetiki taýdan çemeleşmeleri, kibernetiki ulgamlarda işläp taýýarlamagyň usullary, neýrokibernetika, emeli intellekt we neýron torlary, şeýle hem ykdysady ulgamlary optimallaşdyrmagyň modelleri we olaryň ulanylyşy giňişleýin görkezilýär.



**TÜRKMENISTANYŇ PREZIDENTI  
GURBANGULY BERDIMUHAMEDOW**





TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET TUGRASY



TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET BAÝDAGY

## TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET SENASY

Janym gurban saňa, erkana ýurdum,  
Mert pederleň ruhy bardyr köňülde.  
Bitarap, garaşsyz topragyň nurdur,  
Baýdagyň belentdir dünýäň önünde.

*Gaytalama:*

Halkyň guran Baky beýik binasy,  
Berkarar döwletim, jigerim-janym.  
Başlaryň täji sen, diller senasy,  
Dünýä dursun, sen dur, Türkmenistanym!

Gardaşdyr tireler, amandyr iller,  
Owal-ahyr birdir biziň ganymyz.  
Harasatlar almaz, syndyrmaz siller,  
Nesiller döş gerip gorar şanymyz.

*Gaytalama:*

Halkyň guran Baky beýik binasy,  
Berkarar döwletim, jigerim-janym.  
Başlaryň täji sen, diller senasy,  
Dünýä dursun, sen dur, Türkmenistanym!

**Türkmenistanyň Prezidenti  
Gurbanguly Berdimuhamedow:**

*– Häzirki wagtda öňdebaryjy tehnologiýalardan, tehnikalardan düýpli baş çykarýan türkmen alymlarynyň täze bir nesli kemala gelýär. Dünýä ylmynda gazanylan iň täze tehnikalalar, tehnologiýalar önümçilige, ylma, bilime ornaşdyrylýar.<sup>1</sup>*

## **GIRIŞ**

Berkarar döwletimiziň bagtyýarlyk döwründe Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň bilim ulgamyndaky alyp barýan özgertmeleriniň netijesinde döwrebap bilim bermekde ägirt uly işler durmuşa geçirilýär. Muny Türkmenistanda sanly bilim ulgamyny hem-de sanly ykdysadyýeti ösdürmegiň Konsepsiýalarynyň [13, 14] kabul edilmegi we olary durmuşa ornaşdyrmagyň meýilnamalarynyň düzülmegi, olary ýerine ýetirmegiň tapgyrlarynyň kesgitlenilmegi hem doly subut edýär.

Bu meselede dünýäniň ylym we bilim ulgamynyň gazananlaryny öwrenmek, maglumat-kommunikasiýa tehnologiýalaryny ornaşdyrmak, sanly bilim ulgamyny ösdürmek, şeýle hem bu ugurlarda hünärmenleri taýýarlamagy kämilleşdirmek talap edilýär. Bu bolsa öz gezeginde, elektron resminama dolanyşygynyň hereketiniň çaltlandyrylmagy, Türkmenistanyň milli bilim ulgamynda bilim portallarynyň ösdürilmegi, elektron okuw, elektron hyzmat, elektron gol, elektron kitaphana, aragatnaşyk serişdeleri, distansion aragatnaşyk, intellektual aňy ösdürmek, matematiki modelirlemegiň esasynda dolandyryşyň amatly usullarynyň saýlanyp alynma-

---

<sup>1</sup> Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Türkmenistanyň Halk Maslahatynyň mejlisinde sözlän sözi. «Türkmenistan» gazetini, 26-njy sentýabr, 2019 ý.

gy, ykdysadyýete intellektual modelleriň ornaşdyrylmagy bilen baglanyşyklydyr.

Ýokary derejeli döwrebap hümärmenleri taýýarlamakda matematika ylmyňa esasy orun degişli bolmak bilen birlikde, matematika we kompýuter modellerine esaslanan **intellektual ulgamlar, kibernetika** ýaly hünärler hem iň esasy hünärleriň birine öwürüldi. Şonuň bilen birlikde, *kibernetika* matematiki modelirlemekde takyk barlaglary geçirmek üçin serişde hökmünde öwrenilmeginde, ykdysady çözümleri kabul etmekde ulgamlary optimallaşdyrmak usulynyň peýdalanlymagynda möhüm orny eýeleýär.

Emeli intellekt ulgamynyň kömegi bilen çözülyän ykdysady çözümleriň hem sany düýpli artýar. Kibernetikany ykdysadyýete ornaşdyrmak işi tapgyrlygyň esasynda alnyp barylýar. Kibernetikanyň «Ykdysadyýetiň intellektuallaşdyrylmagy» diýen ada eýe bolan ugry hem ösdürilýär, ol hususan-da, ykdysadyýete intellektual modelleriň ornaşdyrylmagy bilen baglanyşyklydyr. Ol barada hormatly Prezidentimiziň: «*Biziň häzirki kuwwatly nanotehnologiýalar, nouhaular, täsin oýlap tapyşlar asyrymyzda hem ylmyň adamzadyň durmuşynda esasy orny eýeleýändigini aýratyn bellemelidiris<sup>2</sup>*» – diýip nygtamagy hem şaýatlyk edýär.

*Ykdysady kibernetika* ugrunyň hünärmeni hem bir ýagdaýdan onuň matematiki beýan edilşiňe geçip, soňra bolsa modelde barlagdan soň öňki ýagdaýa geçmek ukybyna eýe bolmalydyr, has netijeli ykdysady çözümi tapmak üçin ýagdaýyň matematiki seljermesiniň netijelerini peýdalanmagy başarmalydyr. Şu ýerde imitasion modelirlemegiň aýratyn ornuny bellemek gerek, ol çylşyrymly ulgamlary barlamagyň esasy usuly bolup durýar. Ykdysady kibernetika hünäri boýunça bilim alan hünärmen ykdysady ulgamlary dolandyrmagy modelirlemegiň esasynda amala aşyrýar.

«*Ykdysady kibernetika*» okuw kitaby ýokary okuw mekdepleriniň ykdysady kibernetika hünärini ele alýan talyplaryna niýetlenip, ol ýurdumyzyň pudaklarynyň edara-kärrhanalaryndaky ykdysady maglumatlaryň işlenip taýýarlanylýşyny matematiki we kom-

---

<sup>2</sup> *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Bilim – bagtyýarlyk, ruhbelentlik, rowaçlyk. – A.: Türkmen döwlet neşiriýat gullugy, 2014. 73 saň.



pýuter modellerine esaslanan usullar bilen ýokarlandyrmagy we optimallaşdyrmagy göz önünde tutýar.

Bu okuw kitaby, esasan, aşakdaky ýaly wezipeleri öz içine alýar:

- ◆ kibernetikanyň obýekti, predmeti, predmet jähetleri barada talyplarda ylmy düşüňjani kemala getirmek;
- ◆ çylşyrymly dolandyryş ulgamlarynda maglumatlary kabul etmegiň we ibermegiň, saklamagyň, özgertmegiň gidişini derňemegiň usulyýeti hem-de ylmy-tejribe ýörelgeleri bilen tanyşdyrmak;
- ◆ şol ulgamlarda dolandyryş işini amatly ýagdaýa getirmek;
- ◆ çylşyrymly ulgamlardaky işleriň toplumlaýyn barlagynyň usulyýeti hökmünde ulgamlaryň çemeleşme hakyndaky düşüňjani kemala getirmek;
- ◆ anyk ykdysady, tehniki obýektleriň barlagynda kibernetiki çemeleşmäniň anyk mysallary bilen tanyşdyrmak.

«Ykdysady kibernetika» okuw kitabynyň maksady ykdysady hünärlerde okaýan we beýleki dolandyryş ulgamlarda işleýän hünärmenler üçin dolandyryş, aragatnaşyk, tehniki we durmuş ulgamlaryndaky maglumatlary işläp taýýarlamagyň ýagdaýlary hakyndaky düýpli bilimleri kemala getirmekden, dürli matematiki modelleriň üsti bilen dolandyryşy netijeli ýagdaýa getirmegiň usullaryny ýerine ýetirmäge goldaw bermekden ybarat.

## YKDYSADY KIBERNETIKANYŇ ESASLARY

### 1.1. Ykdysady kibernetikanyň maksady we meseleleri

*Ykdysady kibernetika – bu ykdysadyýetiň çylşyrymly dinamiki ulgamlaryny dolandyrmak baradaky ylymdyr.*

Ykdysady kibernetikanyň predmeti çylşyrymly ykdysady ulgamlary matematiki we kompýuter modelirlemegiň esasynda dolandyrmagyň usullary bolup durýar. Onuň maksady ykdysadyýetde bar bolan dolandyryş ulgamlaryny kämilleşdirmekden, ýokary netijeli hereket etmegini üpjün edýän dolandyryşyň amatly ýa-da netijeli ulgamlaryny guramakdan ybaratdyr. Bu maksada ýetmek üçin dolandyryş ulgamlarynyň häsiýetlerine, gurluşlaryna we ölçeglerine baglylykda dolandyryş ulgamlarynyň netijeli hereketini gazanmak wezipeleri öňde goýulýar.

Ykdysady kibernetika düşünjesine ýakyn düşüňjeler bardyr [29], olar:

- menejment;
- ykdysadyýeti dolandyrmak ýaly düşüňjelerdir.

Dolandyryşyň obýektine ýa-da olaryň ýerine ýetirýän işlerine baglylykda, dürli adalgalar ulanylýar:

- *management* – ykdysady görnüşli guramalary administratiw dolandyryş;
- *governement* – döwleti dolandyryş;
- *steering* – gämini dolandyryş;
- *driving* – awtomobili dolandyryş;
- *piloting* – uçary dolandyryş;
- *control* – tehnik obýekti dolandyryş.

Ykdysady ulgamlaryň ýerine ýetirýän anyk işleriniň modeller görnüşinde ýerine ýetirilmegini göz önünde tutup, ykdysady kibernetiki garaýyşlar şu aşakdakylara bölünýär:

- dürli ähmiýetli maglumatlar ulgamy;
- ýapyk dolandyryş ulgamy;

- köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamy;
- emeli intellekt ulgamy.

Ykdysadyýet çylşyrymly ulgam bolmak bilen, ol basgançakly gurluşly, tötänleýin, wagta görä özgerýän häsiýetli, uýgunlaşmagyň we özüni guramagyň mehanizminiň depginli ulgamyny özünde jemleýär. Şonuň üçin anyk ulgamlara meňzeş modelleri gurnamak diýseň çylşyrymly, köplenç halatda, ýerine ýetirip bolmajak çözüdi özünde jemleýär. Diýmek, ykdysady netijeliligi gazanmagyň täze usullaryny, dolandyrmagyň ýokary netijeliligini üpjün edip biljek tehnologiýalary ulanmak zerurlygy ýüze çykýar.

Kibernetikada ulgamlaryň dolandyryş tarapyna üns berilýär we onuň esasy düzüjisi bolup dolandyryş obýekti, dolandyryş ulgamy we garşylyklaýyn aragatnaşygy hyzmat edýär. Şu üç düzüm «dolandyryşyň ýapyk ulgamy» diýlip atlandyrylýan ulgamy emele getirýär. Dolandyryşyň ýapyk ulgamy bilen garşylyklaýyn aragatnaşygy janly tebigatda, tehniki ulgamlarda, jemgyýetde, ykdysadyýetde we ş.m. diýseň giňden ýaýrandyr. Kibernetikanyň kanunlaryna laýyklykda dolandyryş ulgamy dolandyryş obýektine laýyk gelmelidir, şonuň üçin umumy kibernetika bilen bilelikde onuň tehniki, harby, lukmançylyk, sosial kibernetika ýaly dürli görnüşleri peýda boldy. Olaryň hataryna ykdysady kibernetika hem degişlidir.

Dolandyryşda ykdysady kibernetika zähmeti ylmy esasyda guramaga, netijeli dolandyryş gurluşyny işläp düzmäge, matematiki, kompýuter we intellektual modelleri peýdalanmaga esaslandyrylan çözümleri optimallaşdyrmaga gönükdirilendir.

## 1.2. Kibernetika barada umumy düşünje

«Kibernetika» adalgasy «*kubernaos*» diýen grek sözünden gelip çykyp, ol «çarhy aýlaýaryn, dolandyryaryn» diýmekdir. Kibernetikanyň ylym hökmünde köpsanly kesgitlemeleri bolup, olar aşakdakylardan ybarat:

- dolandyryşda, aragatnaşykda dürli maglumatlary işläp taýýarlamak [31];

- dolandyryşda, maşynlarda, janly bedenlerde we jemgyýetde dürli maglumatlary ibermegiň umumy kanunalaýyklygyny tapmak [30];
- çylşyrymly dolandyryş ulgamlarynda maglumatlary kabul etmegiň, saklamagyň, ibermegiň we özgertmegiň umumy kanunlaryny öwrenmek [30].

Çylşyrymly dinamiki ulgamlaryň mysaly hökmünde janly bedenleri, durmuş-ykdysady toplumlary we tehniki gurluşlary görkezme bolar. Kibernetika çylşyrymly dinamiki ulgamlara garamak bilen, olaryň hereket etmegini hemmetaraplaýyn öwrenmegi öz önünde wezipe edip goýmaýar, ýagny ulgamlaryň anyk fiziki aýratynlyklary baradaky maglumatlar onuň garaýşyndan daşarda durýar. Ulgamlara abstrakt, olaryň anyk fiziki tebigatyna degişsizlikde garalýar, bu dolandyryşyň hereketi bilen baglanyşykly işleriň akymynyň umumy kanunalaýyklyklaryny tapmaga mümkinçilik berýär.

Kompýuteriň işini kibernetiki ulgam hökmünde häsiýetlendirmek bilen, biz onuň nähili fiziki geçirijiler esasynda hereket edýändigine garaman, eýsem onuň funksional bölümleriniň arasyndaky özara hereketiniň nähili logiki wezipeler bilen guralandygyny, daşky gurşaw we dolandyryş ulgamy bilen alyş-çalyş işiniň nähili amala aşyrylýandygyny derňeýäris.

Çylşyrymly hereketli ulgamlaryň işini dolandyrmak kibernetikanyň öwrenýän predmetidir. Kibernetika diňe ulgamlaryň hereket edýän taraplaryny derňeýär, olarda dolandyryş işleriniň akymy, ýagny dürli maglumatlary ýygnamak, işläp taýýarlamak, saklamak we olaryň dolandyryş maksatlary üçin peýdalanylyşy kesgitlenýär. Kibernetikanyň nazaryýetine şu aşakdakylar degişlidir:

- 1) dolandyryş ulgamlary ýa-da olaryň käbiriniň umumy ýagdaýlaryny bellemek;
- 2) dolandyrylýan ulgamlaryň umumy kanunalaýyklygyny tapmak;
- 3) dolandyrylýan ulgamlara mahsus bolan çäklendirilmeleri ýüze çykarmak;
- 4) bellenilen ýagdaýlary we tapylan kanunalaýyklyklary iş ýüzünde peýdalanmagyň ýollaryny kesgitlemek.

Ykdysady kibernetikanyň esasy wezipesi – optimallaşdyrmak, ýagny meseläni çözmek, ulgamlaryň her bir elementiniň işiniň guralyşynyň, şol ulgamlaryň hereket etmeginiň netijeleriniň has ýokary derejelere ýetmek üçin peýdalanylýan çykdajylaryň has az bolmagyny gazanmak bolup durýar.

Biziň eýýamymyzdan oň IV asyrdan Afinyda ýaşan grek filosofy Platon kibernetika adalgasyny ilki başda «gämini, soňra bolsa jemgyýeti hem dolandyrmak sungaty» manysynda peýdalanylýar.

Kibernetika ylym hökmünde 1948-nji ýylda amerikan alymy Norbert Wineriň rus dilinde «Кибернетика, или управление и связь в животном и машине» atly kitaby çap edilenden soň uly meşhurlyga eýe boldy. N.Wineriň bellemegine görä, kibernetika – *bu janly we jansyz tebigatdaky, tehnikadaky we ykdysadyýetdäki maglumatlary dolandyrmagyň we gaýtadan işlemegiň umumy kanunalaýyklyklary baradaky ylmydyr.*

Ulgamlaryň dürli toparlarynda dolandyryşyň özboluşlylygy bilen baglanyşyklylykda ykdysady kibernetikanyň şu aşakdaky ugurlary tapawutlandyrylýar:

- tehnik kibernetika;
- lukmançylyk kibernetikasy;
- ykdysady kibernetika we ş.m.

Islendik düşünje esasy adalgalaryň kömegi bilen kesgitlenilip bilner, ýagny ykdysady kibernetika baş sany esasy adalga bilen kesgitlenilýär:

1. **Ulgam** – bitewi maksada gönükdirilen özara hereket edýän düzümleriň umumy jemi görnüşinde.
2. **Maglumat** – çuň manyda – islendik maglumatlar, dar manyda – täze maglumatlar görnüşinde.
3. **Dolandyryş** – obýekti talap edilýän ýagdaýa ýetirmek üçin maksada gönükdirilen täsirler görnüşinde.
4. **Modelirlmek** – obýekt baradaky maglumatlary öwrenmek bilen onuň modelini düzmek.
5. **Emeli intellekt** – bu ylmy ugur bolup, adam üçin intellektual wezipeleri kompýuteriň kömegi arkaly üznüksiz ýerine ýetirmek maksady bilen ulanylýar.

Emeli intellekt babatdaky işler 1943-nji ýylda neýrokibernetikanyň döremegi bilen başlandy.

### 1.3. Kibernetikanyň ösüş taryhy

Dolandyryş işlerini aňlatmak üçin kibernetika adalgasyny gadymy grek filosofy Platon ilkinji bolup ulandy. Ol öz ylmy işlerinde kibernetikany «gämini ýa-da arabany dolandyrmagyň sungaty», şeýle hem, oňa meňzeşligi emele getirmek bilen, kibernetikany «adamlary dolandyrmagyň sungaty» diýip atlandyrdy. Fansuz fizigi A.M.Amper (1775–1836 ý.) «Filosofiýa ylmy hakynda tejribe ýa-da ähli adamzat bilimleriniň tebigy klassifikasiýasynyň analitik beýany» (1834 ý.) atly işinde kibernetikany: «Halky gündelik dolandyrmak hakyndaky ylym, ol ýurda parahatçylygy, gülläp ösüşi getirmekte umumy wezipeleri durmuşa geçirmegiň dürli görnüşli borçlaryny nazarda tutmak bilen öz önünde durýan anyk wezipeleri çözmäge kömek edýär» diýip belleýär.

Kibernetika ylmynyň ösüş taryhy 1937-nji ýyldan başlanýar, şol ýyl amerikan matematigi Norbert Winer tarapyndan ylmy maslahat gurnalýar, bu maslahata dürli hünärli alymlar – matematikler, fizikler, biologlar, fiziologlar, sosiologlar çagyrylýar. Şol maslahatyň netijesinde ylmyň täze ugrunyň, ýagny kibernetika ylmynyň düýbi tutulýar.

*Kibernetika* adalgasy bellibir wagtlarda unudylyp, ol diňe 1948-nji ýylda täzeden dikeldildi, şol ýyl amerikan alymy, Massachusetts tehnologiýa institutunyň professory matematik N.Winer «Кибернетика, или управление и связь в животном и машине» atly kitabynda, biologik, tehniki we durmuş hadysalarynyň dolandyryş ulgamlaryna degişli kanunalaýyklygy baýlaşdyrdy. Durmuş ulgamlaryndaky dolandyryşyň meselelerine ol özüniň «Kibernetika we jemgyýet» (1954ý.) atly kitabynda has jikme-jik garap geçýär. N.Wineriň kitabynda umumy manyda şu aşakdaky «dünýä kerpiçlerine» – elementlere, gurluşlara, ulgamlara, aragatnaşyga, dolandyryşa we maglumatlara garamagyň maksadalaýykdygy baradaky taglymat ösdürilýär. Ilkinji üç «kerpiç» erkin gurluşy emele getirýär, dördünjisi onuň bitewüligini, başinjisi – wezipeleriň ýerine ýetirilişini,

altynjysy – many aňlatmasyny häsiýetlendirýär. Kibernetikanyň ylym hökmünde kemala gelmegi dolandyryşyň tehniki serişdeleriniň ösüşi we maglumatlaryň özgermegi bilen baglanyşyklydyr. Awtomatik önümçiligiň ýüze çykmagy aýry-aýry önümçilik amallaryny mehanizmeleşdirmäge, olaryň çaltlygyny we ýerine ýetiriliş takyklygyny gazanmaga mümkinçilik berýän ýörite tehniki gurluşlaryň döredilmegini talap edýär. Awtomatik kadalaşdyryşyň nazaryýetiniň we tejribesiniň ösüşinde adaty differensial deňlemeleriň ulgamyny modelirlemäge we çözmäge ukyply differensial seljermeleriň XX asyryň başynda oýlanyp tapylmagy möhüm orny eýeledi. Ýönekeý mehaniki arifmometr eýýäm XVIII asyrdan fransuz alymy B.Paskal tarapyndan oýlanylyp tapyldy, ýöne diňe XIX asyrdan iňlis alymy Ç.Bebbidj häzirkä çäzaman kompýuterine kybapdaş awtomatik sanly hasaplaýyş maşyny döretmäge ilkinji bolup synanyşygy amala aşyrdy. Kibernetikanyň ösdürilmegine iňlis matematigi A.Ýuring (1912–1954 ý.) uly goşant goşdy. Ol uniwersal awtomatlaryň nazaryýetini we awtomatyň abstrakt shemasyny işläp taýýarlady, bu shema islendik algoritmi durmuşa geçirmäge amatly bolmak bilen, ol «Ýuringiň maşyny» (1936 ý.) diýen ady eýe boldy. Ikinji jahan urşundan soň iňlis alymy A.Ýuring ilkinji EHM-i işläp taýýarlady hem-de programmalaşdyrmagyň meseleleri bilen meşgullandy. Kibernetikanyň ösdürilmegi üçin amerikan alymy J.Neýmanyň işleri aýratyn ähmiýete eýedir, ol XX asyryň 40-njy ýyllarynda ilkinji sanly elektron hasaplaýyş maşyny (EHM) döretdi. EHM-iň döredilmegi bilen çylşyrymly dolandyryş ulgamlaryny işläp taýýarlamakda täze mümkinçilikler peýda boldy. Hasaplaýyş tehnikasynyň çalt ösüşi geçen asyryň 60-70-nji ýyllarynda kibernetika we onuň bütindünýä boýunça depginli ösdürilmegine uly gyzyklanma döretdi.

**Robot** (*rob* atly çeh sözünden gelip çykyp, gul ýa-da boýun egdirmäniň nusgasy ýaly manylary aňladýar) – bu adam tarapyndan dürli amallary ýerine ýetirmek üçin niýetlenilen elektromehaniki, gidrawlik, pnevmatiki gurluşlardyr (ýa-da olaryň birleşen nusgasydyr).

Robot adalgasyny alym-ýazyjy K.Çapek oýlap tapýar (bu adalga ilkinji gezek Çapegiň «Россумские универсальные роботы» atly pýesasynda ulanylýar, Leonardo da Winçi adama meňzeş robotyň ilkinji çyzgysyny taýýarlaýar, onuň ýazgylarynda adamyň mehani-

ki beden çyzgylary şekillendirilipdir we bu modellerde «adam» elini süýşürmäge, kellesini hereketlendirmäge, penjesini açmaga ukyply bolupdyr. Robotlar ähli mümkin bolan ululykda we görnüşde bolup bilýär, şeýle hem, islendik kadada we düzgünde işläp bilýärler. Mysal üçin, termostat, skaner we ş.m. hem robot bolup durýarlar. Şular ýaly robotlar üçin, adatça, «awtomat» diýlen adalga ulanylýar. Häzirki zaman robotlar operatora ýa-da öňünden taýýarlanylýan programma boýunça berilýän buýruga tabyn bolup, şeýle hem emeli intellekt tehnologiýasynyň kömegi bilen hereketleri ýerine ýetirýärler.

Kibernetikanyň ylym hökmünde ösdürilmegi matematika, mehanika, awtomatik dolandyryş, hasaplaýyş tehnikasy, ýokary nerw işiniň fiziologiýasy babatda alymlaryň köpsanly ylmy işleri [27, 28] esasynda amala aşyryldy. Awtomatik kadalaşdyryşyň nazaryýetiniň we kadalaşdyrmagyň durnukly ulgamlarynyň nazaryýetiniň esaslary görnükli rus matematigi we mehanigi I.A.Wyşnegradskiniň (1831–1895 ý.) işlerinde öz beýanyny tapdy, bu alym bug maşynlarynyň awtomatik sazlaýjylarynyň hasabynyň nazaryýetini we usullaryny işläp taýýarlady. Öz döwrüniň görnükli matematikleriniň biri bolan A.M.Lýapunowyň (1857–1918 ý.) işleri tehniki kibernetikanyň nazaryýetini işläp taýýarlamakda mynasyp orna eýe boldy, hususan-da, awtomatik hereketiň durnuklylygyny işläp taýýarlady. Janly bedenlerde dolandyryş işlerini barlamak bilen belli rus fiziologlary I.M.Seçenow (1829–1905 ý.) we I.P.Pawlow (1849–1936 ý.) meşgullandylar. Olaryň işleri biologik kibernetikanyň ösdürilmeginiň başyny başlady. I.M.Seçenow reflektor nazaryýetini esaslandyrdy we öz döwrüniň ýagdaýy üçin beýniniň mehaniki işi hakyndaky pikiri öňe sürdi. I.P.Pawlowyň işleri şertli refleksler we awtomatik kadalaşdyryş nazaryýetiniň afferentasiýa ýörelgesi bilen ýokary nerw işiniň fiziologiýasyny baýlaşdyrdy.

#### **1.4. Ylym ulgamynda kibernetikanyň orny we beýleki ylymlar bilen arabaglanyşygy**

Kibernetika ylym matematikanyň, logikanyň, semiotikanyň, biologiýanyň we sosiologiýanyň öwrenilmeginde ýüze çykdy. Ol maşynlaryň, janly bedenleriň işiniň, şeýle hem käbir jemgyýetçi-



lik hadysalaryň arasyndaky meňzeşligi ýüze çykaryp, matematiki logikanyň, ähtimallyk nazaryýetiniň, elektronikanyň we ş.m. käbir ylmylaryň netijelerini peýdalanýar. Matematika we matematiki logika kibernetika nazaryýetiniň esasy düzýär. Kibernetikada dolandyryş ulgamlarynyň barlaglarynyň usullaryny işläp taýýarlamak üçin kibernetikanyň nazaryýeti, maglumatlar nazaryýeti, algoritimleriň nazaryýeti, oýunlaryň nazaryýeti, amallary derňemek, amaly matematiki nazaryýetiniň esaslary we usullary ulanylýar.

Amaly kibernetika derňelýän obýektiň görnüşine görä, tehniki, biologik we durmuş kibernetikasy ýaly toparlara bölünýär. Tehniki kibernetika awtomatik kadalaşdyrmak we dolandyrmak, tehniki ulgamlary işläp taýýarlamak, şeýle hem maglumatlary ýygnamagyň, ibermegiň, saklamagyň, özgertmegiň, keşpleri tanamagyň we beýleki tehniki ulgamlar bilen baglanyşykly dürli meseleleri derňeýär.

Biologik kibernetika biologik ulgamlardaky, ýagny janly bedenlerdäki maglumatlary saklamagyň, geçirmegiň we işläp taýýarlamagyň umumy kanunlaryny öwrenýär. Ony lukmançylyk kibernetikasy, fiziologik kibernetika, neýrokibernetika, psihologik kibernetika ýaly bölümlere hem bölýärler. Lukmançylyk kibernetikasynada dürli keselleriň modelleri, keseli anyklamak, çaklamak we bejermek üçin peýdalanylýan ulgamlaryň funksional zygiderliligi guralýar; fiziologik kibernetika kadada we patologiýada öýjükleriň wezipelerini öwrenýär we modelirleýär; neýrokibernetikada nerw ulgamynyň informasiýalaryny işläp taýýarlamagyň hadysalary modelirlenilýär; psihologik kibernetikada adamyň özüni alyp barşyny öwrenmek esasynda psihiki derejesi modelirlenilýär. Biologik we tehniki kibernetikanyň arasynda bionika-tehniki gurluşlaryň prototipi hökmünde biologik işleriň we mehanizmleriň modelleriniň peýdalanylyşy baradaky ylym hyzmat edýär.

Durmuş kibernetikasy dolandyryş işleriniň guralyşyny derňeýär, ýagny ol ykdysady ulgamlaryň barlagynyň netijesinde alynýar, sebäbi bu ulgamda mukdar görkezijileriň ösüşini kesgitlemek zerurlygy ýüze çykýar.

Aragatnaşykda, dolandyryşda, ykdysady we statistiki seljermelerde ykdysady kibernetikanyň usullaryny ulanmak netijeli bolup

biler. Häzirki wagtda dolandyryşyň awtomatlaşdyrylan ulgamlaryny modelleşdirmek intellektual aň we neýrotorlar esasynda robot tehnikasyny ösdürmek aýratyn ahmiýete eýe boldy. Kibernetikada täze umumy ylmy düşüňjeler işlenilip taýýarlanylýar, ol düşüňjeler soňra ylmyň beýleki pudaklarynda we barlag usullarynda: ähtimallykda, stohastikada, kompýuterleri modelirlemekde ulanylýar. Has ýönekeý tehniki ulgamlaryň hereket etmeginiň öwrenilmegi olarda bolup geçýän işlere akyl ýetirmek maksady bilen has çylşyrymly ulgamlaryň işiniň mehanizmi hakyndaky ylmy çaklamany öňe sürmäge mümkinçilik berýär.

## 1.5. Kibernetikanyň gurluşy

**Kibernetika** – bu aýratyn bir ylym däl-de, eýsem birnäçe ylmymlaryň we ylmy dersleriň umumy jemidir (*1.1-nji tablisa*).

*1.1-nji tablisa*

Düýpli ylmymlar	<b>Kibernetika</b> – maglumatlar ylmynyň, şol sanda anyk ulgamdan kibernetika düşüňjesine geçmek esasynda ulgamy modelirlemäge, onuň häsiýetini derňemäge we ulgamy kämilleşdirmek barada maslahat bermäge mümkinçilik berýän dolandyryş ylmynyň umumy jemidir		Ylmy dersler		
Ulgamlaryň nazaryýeti			Köpçülikleýin hyzmatyň nazaryýeti		
Dolandyryş nazaryýeti			Ulgamlary optimallaşdyrmak		
Maglumatlaryň nazaryýeti			Amalary derňemek		
Modelirlemek			Oýunlaryň nazaryýeti		
Emeli intellekt			Çözümleri kabul etmegiň nazaryýeti		
			Graflar nazaryýeti		
			Keşpleri tanamak		
<b>Amaly kibernetika</b>					
Ykdysady kibernetika	Harby kibernetika	Durmuş kibernetikasy	Biologik kibernetika	Tehniki kibernetika	Lukmançylyk kibernetikasy

«Kibernetika» diýlip atlandyrylýan ylmy ugruň düzümine girýän dersleriň umumy jemini öwrenmegiň maksady kibernetiki dünýägaraýşy kemala getirmekden ybaratdyr. Bu dünýägaraýş hünärmeniň kibernetikanyň gurşap alýan işlere we hadysalara diňe bir adaty düşünjeleriň nukdaýnazaryndan däl-de, eýsem, kibernetika düşünjeleriniň nukdaýnazaryndan garamak başarnygyna eýe bolmagynda jemlenýär. Adaty düşünjeden kibernetiki düşünjä geçmegiň mysaly 1.2-nji tablisada görkezilýär:

*1.2-nji tablisa*

<b>Adaty düşünjeler</b>	<b>Kibernetiki düşünjeler</b>
ÝOM	Ýokary bilimi dolandyrmak ulgamy
Talyplar	Dolandyryş obýekti
Rektorlyk, dekanlyk, mugallymlar düzümi	Dolandyryş ulgamy
Synaglar, hasaplar	Garşylyklaýyn aragatnaşyklar
Bahalandyrmak	Dolandyryş guraly

## **1.6. Ykdysady kibernetikanyň düzümi**

Ykdysady kibernetikanyň gurluşy we düzümi kibernetika hem-de ykdysady kibernetika üçin umumy bolup durýarlar, olar:

- Düýpli (fundamental) ylmlar:
  - ulgamlaryň nazaryýeti;
  - modelirllemek;
  - dolandyryş nazaryýeti;
  - maglumatlar nazaryýeti;
  - emeli intellekt.
- Ylmy dersler:
  - köpçülikleýin hyzmat nazaryýeti;
  - ulgamlary optimallaşdyrmak;
  - amallary barlamak;
  - oýunlaryň nazaryýeti;
  - keşpleri tanamak;
  - graflar nazaryýeti.

Şunuň bilen birlikde dolandyryş obýekti hökmünde ykdysadyýetiň özboluşlylygyny nazarda tutanyňda, ykdysady kibernetika üçin şu aşakdaky ylmy dersler esasy orny eýeleýär:

- imitasiýa esasynda modelirmek;
- ätiýaçlyklary dolandyrmak;
- çylşyrymly ulgamlary dolandyrmak;
- optimallaşdyrmagyň köpölçeqli meseleleri;
- ykdysadyýetiň dinamiki modelleri;
- önümçilik wezipeleri;
- töwekgelçiligi dolandyrmak;
- guramagyň nazaryýeti;
- gozgalmaýan emläge, hususy ýer eýeçiligine, intellektual eýeçilige we şuna meňzeşlere ykdysady seljerme hem-de baha bermek.

### **1.7. Dürli amaly ugurlarda kibernetiki ulgamlary gurmagyň ýörelgeleri**

Kibernetikada dürli amaly ulgamlar üçin birmeňzeş ýörelgeler ulanylýar. Amaly ulgamlaryň hataryna şu aşakdaky dolandyryş ulgamlary degişli edilýär:

- tehniki kibernetika – awtomobil, uçar, raketa dolandyryş ulgamlary;
- lukmançylyk kibernetikasyna – eliň, aýagyň, gözleriň we ş.m. dolandyryş ulgamlary;
- harby kibernetika – goşunlary, söweşi dolandyrmak;
- sosial kibernetika – bilimi, saglygy goraýşy dolandyrmak.

Bir-birine meňzemeýän bu ulgamlaryň gurluşy birmeňzeş ýörelgeleriň peýdalanylmagyna esaslanýar, olaryň hatarynda şu aşakdakylary görkezmek bolýar:

- dolandyryjy ulgamyň we dolandyryş ulgamynyň bir-birine laýyklygy;
- dolandyryş obýektiniň çylşyrymlylygyny artdyrmak bilen dolandyryjy ulgamyň çylşyrymlylygynyň artmagy;
- garşylyklaýyn aragatnaşygyň ýörelgesi esasynda dolandyryş ulgamlarynyň guralyşy, ýagny dolandyryş obýektleri, dolan-

dyryjy ulgam we aragatnaşygyň garşylyklaýyn kanaly durýarlar;

- gomeostaz dolandyryş ýörelgesi, ýagny dolandyrylýan garşylyklaýyn baglanyşyk ýörelgesiniň ulanylmagy, mysal üçin, bir ulgam walýutanyň mukdaryny artdyrýar, beýleki ulgam bolsa bu mukdary azaldýar we walýutanyň hümmetiniň hemişelik derejesiniň bolmagyny talap edýär;
- ulgamyň bitewülik ýörelgelerini peýdalanmak, emerjentlilik;
- alnan maglumatlar netijesinde ulgamyň kesgitlenilmedik ýagdaýyny azaltmak;
- modelirlemegiň ýörelgesini peýdalanmak, ýagny onuň modelini barlamagyň ýoly bilen alnan maglumatlary ulgama geçirmek;
- ulgamlaryň guralyş halatynda basgançaklyk ýörelgesini peýdalanmak;
- merkezleşdirilen we merkezleşdirilmedik ulgamlary peýdalanmak;
- ulgamlaryň netijeliligine baha berlen halatynda kabul ederlik we amatlylyk ýörelgelerini peýdalanmak;
- uýgunlaşmak we öz-özünü dolandyrmak ýörelgelerini peýdalanmak, ýagny ulgamlaryň ölçegleriniň we gurluşynyň üýtgemegi;
- emeli intellektiň ulgamlarynyň gurluş ýörelgelerini peýdalanmak;
- köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamlary görnüşinde ulgamlary hödürlemek;
- hereketiň häsiýeti bilen talap edilýän durnukly, täsirli ulgamlary guramak.

## **1.8. Sanly ykdysadyýeti ösdürmekde kibernetikanyň tutýan orny**

2018-nji ýylyň 30-njy noýabrynda Türkmenistanda 2019–2025-nji ýyllarda sanly ykdysadyýeti ösdürmegiň Konsepsiyasy [14] tassyklanyldy.

1995-nji ýylda ABŞ-da Massaçuset uniwersitetinde amerikan alymy Nikols Negroponte tarapyndan ilkinji gezek sanly ykdysadyýet (*digital economy*) düşünjesi girizildi. Maglumat-kommunikasion tehnologiýalaryň çalt depginde ösmegi bilen ykdysadyýeti täzeçe dolandyrmak mümkinçiliginiň bardygy ara alnyp maslahatlaşyldy. Şeýlelikde, sanly ykdysadyýet düşünjesi durmuşa ornaşyp başlady.

**Sanly ykdysadyýet – sanly tehnologiýalary ulanmagyň esasynda ykdysady, durmuş we medeni gatnaşyklaryň ulgamy bolmak bilen, ol sanly telekommunikasiýalaryň kömegi arkaly amala aşyrylýan ykdysadyýetdir.**

Sanly ykdysadyýet – ykdysadyýetiň tölegler, hyzmatlar, telekeçilik, täjirçilik, söwda we beýleki ulgamlaryny maglumat-kommunikasion tehnologiýalar esasynda dolandyrmakdyr.

Sanly ykdysadyýet düşünjesi «elektron ykdysadyýet», «elektron senagat», «internet-ykdysadyýet» ýa-da «web-ykdysadyýet» ýaly adalgalar bilen baglanyşyklylykda ulanylýar.

Türkmenistanda sanly ykdysadyýeti ösdürmegiň Konsepsiýasyna laýyklykda ony durmuşa ornaşdyrmak üçin şu aşakdakylar kesgitlenildi:

#### **Sanly ykdysadyýet ulgamyna geçilmegiň maksady:**

► Berkarar döwletimiziň bagtyýarlyk döwründe milli ykdysadyýeti diwersifikasiýa ýoly bilen ösdürmek;

► milli ykdysadyýete sanly ulgamy ornaşdyrmak boýunça öňdebaryjy döwletleriň derejesine ýetirmek, elektron senagatyny ösdürmek;

► adamyň aň-bilim maýasyna, işewürlige we maglumat-aragatnaşyk tehnologiýalarynyň soňky gazananlaryna esaslanýan ösen ykdysadyýeti kemala getirmek;

► innowasion, ýokary tehnologiýaly, bäsdeşlige ukyply sanly ykdysadyýeti ösdürmek.

#### **Konsepsiýany amala aşyrmagyň ugurlary:**

1. Sanly ykdysadyýetiň ösdürilmegi üçin zerur üpjünçilik ulgamyny we guramaçylyk şertlerini döretmek hem-de onuň kanunçylyk binýadyny kämilleşdirmek;

2. Sanly ykdysadyýetiň hünärmen we ylym-bilim üpjünçiligini ösdürmek;
3. Ýurdumyzda ykdysadyýetiň dürli pudaklarynda sanly tehnologiýalary giňden ornaşdyrmak;
4. Býujet ulgamynda sanly tehnologiýalaryň paýyny artdyrmak;
5. «Sanly bilim», «sanly saglygy goraýyş», «elektron resminamalar dolanyşygy», «elektron görnüşde döwlet hyzmatlary», «maliýe işlerini awtomatlaşdyrmak – meýilnamalaşdyryş we hasabatlylyk ulgamlary»;
6. Tehnologik başlangyçlary we ylmy çözgütleri emele getirmäge şertleri döretmek;
7. Maglumat üpjünçilik ulgamyny döretmek;
8. Uly göwrümlü maglumatlary saklamak üçin Maglumat merkezini (*Data Center*) döretmek;
9. Ygtybarly maglumat goraglylygyny we howpsuzlygyny üpjün etmek.

**Ykdysadyýetiň pudaklarynyň sanly ulgama geçmegi, esasan, iki sany ugry öz içine alýar:**

- **birinjisi** – *sanly resminamalar dolanyşygyny ýola goýmak*. Munuň özi döwletiň içki gurluşlarynyň özara gatnaşyklaryny – **G2G (hökümet bilen hökümet)**, raýat bilen özara gatnaşyklaryny – **G2C (hökümet bilen müşderi)**, işewürlük bilen özara gatnaşyklaryny – **G2B (hökümet bilen işewürlük)** öz içine alýar. Her bir raýatyň we her bir işewüriň şahsy penjiresi döredilýär;

- **ikinjisi** – ykdysadyýetiň döwlete dahylsyz bölegindäki edaralaryň, kärhanalaryň we beýlekileriň sanly ulgama birikdirilmegini ýola goýmak. Munuň özi, bazar gatnaşyklarynda bäsdeşlige ukyply täze gurallaryň döremegine ýardam berýär.

**Türkmenistanda «Sanly ykdysadyýete» geçmek mümkinçiligi:**

- ▣ Ýurdumyzyň pudaklarynyň ähli edara-kärhanalary ýokary mümkinçilikli innowasion tehnologiýalar bilen doly üpjün edilen;
- ▣ «Türkmen Älem 52°E» Milli aragatnaşyk hemramyz arkaly ýurdumyzyň ähli çäginde ýokary tizlikli Internet ulgamy bilen üpjün edilen;

- Ýurdumyzda sanly ykdysadyýet ulgamynda döredilen iş orunlarynda işlejek ýokary bilimli hünärmenler ýurdumyzyň ÝOM-de, has takygy Türkmen döwlet ykdysadyýet we dolandyryş institutynda täze açylan hünärlerde: ykdysady kibernetika, elektron işewürligiň ykdysadyýeti, elektron täjirçilik we beýleki dowam edýän hünärlerde taýýarlanylýar;
- Häzirki wagtda ähli pudaklaryň edara-kärhanalary doly elektron töleg hyzmatlaryna, elektron resminama dolanyşygyna geçdi.



## KIBERNETIKADA MAGLUMAT

---

### 2.1. Maglumat barada düşünje we olary mukdar taýdan ölçemek

**Maglumat** – bu kompýuterde ýygnalýan, işlenip taýýarlanylýan, saklanylýan ýazgylaryň, tablisalaryň we ş.m.-iň sanlar, sanly harplar, grafikler gönüşidir.

Kibernetikada maglumat düşüncesine dürli alymlar tarapyndan berlen kesgitlemeler bar:

- Daşky gurşawa uýgunlaşmagyň barşynda daşky gurşawdan alnan habarlaryň mazmunynyň aňladylmagy (N.Winer);
- Kommunikasiýa we aragatnaşyk, onuň barşynda kesgitsizligiň aradan aýrylmagyny aňladýar (K.Şennon);
- Maglumatlaryň dürli görnüşliligini aňladýar (U.Eşbi);
- Gurluşlaryň çylşyrymlylygynyň ölçegi (A.Mol).

Kesgitlemeleriň ählisi hem anykdyr we olar maglumaty mazmuny, ýerine ýetirýän wezipesi we görnüşi nukdaýnazaryndan beýan edýärler. Maglumata adamyň beýleki adamlar bilen, şeýle hem, töweregimizi gurşap alýan daşky gurşaw bilen özara gatnaşygynyň serişdesi hökmünde garamak bolar. Maglumat «arassa» görnüşinde berlip, kabul edilip we saklanylýp bilinmez. Onuň hereket etmegi üçin hökmany ýagdaýda maglumat göteriji zerurdyr.

Habar – bu maglumatlaryň yzygiderli şertli belgileriň kömegi arkaly aňladylýan, haýsydyr bir tertibe salnan umumy jemi emele getirýän wakalaryň kodlaşdyrylan ekwiwalentidir. Aragatnaşyk kanallary habarlary geçirmegiň serişdeleri bolup durýarlar. Aragatnaşyk kanaly boýunça habarlar diňe şol kanal üçin bellenen signallar görnüşinde berlip bilner.

Signal – bu aragatnaşyk kanalynda ýaýradylýan fiziki hadysa we haýsydyr bir waka, obýektiň ýagdaýy, dolandyryş topary we şuna meňzeş habarlary özünde saklaýjy bolup durýar (mysal üçin, elektrik signallary elektron we elektrik enjamlarynda, akustiki signallar

bolsa gaz, suwuklyk, gaty jisimde we ş.m. ýaýraýarlar). Maglumaty signallaryň jeminiň kömegi bilen bermek mümkinçiligi maglumatyň möhüm görkezijisi bolup durýar. Mundan başga-da, dürli mazmuna eýe bolan habarlar umumy dile geçirilip bilner, bu habarlary göterýän maglumatlar bolsa, san taýdan ölçenilip bilner.

Maglumatyň özboluşlylygyny, onuň ukyplylygyny beýan edýän görkezijiler:

1. Uzak aralyga bermekde;
2. Täzeden işlenilmeginiň zerur bolan ýagdaýynda;
3. Wagtyň islendik aralygynyň dowamynda saklanylmagynda we üýtgedilmeginde;
4. Passiw görnüşden işjeň görnüşe geçmeginde (mysal üçin, ýatdan çykarylan, bozulan, soň dikeltmek arkaly ulanmak).

## 2.2. Maglumatlaryň esasy aýratynlyklary

Maglumatlar öz aýratynlyklary boýunça birnäçe görnüşlere bölünýärler.

Maglumatlaryň esasy aýratynlyklaryna garap geçeliň.

1. Maglumat material görkeziji däl-de, eýsem, ideal görkeziji bolup durýar, emma ol material göterijiler görnüşinde ýüze çykýar. Maglumatyň material göterijileri bolup, şu aşakdakylar hyzmat edýärler:

- tekstler;
- elde çekilen suratlar;
- fotosuratlar;
- ses signallary;
- elektrik signallary;
- magnit ýazgylary we ş.m.

2. Massanyň we energiýanyň saklanmak kanunlaryna meňzeşlikde maglumat saklanyş kanunlaryna tabyn bolmaýar. Mysal üçin, kitapda saklanylýan maglumat onlarça we yüzlerçe müň nusgada neşir edilýär, diktoryň telewizion habaryny diňleýjileriň yüzlerçe million kabul edýär we ş.m.

3. Maglumat daş-töweregimiz barada düşünje berýär, ol düşünje şol wagtda şol informasiýany alýançak ýokdy.

4. Maglumat jemgyýetçilik serişdesi bilen hemişe köpelyän bolup durýar. Daşymyzy gursap alýan zatlar – kemelyän serişdelerden tapawutlanýar. Maglumat serişdeleriň ýeke-täk görnüşi bolmak bilen, ol adamzadyň taryhy ösüşiniň barşynda egsilmeýän, eýsem zygydier artýan serişde bolup durýar.

5. Maglumatyň möhüm häsiýetnamasy onuň gurluşydyr, şol bir maglumat dürli gurluşlarda beýan edilip bilner. Maglumatlar bazasynda maglumatlary saklamagyň logiki gurluşlary dürli gurluşlaryň mysallary bolup durýarlar, ol maglumatlaryň tablisa modelleri diýen adyna eýe boldy.

6. Şol bir maglumat dürli görnüşde berlip bilner. Mysal üçin, dörde deň bolan sanda, maglumaty şu aşakdaky görnüşlere laýyklykda berip bolar: arap sany – 4, rim sany – IV, rus sözi – «четыре», iňlis sözi – «Four» we ş.m.

7. Maglumat belgilerde hem, şeýle-de olaryň özara ýerleşişinde hem jemlenilip bilner. «T», «R», «S», «O» belgileriň özara ýerleşişlerine baglylykda olar dürli maglumatlary göterip bilerler: «sort», «tor», «tros».

8. Belgini saklaýan maglumat ýagdaýa baglylykda üýtgäp hem biler. Mysal üçin, «T» belgisi tekstde harp hem bolup biler, taksi duralgasy barada maglumat belgisi görnüşinde hem bolup biler.

9. Belgiler we signallar diňe olary tanamaga ukyply kabul ediji hökmünde maglumatlary göterýär. Mysal üçin, iňlis dilindäki maglumaty diňe iňlis dilini bilýän kabul edip biler. Telewideniýe alyp beriş, radio eşitdiriş we öýjükli telefon, degişlilikde, her biri öz signalyny alýar.

10. Maglumatyň manysy sähelçe aýratynlygyna baglylykda üýtgäp biler.

Maglumatlary mukdar taýdan ölçäp, sanap bolar. Munuň üçin habaryň manysyndan netije çykarylýar. Iňlis alymy K. Şennon ähtimallyk çemeleşme esasynda maglumatlaryň mukdaryna formal kesgitleme berdi we dürli signallar bilen getirilýän maglumatlaryň mukdaryny deňeşdirmäge mümkinçilik berýän ölçegleri görkezdi.

Signal bilen wakanyň arasynda bir manyly gatnaşygyň bardygyny görmek bolýar. Anyk wakanyň käbir taraplarynyň *izomorf*

şekillendirilmegi signallaryň jemi bolup durýar. Waka bilen signalyň aragatnaşygy olaryň kesgitlenilen görnüşini saýlap almak ukybyny döredýänliginden ybaratdyr. Islendik habara  $t$  pursatdaky kesgitlenilen  $x$  waka baradaky maglumat hökmünde garalyp bilner. Bu waka  $t$  döwürüň pursadynda  $s$  ulgamyň köpsanly mümkin bolan ýagdaýlaryň haýsy birinde durandygy baradaky maglumatlary özünde jemleýär. Aragatnaşygyň barşy köpsanly mümkinçilikleriň bolmagyny göz önünde tutýar.

Umumy kabul edilen arap san ulgamy 10-luk sana ýörite ähmiýet berýär. Emma hasaplamagyň onluk sany diňe endik bilen aňlanylýar. Ýewropanyň we Aziýanyň birnäçe ýurtlarynda, şeýle hem Russiýada XX asyryň başyna çenli bellibir derejede ikilik ulgamdaky sanlaryň görkezilmegini ulandylar. Görnüşine görä, islendik çylşyrymly habary iki sany dürli nyşanlarda gurlan yzygiderliligiň kömegi arkaly üstünlikli bermek mümkin. Bütün dünýäde iki nyşan – 0 we 1 kabul edilendir; olara – 0 – signalyň ýoklugy, 1 – signalyň barlygy degişlidir. Eger ulgam  $N$  ýagdaýlaryň birinde duran bolsa, olaryň köplügi « $x_1 \dots x_N$ » habary kabul edijä mälimdir, onda ulgamyň ýagdaýy hakyndaky maglumaty bermek üçin ýagdaýyň duran  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) belgisini görkezmek ýeterlikdir. Bu belgi özünde elipbiýdäki sözi jemleýär, sanlar onuň harplary bolup durýar. ABŞ-nyň «Bella» telefon kompaniýasy hem şu esasyda hasaplaýyş maşynyny döretdi, onuň esasy-na ikilik hasaplaýyş ulgamy goýuldy. Birnäçe birlikleriň, onluklaryň, ýüzlükleriň möçberleriniň görnüşlerini sanlarda ýazmagyň deregine, birlikleriň, ikilikleriň, dörtlükleriň, sekizlikleriň möçberi görnüşinde tutuş sany görkezmek bolar.

Islendik  $i$  sany şu aşakdaky görnüşde ýazmak bolar:

$$a_m a_{m-1} \dots a_1,$$

bu ýerde her bir  $a$  diňe iki ähmiýeti kabul edip biler: 0 ýa-da 1. Bu ýazgy şulary aňladýar:

$$i = a_m * 2^{m-1} + a_{m-1} * 2^{m-2} + a_1.$$

Eger onlugyň ýazgysynyň sany  $i = 35$ -e barabar bolsa, onda ol ikilik ýazgyda şu görnüşe eýe bolar:  $i = 100011$ . Eger bu sany ha-

saplamagyň onluk ulgamynda täzeden ýazsak, onda şu aşakdaky görnüşe eýe bolar:

$$35 = 1*32 + 0*16 + 0*8 + 0*4 + 1*2 + 1.$$

Hasaplamagyň ikilik ulgamynda 1-den 15-e çenli sanlaryň ýazgysy şu aşakdaky görnüşe eýe bolar: 1, 10, 11, 100, 101, 110, 111, 1000, 1001, 1010, 1011, 1101, 1110, 1111, 27 san bolsa 11011 nyşanlaryň zygiderliginde berilýär. Getirilen mysallardan görnüşi ýaly, islendik waka hakyndaky habar iki harply elipbiýdäki söz görnüşinde ýazylyp bilner.  $M$  uzynlygyň dürli ikilik zygiderliligi  $2^m$ -e eýedir, sebäbi her bir nyşan bir-birine garaşly bolmazdan, iki ähmiýeti kabul edip biler.  $M$  uzynlygyň ikilik zygiderliliginiň kömegi bilen  $N$  mümkin bolan wakalardan saýlanyp alnan waka hakynda habary bermek bolar, ol ýerde  $N = 2^m$  ýa-da başgaça:

$$m = \log_2 N.$$

Eger-de şol bir habar ikilik kod bilen däl-de, eýsem, onluk kod bilen berilse, onda  $m' = g*N$  uzynlygyň zygiderliligi talap edilner. Şunda  $m' \sim m$ . Şundan görnüşi ýaly,  $m$   $N$ -e bagly bolmadyk  $m'$  hemişelik köpeldijisinden tapawutlanýar. Deňeçerligiň koeffisiýentini logarifmleriň esasynda seçip almaga degişli edilýär we şolbir wagtda maglumatlaryň mukdarynyň birliginiň seçilip alynmagyny aňladýar. Adatça, logarifmler 2 esas boýunça alynýar. Şu ýagdaýda birlik üçin maglumatlaryň mukdary alynýar, ol bir ikilik razrýadda jemlenýär, mümkin bolan iki habaryň biriniň saýlanyp alynmagyny aňladýar. Maglumatyň şunuň ýaly iň kiçi birligi *bit* diýlip atlandyrylýar. «Bit» sözi «binary jigit» diýen inlis sözünüň gysgaldylan görnüşi bolup durýar, ol *ikilik razrýadly* diýmegi aňladýar. Sowala öňünden belli bolmadyk «hawa» ýa-da «ýok» diýen jogap hökmünde garamak bolar, sowalyň jogabyny biz hiç hili ýagdaýda öňünden aýdyp bilmeris, şonuň üçin iki jogaby hem deň ähtimallykly diýip hasaplamaly bolarys. Eger waka iki deň ähtimallyk netijä eýe bolsa, onda ähtimallygyň netijesiniň  $\frac{1}{2}$ -e deňdigini aňladýar. Bu birlik özünde bir nyşany jemleýär. Nyşanlaryň üç görnüşi bardyr: sanlar – 0, 1, 2, ..., 9, harplar *Aa, Bb, ..., Zz*. Ýörite nyşanlar –, \*, =, +; boşluklar we beýlekiler. Jemi 256 sany dürli nyşanlar bardyr. Nyşan iki sany onluk san-

lar bilen görkezilýär, olar häzirki zaman kompýuterlerinde bir baýta ýerleşdirilýär. Bir baýt sekiz bitden ybaratdyr.

Görnüşi ýaly, çylşyrymly habarlarda informasiýalaryň möçberi şeýle aňladylýar:

$$N_{\max}(N_1 N_2) = \log_2 N_1 N_2 = \log_2 N_1 + \log_2 N_2 = H_{\max}(N_1) + H_{\max}(N_2).$$

$N_{\max}$  ululygy maglumatlaryň mukdarynyň ýokary çäginä görkezýär, emma maglumatlaryň hakyky mukdary diňe bir mümkin bolan habarlaryň sanyna däl-de, eýsem, olaryň ähtimallygyna hem baglydyr.

Görnüşiňe görä, seçip almagyň kesgitsizlik ýagdaýy ( $N$ ) habarlar çeşmesiniň **entropiýasy** diýlip atlandyrylýan we ölçenilýän mukdar bahasyna eýedir. Ähtimallygy maglumatyň ýygylgynyň ýüze çyk-masy hökmünde beýan etmek bolar.

### 2.3. Maglumatyň kesgitsizlik häsiýetleri

Tötänlik, ähtimallyk düşüňjeleri kesgitsizlik düşüňjesi bilen baglanyşykly bolup durýarlar. Kesgitsizlik obýektiv ýagdaýda, ýagny ol elementleriň käbir umumy jemi saýlanylýp alnanda emele gelýär. Seçip almagyň kesgitsizliginiň derejesi umumy saýlanylýp alnan elementleriň sanynyň gatnaşygy bilen häsiýetlendirilýär. Eger-de köplük bir elementden ybarat bolsa, onda kesgitlilik derejesi nola deňdir. Şu halatda saýlap almagyň ähtimallygy 1-e deňdir. Iki elementiň köplügi ähtimallygy saýlap almagyň  $p = 1/2$ -e deňdir. Bu ýerde kesgitsizligiň derejesi 2-ä deňdir. Elementleriň sanynyň umumy artmagy kesgitsizlik derejesiniň artmagyna getirýär we bir elementi saýlap almagyň ähtimallygyny azaldýar. Elementleriň sanynyň gutarnyksyzlygy gutarnyksyz kesgitsizlige we nol ähtimallyga laýyk gelýär, diýmek, kesgitsizlik derejesi bilen ähtimallyk derejesi bir-biri bilen baglanyşyklydyr. Eger-de kesgitsizlik derejesi 1-e deň, elementleri saýlap almak derejesi 0 diýip kabul etsek, onda:

$$N = 1/0 = \infty.$$

Eger-de  $p = 1$ , onda  $N - 1/1 = 1$ , bu nädogry bolup durýar, sebäbi  $p = 1$  halatynda kesgitsizligiň derejesi 0-a deň bolmaly, ýagny köplükden bir elementi hiç zatdan saýlap bolmaýar. Şunuň bilen

baglanyşyklykda  $N$  kesgitsizlik bilen  $p$  ähtimallygyň arasynda  $1/p$  ululyk logarifm bilen ölçenilýär:

$$N = \log \frac{1}{p} = -\log p. \quad (2.1)$$

Kesgitsizligiň derejesini we onuň ähtimallyk bilen gatnaşygyny öwrenmek arkaly maglumatyň hasabat nazaryýeti häsiýetlendirilýär.  $N = \log_2 1/p$  formulasy maglumatlaryň mukdarynyň logarifmiki ölçegi bolup durýar. Maglumatlaryň nazaryýetinde islendik wakalara, olaryň kesgitsizlik häsiýeti görkezilýär, mysal üçin, ol azalýar, ýok edilýär hem-de ýitýär.

Bir habaryň ýüze çykmagy bilen baglanyşykly maglumatlaryň mukdaryna baha bermek üçin şu formula ulanylýar:

$$h_i = -\log_2 p_i, \quad (2.2)$$

bu ýerde  $p_i S_i$  wakanyň ýüze çykmagynyň ähtimallygydyr.

Maglumatlaryň mukdaryna berilýän şeýle seljermeler hususy entropiýa diýlip atlandyrylýar. Hususy entropiýada waka näçe köp bolsa, onuň ýüze çykmagynyň ähtimallygy hem şonça azdyr. Emma maglumatlaryň hasabat nazaryýetinde olaryň hususy mukdary gyzyklandyрмаýar. Islendik tejribäniň häsiýetnamasy üçin tejribäniň aýry-aýry netijeleri bilen baglanyşykly  $n_1, n_2, \dots, n_n$  maglumatlar däl-de, eýsem, ortaça maglumat esasy gerek maglumat bolup durýar, ol şu aşakdaky görnüşde kesgitlenilýär. Goý, käbir  $x$  wakalar mälum bolsun, dürli netijeleriň mukdary  $N$ -den, olaryň ähtimallygynyň deňligi degişlilikde  $p_1, p_2, \dots, p_n$ , özi hem  $p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1$ .

Köpsanly tejribeleriň netijesinde (olaryň sany  $M$ -e deň) alyndy, ýagny birinji netije  $m_1$  bir gezek, ikinji –  $m_2$  bir gezek, ...,  $N - m_n$  bir gezek ( $m_1 + m_2 + \dots + m_n = M$ ) ýüze çykdy. Tejribäniň  $i$  netijesiniň ýeke-täk ýüze çykmagy netijesinde informasiýalaryň mukdaryny alýarys:

$$n_i = -\log p_i \quad (i = 1, 2, \dots, N).$$

Birinji  $m$  netijäniň bir gezek ýüze çykandygy üçin alnan maglumatlaryň jemi mukdary  $n_1 m_1$ -e deňdir, nirede  $n_1$  bolsa – maglumatlaryň hususy mukdary, ol tejribäniň birinji netijesiniň ýüze çykmagyndan alnan netijedir. Şuňa meňzeş ýagdaýda maglumatlaryň jemi mukdaryny alýarys.  $M$  tejribesi netijesinde alnan maglumatlaryň

umumy mukdary  $n_1 m_1 + n_2 m_2 + \dots + n_N m_N$  -e deň, maglumatlaryň ortaça mukdary bolsa, şu aşakdaka deň bolar:

$$\frac{n_1 m_1 + n_2 m_2 + \dots + n_N m_N}{M},$$

$$M \rightarrow \infty \frac{n_1}{M} \rightarrow p_1.$$

Bu ýerden  $x$  ýagdaýy häsiýetlendirýän maglumatlaryň ortaça mukdaryny alýarys:

$$\begin{aligned} N(x) &= n_1 p_1 + n_2 p_2 + \dots + n_N p_N = \\ &= -p_1 \log p_1 - p_2 \log p_2 - \dots - p_N \log p_N. \end{aligned}$$

Mysal üçin, ýapyk gapda bir gara iki sany hem ak şar bar diýeliň. Gara şary gapdan çykarmagyň ähtimallygy üçden bire ( $1/3$ ), ak şary çykarmagyň ähtimallygy üçden ikä ( $2/3$ ) deň diýsek, onda kesgittliliğiň ortaça bahasy şeýle alynýar:

$$H = -\frac{1}{3} \log_2 \frac{1}{3} - \frac{2}{3} \log_2 \frac{2}{3} = 1,92 \text{ bit.} \quad (2.3)$$

Kesgitsizligiň derejesiniň formulasynyň umumy görnüşi (bitlerdäki informasiýalaryň mukdary) şu aşakdaky görnüşe eýe bolýar:

$$N = -\sum_{i=1}^n p(x_i) \log_2 p(x_i). \quad (2.4)$$

Bu formula 1948-nji ýylda inlis alymy K.Şennon tarapyndan teklipl edildi. Ony absolýut *negentropiýa* diýip hem atlandyrýarlar. Ol entropiýa formulasyna meňzeşdir, ol diňe otrisatel belgä eýedir. Getirilen deňlemäniň sag bölegindäki minus belgisi  $N$  ululygyny položitel etmek üçin ulanyldy (sebäbi  $p_i \leq 1$ ,  $\log_2 p_i \leq 0$ ,  $\sum p_i = 1$ ).

Entropiýa düşünjesini nemes fizigi R.Klauzius 1865-nji ýylda girizdi. «*Entropa*» adalgasy grek sözünden terjime edilende «içinden bökdelmek» diýen manyny aňladýar. Ol haýsydyr bir ulgamyň dargaýyş ölçegini aňladýar.

«Dürli görnüşlilik» sözi dürli elementleriň köplükdäki sanyny aňladýar. Mysal üçin,  $c, b, c, a, c, c, a, b, c, b, b, a$  köplügi, eger elementleriň ýerleşiş tertibine üns bermeseň, onda 12 element bar we diňe olaryň üçüsi dürli-dürli:  $a, b, c$ . Şunuň ýaly köplük üç elementiň dürli görnüşliligine eýedigini görkezýär.



Dürli görnüşlilik bilen köplük we ähtimallyk bilen köplük ekwivalenti özbaşdaklyga eýedir. Mysal üçin, köplük, onda ähli elementler dürli görnüşli, ol dürli görnüşliligiň maksimal mukdaryna eýe. Ulgamda dürli görnüşlilik näçe köp boldugyça, şonça hem bu ulgamyň özüni alyp barşynda kesgitsizlik köpdür. Dürli görnüşliligiň azalmagy ulgamyň kesgitsizligini azaldýar. Maksimal dürli görnüşlilik bilen köplükden bellenen elementi saýlamak ähtimallygy 1-e deňdir, şonda köplügiň ähli elementleriniň mukdary 1-e bölünýär. Munuň ähtimallyklary deň derejeli  $N$ -i paýlamak bilen umumy jeme meňzeşligini görmek kyn däl.

Dürli görnüşliligiň çäklendirilmegi informasiýalaryň mukdarynyň azalmagyna laýyk gelýär, şonuň üçin dürli görnüşliligiň çäklendirilmegi hasabatlylyk nazaryýetinde bellenen aşa köp düşüňjesine barabardyr. Aşa köplük näçe köp bolsa, şonça hem dürli görnüşliligiň çäklendirilmegi köpdür. Eger-de elementler köplükde birmeňzeş bolsa, onda aşa köplük birlige deňdir. Eger çeledäki ähli şaryň reňki birmeňzeş bolsa, onda olaryň reňki boýunça aşa köplügi birlige deňdir, eger-de ähli şaryň reňki dürli hili bolsa, onda olaryň aşa köplügi nola deňdir. Informasiýalarda hiliň bolmagy informasiýalaryň görnüşleriniň klassifikasiýasynyň zerurlygyny ýüze çykarýar.

## 2.4. Maglumatlaryň şertli belgiler bilen aňladylmagy

Kibernetiki ulgamlarda giňişlikde ýaýran obýektleriň arasynda aragatnaşygy saklamak bilen, maglumatlary – signallary uzak aralyga ýetirmek bolar. Umumy görnüşde signallary ibermegi amala aşyrýan aragatnaşyk ulgamynyň abstrakt shemasyny şu aşakdaky görnüşde şekillendirmek bolar:



2.1-nji şekil. Maglumatlary geçirmegiň yzygiderliligi

Bu shema şu aşakdaky görnüşde hereket edýär: maglumatlaryň çeşmesi (iberiji) maglumatlary kabul ediji üçin dürli görnüşliligiň we dürli ähmiýetliligiň käbir köplüğine eýedir, olaryň jemi habarlar diýlip atlandyrylýar. Habarlary bermek bellibir nyşany ýa-da mümkin bolan nyşanlaryň köplüğinden ýa-da iberijiniň elipbiýinden bellibir nyşanlary we signal bilen berilýän iberijiniň kömegi arkaly bu nyşanlara öwrülenlerini saýlap almagy aňladýar.

Kommunikasion kanallar boýunça berilýän signallar habaryň ýoýulmagyny ýüze çykarýan goh bilen ýerini üýtgedýärler. Eşitdirijiniň radionyň gapdalynda fiziki nyşanlaryň elipbiýi bar, olarda alnan fiziki signallar esasynda alnan habarlar dikeldilýär. Alnan signallar additiw päsgelçilikler, ýagny goh bilen ýoýulyp bilner.  $X$  ulgamyň her bir ýagdaýyna kesgitlenilen habar laýyk gelýär. Mümkin bolan wakalaryň köplüğine signallaryň kömegi arkaly berilýän habarlaryň köplügi laýyk gelýär. Habarlaryň kemala getirilmegine  $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$   $B x_c$  ulgamlaryň özgermegi hökmünde garamak gerek,  $x_c$  – mümkin bolan ýagdaýlaryň köplüginin biri  $x_c = \{x_c^1, x_c^2, \dots, x_c^n\}$ . Bu özgermeler käbir  $p$  operatoryň üsti bilen bolup geçýär:

$$X^i = P(x_i).$$

Haýsydyr bir operandany özgerdýän  $P$  operator, habarda onuň keşbi kod diýlip atlandyrylýar. Bu kodlaryň toplumu, olara laýyklykda maglumatlara bellibir signal berilýär. Koduň kömegi arkaly özgerdilýän amalyň (operasiýanyň) özi kodlaşdyrmak diýlip atlandyrylýar.

Kabul edilen habarlary bir belgili dekodlaşdyrmak üçin, şeýle hem az wagty we material çykdajyly maglumatlaryň uly möçberini bermek üçin kodlar şu aşakdaky talaplary kanagatlandyrmalydyr:

1) berilýän habarlardaky dürli nyşanlar dürli görnüşli kodlara eýe bolmalydyr;

2) kod habaryň düzülen elipbiýiniň başlangyç we soňky harplarynyň arasyny anyk bölüp bolar ýaly gurulmalydyr;

3) kod maksimal derejede gysga bolmaly – şol habary bermek üçin ýönekeý (elementar) nyşanlaryň sany näçe az talap edilse, şonça hem maglumaty bermegiň tizligi şol kanalyň geçirijilik ukybyna golaý bolýar.

Her bir habary kodlaşdyrýan nyşanlaryň yzygiderliliginiň uzynlygyny kodlaýyn sözüň uzynlygy diýip atlandyralyň:

1. Her bir sözüň aşa köplügi minimuma (çäkli halatda nola) getirilende amatly koduň maksimal ortaça uzynlygy üpjün edilýär.

2. Amatly koduň elipbiýi deň ähtimallykly we garaşsyz nyşanlardan gurulmalydyr.

Amatly ikilik kody gurmak şu aşakdaky tertipde jemlenilýär:

1.  $N$  habarlaryň köplügi ähtimallyklaryň aňsrylmagynyň tertibine eýedir.

2. Habarlaryň köplügini iki topara bölýärler, bu bölmek toparlaryň ikisinde hem ähtimallygyň umumy jeminiň mümkinçiligine görä deň bolmagy üçin geçirilýär.

3. Birinji topara 0 nyşan, ikinji topara bolsa 1 nyşan dakýarlar.

4. Her bir topary iki kiçi topara bölýärler, bu bölünişik olaryň ikisiniň hem ähtimallyklarynyň umumy jeminiň mümkinçiligine görä deň bolmagy üçin geçirilýär.

5. Her bir toparyň birinji kiçi toparyna ýene-de 0 nyşan dakylýar, ikinji kiçi topara bolsa 1 nyşan dakylýar. Şonuň netijesinde koduň ikinji sanlary alynýar. Soňra her bir dört kiçi topary ýene-de deň bölege (ähtimallygyň umumy jemi boýunça) bölýärler we ş.m., her bir kiçi toparda bir harp galýança bölmek dowam etdirilýär. Görnüşi ýaly, deň ähtimallykly habarlar üçin amatly kod deň derejeli bolar, ýagny kodlaýyn sözüň uzynlygy hemişelik bolar.

Päsgelçilik aragatnaşygyň dürli kanallary üçin kodlaşdyrmagyň amatly usullaryny gözlemek baradaky mesele maglumatlar nazaryýetiniň özbaşdak bölümi bolup durýan kodlaşdyrmak nazaryýetiniň mazmunyny düzýär.

## **2.5. Ykdysady maglumat. Maglumatlaryň semiotikasy**

Ykdysady maglumat düşünjesi ykdysady ulgamlarda çözülyän anyk wezipeler öwrenilen halatynda ulanylýar. Ykdysady maglumat nukdaýnazary şu aşakdakylary öz içine alýar:

– ykdysady obýekt baradaky maglumatlary;

- ykdysady ulgamyň elementleriniň arasynda aragatnaşygyň barlygy, onuň bitewüligi;
- ulgamyň material däl düzümleýin bölümleri – düşünjeleri, endikleri, usullary, ýagny ykdysady ulgamyň kiçi ulgamlary;
- habarlar, olar ykdysady ulgamda hereket edýärler we olar bilen ol daşky gurşaw ýa-da beýleki ykdysady ulgamlar arkaly alyş-çalşygy geçirýär. Olar anyk aragatnaşygy beýan edýärler, aragatnaşyklar ulgamlar görnüşinde beýan edilýän dürli ykdysady obýektleriň arasynda bardyr;
- käbir umumy ykrar edilen maglumatlar, kadalar, olara adamlar özleriniň önümçilik-ykdysady işlerinde salgylanýarlar. Olar kadalaşdyryjy hukuk namalary, meýilnamalaşdyrmagyň görkezijileri görnüşinde hereket edýärler we ykdysady ulgamlarda kadalaşdyryşyň ýüze çykmagynyň görnüşleri hem-de maksada gönükdirilen maglumatlar bolup durýarlar.

Ykdysady maglumatlar giňden ýaýradylmagyna we çuňňur özara gatnaşyga hem-de obýektiw özbaşdaklyga eýedirler, olary aragatnaşyk-kommunikasiýa setlerinde anyklamak kyndyr.

Habaryň peýdalylygy, onuň manysy, şekillendirilişiniň usuly, sözlük, elipbiý, kod ýaly düşünjeler deň ähmiýete eýedirler ýa-da çözüwi kabul etmegiň tapgyryna baglylykda olaryň ähmiýeti üýtgeýär.

Ykdysady maglumatlar ykdysadyýeti dolandyrmagyň dürli alamatlary boýunça toparlara bölünýär. Ykdysady maglumatlary ilkinji, ikinji we erkin görnüşler boýunça toparlara bölýärler. Her bir ykdysady ulgam üçin ilkinji we ikilenji maglumatlaryň arasynda öz çäkleri bardyr. Ilkinji maglumat bolup, daşky gurşawdan ulgama gowuşýan we ulgamda ýüze çykýan maglumat bolup biler, ikilenji maglumat bolsa – ulgamyň içinde gaýtadan işlenilýän maglumatdyr. Ilkinji ykdysady maglumat halk hojalygynda gös-göni tehnologik amallaryň derejesinde garalýan maddy we material önümçiligiň, paýlamagyň we sarp etmegiň barşynda ýeke-täk çeşme bolup durýar.

Ykdysady maglumatda garalýan obýektler alamatlary boýunça şu toparlara bölünýär:

- üznüksiz önümçiligiň tapgyrlary boýunça: önümçilik, paýlamak, alyş-çalyş, sarp edijilik hakyndaky maglumatlar;

- üzüksiz önümçiligiň ýagdaýy boýunça: tebigy serişdeler, önümçilik serişdeleri, zähmet serişdeleri, önümler we hyzmatlar hakyndaky maglumatlar;
- ykdysadyýetiň pudaklary boýunça: senagat, oba hojalygy, gurluşyk, söwda we ş.m. hakyndaky maglumatlar.

Ykdysady ulgamlaryň depgini we maglumatlary özgertmegiň barşy bellibir wagt aralygynda geçýändigini sebäpli, maglumatlar wagtlaýyn alamatlary boýunça toparlara bölünýär. Maglumatlaryň gelip gowuşmalary wagt aralygyna baglylykda, döwürleýin ýa-da döwürleýin däl bolup bilýärler.

Eger habarlaryň arasyndaky wagt interwaly uly ýa-da dolandyryş tapgyryna deň bolsa, onda ol şertli-hemişelik maglumat bolup biler, eger-de ol wagt aralygy dolandyryş tapgyryndan kiçi bolsa, onda şertli-üýtgeýän maglumat bolup biler.

Ykdysady maglumatlary toparlandyrmak her bir anyk halatda öňde goýlan wezipäni we ykdysady dolandyryşyň wezipeleriniň toplumyny çözmek nukdaýnazaryndan geçirilmelidir.

Ykdysady ulgamlar bilen olaryň elementleriniň arasynda maglumatlary alyşmak ykdysady dilde bellenilen belgileriň kömegi arkaly amala aşyrylýar. Ykdysady maglumatlaryň toparlarynda belgileriň kömegi möhüm ähmiýete eýe bolýar, bu ykdysady semiotikanyň mazmuny bolup durýar.

Ykdysady semiotika – bu gurluşlaryň we ykdysady dolandyryş ulgamlarynda maglumat alyş-çalşygynyň görnüşlerini peýdalanmagyň kanunalaýyklygy hakyndaky ylymdyr. Onuň wezipesi resminamalarda maglumatlaryň aşa köplügini aradan aýyrmak we tertipleşdirmek; dolandyryşyň adam – maşyn ulgamlarynda adam bilen maşynyň arasynda maglumatlary alyşmagyň netijeli görnüşlerini işläp taýýarlamak; ykdysady informasiýalary saklamagyň we işläp taýýarlamagyň awtomatlaşdyrylan ulgamlarynyň döredilmegi bilen baglylykda resminamalaryň dilini resmileşdirmekten ybaratdyr.

Ykdysady maglumat tebigy diliň esasynda birleşýän birnäçe belgi ulgamlarynda (resminamalaryň grafiki dilinde, ýörite ykdysady adalgalarda, matematiki we beýleki ylymlaryň diliniň elementlerinde) beýan edilýär. Ykdysady dolandyryşda diliniň möhüm aýratynlygy

– ol özboluşly belgili derejeleriniň bolmagydyr. Görkezijileriň we resminamalaryň belgi ulgamlary özboluşly bolup durýarlar. Ykdysady habarlaryň seljermesi ykdysady diliň her bir derejesinde ýa-da semiotikanyň üç jähtiniň birinde: sintaksisde, semantikada ýa-da pragmatikada geçirilip bilner:

$$I_n = - \sum_{i=1}^k p_i \log p_i, \quad (2.5)$$

bu ýerde  $k$  – görkezijiniň mümkin bolan ýagdaýlarynyň mukdary;

$p_i$  – görkezijiniň  $i$  ähtimallygynyň ýagdaýy.

Eger  $d$  – bir setirli resminamalarda görkezijileriň mukdary bolsa, onda olardaky maglumatlaryň mukdary deňdir:

$$I_{d-s} = dI_n.$$

Resminamadaky setirleri hasaba almak bilen olardaky maglumatlaryň umumy mukdary şu aşakdaky formula boýunça kesgitlenilip bilner:

$$I_D = \sum_{j=1}^l d_j I_{nj},$$

bu ýerde  $l$  – resminamalaryň görnüşleriniň mukdary;

$j$  – resminamanyň görnüşiniň tertip belgisi;

$d$  – resminamalaryň  $j$  görnüşinde görkezijileriň mukdary;

$I_n$  – resminamalaryň  $j$  görnüşinde bir görkezijä geçýän maglumatlaryň mukdary.

Maglumatlaryň manysy boýunça seljermesi, şeýle hem, pragmatik maglumatlary saýlap almak we olara baha bermek çylşyrymlydyr. Ol az çykdaýylar arkaly ulgamy zerur bolan maglumatlar bilen üpjün etmek işiniň guralyşynda jemlenýär. Bu ykdysady maglumatlaryň bahasyny kesgitleýär.

Maglumatlar sarp edijiligi, peýdalylygy, derejesi, bahasy, şeýle hem döwrebaplygy, elýeterlilik we dogrulygy boýunça ähmiýetlidir.

## ULGAM. KIBERNETIKI ULGAMLAR

---

### 3.1. Ulgamyň düzümi, mazmuny we häsiýetleri

Ulgam (grekçe «*system*») böleklerden, birikmelerden düzülen) birligiň kesgitlenilen bitewüligini emele getirýän bir-biri bilen gatnaşykda we aragatnaşykda durýan elementleriň köplügidir.

Ulgamlaryň şu aşakdaky düzümlerini belläp geçeliň:

*Kiçi ulgam* – bu ulgamyň bölegi bolup, ol elementleriň özara gatnaşygynyň umumy jemidir.

*Ulgamyň elementi* – ulgamyň bölünmeýän bölegi bolup, ulgamyň elementleriniň we barlagyň maksadyna hem-de usulyna bagly bolup durýar.

*Ulgamyň gurluşy* – bu elementleriň ýa-da ulgamyň kiçi ulgamlarynyň arasyndaky aragatnaşyklaryň we gatnaşyklaryň umumy jemidir.

*Ulgamyň wezipesi* – niýetlenilişi, ol tabşyrylan netijeler bilen öňünden kesgitlenilýär; netije ulgamy emele getiriji bolup durýar.

Ulgamlaryň şu aşakdaky häsiýetlerini tapawutlandyrmak bolar:

1. Maksatlary we wezipeleri boýunça:

– sinergetikligi – düzüm bölekleriniň hereketiniň bir ugurlygyny aňladyp, ulgamyň hereketiniň netijeliligini güýçlendirýär;

– emerjentligi – ulgamyň düzüm bölekleriniň maksatlarynyň ulgamyň maksatlary bilen mydama laýyk gelmeýändigini aňladýar.

2. Gurluşy boýunça:

– bitewüligi – böleklere bölünmeýän, ýeke-täk bitewülik hökmünde ulgamyň hereket etmegi;

– additiw dälligi – ulgamyň häsiýetiniň ony düzýän bölekleriň häsiýeti bilen meňzeş dälligi;

– ulgamlaryň arasynda ýola goýlan aragatnaşyklary geçirmek mümkinçiligi;

– köp basgançaklylygy – ulgamyň her bir böleginiň global ulgam hökmünde bolmak mümkinçiligi.

### 3.2. Ulgam maglumatlary özgerdiji hökmünde

Kibernetika ylmy ulgamlaryň özara hereketine maglumatlar ulgamy hökmünde garaýar. Kibernetiki taýdan çemeleşmek maglumatlary özgerdiji hökmünde çykyş edýär.

Maglumatlary ýönekeý özgerdijiler maglumatyň diňe bir kesgitlenilen görnüşini özgertmegi amala aşyryp bilerler, ýöne çylşyrymly kibernetiki ulgamlar ol ýa-da beýleki görnüşde maglumaty toplamak ukybyna eýedirler we şoňa baglylykda özleriniň ýerine ýetirýän hereketlerini üýtgedýärler. Adam aňyna meňzeşlik boýunça kibernetiki ulgamlaryň şoňa meňzeş häsiýetleri ýat tutmak diýlip atlandyrylýar. Kibernetiki ulgamlarda maglumatlary «ýat tutmak» iki sany esasy usul bilen – ulgamyň elementleriniň ýagdaýyny üýtgetmegiň hasabyna ýa-da ulgamyň gurluşyny üýtgetmegiň hasabyna geçirilip bilner (garyşyk görnüşi hem mümkindir).

Maglumat ulgamy durnuklylyk we çydamlylyk ýaly häsiýetleri üpjün edýän dolandyryş hadysalaryna eýedir. Olar öz aralarynda jebis baglanyşyklydyrlar: gurşawda özüni amatly alyp barmagy kemala getirmek üçin daşarky we içerki maglumatlary ýygnamagyň hem-de işläp taýýarlamagyň ýoly bilen daşky gurşawy derňäp, öwrenip we akyl ýetirip, ulgam üznüksiz üýtgäp durýan daşarky şertlere hemişe baglydyr.

Ulgamlaryň we maglumatlaryň özara baglanyşygyny iki görnüşe bölmek bolar:

- 1) ulgamdaky maglumatlaryň özara baglanyşyklylygy olaryň guramaçylygyna we zygiderliligine baglydyr;
- 2) baglanyşykly ulgamda maglumatlaryň düzümine we möçberine baglydyr.

### 3.3. Çylşyrymly ulgamlarda entropiýa we öz-özünü dolandyrmak

Dürli görnüşlilik (ulgamdaky mümkinçilikleriň mukdary, erkinligiň derejeleri) ulgamda **entropiýany** (entropiýa «*entropio*» diýen grek sözünden gelip çykyş, ol öwrüm, kesgitsizlik, öwürlmek diý-



mekligi aňladýar), kesgitsizligi artdyrýar, guramaçylygyň derejesiniň artmagy bilen bolsa dürli görnüşlilik azalýar<sup>3</sup> (3.1-nji şekil). N.Wine-riň belleýşi ýaly, «entropiýa guramaçylyksyzlygyň ölçegi bolup durýar, käbir akymlar bilen getirilýän maglumat guramaçylygyň ölçegini kesgitleýär... Ähtimallygy näçe köp bolsa, ol şonça hem az maglumaty saklaýar<sup>4</sup>».

Alym K.Şennon ulgamda entropiýa bilen maglumaty baglanyşdyrýan ýörite ölçegi girizdi. Bu formula garalýan signalyň dogrulygynyň derejesini häsiýetlendirýär we maglumatlaryň mukdaryny hasaplamak üçin ulanylýar:

$$N = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i, \quad (3.1)$$

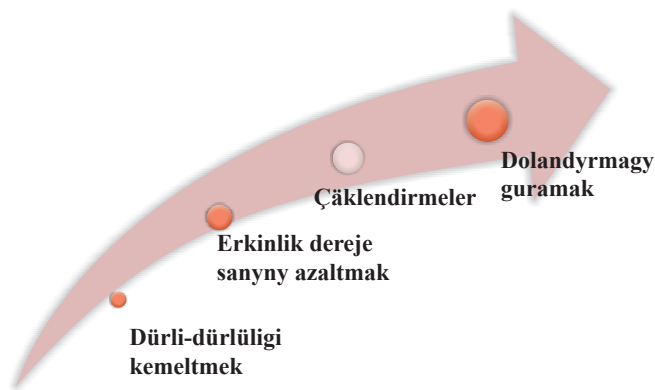
bu ýerde  $N$  – entropiýa;

$K$  – konstanta (hemişelik);

$n$  – ulgamyň ýagdaýynyň sany;

$p_i$  – ulgamyň  $i$  ýagdaýyna geçmeginiň ähtimallygy (ýa-da otnositel ýygylgy).

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1. \quad (3.2)$$



### 3.1-nji şekil. Maglumat ulgamynda entropiýanyň artmak meýilleri

<sup>3</sup> Entropiýanyň ulgamda bolan energiýa bilen baglanyşykly kesgitlenilýän termodinamiki düşüňjesi hem bardyr (R.Klauzis, L.Bolsman), onuň işini bes etmek gerek dälidir, ol molekulýar ulgamlaryň bir görnüşliliginiň, bulam-bujarlygynyň ölçegi.

<sup>4</sup> Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. – Москва, Наука. 1983.

Öz-özünü dolandırmak hadysasyna fiziki, himiki, biologik, geologik we durmuş ulgamlarynda gabat gelmek bolýar.

Öz-özünü dolandırmak ýagdaýynyň ýüze çykmagy üçin ulgamyň bellibir häsiýetlere eýe bolmagy zerurdyr, olar:

- ulgamyň açyk bolmagy;
- öz-özünü dolandırmak diňe elementleriň öz aralarynda özara hereketiniň ýeterlik mukdaryna eýe bolar. Garşylyklaýyn ýagdaýda öz-özünü guramagyň ýüze çykmagy üçin sinergetiki özara hereketiň netijeliliginiň ýeterlik bolmazlygy;
- ulgamyň deňagramlylygy maksimal entropiýa eýedir we şonuň üçin haýsydyr bir täsire durnukly däldir;
- hereket etmegiň stasionar durnukly düzümine eýe bolmagy, onda elementleriň tertipsiz özara hereket etmegi.

Öz-özünü dolandırmak ulgamynda ýüze çykýan üýtgeме aradan aýrylman, eýsem, toplanýar we güýçlenýär, bu ahyr soňunda täze tertibiň we gurluşyň ýüze çykmagyna getirýär. Öz-özünü guramagyň ýörelgesi bolup ulgamyň durnukly deňagramlylykdan tötänleýin gysarmagyň ýüze çykmagy we onuň güýçlenmegi hyzmat edýär.

Tebigy obýektleriň aglabasy öz-özünü guramagyň alamatlaryny ýüze çykarýarlar, bu ähli çylşyrymly tebigy ulgamlaryň açyklygy, deňagramly däldigi bilen baglanyşyklydyr. Şular ýaly ulgamlarda köp basgançakly gurluş hem bolup biler.

Şeýlelikde, kibernetika maglumaty kabul etmäge, saklamaga, işläp taýýarlamaga we ony dolandyryş hem-de kadalaşdyryş üçin peýdalanmaga ukyply islendik tebigy ulgamlary öwrenmek bilen meşgullanýar diýmek bolýar.

Ulgamyň ewolýusiýasy guramagyň we guramazlygyň göreşi, maglumatyň toplanyşy hem-de çylşyrymlaşdyrylmagy we onuň ýitirilmeği bilen kesgitlenilýär. Açyk çylşyrymly deňagramсыз ulgam uly bolmadyk entropiýa ýagdaýynda öz-özünü dolandyrmagyň barşynda gurşaw bilen özüniň gurluşynyň täzedен özara hereketinde tertipleşdirmäge çalyşýar.

### 3.4. Ulgamyň abstrakt derejeleri

Ulgamlaýyn seljermäniň netijesinde ulgamlary beýan etmegiň şu aşakdaky abstrakt derejeleri ýüze çykýar:

- simwolik ýa-da lingwistik;
- nazaryýet-köplük;
- abstrakt-algebraik;
- topologik;
- logiki-matematiki;
- nazaryýet-maglumat;
- dinamiki;
- ewristik.

Ulgamy beýan etmegiň lingwistik derejesi – abstraktlaşdyrma-gyň has umumy derejesidir. Alym M.Mesarowiçiň pikirine görä, lingwistik derejede ulgamy beýan etmek käbir abstrakt dilde dogry pikiri aýtmagyň köplügi diýlip atlandyrylýar, onuň üçin pikiri aýtmagyň gurluşynyň grammatik kadalary kesgitlenendir. Pikiri aýtmagyň ähli görnüşi iki topara bölünýär: termallar (barlag obýektleri) we funktorlar (termallaryň arasyndaky gatnaşyklar). Abstrakt dili kesgitlemek üçin käbir simwollaryň umumy jemi çykarylýar we olara daýanmagyň kadalary ulanylýar.

Ulgamyň köplükler kesgitlemesi: ulgam bu öz köplükleriniň bölegidir,

$$X_s \subset X,$$

bu ýerde  $X - X_i, i = \overline{1, n}$  köplügiň dekart önümi.

$$X_1 \times X_2 \times X_3 \times \dots \times X_n. \quad (3.3)$$

$x_i \in X_i$  görnüşiň her bir elementi öz gezeginde çylşyrymly ulgamlaryň iýerarhiýasyny beýan etmäge mümkinçilik berýän köplük bolup biler.

Ulgam düşüňjesiniň abstrakt-algebraik kesgitlemesi:  $S$  ulgam diýip, kesgitlenen  $P$  häsiýetli  $R$  gatnaşygynda berlen  $\{S_i\} \in S, i = \overline{1, n}$  käbir köplükleriň elementlerine aýdylýar. Diýmek,  $S = S_1 \times S_2 \times \dots \times S_n$  ulgam bilen hem-de  $R = \{R_1, R_2, \dots, R_m\}$  gatnaşyklar bilen kesgitlenýär.

Hakyky ulgamlar derňelende çylşyrymly ulgamlaryň dinamiki kesgitlemesine esaslanylýar:

$$S = \{T, X, U, \Omega, Y, \tilde{A}, \eta, \varphi\}, \quad (3.4)$$

bu ýerde

$T$  – wagta görä köplükleriň üýtgemegi;

$X - X = \{x : T \rightarrow \Omega\}$  mümkin bolan köplükler;

$\Omega$  – giriş täsirlerini şol bada kesgitleýän köplükler;

$U$  – ulgamyň içki häsiýetnamasy ýa-da köplükleriň ýagdaýy;

$Y$  – çykyş signallary baradaky köplükler;

$\Gamma - \tilde{A} = \{\gamma : T \rightarrow Y\}$  – çykyş ululyklarynyň köplügi;

$\eta - \eta = T \times U \rightarrow Y$  – ululygyň çykyşdaky görkezilişi;

$\varphi - \varphi : T \times T \times U \times X \rightarrow U$  ýagdaýyň geçiş funksiýasy.

Ulgamlar nazaryýetiniň kesgitlemesine laýyklykda getirilen mesele adatydyr: olara durnuklylyk, dolandyryş, identifikasiýa, optimizasiýa, ekwiwalentlik, dekompozisiýa, sintez meselesi we beýlekiler degişlidir.

Ykdysady kibernetikada dinamiki ulgam düşünjesi esasy orny eýeleýär, sebäbi ykdysady obýektler dinamiki topara degişlidir.

### 3.5. Çylşyrymly ulgamlar

Ulgam gatnaşyklaryň köplügi ýa-da elementleriň arasyndaky aragatnaşyklar arkaly kesgitlenilýär. Çylşyrymly ulgam diýlip, ulgamy düzýän elementleriň dürli aragatnaşykly we matematiki beýan edilişiniň çylşyrymlylygy ýokary bolan ulgamlara aýdylýar. Şunuň ýaly ulgam elementleriň we aragatnaşyklaryň birmeňzeş dældigi, gurluşynyň dürli görnüşliligi bilen häsiýetlendirilýär, munuň özi ulgamyň çylşyrymlylygyny aňladýar.

Köplenç halatda, anyk matematiki beýan edilişine boýun bolmaýan ýa-da dürli görnüşliligiň ýokary derejesi ýa-da ulgamda bolup geçýän tebigy hadysalara akyl ýetirip bolmaýan ulgamlara çylşyrymly ulgamlar diýilýär.

Iňlis kibernetigi St. Bir ähli kibernetiki ulgamlary üç topara bölýär – ýönekeý, çylşyrymly we örän çylşyrymly. Şu üç topara degişli ulgamlaryň mysaly 3.1-nji tablisada getirilýär.

**Iňlis alymy Stefen Biriň teklip eden ulgamlarynyň  
toparlara bölünişi**

Ulgam	Ýönekeý	Çylşyrymly	Örän çylşyrymly
Şertlendirilen	Penjire süýşmesi	Elektron hasaplaýyş maşyny	–
	Mehaniki ussahanalaryň taslamasy	Awtomatlaşdyryş	–
Ähtimallyk	Şaýlary ýerbe-ýer (goýmak)	Gorlary saklamak	Ykdysadyýet
	Meduzalaryň hereketi	Şertli refleksler	Beýni
	Önümiň hiliniň barlagynyň statistikasy	Senagat kärhanalarynyň düşewüntliligi	Firma

Ulgamlaryň «çylşyrymlylyk» häsiýetnamasy birnäçe görnüşlidir we özboluşly aýratynlyklar bilen tapawutlanýarlar. Olara şu aşakdakylar degişlidir:

- ulgamyň köp komponentligi (elementleriň, aragatnaşyklaryň sanlarynyň köplügi, gaýtalanýan hereketli maglumatlaryň möçberi, beýlekiler);
- elementleriň aragatnaşygynyň köp görnüşliligi;
- köp jähtlilik, ýagny gapma-garşylykly jähtleriň birnäçesiniň bolmagy;
- ulgamy düzüji elementleriň köp görnüşliligi;
- ulgamyň we gurluş häsiýetnamalarynyň özünü alyp barşynyň ýokary depginliligi we beýlekiler.

Barlanylýan ulgamyň görnüşine, ýagdaýyna bagly bolmaýan, barlagyň gidişini kesgitlemäge mümkinçilik berýän abstrakt modeller peýdalanylýar.

Çylşyrymly ulgamlarda ulgamyň bitewüligi umumy maksatlaryň barlagyny ýüze çykarýan esasy häsiýet bolup durýar.

Çylşyrymly ulgamlarda bitewülik birnäçe alamatlar we aýratynlyklar bilen häsiýetlendirilýär: differensiasiýa, integrasiýa, simmetriýa polýarlygy we beýlekiler. Differensiasiýa bitewüligiň bölünmek alamatlaryny, onuň bölümlerinde dürli hilliligiň ýüze çykmagyny beýan edýär. Integrasiýa ulgamyň elementleriniň umumy jeminiň birikmegini aňladýar. Simmetriýa we assimetriýa ulgamdaky giňişleýin we wagtlaýyn aragatnaşyklaryň bir ölçegliliginiň derejesini aňladýar.

Islendik kibernetiki ulgam bitewüligiň ähli häsiýetli alamatlaryna eýedir. Tebigatda giňden ýaýran we özünde tebigatyň ähli umumy kanunlaryny jemleýän uniwersal simmetriýa Pýer Kýuriniň ýörelgesinde beýan edilýär. Simmetriýa we polýarlyk ýörelgesinden gurluşlaryň häsiýetleri we kibernetika tarapyndan barlanylýan ulgamlaryň hem-de modelleriň işleri hakynda möhüm jemleme gelip çykýar.

Bitewülik ýörelgesine esaslandyrylan, ýeke-täk bitewülik hökmünde obýektiň alamatynyň barlagyna ulgamlaryň çemeleşiş barlagyň her bir tapgyrynda: ulgamlaryň seljermede, ulgamlaryň taslamalaşdyrylmagynda, ulgamlaryň amatlaşdyrylmakda ulgam hakyndaky düşüňjeleriň üznüksiz integrasiýasyny talap edýär. Garamalyk geçilýän çemeleşiş birnäçe umumy ýörelgeleriň barlagynyň hereketinde ýüze çykýar, olar:

- taslamalaşdyrylýan we hereket edýän ulgamyň maksimum netijeliliginiň ýörelgesi;
- goşmaça amatlylyk ýörelgesi;
- maksimum netijeliligiň talaplaryny nazarda tutmak bilen amala aşyrylýan bitewüligiň bölünmezlik ýörelgesi.

Obýektiň barlagynyň maksatlary üçin ulgamlaryň çemeleşiş ulanmak deduktiv häsiýete eýedir.

1.1-nji kesgitleme. Eger  $S$  funksiýa bolup durýan bolsa, onda:

$$S : X \rightarrow V, \quad (1.3)$$

bu ýerde  $X$  – giriş obýekti;

$V$  – çykyş obýekti.

Onda degişli ulgam **funksional** diýlip atlandyrylýar.

Şunuň ýaly ulgam başgaça «giriş-çykyş» ulgamy diýlip hem atlandyrylýar. Edebiýatlarda ony «gara gapyrjak» diýip atlandyryýar-

lar [25, 26]. Bu adalgany inlis alymy – kibernetigi U.R.Eşbi tek- lip etdi. «Gara gapyrjak» hökmünde kibernetikanyň barlanýan obýektleri kabul edilýär, olaryň içki gurluşy nämälimdir ýa-da ol gurluş öwrenmegiň predmeti bolup durmaýar. Obýektlere daşyndan gözegçilik etmekde girişindäki we obýektleriň häsiýetleriniň üýt- gemeginde ýüze çykýan täsir etmeler elýeterli bolup durýar. «Gara gapyrjak» taglymaty ulgamlary obýektiv öwrenmek üçin belli- bir mümkinçilikleri döredýär, olaryň içki gurluşy barlaga degişli däl- dir.

*1-nji aksioma.* Funksional ulgamyň hereket etmeginiň maksada- laýykdygy hakyndaky çaklama esaslanyp, giriş ulgamy çykyş ulga- ma, ýagny tersine hereket etmegini görkezmek bolar.

*2-nji aksioma.* Daşky gurşawyň çykyş ulgamyna görä, *S* ulgamyň hereket etmeginiň netijelerini beýan etmegiň maksadalaýyklygyny görkezmek bolýar.

Ulgamlaryň abstrakt nazaryýetine ulgamyň deňölçegliligi, çy- zyklylygy, stasionarlygy we beýlekiler degişlidir. Emma şu okuw kitabyňyň çäklerinde bu meseleleriň nazaryýet taýdan beýan edilişi däl-de, eýsem aragatnaşyklaryň görnüşlerini ýa-da ulgamlaryň topar- laryny, olaryň çyzykly üznüksiz, ulgamyň awtomaty ýaly düşünelere garap geçeris. Dinamiki ulgam üçin durnuklylyk, indentifikasiýa, başga görnüşlilik, gözegçilik, dolandyryjy we amatlylyk, ýerleş- diriş we beýleki meseleler adaty bolup durýar. Meseläni öwren- megiň çuňlaşdyrylan nazaryýeti ykdysady ulgamlar bilen baglany- şykly meseleleri dogry goýmaga hem-de çözmäge mümkinçilik berýär.

### 3.6. Ulgamlaryň toparlara bölünişi

Ulgamyň hereket etmegine we häsiýetine barlag geçirilýän döw- ründe ulgamlary toparlara bölmek kesgitlenilýär. Ykdysady kiberneti- kada köp derejeli ýa-da köp basgançakly ulgamlaryň, şeýle hem adap- tiw we öz-özünü guraýan ulgamlaryň barlagy uly ähmiýete eýedir.

*Adaptiw ulgam* – bu içerki we daşarky şertleriň üýtgemegine uýgunlaşyp bilýän ulgamdyr.

Eger daşky gurşawyň täsir etmegi üýtgeýän bolsa, onda dolandyrylýan obýektiň häsiýeti hem üýtgemeýär. Olara mysal edip, öz-özünü dolandyryýan, öz-özünü okadýan, öz-özünü guraýan elektron okuw ulgamlary ýaly adaptiw ulgamlaryň dürli görnüşlerini bellemek bolar.

Öz-özünü dolandyryýan kibirnetiki ulgamlaryň biri gomeostat ulgam bolup durýar. Ilkinji gomeostat ulgamy iňlis alymy U.R.Eşbi tarapyndan döredildi. **Gomeostat** janly bedenleriň gomeostazlarynyň özüni alyp baryşlaryna görä modelirlenýär, ýagny käbir ululyklary saklamagyň mümkinçilikleri, mysal üçin, bedeniň temperaturasy fiziologik ýol bererlikli çäklerindäki hadysadyr. Gomeostatda ol kadalaşdyrylýan derejesinde saklanýlar.

Dürli esaslandyrmalar boýunça ulgamlary toparlara bölüp bolar.

1. Ulgamyň daşky gurşawa gatnaşygy boýunça:

- açyk (daşky gurşaw bilen serişdeleriň alyş-çalşygy bar);
- ýapyk (serişdeler bilen daşky gurşawyň alyş-çalşygy ýok).

2. Ulgamyň gelip çykyşy boýunça (elementler, aragatnaşyklar, kiçi ulgamlar):

- emeli (gurallar, mehanizmler we ş.m.);
- tebigy (janly, jansyz, ekologik, durmuş we ş.m.);
- garyşyk (ykdyşady, biotehniki, guramaçylykly we ş.m.).

Üýtgäp durýan ulgamlaryň beýan etmesi boýunça:

- hil boýunça üýtgäp durýanlar (ölçäp bolmaýanlar);
- mukdar boýunça üýtgäp durýanlar;
- garaşyk (mukdar-hil) beýan etme.

Ulgamy dolandyrmagyň usuly boýunça:

- daşky dolandyрма bilen;
- dolandyryş gurluşly;
- içerki dolandyryş bilen (öz-özünü programmalaýyn dolandyrylýan, awtomatik dolandyrylýan, üýtgemäge uýgunlaşýan);
- içerki we daşarky şertleriň täsiri astynda öz gurluşyny tertipleşdirýänler;
- kombinirlenen dolandyryş bilen (awtomatik, ýarym awtomatik, awtomatizasiýalaşdyrylan, guramaçylykly)<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> <http://cylib.iit.nau.edu.ua/Books/Computer Science/ System Analize/ www. Kbsu. ru/content.htm>.



- $X$  girişleriň,  $V$  çykyşlaryň we  $R$  olaryň arasyndaky gatnaşyklaryň jemi hökmünde kesgitlenilýär. Şonda ulgamy gatnaşyklar görnüşinde beýan etmek bolar:

$$XRV \text{ ýa-da } V = R(V).$$

Ulgamlaryň grafiki beýan edilişi, köplenç halatda, gurlan grafikden ybaratdyr, onuň beýikligi ulgamyň elementlerini, dugalary bolsa olaryň aragatnaşygyny aňladýar.

Kibernetiki ulgamlaryň çylşyrymlylygy şu iki şertler bilen kesgitlenilýär:

- deňölçeçliligi, ýagny ulgamyň ähli elementleriniň ýagdaýyny beýan edýän parametrleriň umumy sany bilen;
- deňölçeçliligi, ýagny onuň elementleri we görnüşliliginiň arasyndaky aragatnaşyklaryň umumy sanyny häsiýetlendirýän gurluşynyň çylşyrymlylygy bilen kesgitlenilýär.

Kibernetiki ulgamyň elementiniň ýagdaýy hökmünde, şeýle hem daşardan alynýan ol ýa-da beýleki giriş signallarynyň, ýa-da ulgamyň beýleki elementleriniň täsiri astynda üýtgäp biler. Öz nobatynda ulgamyň her bir elementi onuň ýagdaýyna we olar tarapyndan kabul edilýän giriş signallarynyň garalýan wagta baglylykda çykyş signallaryny emele getirip biler. Bu signallar ulgamyň beýleki elementlerine (olar üçin giriş signallaryna hyzmat edýärler) berilýär ýa-da düzümlýin bölegi hökmünde ulgamyň çäklerinden daşary berilýän tutuşlygyna ähli ulgamyň çykyş signallaryna girýär.

Gurluşyň üýtgemegi barada signallar tutuşlygyna ähli ulgamyň giriş signallaryna berilýär.

Şeýlelikde, kibernetiki ulgamyň beýan edilişi funksiýalaryň üç görnüşi:

- ulgamyň ähli elementleriniň ýagdaýynyň beýan edilişi;
- çykyş signallaryna maglumatlaryň iberilişi;
- ulgamyň gurluşynyň üýtgemegi boýunça häsiýetlendirilýär.

Eger bu wezipeleriň ählisi bir manyly bolup durýan bolsa, onda ol **şertlendirilen** ulgam diýlip atlandyrylýar. Eger-de haýsy hem bolsa olaryň bir bölegi özünde tötänleýin funksiýalary saklaýan bolsa, onda ol ulgama **ähtimallyk (stohastik)** ulgam diýilýär.

Ulgamlary şu aşakdaky görnüşde toparlara bölmek bolar:

1. Öňde goýlan maksat boýunça;
  - maksada gönükdirilen;
  - maksadaokgunly.
2. Dolandyryşyň derejeleriniň mukdaryna baglylykda:
  - bir derejeli;
  - köp derejeli ýa-da köp basgançakly gurluşly.
3. Çylşyrymlylygynyň derejesi boýunça:
  - ýönekeý, kiçi we uly ulgamlar;
  - çylşyrymly ulgamlar, olary aýry-aýry kiçi ulgamlara bölmek bolmaýan ýagdaýlary, mysal üçin, ykdysadyýet, adamyň beý-nisi.
4. Bir ýagdaýdan beýleki ýagdaýa geçmegiň häsiýeti boýunça:
  - hasabat;
  - dinamiki (ösüşine görä).
5. Gelip çykyşy boýunça:
  - tebigy;
  - emeli.
6. Daşky gurşaw bilen özara hereketiniň häsiýeti boýunça:
  - açyk, ýagny daşky gurşaw bilen özara gatnaşykda bolmagy;
  - ýapyk (daşky gurşaw bilen özara gatnaşykda bolmadyk ýag-daýlary).
7. Tötänleýin şertleriň barlagy boýunça:
  - şertlendirilenler;
  - hasabat ýa-da stohastiki.
8. Wagta görä hadysalaryň häsiýeti boýunça:
  - ösýänler;
  - hemişelik häsiýetliler.
9. Tapgyrlaryň barlagy boýunça:
  - toplumlaýyn hadysalar bilen;
  - aýry-aýrylykda (bölekleýin).
10. Möçberleri boýunça:
  - kiçi (kiçi kärhana);
  - orta (hususy kärhana) firma;
  - iri (korporasiýa) birleşik.

11. Ulgamlaryň içerki alamatlarynyň üýtgemeginiň häsiýetleri boýunça:

- öz-özünü dolandyrýan;
- adaptiwli, ýagny parametrleriň üýtgemegi bilen.

12. Ters (garşylyklaýyn) aragatnaşygy boýunça:

- aragatnaşykly;
- ters (garşylyklaýyn) aragatnaşykly.

13. Garşylyklaýyn aragatnaşygyň häsiýeti boýunça:

- otrisatel aragatnaşykly;
- položitel aragatnaşykly.

Diýmek, ykdysady ulgam maksada gönükdirilen, köp basgançakly, çylşyrymly, dinamiki, emeli ulgam bolup durýar, ýagny tapgyrlyýyn hadysalar bilen ösýän, maýa goýum boýunça položitel gatnaşykly, uýgunlaşýan we öz-özünü dolandyrýan açyk, hasabat beriji ulgam bolup durýar.

### **3.7. Ulgamyň gidişini (ýerine ýetirilişini) resmileşdirmek**

Eger ulgamyň gidişine zygyderli ýagdaýda garalsa, onda üýtgeýän ulgamlar wagta görä üýtgäp, şol wagtda käbir ähmiýetler bilen häsiýetlendirilýär. Eger  $t_1$  wagt pursadynda  $u_1$  üýtgeýän bir kesgitlenilen ähmiýet  $t_2$  pursatda  $u_2$  ähmiýete öwrülýän bolsa, onda  $(u, t)$ -den  $(u_2, t_2)$ -ä üýtgän diýlip hasaplanylýar. Bu şerte onuň täsiri astynda bolup geçýän geçiş operatory diýlip atlandyrylýar. Operatoryň täsirini başdan geçirýän üýtgame operand diýlip atlandyrylýar. Geçişin  $-(u_2, t_2)$  netijesi şekil (obraz) diýlip atlandyrylýar. Eger ulgamyň ähli geçişleriniň käbir köplüğine  $a$  ýagdaýda  $b$  ýagdaýa,  $c$  ýagdaýdan  $b$  ýagdaýa garalsa, onda operandlaryň käbir köplügi üçin şeýle geçirişin köplüginde üýtgetmek diýlip atlandyrylýar.

Özgermelere alym U.R.Eşbiniň teklipe eden usulynyň kömegi bilen matematiki düşünje bermek bolar. Ulgamyň käbir köplüginin ýagdaýynyň sözlere özünde  $a, b, c, d$  ýagdaýlary jemleýär we operandlaryň bu köplüğine  $p$  operatory hereket edýär, onda ulgamyň gidişini şu aşakdaky görnüşde beýan etmek bolar:

$$P \begin{cases} a & b & c & d \\ b & d & a & c \end{cases}$$

Ýazgynyň birinji setirinde ulgamyň ýagdaýlary ýa-da operandlar sanalyň geçildi. Ikinji setirinde, her bir operandyň aşakdaky şekilleri durýarlar, ol  $P$  operatoryň täsiri astynda ýokarky setirde ýazylan ýagdaýdan ulgam obrazlaryna geçýär. Bu özgertmede ikinji setiriň obrazlarynyň köplügi hiç hili täze elementi özlerinde saklamaýarlar. Täze elementleri döretmeýän özgertme ýapyk özgertme diýlip atlandyrylýar.

Bu özgertmedäki obrazlaryň köplügi täze  $e$  elementi saklaýarlar:

$$P \begin{cases} a & b & c & d \\ e & b & c & a \end{cases}$$

özürtme ulgamyň çäklerinden çykýar, şonuň üçin hem ol ýapyk däl diýlip atlandyrylýar:

$$P \begin{cases} a & b & c & d \\ b & a & d & c \end{cases}$$

özürtme bir manyly, özara bir manyly, ýapyk bolup durýar:

$$P \begin{cases} \overset{a}{\cdot} & \overset{b}{\cdot} & \overset{c}{\cdot} & \overset{d}{\cdot} \\ \underset{\cdot}{b} & \underset{\cdot}{c} & \underset{\cdot}{a} & \underset{\cdot}{d} \end{cases}$$

Ýokarda getirilen özürtme bir manyly dälidir.

$$P \begin{cases} a & b & c & d \\ a & b & c & d \end{cases}$$

görnüşli özürtme meňzeş bolup durýar.

Ýazgynyň has ykjam görnüşlerini hem peýdalanmak bolar. Mysal üçin, eger operandlar  $-1, 2, 3, 4$  položitel sanlaryň manysy we «her bir sana 3 goşup», operator hem hereket edýär, onda özürtmäni şeýle ýazmak bolar:

$$\begin{cases} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 4 & 5 & 6 & 7 \end{cases}$$

ýa-da ykjam görnüşde:

$$n \rightarrow n + 3 \quad (n = 1, 2, 3, 4).$$

$$P \begin{cases} a & b & c & d \\ a & c & c & b \end{cases}$$

Ýokarda getirilen mysal bir manyly özgertmede beýan edilen, ol şertlendirilen hereket bilen ulgamyň ýagdaýynyň üýtgemegini beýan edýär.

Matrisa görnüşinde bir manyly däl özgertmäni görkezmek bolar. Özgertme berilýär:

$$P: \downarrow \begin{pmatrix} a & b & c \\ c+d & e+k+m & v \end{pmatrix}$$

ähtimallyk halatynda:

$$\left(\frac{3}{4}, \frac{1}{4}\right) \left(\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}\right) \cdot (1).$$

Wakalaryň ulgamy simwolik logikanyň enjamyny çekmek bilen beýan edilip bilner. Garşylygyň, konýunksiýanyň, dizýuksiyanyň, ekwiwalentligiň (mysal üçin, okalyan «şonda, diňe şonda, haçan»),  $x_1 \leftrightarrow x_2$ ) logiki funksiýalary awtomatik ulgamlarda giňden peýdalanylýar.

Geçiş hadysasy diýlip, işiň bellenen bir düzgüninden beýleki bir düzgünine geçilýän halatynda ýüze çykyan hadysasyna, dinamiki ulgamda bolsa, şol wagtdaky üýtgame hadysasy diýlip atlandyrylýar. Dinamiki ulgamda geçiş hadysasy ulgamyň ýagdaýyny, gurluşyny ýa-da parametrlerini ýüze çykarýar. Uzaklyk we geçiş hadysasynyň häsiýeti dinamiki ulgamda möhüm häsiýetnamalar bolup durýar.

Üznüksiz ulgamlarda, bellenilýän düzgün gutarnyksyz köp wagtda gazanylýar. Häsiýetine baglylykda üznüksiz ulgamlarda üýtgäp durýan we monoton geçiş hadysalary tapawutlandyrylýar.

Aýry-aýry ulgamlar üçin geçiş hadysasyny daşky täsirleriň ýüze çykarylýan ýagdaýynyň zygiderlilik hökmünde kesgitlemek bolar, oňa ulgam hemişelik şertler halatynda hereket etmegiň bellenen düzgünine dolanyp gelýänçä bolup geçýär. Geçiş hadysasynyň uzynlygy şu zygiderliliğiň ululygy bilen kesgitlenilýär we aýry-aýry ulgamlar üçin ahyrky nokat bolup durýar. Şertlendirilen dinamiki ulgam hem özüni edil ýapyk bir manyly özgertme ýaly alyp barýar. Özgertmäniň bir manylygy ulgamyň şolbada iki beýleki ýagdaýa geçip bilmejekdigi bilen kesgitlenilýär.

Ulgamyň gidişiniň üç görnüşi ýa-da üç düzgüni tapawutlandyrylýar: deňagramly, geçişli we döwürleýin. Ulgamyň deňagramly ýagdaýyna onuň ösüşiniň islendik ädiminde ulgamyň birmeňzeş ýagdaýyny kesgitleýän, onda bolup geçýän özgertmeleriň birmeňzeş dældigi hökmünde garamak bolar. Deňagramly ulgamda her bir bölüm onuň beýleki bölümlerinde kesgitlenilýän şertlerde deňagramlylyk ýagdaýynda durýar.

Durnuklylyk ýagdaýyny deňagramlylyk ýagdaýyndan aýryp bolmaz. Ulgamyň durnuklylygy diýlip daşky täsir etmelere bagly bolmazdan, onuň ýagdaýynyň saklanylyp galmagyna düşünilýär. Durnuklylyk hökmünde ulgamyň häsiýetnamasy dolandyryş nukdaý-nazaryndan mydama položitel (oňyn) tarapy kesgitlemeýär: ulgam dolandyryşa çäýe täsir etmäge ukyply dälir.

Durnuklylyk düşüňjesi üýtgeşsizligi kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Ulgamyň ýagdaýynda üýtgeşsizligiň zygiderlilik tutuş ulgamda üýtgemäge sezewar edilýänlere garamazdan, onuň käbir alamatlarynyň üýtgeşsiz bolup galýandygyndan ybaratdyr.

Şeýlelik bilen, ulgama degişli käbir aýdylanlara garamazdan, onuň üznüksiz üýtgemeleri hakyky bolup galýar.

Deňagramlylyk we durnuklylyk düşüňjelerine ulgamy özgertmegiň tapgyry ýaly düşüňje hem goşulýar.

Ulgamyň şunuň ýaly zygiderlilik tapgyr diýlip atlandyrylýar, onda özgermäniň gaýtadan özgermegi şekillendirilýän nokady bu zygiderliliğe gaýtadan barmaga mejbur edýär. Ony şeýle özgertme bilen suratlandyrmak bolar:

$$P \begin{cases} a & b & c & d & e & f & g & h \\ c & h & b & h & a & c & c & g \end{cases}.$$

$\underbrace{acbhg}_{cbhg} \underbrace{cbhg}_{cb} \dots$  tapgyry beýan edýär. Eger ulgamda özgerme şeýle görnüşe eýe bolsa:

$$P \begin{cases} a & b & d & e & g \\ c & b & e & e & f \end{cases},$$

onda  $b$  we  $e$  ýagdaýlary halatynda ulgam deňagramlylyk ýagdaýynda durýar.

Eger  $P$  şu görnüşe eýe bolsa:  $P \begin{cases} a & b & d & b \\ c, & b, & c, & b \end{cases}$ ,

onda  $d \rightarrow c$  döwri ulgamyň gidişiniň düzgüninde geçiş döwri bolup durýar.

Özgermäniň  $P$  görnüşi:

$$P \begin{cases} a & b & d & b & f & b \\ c, & b, & c, & b, & c, & b. \end{cases}$$

Bu ýagdaýlar ulgamyň gidişiniň döwürleýin deňagramly ýagdaýyny suratlandyrýar.

Ulgamyň gidişiniň durnuklylygy, deňagramlylygy bilen baglanyşykly garaýyşlaryň toplumynyň peýdalanylmagy ykdysady ulgamlar öwrenilen halatynda, ilkinji nobatda, önümçilik ulgamlarynyň seljermesi halatynda diýseň peýdalydyr.

Ozaly bilen, ulgamyň ýagdaýy onuň deňagramlylygynyň mümkin bolan ýagdaýynda öwrenilýär, ýagny ol geljekde haýsydyr bir özgermä sezewar bolan halatynda üýtgeýärmi? Bu deňagramlylygyň ýeterlik derejede durnukly bolup durýandygyna garalýar, eger ýeterlik durnukly bolup durýan bolsa, onda «Öwrenilýän ulgamyň gidişiniň düzgüni nähilikä?» diýen sorag ýüze çykýar we ol öwrenilýär.

### 3.8. Ykdysady ulgamlar

Ykdysady ulgam dolandyryşyň çylşyrymly ulgamy bolup, dolandyryş gurluşynyň, ykdysady ulgamlaryň we hadysalaryň, şeýle hem olaryň häsiýetnamalarynyň dürli görnüşliligi bilen kesgitlenilýär.

Daşky gurşaw nukdaýnazaryndan ykdysadyýet şu aşakdaky ugurlarda çykyş edýär:

- maddy serişdeleri öndürýän, bellibir islegi kanagatlandyryýan önümçilik ulgamynda;
- serişdeleri maksada gönükdirilen ýagdaýynda;
- täzeden döredilen maýanyň maýa goýumyny emele getiriji hökmünde;
- degişli gurluşlaryň – guramaçylyk-hojalyk we durmuş-ykdysady gurluşlaryň kömegi bilen guramaçylyk, gözegçilik, seljeriş hökmünde;

– kadalaşdyryş, utgaşdyryş, meýilnamalaşdyryş we taslamalaşdyryş wezipesini ýerine ýetirýän obýektiň hereket etmeginiň we ösüşiniň hadysalaryny dolandyryan maglumat ulgamy hökmünde.

Ykdysady ulgamda önümçilik-tehnologik derejede serişdeleri özgertmegiň we maglumat-dolandyryş derejelerinde maglumatlaryň tapawutlandyrylmagy şu aşakdaky iki görnüşli model boýunça kesgitlenýär:

1) dolandyryş obýektleriniň modelleri;

2) dolandyryş hadysalarynyň modelleri. Dolandyryşyň ulanylýan modelleri, usullary, maksatlary, obýektleri düýpli tapawutlanýarlar.

Ykdysady ulgamy identifikasiýalaşdyrmagyň başlangyç derejesi onuň anyklaýyş seljermesi bolup durýar. Seljerme esasynda obýektlere akyl ýetirmek görkezijileri we kemçilikleri ýüze çykar-mak ýa-da barlagyň käbir meselelerine gaýtadan seretmek ýaly netijeler bermek bolýar (mysal üçin, bazarda haryt gytçylygy, pes girdeji, önümleriň hiliniň peselmegi, aşa köp çykdaýj, işsizligiň ýokary de-rejesi we ş.m.). Alamatlaryň ýüze çykarylmagy görkezijilere degişli monitoringiň maglumatlaryna ýardam berýärler (formal däl monito-ring). Simptomiki görkezijileriň depgini (dinamikasy) problemalaýyn seljerişiň esasy indikatorlaryny kesgitleýär. Binýatlaýyn meseleleri – diagnostirlenilen alamatlaryň sebäpleri iş ýüzünde logiki-many modelirlmegiň ýoly bilen amala aşyrylýar. Mundan beýläkki seljeriş islenilmeýän alamatlaryň garaşylýan netijelerini we öndürmegiň çözümleriniň kesgitlenilmegini göz önünde tutýar.

Identifikasiýalaşdyrmagyň beýan edilen yzygiderlilik ykdysady ulgamyň modelini gurmaga deduktiv nazaryýet taýdan çemeleşmegi häsiýetlendirýär. Kähalatda, çylşyrymly durmuş-ykdysady hadysalara özara gatnaşyklaryň diňe bir bölegi mälimdir, olaryň umumy kanunalaýyklygy ýokdur. Kämahal, anyk ulgamlar özlerini alyp barşynyň «duýgurlyga garşy» häsiýetlendirilýändigini tassyklamak bolar. Synag-tejribe çemeleşiş halatynda model ulgama girişiň we çykyşyň ölçenilen ähmiýetinden ugur alnyp, induksiýa usuly bilen gurulýar. Şunda barlanylýan ulgamyň içkerki guruluşyna garalmaýar, ol «gara gapyrjak» görnüşinde seljerilýär.

Iş ýüzünde, adatça, umumy netijeden hususy netijä gelmek bilen aýry-aýry ýagdaýlardan umumy netije çykarmak usuly we gaýtalanýan häsiýete eýe bolan kombinirlenilen çemeleşiş ulanylýar.



## **DOLANDYRYŞ. KIBERNETIKI ULGAMLARDA DOLANDYRYŞ**

### **4.1. Ulgamda dolandyryş düşünjesi**

Dolandyryş – munuň özi obýekte degişli dolandyryjy täsirleri işläp düzmek we amala aşyrmakdyr, zerur maglumatlaryň toplanmagyndan we işlenip taýýarlanmagyndan, degişli çözümleriň kabul edilmeginden we amala aşyrylmagyndan ybaratdyr<sup>6</sup>.

Dolandyrylýan obýektiň we gurşawyň ýagdaýy (ýagny bu ulgamyň dolandyryjy ulgama goşulýan ýagdaýlaryň käbir görkezijileri arkaly şertlendirilen netijesi) baradaky maglumat laýyk gelýän we wagta görä paýlanan dolandyryjy täsirleriň jemi dolandyryjy çözümler diýlip atlandyrylýar.

**Dolandyryşyň esasy maksady** ulgamyň hereket edýän her bir tapgyrynda öňde goýlan wezipäni berjaý etmekden we netijeli ulanylmagyny üpjün etmekden ybaratdyr. Dolandyryşyň anyk maksatlary ulgamlaryň görnüşine we olaryň çylşyrymlylygyna baglydyr.

Dolandyryş öňde goýlan maksada görä şeýle kesgitlenilýär:

- ulgamy dolandyrmak, ýagny olaryň özara baglanyşyklaryny we ulgamyň gurluşyny beýan etmek;
- ulgamyň özüni alyp barşyny çaklamak;
- ulgamyň öňde duran maksadyna ýetmek üçin zerur bolan gollary we elementleri, ulgamyň goşmaça düzümlerini we gurluşyny meýilleşdirmek (wagta, giňişlige, maglumatlara görä sazlamak);
- gollaryň (resurslaryň) hasabyny ýöretmek we barlamak;
- ulgamy düzgünleşdirmek, ýagny daş-töwerekdäki özgerişliklere öwrenişdirmek we uýgunlaşdyrmak;
- meýilleşdirilen käbir ýagdaýlary, çözümleri amala aşyrmak<sup>7</sup>.

<sup>6</sup> <http://slovari.yandex.ru>

<sup>7</sup> Kaziýew W.M. Ulgamlaýyn seljeriş we modelirlemek boýunça giriş. II bölüm. Ulgam we zygiderlilik: esasy düşüňjeler / W.M. Kaziýew // Elektron Internet-okuw kitaby: <http://cylib.iit.nau.edu.ua/Books/ComputerScience/SystemAnalyze/www.kbsu.ru/content>.

Dolandyryş ulgamy ulgamdan çykýan zatlara degişli parametrleri ölçemekden, ölçegleriň netijelerini bellenilen etalonlaryň kábiri bilen deňeşdirip görmekden we soňra işiň bellenilen kadasyny dikeltmek maksady bilen, ulgama goşulýan ýagdaýlara täsir etmekden ybaratdyr.

Dolandyryş amalyňy birnäçe tapgyra bölmek bolar:

- maglumatlary toplamak we işläp taýýarlamak;
- maglumatlary seljermek, ulgamlaşdyrmak;
- dolandyrmagyň usulyňy saýlap almak, çaklamak;
- dolandyrmak boýunça saýlanyp alnan usuly ornaşdyrmak;
- dolandyrmak boýunça saýlanyp alnan usulyň netijeliligine

baha bermek.

Funksiýalar, wezipeler we ulgamy dolandyrmak amalyňyň barşy özara baglanyşyklydyr. Meselem, ykdysady ulgamda barlag geçirmän, çaklamalary seljermän, gorralary hasaba alman, bazary sazlaýan esasy ýagdaýlary – islegi we teklibi öwrenmän, meýilleşdirmegi amala aşyrmak mümkin däl diýlip hasaplanylýar.

## 4.2. Dolandyrmagyň ýörelgeleri we kanunlary

Dolandyryş bellibir maksat bilen amala aşyrylýar, munuň üçin ilki bilen öňde goýlan maksat kesgitlenilýär. Dolandyryşyň manysy onuň mazmunyna ýakyndyr we ol ulgamlaryň hem-de dolandyryş hadysalarynyň islendik görnüşine mahsus bolan maksada gönükdirilendigi bilen häsiýetlendirilýär (4.1-nji tablisa).

*4.1-nji tablisa*

### Dolandyrmagyň ýörelgeleri we kanunlary

Dolandyryş ulgamlarynyň ýörelgeleri we kanunlary	Dolandyrmagyň ýörelgeleri we kanunlary
<i>Bitewülik;</i> <i>Ulgamlaýyn çemeleşme;</i> <i>Guramaçylyk;</i> <i>Dinamiki hereketlilik;</i> <i>Dolandyryjylyk;</i> <i>Optimallylyk;</i> <i>Köp kriteriýalylyk;</i> <i>Köp funksiýalylyk</i>	Köpdürlülügiň zerurlygy; Daşky goşmaça maglumatlar; Dolandyryşyň yzygiderlilik; Dolandyryşyň adaptiwligi; Garşylyklaýyn arabaglanyşygyň zerurlygy; Esasy şertleriň özara täsirleri; Maglumatlary işläp taýýarlamagyň we saýlamagyň esasynda çözgütleri kabul etmek

Ýörelgeler toplумы ulgamlary we dolandyryş hadysalaryny barlamagyň usulyýet binýady bolup durýar, olary hasaba almak bolsa bulary ulanmagyň köpdürlüligini, wajyplygyny we netijeliligini üpjün edýär.

### 4.3. Dolandyrylýan we dolandyryjy ulgamlar

Adatça, dolandyryşa degişli wezipeleriň berjaý edilýän ulgamy *dolandyryş ulgamy* diýlip atlandyrylýar hem-de onda goşmaça ulgamlaryň ikisi: dolandyryýan we dolandyrylýan ulgamlar tapawutlandyrylyp görkezilýär, ýagny:

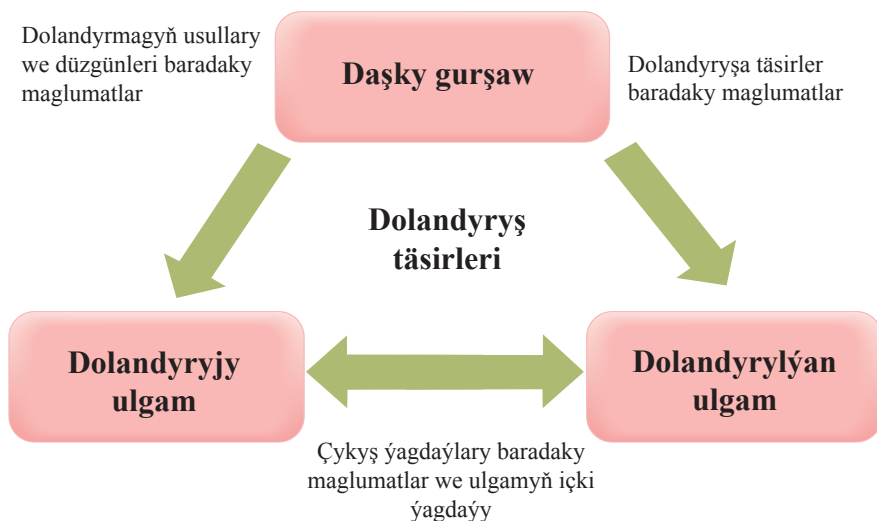
– dolandyryýan ulgam dolandyryşa degişli wezipeleri amala aşyrýar;

– dolandyrylýan ulgam dolandyryşyň obýekti bolup durýar.

Dolandyryýan we dolandyrylýan ulgamlaryň arasynda özara aragatnaşyk bolmalydyr. Aragatnaşyk kanaly arkaly dolandyrylýan ulgam (dolandyryş obýektiniň wajyp ähmiýetli ýagdaýlarynyň şol wagtky görkezijileri) barada maglumat berilýär; garşylyklaýyn ugur boýunça aragatnaşyk kanaly dolandyryýan ulgama (dolandyryýan täsirlere) degişli maglumat berilýär. Ulgama gelýän signal-laryň görnüşleri, ulgamdaky dürli ýagdaýlaryň sany näçe köp bolsa, daşyna çykýan signallar köp görnüşli we ulgam çylşyrymly bolýar.

Dolandyryşly ulgamda daşky gurşaw bilen arabaglanyşykly kanallar hem bolup biler. Ýönekeý ýagdaýlarda gurşaw ulgamda dürli päsgelçilikleriň we näsazlyklaryň çeşmesine öwrülip biler, şeýle ýagdaýda päsgelçilikleriň süzülmeğini amala aşyrmak dolandyryýan ulgamyň wezipesine goşulýar (*4.1-nji şekil*).

Ikitaraplaýyn aragatnaşyk kanallary arkaly geçirilýän maglumaty işläp taýýarlamak bilen, ulgamyň işini takyklaýjy signallara öwürmek, sazlamak diýlip atlandyrylýar.



**4.1-nji şekil. Kibernetika ulgamynda dolandyryşyň özara baglanyşygy**

Ulgamdaky garşylyklaýyn aragatnaşyk iki görnüşde: položitel we otrisatel görnüşli bolýar.

*Garşylyklaýyn položitel aragatnaşyk* mahalynda, ulgamdan çykýan signalyň artmagy ulgama girýän signalyň artmagyna alyp barýar we munuň özi çykýan signalyň mundan beýläk-de artmagyna getirýär. Bu hereket birnäçe gezek gaýtalanandan soňra çykýan signaly dolandyryp bolmajakdygy äşgär bolýar we munuň özi ulgam üçin oňaysyz netijeleriň döremegine getirip biler, şoňa görä-de, garşylyklaýyn položitel aragatnaşygyň täsiri ep-esli wagtlap gözegçilik edilmeyän görnüşde galyp bilmez, çünki ol ulgamyň hatardan çykmagyna getirip biler.

*Garşylyklaýyn oňyn däl (otrisatel) aragatnaşyk* mahalynda, ulgamdan çykýan signal ulgama girende «gowşadylýar», bularyň gatnaşygy birden az ululygy düzýär. Şeýle ýagdaýda garşylyklaýyn otrisatel aragatnaşyk girýän signal artan mahalynda çykýan signalyň ululygyny peseldýär, ýagny ulgamyň awtokorreksiýasynyň mehanizmi bolup durýar. Garşylyklaýyn oňyn däl (otrisatel) aragatnaşyk sazlamagyň barşynyň durnuklylygyny üpjün etmek üçin zerurdyr.

Garalyan mysalda oňaly dolandyryşyň wezipesi ýene bir görkeziji, ýagny çyglylyk goşulan mahalynda ýüze çykýar. Mysal üçin, howanyň has oňaly ýagdaýyny duýmaga mümkinçilik döredýän temperaturasy şol howanyň çyglylygyna bagly bolýar. Eger çyglylyk häli-şindi üýtgäp dursa we ulgam diňe temperaturanyň üýtgemegini dolandyryp bilýän bolsa, onda elbetde, has oňaly ýagdaýy duýmaga mümkinçilik döredýän temperaturany saklamak bilen bagly wezipe dolandyryşyň maksady hökmünde öňe sürülýär.

#### 4.4. Gomeokinetik täsirler

Gomeostaz grek sözünden gelip çykyp, «*homoios*» – birmeňzeş, çalymdaş we «*stasis*» – durmak, hereketsizlik diýmekdir. Munuň özi açyk ulgamyň dinamiki deňagramlylygynyň saklanmagyna gönükdirilen öz içki ýagdaýynyň durnuklylygyny saklamaga ukyplylygyny aňladýar.

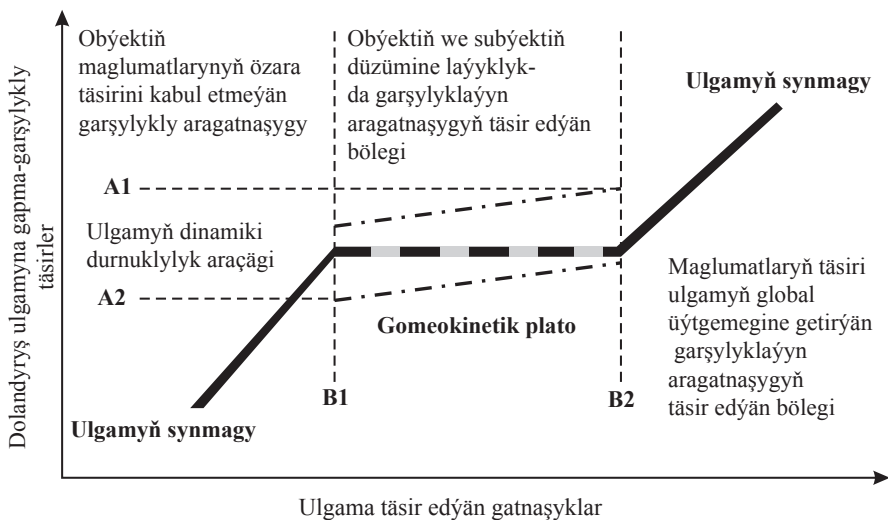
Amerikaly fiziolog U.B. Kennon bu adalgany «bedeniň durnukly ýagdaýlarynyň aglabasy tarapyndan goldaw berilýän sazlaşykly fiziologik ýagdaýlary» atlandyrmak üçin ulanmagy teklip etdi<sup>8</sup>.

Garşylyklaýyn otirisatel aragatnaşyk ulanylan halatynda, durnukly ýagdaýy saklamak bolar. Mehaniki ulgamlardan tapawutlylykda, janly ulgamlar gomeokinetik ýerleşýär. Janly ulgamyň her biri dinamiki deňagramlylyga aralaşmaga çalyssa-da, hiç haçan oňa ýetip bilmeýär. Ulgamdaky maddanyň, energiýanyň, maglumatyň alyş-çalşygyna degişli ýagdaýlara ulgamyň deňagramly ýagdaýa ýetmäge we onda saklanmaga, ýagny «üsti tekiz gomeokinetik belentligiň» çygyrlarynda bolmaga synanyşyklary hökmünde garamak bolar (4.2-nji şekil).

Şeýlelikde, ulgamdaky dolandyryşy ulgamyň içerki funksiýalary hökmünde kesgitlemek bolar, şol funksiýalar mümkin boldugyça has uzak wagtyň dowamynda ulgamy üsti tekiz gomeokinetik belentlikde saklamaga gönükdirilendir.

---

<sup>8</sup> Cannon W.B. The Wisdom of the Body. New York, Toronto, London, McGraw-Hill Book Co., Inc., 1950. – 46 s.



4.2-nji şekil. Üsti tekiz gomeokinetik belentlik

Şeýlelikde, kibernetikada dolandyryş ulgamnyň wezipesini aňladýar, şol wezipe ulgamnyň esasy häsiýetiniň saklanyp galmagyny ýa-da durnukly hereket edilmegini, gomeostazy, kesgitlenen maksada ýetilmegini üpjün etmek üçin niýetlenen programmanyň ýerine ýetirilmegine gönükdirilendir. Dolandyryş maglumat aragatnaşygynyň kömegi arkaly amala aşyrylýar.

## 4.5. Öz-özünü dolandyryan ulgamlar barada düşünje. Entropiýa we negentropiýa

Ykdysady kibernetikada köp derejeli ýa-da köp basgançakly ulgamlar, şeýle hem, adaptiw we öz-özünü dolandyryan ulgamlar uly ähmiýete eýedir.

*Adaptiw ulgam* – bu ulgam içerki we daşarky şertleriň üýtgemegine uýgunlaşyp bilýän ulgamnyň häsiýetini aňladýar.

Öz-özünü dolandyryan, mysal üçin, elektron okuw ulgamlary adaptiw ulgamlaryň dürli görnüşleri bolup durýarlar.

Öz-özünü dolandyryan kibernetiki ulgamlaryň biri hökmünde gomeostaty, ýagny janly-jandarlaryň – gomeostazisleriň özüni alyp baryşlaryna häsiýetli alamaty modelirleýän ulgamy almak bolar.

Käbir ululyklary saklamagyň mümkinçilikleri, mysal üçin, bedeniň temperaturasy dolandyryşyň ähtimallyk hadysalaryny ýerleşdirmegiň ýoly bilen fiziologik ýol bererlikli çäklerindäki hadysadyr. Gomeostatda dolandyrylýan üýtgäp durma öz-özünü dolandyryan, kadalaşdyryan mehanizmleriň talap edilýän derejesinde saklanylýar.

*Entropiýa* düşüňjesi nemes fizigi R. Klauzius tarapyndan 1865-nji ýylda girizildi. Entropiýa adalgasy «entropa» diýen grek sözünden terjime edilende «içinden päsgelçilik», rus dilinde «обращение, превращение» – gaýtadan öwrülme diýmegi aňladýar. Fiziki we tehniki düşüňjelere görä sarp edilýän energiýa bellibir iş edýär we bu energiýanyň ähli mukdary işe öwrülip bilmez, ýitgi emele gelýär. Bu ýitgi hem öz gezeginde ýene-de peýdaly işe öwrülip biler, şu ýagdaýa (ýitginiň gaýtadan ulanylmagyna) entropiýa diýilýär. Maglumat ulgamynda entropiýa düşüňjesi «kesgitsizlik, haotik, boşluk» diýen manylary aňladyp, ol programmirlene, paýlaşdyrylan tor ulgamlarynda toruň gurluşynyň ygtybarlylygyny, durnuklylygyny üpjün etmek ýaly düşüňjelerde ulanylýar.

*Negentropiýa* (iňlisçe «negentropy») – bu entropiýa düşüňjesine garşylykly (otrisatel) düjünje bolup, ol seredilýän ulgamyň öz-özünden entropiýanyň mukdaryny artdyrmaga gönükdirilen, ýagny belli bir derejede ýitirilýän hem-de bellibir derejede gaýtadan işlenilmegi mümkin bolan ulgamdyr.

## **KIBERNETIKADA IŞLÄP TAÝÝARLAMAGYŇ ÝÖRELGELERI**

---

### **5.1. Kibernetikada «dürlülük» ýörelgeleri**

Kibernetikanyň wezipesi tehnologiýany ösdürmekden ybarat bolup, ol dolandyryşa degişli meseläni umumy görnüşde çözmäge usullaryň kömegi arkaly, aýratyn ýüze çykýan ýagdaýlary toparlara bölmäge we kesgitlenen ýörelgelere esaslanýar. Şol ýörelgeleriň bellibir bölegi ylmy taýdan akyl ýetirmegiň umumy usullary boýunça çykarylýan netijedir, käbir ýörelgeler bolsa kibernetiki ulgamlaryň özüni alyp barşynyň kanunalaýyklyklaryny seljermegiň netijesi bolup durýar.

1959-njy ýylda dürlülük ýörelgesi inlis alymy U. Eşbi tarapyndan kesgitlenen we matematiki taýdan subut edilen kanuna esaslanýan ýörelgedir. Bu ýörelgä görä, ulgam döredilen mahalynda, şol ulgamyň dürlüligi ýüze çykmalýdyr ýa-da bu ulgam dürlüligi döretmäge, ýüze çykyp biljek özgerişlige we öz ýagdaýyny üýtgetmäge ukyply bolmalydyr, çünki özgerişlikleriň dürlüligi ýüze çykyp biljek ýagdaýlaryň laýyk gelmegini talap edýär. Dolandyryşa degişli amal dolandyrylýan ulgamyň ýagdaýlarynyň dürlüliginiň azalmagyna, ýagny bu ulgamyň kesgitlenmedik ýagdaýynyň azalmagyna alyp barýar. Şol kanunalaýyklykda, dolandyrylýan ulgamyň çylşyrymlylygynyň artmagy bilen birlikde, dolandyrylýan ulgamyň hem çylşyrymlylygynyň derejesi ýokarlanmalydyr. Dürlülük ýörelgesi ulgamyň çylşyrymlylygyny kesgitleýän esasy ýagdaýlaryň biri bolup durýar. Şoňa görä-de, islendik ulgamlar, ýagny önümçiligi guramak, meýilleşdirmek, hyzmat ediş, operatiw dolandyryş, zähmete hak tölemek ýaly ulgamlar işlenip düzülende, dürlüligiň oňaýly derejesini kesgitlemek kibernetikany tejribede ulanmagyň has wajyp we ilkinji nobatdaky tapgyrlarynyň biri diýlip hasaplanýar.

### **5.2. «Emerjentlik» baradaky düşünje**

Elementler ulgama birleşdirilen mahalynda, elementleriň hiç birine-de mahsus bolmadyk özboluşly häsiýetler – emerjentlik ýü-



ze çykýar. Başgaça aýdanyňda, bitewi ulgamyň häsiýetlerini onuň bölekleriniň häsiýetleriniň jemi hökmünde görkezip bolmaýar. Bu ýörelge inlis alymy U.Eşbi tarapyndan tekliپ edildi we şeýle görnüşde kesgitlenildi: ulgam näçe uly boldugyça bölegiň we bitewi ulgamyň ölçegleriniň arasyndaky tapawutlar näçe ýokary boldugyça, bütewi ulgamyň häsiýetleriniň bölekleriň häsiýetlerinden has güýçli tapawutlanmagynyň ähtimallygy-da şonça ýokary bolýar.

Emerjentlik we umumy häsiýetler biri-birinden tapawutlandyrylýar. Umumy häsiýetler bölekleriň häsiýetleriniň jemi bolup durýar. Emerjentlik bitewi ulgam hökmünde hereket edende ýüze çykýan täze ýa-da özboluşly aýratynlyklar goşulmaýar. Emerjentlik komponentleriň integrasiýasy netijesinde ýüze çykýar, şol integrasiýa özboluşly täze häsiýetleriň ýüze çykmagyny şertlendirýär. Bu ýörelge ulgamyň aýry-aýry elementleriniň özbaşdak maksatlarynyň we ulgamyň umumy maksadyna laýyk gelmezliginiň mümkindigini, şunlukda, global netijeleri gazanmak üçin ulgamy we onuň böleklerini kämilleşdirmek boýunça çözümleri kabul etmegiň hem-de bu çözümleri diňe bir seljerişe esaslanmak bilen çäklenmän, sintez esasynda-da işläp taýýarlamagyň zerurdygyny äşgär edýär.

Bu ýörelgäniň manysy:

– birinjiden, uly ulgam dolandyrylan mahalynda, modelden alnan çözümleri takyklamak zerur bolup durýar;

– ikinjiden, takyklamalara dolandyryş ulgamynyň hem-de dolandyryşa degişli obýektiň arasynda meňzeş ýagdaýdaky haýsydyr bir «gara gapyrjagyň» görkezzen netijesi hökmünde garalyp bilner.

Kibernetikada garşylyklaýyn aragatnaşyga degişli ýörelge baradaky düşünje wajyp ähmiýetli umumy düşüňjeleriň biri bolup durýar. Şol ýörelge dürli fiziki häsiýetli (tehniki, biologik, ykdysady, durmuş häsiýetli) dolandyryş ulgamlarynda ulanylýar, şol ulgamlarda ulgamyň kesgitlenen ýagdaýyndan üýtgemeginiň özi dolandyryjy täsirleri emele getirmek üçin hyzmat edýär. Ulgamyň hereket edişinde gazanylan netije barada signal berýän garşylyklaýyn arabaglanyşyk bolmadyk halatynda, netijeli dolandyryşy ýola goýmak mümkin däl-dir. Kibernetiki nukdaýnazara görä, gelýän signalyň obýekte täsiri, onuň gaýtadan işlenip çykýan signala öwrülmeği hem-de garşylyk-

laýyn aragatnaşygynyň kanaly arkaly, yzyna gaýdýan signalyň täsiri – bularyň ählisi maglumaty geçirmek we gaýtadan işlemek bilen bagly ýagdaýlardyr.

### 5.3. Dekompozisiýa we iýerarhiýa ýörelgesi

Dekompozisiýa ýörelgesi – bu dolandyrylýan obýektiň bir-birine garaşsyz ýagdaýdaky goşmaça ulgamlardan ybarat bolan dolandyrylýan obýekt hökmünde garalmalydygyny göz önünde tutýan ýörelgedir. Ulgamyň garaşsyz ýa-da elementlere bölünmegi onuň umumy çözüdini zzygiderli amallaryň birnäçesi hökmünde göz önüne getirmäge mümkinçilik döredýär. Dekompozisiýanyň amala aşyrylýan tapgyrynda çözülýän mesele barada umumy düşüňjaniň bolmagy zerurdyr we olara şu aşakdakylar degişlidir:

- barlagyň umumy maksadyny kesgitlemek;
- meseläni umumy ýagdaýdan tapawutlandyryp äşgär etmek hem-de onuň golaýyndaky we daşdaky ýagdaýlaryny kesgitlemek;
- täsir edýän ýagdaýlary beýan etmek.

Dekompozisiýa, köplenç halatda, maksatlaryň we wezipeleriň toplumyny düzmek arkaly amala aşyrylýar. Şunda esasy mesele gapma-garşylykly ýörelgeleriň ikisini berjaý etmekden ybarat bolýar, ýagny:

- dolulyk baradaky ýörelgä görä, meselä mümkin boldugyça, hemmetaraplaýyn we jikme-jik garalmalydyr;
- ýönekeýlik baradaky ýörelgä görä garalmalydyr.

Dekompozisiýanyň netijesinde ulgam iýerarhiýa görnüşinde görkezilip bilner. Iýerarhiýa «*hierarchia*» diýen grek sözünden gelip çykyp, hökmürowanlyk diýmegi aňladýar we ol çylşyrymly ulgamlary düzmegiň, guramagyň usuly bolup durýar. Ulgamyň bölekleri (elementleri) derejelere görä ýerleşdirilýär we tutuş ulgam köp derejeli ulgama öwrülýär hem-de şol bir wagtyň özünde bitewülige mahsus bolan häsiýetlere eýe bolýar<sup>9</sup>. Islendik ulgama baha bermek üçin aşakda görkezilen üç sany derejäni seljermek ýeterlikdir:

---

<sup>9</sup> Häzirki zaman ykdysady sözlük, 2005 // Internet-saýtyň materiallary: [www.slovarnik.ru/html-economica/i/ierarhi8](http://www.slovarnik.ru/html-economica/i/ierarhi8).

- ulgamyň öz global derejesini;
- onuň ýerine ýetiriji elementleriniň derejesini;
- dolandyryş elementleriniň derejesini.

Iýerarhiýanyň basgançagy baradaky düşünje ulgamlaryň seljermegiň örän güýçli guruly bolup durýar. Daşky gurşaw we islendik janly bedenler dürli gatnaşyklarda bolan örän köpsanly dürli elementlerden ybaratdyr. Dürli elementleriň tükeniksiz sanyny häsiýetlendirýän örän köpsanly maglumatlary seljermek mümkin däl. Ulgamlaryň iýerarhiýasy baradaky düşünje seljerişe degişli bolan elementleriň sanyny birden çäklendirýär. Biz iň kiçi bölejiklerden başlap, beden, biosfera, planeta ýaly global ulgamlara çenli, daşky gurşawyň ähli derejelerini göz önünde tutmak arkaly seljerýäris.

Kibernetikada ähli kanunlar we ýörelgeler özara baglanyşyklydyr we özara şertlendirýän görnüşlidir. Kibernetikanyň ýörelgeleri çylşyrymly dinamiki ulgamlaryň ählisinde ulanylýar.

## KIBERNETIKADA IŞLÄP TAÝÝARLAMAGYŇ USULLARY

---

### 6.1. Işläp taýýarlamagyň düýpli usuly

Kibernetikada analitiki we ulgamlaryň çemeleşmeler barlag geçirmek boýunça ulanylýan ylmy usullar diýlip hasaplanylýar.

Analitiki çemeleşme boýunça barlagyň predmetini böleklere bölmek göz önünde tutulýar, şol bölekleriň öwrenilmegi tutuş obýektiň häsiýetlerine düşünmäge mümkinçilik döredýär.

Ulgamlaryň çemeleşme boýunça obýektiň barlagyny obýektiň ähli elementlerini özara baglanyşykly ýagdaýda öwrenmek arkaly amala aşyrmak göz önünde tutulýar.

Kibernetikada işläp taýýarlamalaryň esasy usullarynyň üçüsi ulanylýar.

**Matematiki seljeriş usuly** – bu matematikanyň usullaryny – ähtimallyklaryň nazaryýetini, funksiýalaryň nazaryýetini, matematiki logikany we beýlekileri ulanmak arkaly obýekti doly seljermegi göz önünde tutýan usuldyr. Bu obýektiň gurluşy, düzümi we özüni alyp barşy barada logiki taýdan netije çykarmak arkaly düzülýär.

**Synag usuly** boýunça obýektiň özi ýa-da onuň hakyky fiziki modeli bilen dürli synaglary geçirmek göz önünde tutulýar. Işlenilýän obýekt özboluşly bolan halatynda we oňa düýpli täsir edip bolmaýan bolsa işjeň görnüşdäki synag passiw görnüşde gözegçilik edilýän hala geçýär.

**Kompýuter arkaly** modelirmek usulyny işläp düzmek we giňden ulanmak kibernetikanyň gazanan wajyp ähmiýetli netijeleriniň biri diýlip hasaplanylýar. Bu usul synaglaryň hakyky fiziki obýekt bilen amala aşyrylman, onuň modeli bilen synag geçirilmegine esaslanýar. Barlanýan obýektiň özüni alyp barşy matematiki usullar we kompýuterdäki imitasiýanyň kömegi bilen, synaglary geçirmek arkaly öwrenilýän modeliň özüni alyp barşy bilen deňeşdirilip görülýär. Bu görnüşdäki synaglar häzirkäki döwürdäki kompýuterler we programma-

lar arkaly maglumatlaryň toplumlarynyň işlenip taýýarlanylmagyna mümkinçilik döredýär.

Kompýuterde modelirlemek gurluşa degişli we meňzetme görnüşinde bolup biler. Gurluşa degişli görnüşinde modelirlemek obýektiň elementleriniň arasyndaky özara gatnaşyklaryň we baglanyşyklaryň beýan edilmegine gönükdirilendir. Kompýuterde meňzetme görnüşinde modelirlemek obýektiň matematiki taýdan jikme-jik we dolulygyna beýan edip durman öwrenilmegine mümkinçilik döredýär, obýektiň elementleriniň özünü alyp barşy we olaryň özara gatnaşygy programmalar esasynda taýýarlanylýar.

## 6.2. Ulgamlaýyn seljeriş

Kibernetikada ulgamlaýyn seljeriş usuly giňden ulanylýar.

Ulgamlaýyn seljeriş – munuň özi islendik çylşyrymly ulgama akyl ýetirmegiň ylmy usulydyr hem-de öwrenilýän ulgamyň üýtgäp durýan görkezijileriniň ýa-da elementleriniň arasyndaky gurluş taýdan arabaglanyşyklaryny äşgär etmek boýunça zygiderli hereketleri aňladýar<sup>10</sup>. Ol umumy ylmy, synaga we tebigat ylmlaryna degişli, statistiki, matematiki usullaryň toplumyna esaslanýar. Ulgamlaýyn seljerişiň iň köp ulanylýan meseleleriniň biri hem optimallaşdyrma meseleleridir. Ol çyzykly we çyzykly däl differensial deňlemeleriň hasaplamaalarynyň meseleleriniň ekstremumalaryny tapmaga gönükdirilendir.

Ulgamlaýyn seljeriş geçirmegiň tapgyrlary şu aşakdakylardan ybarat:

1. Meseläni formirlemek we maksady kesgitlemek. Ol seljerişiň maksadyny kesgitlemekden başlanýar, soňra maksatlaryň we wezipeleriň köp derejeli toplumy hökmünde aýdyňlaşdyrylýar.

2. Öňde goýlan maksatlara ýetmäge gönükdirilen çözgüdi amala aşyrmagyň şertleri bilen bagly bolan çäklendirmeler seljerilýär.

3. Alternatiwleriň giňişliklerini – öňde goýlan maksatlara ýetmegiň dürli görnüşleriniň jemini seljermek. Maksimal derejede doly maglumatyň bolmagy ýüze çykyp biljek ýitgileri we töwekgelçilikleri

---

<sup>10</sup> Wikipediýa – erkin ensiklopediýa // Internet-saýtyň materiallary: <http://ru.wikipedia>.

göz önünde tutmak arkaly, oňaýly çözüdi kabul etmäge mümkinçilik berýär.

4. Netijeliligiň ölçeglerini saýlap almak. Öňde goýlan işleriň üstünlikli ýerine ýetirilýändigine şaýatlyk edýän gysarnyksyz, obýektiv, deňeşdirip bolýan (mümkin boldugyça sanlar arkaly aňladylýan) ölçegleriň bolmagy amaly strategiýany saýlap almagy amala aşyrmaga mümkinçilik döredýär.

5. Adekwat modeliň sintezi. Maksada ýetmek üçin dirli strategiýalar boýunça dürli usullar we dürli çeşmeler ulanylyp bilner, munuň üçin modelleriň netijesi boýunça birmeňzeş görkezijileri almaga mümkinçiligiň döredilmegi talap edilýär.

6. Teklipleri işläp düzmek. Munuň özi ulgamlaryň derňewiň jemleýji bölümidir hem-de geçirilen barlaga görä çykarylan netijelerden we barlagyň netijelerini amala aşyrmak boýunça görkezmelerden ybaratdyr.

Ulgamyň tapawutlandyrylmagy birnäçe ulgamy emele getirişi alamatlaryň bolmagyny göz önünde tutýar. Olar barlagyň maksatlary we barlagçynyň alan netijeleri bilen kesgitlenilýär. Ol şu aşakdakylardan ybaratdyr:

- barlag obýekti;
- barlag subýekti;
- barlagyň maksatlary.

Ulgamyň ilkinji elementiniň konsepsiýasy ulgamyň gurluşyna seljerme geçirmäge mümkinçilik berýär we ol elementler gurluşyň modullary, «gara gapyrjak» hökmünde çykyş edýärler, olaryň içki gurluşlary barlygyň predmeti bolup durmaýarlar. Ulgamyň elementleriniň öz aralaryndaky we daşky gurşaw bilen özara baglanyşygy ulgamyň kömegi arkaly üpjün edilýär. Ulgamyň we daşky gurşawyň alamatlarynyň dürli görnüşliligi ýaly, olaryň hem dürli görnüşliligi ýokarydyr. Ulgamlaryň seljermesiniň we sinteziniň barşynda diňe düýpli aragatnaşyklar barlanylýar, beýlekilere uly üns berilmeýär.

### 6.3. Kibernetikanyň esasy nazaryýeti

Maglumatlaryň alyş-çalşygy dürli usullar arkaly barlanylýar, şol usullar ýörite nazaryýetleriň esasynda işlenip düzülýär. Häzirki döwürde kibernetikanyň esasy nazaryýeti özbaşdak häsiýetlidir. Maglumatyň nazaryýeti, algoritmleriň nazaryýeti, awtomatlaryň nazaryýeti we amallary barlamak kibernetikanyň esasy nazaryýeti hasaplanylýar. Kibernetikada ulanylýan nazaryýetleriň sanawy zygiderli ýagdaýda artýar, meselem, häzirki wagtda keşpleri saýgarmagyň nazaryýetiniň, çözümleri kabul etmegiň nazaryýetiniň, sinergetikanyň we beýlekileriň ösüşine badalga berildi.

*Maglumatlaryň nazaryýeti:*

Maglumatlaryň nazaryýetde matematiki usullar arkaly, maglumatlary saklamak, üýtgetmek we ondan-oňa geçirmek boýunça işler öwrenilýär.

Maglumatlaryň nazaryýeti boýunça maglumat geçirmegiň ulgamlarynyň esasy çäkleri, olary işläp taýýarlamagyň we iş ýüzünde amala aşyrmagyň başlangyç ýörelgeleri belenilýär.

Maglumatlar nazaryýetiniň wajyp ähmiýeti çeşmäniň entropiýasy kanalyň geçirijilik ukybyndan az bolsa, onuň çykýan ýerinde ilkibaşdaky maglumatyň (informasiýanyň) mümkin boldugyça az ýalňyşly we çeşmäniň entropiýasy kanalyň geçirijilik ukybyndan artyk bolsa, ýalňyşy azaltmagyň başartmaýandygy baradaky subutnama jemlenýär.

*Algoritmleriň nazaryýeti:*

Algoritmleriň nazaryýetiniň kömegi arkaly meseläniň çözülyän ýagdaýyny kesgitlemek, algoritmleriň çylşyrymlylygyna baha bermek, algoritmleri çylşyrymlylygyň toparlaryna görä toparlara bölmek, algoritmleriň hiline deňeşdirip baha bermegiň ölçeglerini işläp düzmek ýaly meseleleriň giň topary öwrenilýär.

Algoritm meseläniň çözülmegine anyk hereketleriň zygiderliliğini öwrenmek we mümkin boldugyça takyk beýan etmek esasynda guralýar.

Algoritmler aşakda görkezilen esasy alamatlar arkaly häsiýetlendirilýär:

– çözülyän meseläniň kesgitlenen görnüşde bolmagy;

– tabşyrygyň aýry-aýry anyk we yzygiderli böleklere bölünen görnüşde bolmagy hem-de şonuň netijesinde kesgitlenen buýruklar berlenden soňra, dolandyrylýan enjamyň gyşarnyksyz, yzygiderli we talap edilýän görnüşe geçmegi;

– maglumatlary işläp taýýarlamagy kesgitlenen we öňde goýlan maksat esasynda netijä gönükdirilmegi;

– şol algoritmiň arkaly dolandyrylýan işiň gyşarnyksyz kesgitlenmegi we şonuň netijesinde hereketleriň awtomatik görnüşe geçirilmegi.

*Awtomatlaryň nazaryýeti:*

Awtomat – muni haýsydyr bir enjam («gara gapyrjak») diýip kabul etsek, gelyän signallar «gara gapyrjaga» barýar we ondan ugradylýar. Awtomat ululyklar diskret (arasy üzülyän we aýry-aýry böleklerden ybarat bolan) maglumaty wagtyň diskret ýagdaýlaryna öwürýär hem-de bellenen algoritmiň aralyklary boýunça jemleýji maglumaty emele getirýär. Şol özgertmeler tehniki we programma serişdeleriniň kömegi arkaly amala aşyrylýar.

Awtomatlar seljerilen mahalynda, üýtgedilýän we dürli görnüşde täsir edilende awtomatlaryň özüni alyp barşy öwrenilýär hem-de bellenen algoritmi boýunça işlemek üçin awtomatyň ýagdaýlarynyň sany minimuma ýetirilýär. Awtomatlaryň sintezi mahalynda, iň kiçi awtomatlardan ybarat bolan ulgam düzülýär, şol ulgam öňde goýlan meseläni çözüýär.

Awtomatlaryň nazaryýeti programmirlene dilleri işlenip taýýarlananda ulanylýar.

Awtomatlaryň birnäçe toparlary, meselem, jemleýji awtomatlar (şunda şertlendirilen we şertlendirilmedik jemleýji awtomatlar tapawutlandyrylýar), öýjükli awtomatlar ulanylýar.

### **Amallary barlamak:**

Bu nazaryýet boýunça adamyň işiniň dürli ugurlary babatda matematiki we statistiki taýdan modelirmek hem-de ewristik çemeleşmeler esasynda oňaýly çözümleri ýüze çykarmagyň usullaryny işläp düzmek we ulanmak bilen bagly meselelere garalýar. Amallary barlamagyň esasy ýörelgesi amalyň netijeliliginiň (maksatlaýyn funksiýanyň) ölçeginiň oňaýly (maksimal ýa-da minimal)



görkezijisine ýetilmegine hem-de bellenen çäklendirmeleriň berjaý edilmegine alyp barýan we üýtgäp durýan görkezijileriň toplumynyň optimal çözüdini tapmak bolup durýar.

Amalary barlamak esasynda ätiýaçlyk gollary dolandyrmak, çeşmeleri paýlamak boýunça, bellenen maksada, köpçülikleýin hyzmat edişe degişli gözlemek bilen bagly wezipeler ýerine ýetirilýär. Ulanylýan usullaryň arasyndan matematiki (çyzykly, çyzykly däl we ş.m.) görnüşde programmirlmegi, differensial we dürli deňlemeleri, graflaryň nazaryýetine degişli usullary, mark proseslerini, oýunlaryň nazaryýetini, statistiki çözümleriň nazaryýetini, keşpleri saýgarmagyň nazaryýetini we başga-da birnäçe usullary görkezmek bolar.

## MODELIRLEMEK

---

### 7.1. Model we modelirlemek düşüňjeleri. Modelleri gurmagyň taryhy

Model «*modus*» diýen latyn sözünden gelip çykyp, ölçeg, keşp, usul diýmegi aňladýar.

Model – ulgam ýa-da ulgamyň elementleri hökmünde seredilip, modelirlenýän obýektiň wajyp häsiýetlerini äşgär edýän düzüm bölekleriniň we funksiýalaryň logiki, matematiki beýany bolup durýar. Model barlagy ýeňilleşdirmek üçin işlenip düzülen şertli keşp hökmünde ulanylýar.

Model – munuň özi öwrenilýän obýektiň ýerini tutýan hem-de onuň şertli görnüşindäki kömekçi obýekti bolup, prototipiň barlagynyň maksatlary üçin wajyp ähmiýete eýe bolan häsiýetlerini äşgär edýär.

Model öwrenilýän işiň fiziki (material) taýdan meňzeşligini görkezýär, mysal üçin, predmetiň modeli – maket, enjam, nusga görnüşinde bolýar ýa-da model nyşan, alamat, grafik, shema, matematiki model, programma görnüşinde bolup biler.

Modeliň ähli zady däl-de, diňe modelirlemegiň obýektiniň barlagyň maksatlary üçin wajyp ähmiýetli häsiýetleriniň käbirini äşgär edýändigini bellemek gerek. Model çylşyrymly ulgamy şertleriň we talaplaryň kesgitlenen aralygynda şekillendirýär, imitirleýär. Diýmek, modeliň haýsydyr bir ýagdaýy, obýekti ýa-da işi beýan etmek boýunça mümkinçilikleri çäkli bolýar. Ýagny model – ulgamy, obýekti, düşüňjäni hakyky ýagdaýdaky görnüşinden birneme tapawutlanýan görnüşde görkezmekdir. Modeliň hakykata ýakyn bolmagy onuň esasy şertidir.

«Original – model» görnüşli jübütiň deňligine baha bermek izomorfizme we gomomorfizme degişli düşüňjeleri ulanmak arkaly amala aşyrylyp bilner.

Aşakda görkezilenler modelleriň we modelirlemegiň ulanylýan esasy ugurlary diýlip hasaplanylýar:

- okatmak (öwretmek);
- barlanýan ulgamlara düşünmek we nazaryýetini işläp düzmek;
- daşyna çykarylýan informasiýalary, ýagdaýlary, ulgama degişli ýagdaýlary çaklamak;
- tutuş ulgamy, ulgama degişli aýry-aýry goşmaça ulgamlary dolandyrmak, dolandyryşa degişli çözgütleri we strategiýalary işläp düzmek;
- ulgamy ýa-da ulgama degişli aýry-aýry goşmaça ulgamlary awtomatik görnüşe geçirmek.

Modeller dürli esaslar boýunça toparlara bölünip bilner:

1. Modeli döretmek üçin ulanylýan usullaryň jemi boýunça;
2. Barlaga degişli wezipesi boýunça beýan edilýän modeller, düşündirilýän modeller we öňünden kesgitlenen modeller degişlidir.
3. Konseptualizasiýanyň görnüşi boýunça oňa dolandyrylmaýan ýa-da dolandyrylýan iş hökmünde garalyşy degişlidir.
4. İşläp taýýarlamagyň usuly boýunça modeller empiriki, nazary we garyşyk görnüşde bolýar.

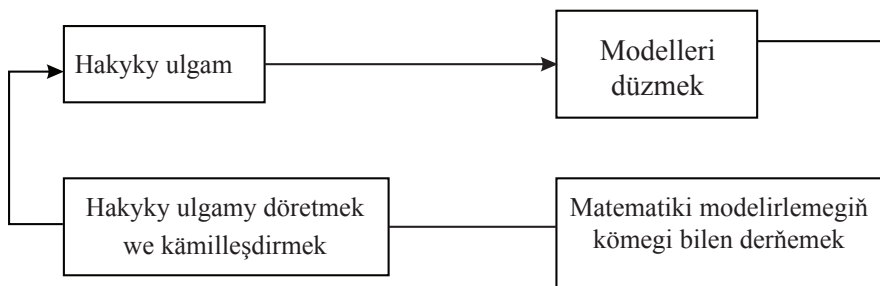
Bildirilýän esasy talaplar:

- model düzmegiň gapma-garşylyksyzlygy;
- prototipiň modelirlemegiň maksatlary üçin düýpli ähmiýete eýe bolan esasy häsiýetlerini we gatnaşyklaryny äşgär etmekligi;
- modeliň barlamak ýa-da gaýtadan döretmek üçin elýeterli bolmagy;
- täze maglumat almaga mümkinçilik döretmek.

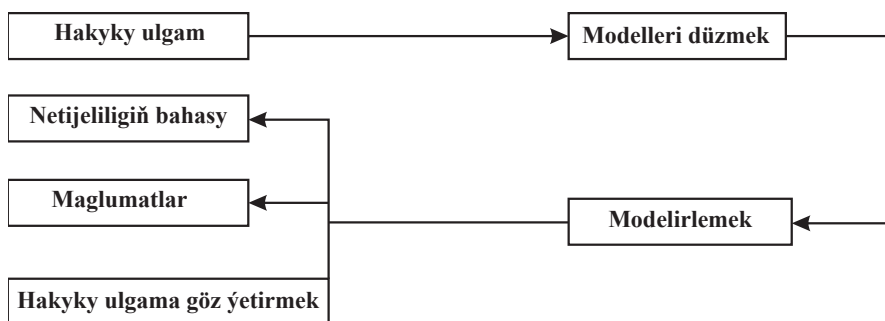
Modelleşdirme işinde iki esasy ugur bolup biler:

- 1) ýapyk ugur;
- 2) açyk ugur.

Olaryň çyzgylary, degişlilikde, şeýle görnüşde görkezilýär (7.1-nji we 7.2-nji şekiller):



7.1-nji şekil. Modelirlemegiň ýapyk çyzgysy



7.2-nji şekil. Modelirlemegiň açyk çyzygysy

**Modelirlemegiň ýapyk çyzygysy** obýekte täsir edende ony kämilleşdirmek mümkinçiliginiň barlygyny aňladýar. Bu görnüş goýlan meseläni taslamakda ulanylýar. Bu ýagdaýda modeller obýekti düzmezden ozal, predmet ýaýlasynyň ähli meselelerini öz içine alýar. Bu ýagdaýda modelirlemek we obýektleri düzmek işi internatiw, ýagny talap edilýän görnüşe kem-kemden golaýlaşmak ýagdaýynda bolup biler.

**Modelirlemegiň açyk ugrukdyrmasy.** Bu ugrukdyrma desgany modelirlemegi ýerine ýetirip ýa-da oňa täsir edip bolmaýan ýagdaýynda ulanylýar. Mysal üçin, howa baradaky maglumatlar.

**Modelleri gurmagyň taryhy.** Modeller has gadymy döwürde peýda bolupdyr we бүрүнч еýýamyнда (biziň eýýamymyzdan öňki XV–XX asyrlarda) başlanypdyr.

Maddy, ýagny zatlar degişli modeller modelirlemegiň has gadymy görnüşi diýlip hasaplanylýar. Ýöne ideal (juda gowy) modeller, meselem, Ptolomeýiň dünýäniň geosentrik modeli (biziň eýýamymyzdan öňki III asyr) hem belli bolupdyr. Şeýle hem Kopernigiň, Galileýiň, J. Brunonyň modelleri hem meşhur bolupdyr. Ilkinji bug maşynyny oýlap tapan J. Uatt tehniki ulgamlaryň modellerinden peýdalanylýardy we modellere degişli synaglary geçiripdir.

Modelirlemekde üç sany ugry tapawutlandyryp görkezmek bolar:

- 1) fiziki (material) taýdan modelirlemek;
- 2) matematiki taýdan modelirlemek;
- 3) intellektual taýdan modelirlemek.

**Fiziki (material) taýdan modelirlmek** takmynan XX asyryň 30–40-njy ýyllaryndan bäri ösdürilýär. Şol döwürde döredilen tehniki obýektleriň çylşyrymlylygy we ykdysady gymmaty boýunça ýetirilen derejesine görä, modellerde hökmany suratda deslapky barlaglary geçirmek ýola goýlupdyr.

**Matematiki görnüşde modelirlmek.** Onuň başlanan wagty XVIII asyra degişli edilýär. Ilkinji modeller 1759-njy ýylda ykdysatçy Kuinsni tarapyndan teklip edildi. XVIII asyrdan fransuz alymy F.Kene tarapyndan «Ykdysady tablisanyň» döredilmegi ykdysadyýeti özara baglanyşykly bolan statistiki ulgam hökmünde görkezmek boýunça ilkinji synanyşyga öwrülipdi. Munuň özi modelirlmegiň taryhynda tebigy görnüşdäki we pullaryň akymalarynyň ilkinji makroykdysady modeli bolupdy. Ol geljekde Leontýew tarapyndan döredilen modeliň nusgasyna öwrüldi. 1874-nji ýylda fransuz alymy Walras islegiň we teklibiň birnäçe modellerini işläp taýýarlady. 1909-njy ýylda Erlang tarapyndan köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamlarynyň matematiki modelleri işlenip düzüldi.

1943-nji ýylda dörän ylym «amalaryň barlagy» diýlip atlandyrylýar. Munuň özi çözümler kabul edilen mahalynda matematiki modelleri ulanmak baradaky ylymdyr. Modelirlmegiň ylmy binýady (bazasy) ösdürilýär. Hususan-da, çyzyklaýyn programmirlmek işlenip düzülýär, onuň esaslary Fon Neýmanyň (1937 ý.) we Kontorowičiň (1939 ý.) işlerinde öz beýanyny tapýar.

## 7.2. Modeli düzmegiň we seljermegiň tapgyrlary

Modeli düzmek modelirlenýän ulgamyň elementleriniň we ulgamda bolup geýän ýagdaýlaryň dürli görnüşlerini kesgitleýän düzgünleriň beýan edilmeginden ybarat bolýar.

Modeli düzmegiň usuly dürli hilli bolup biler, ýöne ol modelirlmegiň maksady we garaşylýan netije – barlanylýan obýekt barada täze maglumatlary almak bilen baglanyşyklydyr.

Modelirlenen mahalynda modeliň mundan beýläk-de barlanylmagyny aňsatlaşdyrmak üçin, elementleriň we baglanyşyklaryň sany mümkin boldugyça azaldylmalydyr. Şunda «Okkamyň päkisi»

diýlip atlandyrylýan kada hereket edýär, şol kada boýunça: «artykmaç zatlaryň ählisini kesmek» makul görülýär. Ýöne maglumatlaryň ýeterlik bolmagynyň ýörelgesine laýyklykda, modelde ulanylýan maglumatlaryň möçberi bellibir derejede aňry çäk görkezijiden artyk bolmalydyr, aňry çäk bolan halatynda, modelirlemegiň netijeleri boýunça prototipiň emerjentli häsiýetleriniň ýüze çykmagy mümkin diýlip hasaplanýar. Barlanýan ulgam barada asla maglumat bolmadyk halatynda, şol ulgamyň modelini düzmek başa barmayar, doly maglumat bolanda, modeli düzmegiň hajaty ýok diýlip hasaplanýar. Model işlenip düzülende, modelirmek üçin niýetlenen ilkibaşdaky maglumatlary anyk prototiplerden alyp bolýan görnüşde we modelirlemegiň netijelerini bellibir wagt aralygynda barlanýan obýektiň ösüşiniň barşy bilen deňeşdirip bolýan görnüşde düzülmelidir.

Modeli düzmegiň barşy birnäçe tapgyrdan ybarat bolýar:

1. Modeli düzmegiň predmeti we maksatlary kesgitlenilýär.
2. Modeli düzýän funksional elementler tapawutlandyrylýar, şol elementleriň hil taýdan has wajyp ähmiýetli häsiýetnamalary äşgär edilýär.
3. Modeliň elementleriniň arasyndaky özara baglanyşyklar söz arkaly we hil taýdan göwnejaý beýan edilýär.
4. Obýektiň göz önünde tutulýan häsiýetnamalary üçin simwolik alamatlar girizilýär ýa-da prototipiň elementlerini imitirleýän fiziki elementler saýlanyp alynýar. Mümkin boldugyça, olaryň arasyndaky özara baglanyşyk formallaşdyrylýar (ýa-da özara baglanyşygyň deňeçer fiziki ýagdaýy düzülýär).
5. Prototipe we modelirlemegiň maksatlaryna laýyk gelýändigini barlanýar.
6. Alnan modeliň barlagy amala aşyrylýar.
7. Modeliň barlagynyň netijelerinden ugur alnyp, prototipiň özüni alyp barşy, häsiýetleri barada netije çykarylýar.

Obýektiň mälim bolan häsiýetleriniň haýsysynyň bellibir wezipe boýunça wajyp ähmiýetlidigini kesgitlemegiň köptaraplaýyn kadalarynyň ýoklugyny bellemek gerek. Şoňa görä-de, häsiýetleriň dürli toplumlaryny özünde jemleýän birnäçe modelleri düzmek we

olaryň modelirlemegiň maksatlaryna laýyk gelýändigine baha bermek maslahat berilýär.

### 7.3. Izomorfizm we gomomorfizm

Izomorfizm – bu grek sözünden gelip çykyp, meňzeş, deň diýen manyny aňladýar. Bu düşünje matematikanyň graflaryň nazaryýetinde ulanylýp, birnäçe gurluşlara bölünen köplükleri aňladýar.

Matematiki manyda iki ulgamyň  $S_1: X_1 \rightarrow Y_1, S_2: X_2 \rightarrow Y_2$  izomorfizmi girişiniň we çykyşynyň arasynda birbelgili meňzeşlik bardyr:

$$h_x: X_1 \rightarrow X_2, h_y: Y_1 \rightarrow Y_2 \wedge h_x: X_2 \rightarrow X_1, h_y: Y_2 \rightarrow Y_1,$$

bu ýerde  $h_x$  we  $h_y$  – izomorfizmleriň gatnaşyklary ýa-da:

$$h_x(X_1, X_2) \wedge h_y(Y_1, Y_2),$$

bu ýerden

$$h = (h_x, h_y): X_1 \times Y_1 \rightarrow X_2 \times Y_2 \wedge X_2 \times Y_2 \rightarrow X_1 \times Y_1.$$

Ulgamyň izomorfizmi düşünjesi ulgamyň düzümine we özüni alyp barşyna görä ulanylýar.

Goý,  $G_1 = \langle \{G_{i1}\}, \rho_1 \rangle, G_2 = \langle \{G_{i2}\}, \rho_2 \rangle$  –  $S_1$  we  $S_2$  ulgamyň düzümi,  $Z_2 = \{z_{i2}(t)\}, Z_1 = \{z_{i1}(t)\}$  –  $S_1$  we  $S_2$  ulgamyň köplük ýagdaýy.

$S_1$  we  $S_2$  ulgamyň düzüminiň izomorfizmi şeýle aňladylyr:

$$h = (h_{G1}, h_{G2}): (\forall_i) \{ (G_{i1} \rightarrow G_{i2}) \wedge (G_{i2} \rightarrow G_{i1}) \}$$

$$h = (h_{G1}, h_{G2}): (\forall_i) \{ (G_{i1} \rightarrow G_{i2}) \wedge (G_{i2} \rightarrow G_{i1}) \}$$

Ýagdaýlaryň izomorfizmi bolsa şeýle aňladylyr:

$$h = (h_{Z1}, h_{Z2}): (\forall_{Z_i}) \{ (z_{i1}(t) \rightarrow z_{i2}(t) \rightarrow z_{i1}(t)) \}$$

$S_1$  we  $S_2$  ulgamyň arasyndaky izomorfizmiň gatnaşyklaryna izomorf gatnaşyklary diýilýär. Mysal üçin, ýerleriň çyzgylary we geografiki kartalar ýa-da suratlar hem-de kamera düşürilen şekiller we ş.m. izomorfdyrlar.

Original we model ulgamlarynyň arasyndaky izomorfizm sany ýokary derejeli adekwatlygy häsiýetlendirýär, ol model düzülende

päsgelçilikleri ýeňip geçmäge kömek berýär, bu izomorfizmiň zerurlygyny aýdyň görkezýär.

Modeli düzüji anyk maksada eýerip, hakyky ulgama mahsus bolan anyk käbir şertleri belleýär. Galan beýleki zerur bolmadyk şertler düýbünden gerek bolmadyk şertler bolup biler. Bu bolsa, model düzmeke artykmaç ýagdaý bolup, hakyky obýektden örän ýönekeýligi bilen tapawutlanýandygyny görkezýär.

«Original-model» gatnaşygynyň wajyp ýagdaýy  $S_1$  we  $S_2$  ulgamlaryň arasyndaky birugurly göni we köpugurly ters gatnaşygy gomomorfizmi aňladýar. Hakyky ulgamdan gysgaldylan görnüşde alnan modele gomomorf modeli diýilýär.

(Mysal üçin, üýtgeýän ululyklary birleşdirmek bilen kemeltmek).

Goý,  $S_1 : X_1 \rightarrow Y_1$ ,  $S_2 : X_2 \rightarrow Y_2$  – original ulgam we onuň modeli  $a h = (h_x, h_y) - X_1 \times Y_1$ -iň gomomorfizmi,  $b$ -de  $X_2 \times Y_2$ , ol hem  $h_x$  subýektiw şekillendirilişi degişlidir.

Eger her  $x_2 \in X_2$  aňlatma üçin  $x_1 \in X_1$  tapylsa, onda  $h_x(x_1) = x_2$ . Başgaça,  $h_x(X_1) = X_2$ . Onda haçanda  $(\forall (x_i, y_i))((x_i, y_i) \in S_1 \Rightarrow h(x_i, y_i) \in S_2)$  bolanda  $S_2$ -i  $S_1$ -iň gomomorf modeli bolar.

Struktuirlenen we dinamiki modeller üçin hem şu ýokardaky tertipde gomomorf modeller düşüňjesi kesgitlenilýär.

## 7.4. Matematiki modelirlemek

Matematiki modelirlemek – bu amaly ýagdaýy saýlap almak maksady bilen, alternatiw netijeleri çaklamak üçin niýetlenen usuldur. Şeýle hem modelirlemegi pikir ýöretmegiň we çözümleriň netijeliligini artdyrmagyň usuly diýip hasap etmek wajypdyr. Matematiki modeller ykdysady ulgamlaryň aglabasyna mahsus bolan maksatlary we hereket edýän ykdysady kanunlar arkaly ýola goýulýan çäklendirmeleri formallaşdyrmak üçin ulanylýar.

Matematiki modeller köp funksiýalydyr, olaryň esasy funksiýalary ulanylýan ugurlarynyň geriminiň giňdigini häsiýetlendirýär:

1. Modeller hakykata akyl ýetirmegiň wajyp ähmiýetli (grafiki, giň gerimli, ulgamlaryň modeller görnüşindäki) serişdeleri bolup durýar.



2. Modeller sözleşmegiň özboluşly serişdesi bolup biler, çünki olar gysga, takyky görnüşde dialogy guramaga mümkinçilik döredýär.

3. Modeller öwretmegiň wezipesini berjaý edýär, öwrediji programmalar, kompýuter oýunlary muňa mysal bolup biler.

4. Modeller çaklamalary we meýilnamalary düzmegiň usuly hökmünde giňden ulanylýar we çözügiň kabul edilmegine, netijelere baha bermäge mümkinçilik döredýär.

5. Modelirlemek öwrenilýän hadysanyň şertlerini beýan etmek ýa-da gaýtadan ýola goýmak arkaly, dolandyryşa degişli çözügütleri oňaýlaşdyrmagyň esasy usuly bolup durýar.

6. Modelleriň synaglary guramagyň serişdeleri hökmünde ulanylmagy synaglaryň has ýönekeý we az harajatly görnüşde dolandyrmaga hem-de köplenç halatda, daşky gurşawyň üýtgeýän ýagdaýlarynyň giň şertlerde ulgamyň özüni alyp barşy boýunça has köp peýdaly maglumatlary almaga mümkinçilik döredýär.

*Ykdysady-matematiki modeli kesgitlemek* – munuň özi modelirlenýän ulgamy dolandyrmagyň maksatlaryny amala aşyrmakda zerur bolan maglumatlary almaga mümkinçilik döretmek üçin öwrenilýän ykdysady obýektleri, hadysalary we ýagdaýlary ýazyp beýan edýän matematiki aňlatmalaryň jemi bolup durýar.

Ykdysady-matematiki modeliň düzümine esasy bölekleriň üçüsi goşulýar, olar:

1) maksatlaýyn funksiýa – maksadyň matematiki aňlatmasy;

2) obýektleriň, hadysalaryň we ýagdaýlaryň öwrenilýän häsiýetnamalarynyň üýtgemeginiň çygyrlaryny kesgitleýän funksional çaklendirmeleriň ulgamy;

3) model boýunça synagy geçirmegiň şertlerini bellige almak üçin modeliň parametrleriniň ulgamy.

Ulgamyň statistiki ykdysady-matematiki modelini şu aşakdaky ýagdaýda ýazmak bolar:

$$Y = F(x, \omega, \alpha),$$

bu ýerde  $x$  – üýtgeýän ululyklar;

$\omega$  – dolandyryp bolmaýan üýtgeýän ululyklar;

$\alpha$  – ulgamyň parametrleri, islendik hakyky san;

$Y$  – endogen, ýagny baglanyşykly üýtgeýän ululyklar;

$F$  – funksional aragatnaşygyň görnüşini kesgitleýän ululyk.

Goý,  $F$  – çyzykly operator bolsun, onda  $x = x_1 + x_2$  bolanda şeýle ýazmak bolar:

$$Y = F(x_1, \omega, \alpha) + F(x_2, \omega, \alpha),$$
$$F(\alpha x) = \alpha F(x),$$

bu ýerde  $x_1, x_2, x_3$  – islendik funksiýalar;

$\alpha$  – hakyky sanlar.

Ykdysady ulgam hereket edýän ýagdaýda öwrenilende, modeliň deňlemesi şeýle görnüşe eýe bolýar:

$$Y(t) = F(x(t)) \omega(t) \alpha. \quad (2.8)$$

Şu ýerde dinamiki modelleri düzmek boýunça iki sany konsepsiýa: goşulýan we daşyna çykýan ýagdaýlaryň arasynda gijikmeleri göz önünde tutmak arkaly, inersiyasыз diýlip atlandyrylýan dinamiki modeller hem-de inersiyaly dinamiki modeller ulanylýar.

Inersiyasыз modeller kinematik modeller diýlip atlandyrylýar. Kinematik model dinamiki modelden ulgamdaky ondan-ona geçýän hem-de inersion we demofirleýji häsiýetler arkaly şertlendirilen ýagdaýlaryň hasaba alynmaýandygy bilen tapawutlanýar. Informatiw gatnaşykda olar dinamiki modellere garanyňda az netijeli diýlip hasaplanylýar.

## 7.5. Matematiki modelleri işläp düzmeğiň we ulanmagyň yzygiderliligi

Modelleşdirmekde şu aşakdaky iki taraplar özara täsir edip bilýärler:

- 1) sargytçy;
- 2) çözüdiň taýýarlanýş ulgamy.

Sargytçy bolup telekeçiler, iş berijiler, döwlet dolandyryş edaralary, konstruktorçylyk býurolary we ş.m. çykyş edýärler. Sargytçylar çözüdi kabul edijiler bolup durýar. Ikinji tarapdan, çözütleri eslandyrmakda seljerijiler, maslahatçylar, işläp taýýarlaýjylar bolup durýar. Çözütleri taýýarlaýjy ulgamlaryň hatarynda aýry-aýry guramalar we şahslar bolup biler.

Modelirleme işi şu aşakdaky tapgyrlary öz içine alýar:

- 1. Meseläniň goýluşy.** Bu tapgyrda ykdysady meseläniň beýany düzülýär we onuň hil seljermesi görkezilýär, muňa başgaça konseptual modeli düzmek tapgyry hem diýilýär. Bu tapgyrda dogry netije almak üçin meseläniň anyk mazmuny kesgitlenilýär. Modeli düzüji matematiki ugurlar boýunça taýýarlykly bolup, predmet ýaýlasyny ulanmak bilen matematiki modelirlemegiň usullaryny ýeterlik derejede bilmelidir.
- 2. Maglumat modelini düzmek.** Bu arabaglanyşygyň modelini düzmekdir. Bu tapgyrda obýektiň düzümi öwrenilip, olaryň esasy elementleri we özara arabaglanyşyklary göz önünde tutulýar, olaryň ýerine ýetirýän wezipeleri öwrenilýär.
- 3. Matematiki modeli düzmek.** Bu tapgyr ykdysady meseleleri beýan etmek tapgyry bolup, onda modeliň görnüşi saýlanylýar we ol matematiki baglanyşyk görnüşinde ýazylyar.
- 4. Modeliň matematiki seljermesi.** Bu tapgyra analitiki usul bilen meseläni çözmek mümkinçiliginiň bardygyny ýa-da san taýdan takmynan usula geçmek, ýagny imitasiýa modelini ulanmak degişlidir.
- 5. Ilkinji informasiýalary kabul etmek.** Modeliň häsiýetlerini, ýagny giriş we ret etmek täsirlerini kesgitlemek.
- 6. Kompýuterde modeliň algoritmini ornaşdyrmak, programmany işläp düzmek.**
- 7. Meseläni çözmegiň analitiki we san bilen işlenilýän usuly.**
- 8. Netijäni seljermek.**
- 9. Barlagyň netijesi esasynda çözüdi kabul etmek.**
- 10. Obýekti düzmek we synagdan geçirmek.**
- 11. Modele düzediş girizmek.**
- 12. Düzediş girizilen modeli işläp taýýarlamak.**
- 13. Obýekte gaýtadan düzediş girizmek.**
- 14. Modeli ornaşdyrmak.**

Modelirlemegiň ýokarda görkezilen tapgyrlaryny yönekeý mysalda – maliýe gaznasy maýa goýumlar bilen doldurmak ulgamynyň häsiýetlerini saýlamak ýaly mysallarda görmek bolar. Bu ýagdaýda gaznanyň ýolbaşçysy maslahat bermek üçin derňewçini çagyryar.

Derňewçi – analitik bu meseläni çözmegiň matematiki modelirmek usuly esasynda çözmegi teklipe edýär, ýagny ol beýan edilen yzygiderlilik boýunça ýerine ýetirilýär.

## 7.6. Modelleri toparlara bölmek

Ykdysady-matematiki modelleri toparlara bölmekde anyk maksatlara eýerýän dürli alamatlar göz önünde tutulýar. Modelleriň käbir toparlary modelirleýän ulgama görä bölünýärler:

- statistiki we dinamiki modeller;
- şertlendirilen we dinamiki modeller;
- üznä we üznüksiz modeller;
- çyzykly we çyzyksyz modeller;
- balans modeli;
- imitasiýa (meňzetme) modeli;
- matematiki programmirlleme modeli;
- graflar nazaryýetine esaslanýan modeller;
- ähtimallyklar we matematiki statistika esaslanýan modeller.

Çylşyrymly ulgamlary modelirmekde işi alyp baryjy ýokarda agzalyp geçilen modelleriň dürli görnüşleriniň içinden birnäçesini saýlap, olary işläp biler. Islendik ulgam öz çylşyrymlylygy boýunça dürli usullar bilen görkezilýär. Meseläniň mazmuny öwrenilip, ýönekeý model çylşyrymly modele çarşyrylyp bilner.

Modeller birnäçe alamatlar, nyşanlar boýunça toparlara bölünýärler:

1. Aňladylýan häsiýeti boýunça:
  - ▶ izomorf;
  - ▶ gomomorf.
2. Beýan edilişi boýunça:
  - ▶ fiziki;
  - ▶ hyýaly;
  - ▶ simwolik.
3. Simwolik modeller şu aşakdakylara bölünýär:
  - ▶ söz bilen beýan edilýän;
  - ▶ matematiki taýdan;

- ▶ emeli aň modelleri.
4. Aýry-aýry bölekleri boýunça:
    - ▶ bölekleyin;
    - ▶ üzňeleýin (analog);
    - ▶ kombinirlenen (birleşdirilen).
  5. Çözüw usuly boýunça:
    - ▶ imitasion (meňzetme);
    - ▶ analitiki.
  6. Matematiki deňlemeleriň görnüşleri we wagta görä arabaglanyşygy şu aşakdakylara bölünýär:
    - ▶ dinamiki modeller;
    - ▶ statistiki modeller.
  7. Maglumatlary kesgitlemegiň derejesi boýunça:
    - ▶ şertlendirilen;
    - ▶ tötänleýin şertli stohastik modeller;
    - ▶ bölekleyin kesgitsizlik şertlerinde çözüwi kabul edilýän, ýagny ähtimallylygy mälim bolan model;
    - ▶ doly kesgitsizlik şertlerinde çözüwi kabul edilýän, ýagny ähtimallylygy mälim bolmadyk model.
  8. Iň ýokary derejesi (ekstremumy) boýunça:
    - ▶ optimallaşdyrylmadyk;
    - ▶ optimallaşdyrylan.
  9. Maksatlaýyn ýörelgeler boýunça:
    - ▶ ýerine ýetirilýän;
    - ▶ duýgurlygyny seljerýän;
    - ▶ çak edilýän;
    - ▶ baha berýän;
    - ▶ optimallaşdyrylan.
  10. Ulgamyň häsiýetleriniň üýtgemegi boýunça:
    - ▶ stasionar;
    - ▶ stasionar bolmadyk;
    - ▶ tötänleýin parametrlerine görä;
    - ▶ bölünýän parametrleri boýunça.
  11. Ulanylyş kriteriýalary boýunça:
    - ▶ bahasyny kesgitlemek;

- ▶ netijeliligini kesgitlemek;
  - ▶ bahasyny we netijeliligini bilelikde kesgitlemek.
12. Emeli aň ulgamyny ulanmak arkaly:
- ▶ ekspert;
  - ▶ neýrotorlar;
  - ▶ anyk däl ulgamlar boýunça;
  - ▶ genetiki algoritimli;
  - ▶ gibrid (sapmak esasyndaky).
13. Çözülýän meseläniň häsiýetine görä:
- ▶ köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamy;
  - ▶ oýunlar modeli;
  - ▶ ätiýaçlyk gurlaryny dolandyrmak;
  - ▶ ykdysady ösüş;
  - ▶ maliýe-matematiki model;
  - ▶ resurslary paýlamak;
  - ▶ sanaw-tertup modeli;
  - ▶ gurluşlary çalyşmak.
14. Hil kriteriýalarynyň mukdary boýunça:
- ▶ bir kriteriýaly;
  - ▶ köp kriteriýaly.
15. Modelleriň düzümleri boýunça:
- ▶ bir derejeli;
  - ▶ köp derejeli.
16. Bölekleýin derejeleri boýunça:
- ▶ doly, ýeke-täk (çylşyrymlylygy boýunça);
  - ▶ ýönekeý.
17. Ýýerariýa düzümünde ýerleşýän ýeri boýunça:
- ▶ ýokary derejede;
  - ▶ orta derejede;
  - ▶ pes derejede.
18. Ulgamlara baglylygy boýunça:
- ▶ maliýeleşdirilmegi;
  - ▶ çaklanylmagy;
  - ▶ resurslary paýlamak;
  - ▶ investirmek;

- ▶ synmaklyk.
19. Bazar sektory boýunça:
- ▶ maliýe bazary modeli;
  - ▶ gozgalmaýan emlägiň ykdysadyýeti we dolandyrmak modeli;
  - ▶ intellektual emlägi dolandyrmak modeli.
20. Öz içine alýan ýerleri boýunça:
- ▶ umumy döwlet;
  - ▶ sebitler boýunça;
  - ▶ etraplar boýunça.
21. Wagt boýunça:
- ▶ häzirki wagtda işlemegi;
  - ▶ üýtgeýän wagtda işlemegi.
22. Ölçepleri boýunça:
- ▶ kiçi ölçegli modeller;
  - ▶ orta ölçegli modeller;
  - ▶ uly ölçegli modeller.

**Analitiki modeller** – bu algebraik we differensial deňlemeleriň çözüwini aýyk görnüşde alyp bolýan modellerdir.

**Imitasion modeller** – bu ýagdaýlaryň çaklanylýan çözüwlerini almakda meňzetme usuly esasynda modelirlemekdir.

## 7.7. Modelirlemegiň usulyýeti

Modeli matematiki görnüşde beýan etmek ilki bilen şertleri jikme-jik öwrenmek we anyklamak arkaly ýerine ýetirilip bilner. Modeli dolandyryp bolmaýan görnüşe geçende, taslamany düzüji ony ýeňilleşdirmäge girişýär we has umumy abstraksiýalary ulanýar. Şeýlelikde, modelirlemek hadysalary ewolýusion häsiýete eýedir hem-de indiki tapgyrlara laýyklykda amala aşyrylýar.

Modelirlemegiň tapgyrlary:

1. Meseläni seljermek we barlag boýunça umumy wezipäni kesgitlemek.
2. Umumy wezipäniň dekompozisiýasyny özara baglanyşykly toplumu emele getirýän has ýönekeý goşmaça wezipeleriň birnäçesi boýunça amala aşyrmak.

3. Takyk düzülen maksatlary kesgitlemek we olary tertipleşdirmek.  
4. Meñzeşlikleri gözlemek ýa-da kömekçi modelleri düzmeğiň usuly baradaky çözgütleri kabul etmek.

5. Alnan modeli seljermek, kämilleşdirmek we ýeňilleşdirmek.

Aşakda görkezilen amallaryň birini ýerine ýetirmek arkaly, modeli ýeňilleşdirmek bolar:

– üýtgäp durýan ululyklary konstantalara (hemişelik ululyklara) öwürmek;

– ähtimal ýagdaýlary determinirlenen ýagdaýlara öwürmek;

– käbir üýtgeýän ululyklary aradan aýyrmak ýa-da olary birleşdirmek;

– üýtgeýän ululyklaryň arasyndaky baglanyşyklaryň häsiýetleri baradaky çaklamalardan peýdalanmak;

– öňünden döreyän şertleri we çäklendirmeleri girizmek.

Modelirlemeğiň berjaý edilişine degişli ygtybarly we netijeli şertleriň ýoklugyny bellemek gerek, şoňa görä-de, köplenç halatda, modeli işläp taýýarlamagyň barşy ewristik häsiýete eýe bolýar we munuň özi barlag geçirijä öz modelirmek ukyplaryny äşgär etmäge mümkinçilik döredýär.

Modelirlemeğiň barşynyň işjeňlik häsiýete eýe bolmagy modeliň hiline baha bermegiň ölçegleriniň dürli görnüşde bolmagyny kesgitleýär. İşläp taýýarlaýjynyň nukdaýnazaryna görä, *trivial däl (lenç edilmedik), güýçli (täsirli) we nepis model* «göwnejaý» model bolup durýar. Trivial däl model ulgamyň özüni alyp barşynyň düýp esasy-na aralaşmaga we gönüden-göni gözegçilik edilende äşgär bolmaýan ýagdaýlary ýüze çykarmaga mümkinçilik döredýär. Nepis model has ýönekeý gurluşlydyr we ony amala aşyrmak kyn düşmeýär. Model baha bermekde pragmatizme has köp ýykgyň edýän ulanyjylaryň nukdaýnazaryna görä, «göwnejaý» model – munuň özi *relevantly, taky, netijeli, tygşytlaýjy* model bolup durýar. Eger model öz öňünde goýlan maksada laýyk gelýän bolsa we onuň netijeleri ygtybarly bolsa, ol *relevantly* (iňlisçe «*relevance*») – ýerlikli diýmegi aňladýar) model diýlip hasaplanýar; eger çykarylan netijeler öndürjilikli netijeleri almaga mümkinçilik berýän bolsa, onda oňa netijeli model diýilýär; eger alnan netijeleri ulanmak arkaly alnan netije modeliň işlenip



taýýarlanylmany we amala aşyrylmagy üçin çykarylan harajatlardan köp bolsa, onda ol tygşytlaýjy modeldir.

Modeli esaslandyrmak üçin aşakda görkezilen kadalary ýerine ýetirmek göz önünde tutulýar:

*Werifikasiýa* – bu modeliň özüni göz önünde tutulyşy ýaly alyp barýandygyny görkezýär.

*Laýyk gelyändigine baha bermek* – bu modeliň we bellibir ulgamyň özüni alyp barşynyň biri-birine laýyk gelyändigini barlamakdyr.

*Meseläni seljermek* – modelirlemegiň barşynda çykarylan netijelere esaslanmak arkaly wajyp ähmiýetli netijeleri kesgitlemekdir.

Model aşakda görkezilenler arkaly has dolulygyna esaslandyrylýar:

- paýhasly pikirleşme we logikadan peýdalanmak;
- empiriki maglumatlardan dolulygyna peýdalanmak;
- ilkinji çaklamalaryň dürsdügini barlamak hem-de giriş-çykyş aralykda özgerişlikleri takyklamak;
- modeliň üstüniň ýetirilýän tapgyrynda modeliň işe ukyplydygyny tassyklamak üçin barlaga degişli synaglary amala aşyrmak;
- statistiki usullardan we Týuringiň testi ýaly görnüşdäki synaglardan peýdalanyp, modeliň we bellibir ulgamyň giriş-çykyş ýerlerini deňeşdirmek (eger şol ýerler elýeterli bolsa);
- maksadalaýyk gelen halatynda, modeli ýa-da onuň goşmaça modellerini synagdan geçirmek;
- üýtgäp durýan daşky şertler bilen baglylykda, modeliň duýujylygyny seljerip görmek;
- modele degişli çaklamalaryň netijelerini we modelirlemegiň täsirine sezewar bolan bellibir ulgamyň hereket edişiniň netijelerini deňeşdirmek.

## YKDYSADY TAÝDAN MODELIRLEMEGIŇ ANALIZI WE SINTEZI

### 8.1. Ykdysady ulgamy seljermegiň dekompozision ýörelgeleri

*Özara baglanyşykly meseleleriň ulgamynyň kömegi arkaly çözüdi kesgitlemek ykdysady ulgamy dolandyrmak boýunça ilkibaşdaky global wezipäniň dekompozision çözüdi bolup durýar. Ol aýratyn ýa-da lokal meseleleriň çylşyrymlylygy ilkibaşdaky meselä garaňynda, bellibir derejede pes bolýar.*

*Dekompozisiýanyň ýerli meseleleriň ulgamynyň düzülmegine ýardam berýän usullary mälim bolan häsiýeti emele getirýär; ýagny birinjiden, olar dolandyryşa degişli meseleler çözülide hasaplaýyş algoritmleriniň esasy, ýagny algoritmik ugur bilen; ikinjiden, dekompozisiýanyň usullary dolandyryşda lokal meseleleri çözmek bilen meşgullanýan kömekçi ulgamlaryň toplumynyň modellerini tapawutlandyryp görkezmek üçin hyzmat edýär we munuň özi modelli ugur ýa-da dekompozision görnüşde modelirlmek diýlip hasaplanylýar.*

Goý,  $X = \{x_i\}_{i=1,n}$  – ekzogen ululyklaryň köplügi ýa-da işleriň görnüşleriniň intensiwligi bolsun.

Intensiwlik dolandyrylýan, ýagny  $x_i \in X_i$ , bu ýerde  $X_i$  –  $i$ -niň üýtgeýän ululyklarynyň köplükleri, çäklendirilen, ýagny  $x_i \leq \alpha$ , bu ýerde  $\alpha$  – işiň  $i$  görnüşleriniň limiti.

$Y = \{y_j\}_{j=1,m}$  – endogen ululyklaryň köplügi.

Netijeleriň görkezijileri çykyş maglumatlary, talap edilýän maglumatlary, talaplar, girdejiler, çykdaýylar we ş.m. görnüşinde bolup biler.

$y_j \geq \beta$ , bu ýerde  $\beta_j$   $b$  wagta görä kesgitlenilýär.

Endogen we ekzogen üýtgeýän ululyklaryň arasyndaky arabaglanyşygy görkezýän funksiýa netijeleýji funksiýa diýeliň:

$$F : X \rightarrow Y \quad \text{ýa-da} \quad y = F(X). \quad (8.1)$$

Şeýle hem, goý, alnan täsirler kesgitli görkezijileriň ähmiýeti bilen baglanyşykly diýeliň. Täsirleriň görkezijileri, mysal üçin, girdejilerden gelýän peýda, wagty tygşytlamak we ş.m. Käbir ýagdaýlarda ol görkezijiler netijäniň görkezijileri bilen gabat gelýär, mysal üçin, alynýan girdejiler.

Netijeler bilen täsirleriň arasyndaky arabaglanyşygyny düzýän funksiýa maksatlaýyn funksiýa diýlip atlandyrylýar:

$$f: X \rightarrow Y \quad \text{ýa-da} \quad \zeta = f(y) = f(F(x)) = f'(x), \quad (8.2)$$

bu ýerde

$f(y)$  – netijeler boýunça maksatlaýyn funksiýa;

$f'(x)$  – meýilnama boýunça maksatlaýyn funksiýa.

1-nji bellik. Eger işiň görnüşi meýilnamalaşdyrylýan bolsa, onda oňa meýilnama diýilýär.

Goý, şeýle düşünje bolsun, ýagny:

$$P\{z, D(x, a)\}, \quad (8.3)$$

bu ýerde  $z$   $D$  meseläniň çözüwi diýmegi aňladýar ýa-da:

$$z = D(x, a).$$

Ýazylan  $x$  üýtgeýänler we funksiýalar determinirlenen we stohastik funksiýalardyr. Birinji ýagdaýda deslapky dolandyryş meselesini şu görnüşde ýazmak bolar:

$$\text{extr } f'(x)F(x) = y \geq \beta, x \leq \alpha, x \in X. \quad (8.4)$$

2-nji bellik. 8.4-nji formulada maksat funksiýa we çäklendirme ýaýda görkezilen. Bu ýazgy  $x$ -iň bahasynyň  $\beta$  – parametriň netijesi,  $a$  limit bolsa işiň berlen çäklerdäki  $f(x)$ -iň ekstremuma ýetendäki bahalaryny tapmagy aňladýar. Ýa-da (8.3.), (8.4) şu aşakdaky görnüşde ýazmak bolar:

$$\text{extr } C\}P\{C, D(x, a)\}. \quad (8.5)$$

Ilki ulgamyň dekompozisiýasy dekompozisiýanyň we utgaşdyrmagyň ýörelgelerinden peýdalanmak arkaly amala aşyrylýar. Dekompozisiýanyň ýörlgeleri ulgamyň şol ulgam bölünen mahalynda esas edinilýän häsiýetlerini kesgitleýär.

*Dekompozisiýanyň ýörelgelerine aşakda görkezilişine görä gaprap geçeliň:*

- wagta görä,
- işiň görnüşleri boýunça,
- maksatlara görä,
- netijelere görä,
- jähtler boýunça.

*Wagta görä dekompozisiýa* mahalynda, dolandyryş boýunça ilkibaşdaky dinamiki wezipe wagta görä dürli görnüşdäki hem-de uzak möhletleýin, orta möhletleýin, gysga möhletleýin maksatlara ýetmäge gönükdirilen aýratyn wezipelere bölünýär. Meýilleşdirmegiň tejribesinde munuň özi adaty ýörelgedir.

Uzak möhletleýin maksatlar hem meýilleşdirmekde has giň gerime eýe bolýar. Uzak möhletleýin maksatlary üpjün etmek üçin, orta we gysga möhletleýin maksatlar işlenip düzülýär.

Meselem, ulgamyň öndürjiligi bilen baglylykda, uzak möhletleýin maksat 5 ýylda umumy öndürjiligi 25% artdyrmakdan ybaratdyr. Orta möhletleýin maksat 2 ýylda öndürjiligi 10% artdyrmakdan ybaratdyr diýeliň. Gysga möhletleýin maksatlar bir ýylyň dowamynynda möhletler boýunça meýilleşdirilýär hem-de anyk ugurlar, ýagny harytlaryň ätiýaçlyk gorylary, işgärleriň hünär taýdan taýýarlygynyň derejesini ýokarlandyrmak, enjamlary döwrebaplaşdyrmak, önümçilik kuwwatlyklaryndan peýdalanmagyň netijeliligini artdyrmak we beýleki ugurlar boýunça belleniýär. Maksatlaryň bu topary uzak möhletleýin, orta möhletleýin maksatlary üpjün etmelidir we bu derejedäki beýleki maksatlara laýyk getirilmelidir.

Şu aşakdakylary belgiläliň:

$D$  – dolandyryşyň global meseleleri;

$\{D_i\}$  – uzak möhletli meýilnamalaryň meseleler toplумы,  $i = \overline{1, I}$ ;

$\{D_j\}$  – orta möhletli meýilnamalaryň meseleleriniň toplумы,

$j = \overline{1, J}$ ;

$\{D_k\}$  – gysga möhletli meýilnamalaryň meseleleriniň toplумы,

$k = \overline{1, K}$ ;

$t_r, t_p, t_k$  – meýilnamalaşdyrmagyň möhletleri.

Onda:

$$\begin{aligned} D &= \lambda[\mu_i \{D_i(t_i)\}], \\ D_i &= \lambda_i[\mu_j \{D_j(t_j)\}], \\ D_j &= \lambda_j[\mu_k \{D_k(t_k)\}], \end{aligned} \quad (8.6)$$

bu ýerde  $M-i, j, k$  derejeli meseleleriň özara arabaglanyşygy;

$\lambda$  – derejeleriň arasyndaky gatnaşyk;

$t$  – badalga berilmegini utgaşdyrmagyň ýörelgesi.

Ulgam *obýektler we işiň görnüşleri boýunça* bölünen mahalyn-da, ykdysady obýektiň gurluşyna degişli we funksional elementler dekompozisiýanyň esasy bolup hyzmat edýär. Şeýle hem şunuň ýaly çemeleşme analitiki barlagda adaty usul diýlip hasaplanylýar.

Goý,  $S$  – ilkibaşdaky ulgam diýeliň, şonda:

$$S = [\mu, \{S_i\}_{i=1, \dots, n}], \quad (8.7)$$

bu ýerde  $\{S_i\}$  – ulgamyň köpsanly kömekçi ulgamlary we elementleri;

$\mu$  – ulgamyň arasyndaky arabaglanyşygyň gatnaşygy.

Kärhanalar, sebitler, pudaklar, sehler ýa-da tehnologik amallar we beýlekiler  $S$ -iň elementleri bolup biler.

*Maksatlaýyn bölmegiň ýörelgesi* toplumlaýyn, maksatlaýyn integral görkezijilerden peýdalanylan halatynda ulanylýar. Bir ýa-da birnäçe maksatlaýyn görkezijileriň her biri aýratyn meseläniň maksat funksiýasynyň argumentine öwürülmelidir.

Meseläniň maksat funksiýasy  $F$  algebraik aňlatma arkaly şeýle görkezilip bilner:

$$F = [R, \{F_i\}_{i=1, \dots, n}], \quad (8.8)$$

bu ýerde  $R$  – algebraik amal;

$\{F_i\}_{i=1, \dots, n}$  – lokal meselelerdäki maksat funksiýalar.

*Netijeler we çäklendirmeler boýunça dekompozisiýa* amala aşyrylýar. Ol netijeler boýunça hem-de üýtgäp durýan ekzogen ululyklaryň görkezijileri boýunça çäklendirmeleriň ulgamy esasynda ýerine ýetirilýär.

*Nukdaýnazarlara görä amala aşyrylýan dekompozisiýa* iki topara: ýüze çykan mesele we olara degişli toparlara bölünýär. Meselem, edaranyň daşyndaky gurşawa degişli ýagdaýlaryň toplumyny ýedi

sany ugur boýunça: ykdysadyýet, syýasat, bazar, durmuş, tehnologiýa, bäsdeşlik, halkara ýagdaýy boýunça bölmek bolar.

Dekompozision usuly döretmek üçin garalýan meseläni bölme-giň birnäçe ýörelgelerini ulanmak bolar. Meselem, wagt boýunça we jähtler boýunça zzygiderli bölmek usulyndan peýdalanmak bolar.

Ýerli meseleleriň topluny arkaly görkezilen global meseläniň bölünen böleklerini ilki bilen ulgama ekwiwalent görnüşdäki bitewi ulgamda jemlemek üçin *utgaşdyrmagyň ýörelgeleri* ulanylýar.

Dolandyryşa degişli meselelere (8.4) aňlatma esasynda, ýagny esasy komponentleriň ikisinden: maksat funksiýadan we çäklendirmeleriň ulgamyndan ybarat bolýar. Şeýlelikde, aýratyn meseleleriň özara baglanyşygy aýratyn meseleleriň maksat funksiýalaryna ýa-da olara degişli çäklendirmelere utgaşdyryjy parametrleri girizmek arkaly üpjün edilip bilner.

Şeýle görnüşli çemeleşmede aşakdaky utgaşdyrmalar görkezilýär:

- badalga berilmegini utgaşdyrmagyň ýörelgesi;
- limit goýmagy utgaşdyrmagyň ýörelgesi.

Ýerli meselelere badalga bermek arkaly utgaşdyrmak meseläniň maksatlaýyn funksiýasyna goşulýan baglaýjy signallaryň kömegi arkaly amala aşyrylýar.

Dekompozisiýanyň her bir usuly ençeme häsiýetlere eýedir. Birinjiden, bu usul meseläni çözmegiň özboluşly görnüşine getirilýär. Köp derejeli ulgamlar iýerarhik ýa-da piramida görnüşli bolup biler. Piramida görnüşli ulgamlarda diňe wertikal arabaglanyşyklar bolýar, bular merkezleşdirilen görnüşde utgaşdyrylan ulgamlar diýlip atlandyrylýar. Iýerarhik ulgamlarda wertikal, şeýle hem gorizontal arabaglanyşyklar bolýar, olar merkezleşdirilen we ýaýratma görnüşinde utgaşdyrylan ulgamlar diýlip atlandyrylýar.

## **8.2. Dolandyryşyň iýerarhik ulgamlarynda utgaşdyrmak**

*Dolandyryşyň iýerarhik ulgamlary* (DIU) – munuň özi erkin (ykdysady, tehniki, durmuş, biologik) häsiýetli we maksatly ulgamlar

bolup, guramaçylyk, funksional taýdan ýa-da haýsydyr bir başga ugra görä, köp derejeli gurluşa eýe bolan ulgamlardyr.

Iýerarhik ulgamlaryň ählisine aşakda görkezilen aýratynlyklar mahsusdyr:

- *wertikal dekompozisiýa* ýa-da köp derejeli iýerarhiýa;
- ýokarky derejedäki *hereketleriň ileri tutulmagy* ýa-da aşaky derejelerdäki hereketleriň ýokarky derejede kabul edilýän çözümlere tabynlygy;
- iýerarhiýanyň ýokarky derejelerinde kabul edilýän *çözümleriň* aşaky derejelerde gazanylan netijelere *bagly bolmagy*, DIU-da *garşylyklylykly arabaglanyşyklaryň bolmagy*.

DIU-nyň giňden ýaýramagy we olaryň köp taraply häsiýeti dolandyryşyň beýleki ulgamlary bilen deňeşdireniňde, olaryň aşakda görkezilen birnäçe artykmaçlyklara eýe bolmagy bilen şertlendirilendir:

- hereketleriň erkinligi;
- tutuş ulgamyň önünde goýlan maksada laýyklykda, DIU-nyň derejeleriniň oňalylygyň kiçi we uly ölçeglerine laýyk gelmege;
- DIU «aşakdan ýokarlygyna» gelip gowuşýan maglumatlary umumylaşdyrmak, gysgaltmak boýunça artykmaçlyklaryň bolmagy hem-de «ýokardan aşaklygyna» geçirilýän maglumatlaryň aýdyňlaşdyrylmagy we jikme-jik beýan edilmegi;
- dolandyryş ulgamynyň has ygtybarly bolmagy, onuň çeteligi we üýtgäp durýan ýagdaýa uýgunlaşmagy;
- köptaraplaýyn häsiýete eýe bolmagy we serişdeleriň tygşytlýlygy.

DIU baradaky nazaryýetiň esasy bölümleri: DIU-nyň gurluşynyň analizi we sintezi; DIU-ny utgaşdyrmak bilen bagly mesele; DIU-nyň hereket etmegini oňalylaşdyrmak.

*DIU-nyň gurluşynyň analizine we sintezine degişli meseleler* dürli görnüşlidir, çylşyrymly ulgamyň DIU görnüşinde görkezilmegi jikme-jik beýan etmegiň ýörelgesine baglydyr: munuň özi ulgamyň derejelere görä düzümini kesgitleýär.

Çylşyrymlylygy boýunça dürli görnüşdäki DIU özara baglanyşykly modullaryň jemi hökmünde görkezilip bilner, bu iki derejeli DIU – ýönekeý kömekçi ulgamlar modullar hökmünde öňe çykýar, DIU-na mahsus bolan ähli aýratynlyklara eýedir.

Iki derejeli DIU esasy kömekçi ulgamlar  $(n + 2)$  arkaly emele gelýär, ýagny ýokarda durýan dolandyryjy kömekçi ulgam ýa-da *koordinator (utgaşdyryjy)*  $C_0$  tarapyndan emele getirilýär, bu koordinator utgaşdyryjy signallary  $y_i (i = 1, n)$  sazlaýar, bu signallar aşaky dolandyryjy kömekçi  $C_i (i = 1, n)$  ulgamlara gönükdirilýär, bu kömekçi ulgamlar garşylyklaýyn arabaglanyşyga degişli bolan we koordinatoryň girelgesine gelip gowuşýan signallary  $\omega_i (i = 1, n)$ , şeýle hem dolandyryjy täsirleri  $m_i$  işläp çykarýar, olar  $P$  hadysalary dolandyrmak üçin niýetlenendir, bu hadysalaryň we daşky gurşawyň arabaglanyşygy giriş  $(X)$  we çykyş  $(Y)$  arkaly amala aşyrylýar, işiň netijeleri baradaky maglumatlary alyşmak garşylyklaýyn arabaglanyşygyň kanallary  $z_i$  arkaly bolup geçýär.

Köplükler nazaryýetine esaslanyp, ulgamyň funksionirlenmeginiň bu düzgünlerini umumy görnüşde şeýle ýazmak bolar:

$$\left. \begin{aligned} f_0 &: S \rightarrow \Gamma - C_0\text{-yň kesgitli (direktiw) funksiýasy} \\ f_0 &: \Omega \rightarrow \Gamma - C_0\text{-yň mejbur ediji funksiýasy} \\ f_i &: y_1 \times z_i \rightarrow m_i - C_i\text{-yň dolandyryş funksiýasy} \\ f_i' &: y_1 \times z_i \times m_i \rightarrow \omega_i - \text{netijäni bahalandyрма funksiýasy} \\ f_p &: X \times M \rightarrow Y - \text{önümçilik funksiýasy} \\ f_i' &: X \times M \times Y \rightarrow z P \text{ obýektiň hasap maglumatlary} \end{aligned} \right\} (8.9)$$

(8.9) aňlatma degişli baglanyşyklary düzmegiň aýratynlyklaryny görkezýär.

$C_0$  element arkaly *utgaşdyrmagyň usulyny* saýlap almak bilen bagly mesele köplügiň  $\mu$  täsirleriniň görkezijilerini kesgitleýän we hususan-da, hereketleri şolbir derejedäki kömekçi ulgamlara laýyk getirmek üçin makul görülyän usuly  $C_0 (i = 1, 2, \dots, n)$  belleýän düzgünleri äşgär etmekden ybaratdyr. Görkezilen maksatlara ýetmek üçin ulanmaga ýaramly ýörelgeleriň birnäçesini teklip etmek bolar:



- koordinator öz hukugyny «jogapkärçilige eýe bolmak» arkaly amala aşyrýar we dolandyryjy kömekçi ulgamlaryň hereketleriniň berýän netijeleriniň we koordinatoryň seslenmeleriniň, höweslendirmeleriniň arasyndaky baglanyşygy kesgitleýär;
- «koalisiýalary döretmek» arkaly utgaşdyrmak, munda ýokarky derejedäki element aşaky derejedäki elementleriň toparlarynyň arasyndaky gatnaşyklaryň görnüşini kesgitleýär.

Birinji dereje (kömekçi ulgamlar  $C_1$  we  $C_2$ ) özara baglanyşyklaryň  $m_1$  we  $m_2$  kömegi arkaly,  $P_1$  we  $P_2$  obýektleri dolandyrýar.  $C_0$  koordinator  $C_1$  we  $C_2$  sazlaýjylaryň girelgelerine utgaşdyryjy  $y_1$  we  $y_2$  signallary gönükdirip, bu sazlaýjylary dolandyrýar,  $m_1$  we  $m_2$ :  $m_1(y_1)$  we  $m_2(y_2)$  görkezijiler şol signallara bagly bolýar. Ýa-da umumy ýagdaýda:  $m_1(y)$  we  $m_2(y)$  bolýar, bu ýerde  $y = (y_1, y_2)$ .  $m_1$  we  $m_2$  şolbir wagtda  $y_1$  görkezijä we  $y_2$  görkezijä bagly bolup biler.

$\tilde{y}$  boýunça  $m_1(\tilde{y})$  we  $m_2(\tilde{y})$  görkezijileri ulgamyň önünde durýan umumy maksada laýyk getirýän görkezijiler ýüze çykarylsa, ulgam *koordinirlenýän (utgaşdyrylýan)* diýlip atlandyrylýar. Dolandyryjy täsirleri utgaşdyrmagyň şertlerine laýyk gelýän  $m_1$  we  $m_2$  görkezijilerini  $\tilde{m}_1(y)$  we  $\tilde{m}_2(y)$  arkaly aňladalyň.  $U_1$  we  $U_2$ : ululyklar  $\varepsilon_2 = U_2 - \tilde{U}_2$  boýunça dolandyrylýan  $P_1$  we  $P_2$  obýektleriň arasyndaky köp-taraplaýyn özara baglanyşyklary häsiýetlendirýär. Bu ululyklaryň şol wagtky  $U_1$  we  $U_2$  görkezijileri  $C_0$  koordinatora geçirilýär hem-de olary ulgamyň utgaşdyrylyp bilinmeginiň şertlerine laýyk gelýän  $\tilde{U}_1(y)$  we  $\tilde{U}_2(y)$  görkezijileri bilen deňeşdirmek arkaly laýyk gelmezlige degişli ýalňyşlyklar kesgitlenilýär:

$$\varepsilon_1 = U_1 - \tilde{U}_1$$

we olar koordinatoryň işlemeginiň algoritmini düzmede ulanylýar.

Koordinatoryň strategiýasyna görä,  $\tilde{m}_1(y)$  we  $\tilde{m}_2(y)$  dolandyrys täsirleriň bahalary ulgamyň umumy maksadyny kanagatlandyran ýagdaýynda şeýle ýazylar:

$$U_1(y) = \tilde{U}_1(y) \quad \text{we} \quad U_2(y) = \tilde{U}_2(y) \quad (8.10)$$

ýagny özara täsirleriň deňeçerligine «özara täsirleriň çaklanylyş ýörelgesi» diýilýär. (8.10) formuladaky ululyk bolsa şu aşakdaky gatnaşyk bilen çalşylar:

$$U_1(y) \in U_1^y \quad \text{we} \quad U_2(y) \in U_2^y; \quad (8.11)$$

bu ýerde  $U_1^y$  we  $U_2^x - U_1$  we  $U_2$  degişli baglanyşdyryjy signallaryň ygtyýar berilýän diapazonlary bolsa, utgaşdyrmagyň ýörelgesi «özara baglanyşyklara baha bermek» diýlip atlandyrylýar.

Utgaşdyrmagyň haýsy-da bolsa bir usulyny saýlap almak nazary hasaplamalaryň, modelirlemegiň we ewristik pikirleriň netijelerini deňeşdirmek esasynda amala aşyrylýar. Ikiden gowrak derejeleri bolan DIU-yň barlanan mahalynda, derejeden derejä geçilende meseleleriň häsiýeti we meseleleriň algoritmizasiýasy özgerýär we şonuň bilen birlikde ol çylşyrymlaşýar: awtomatlaşdyrmak has peselýär we dolandyryşyň esasynda degişli jähtleri göz önünde tutýan ewristika has-da artýar.

Umumy ýagdaýda dolandyryşyň iýerarhik ulgamynda üç hili: a) tutuş ulgamyň önünde duran global  $D$  mesele; b) koordinator  $C_0$  tarapyndan çözülýän mesele –  $D_0$  mesele; ç) aşakda durýan we beýan edilende  $D_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) meseleler hökmünde görkezilýän kömekçi ulgamlar  $C_i$  tarapyndan çözülýän meseleler bolup biler. Şeýle hem goý,  $D_0$  – ýokarda durýan elementiň wezipesi bolup durýar we munuň özi utgaşdyryjy täsirleri  $y$  işläp taýýarlamakdan ybarat bolýar diýeliň. Ýokarda durýan elementiň maksady onuň bähbitlerini äşgär etmek bilen birlikde, meselem, eýýäm netijäniň funksiýasy bilen däl-de, netijeliligiň funksiýasy bilen bagly bolýar hem-de utgaşdyryjy täsirler daşky gurşawyň talaplary bilen dissosirlenýän maksada ýetilmegine gönükdirilip bilner, şeýle ýagdaýda munuň özi utgaşdyrmagyň ýa-da sazlamagyň zerurdygyny äşgär edýär.

Işiň gidişiniň formal beýany şu aşakdaky ýaly görkezilýär:

$$P : M \times \Omega \rightarrow Y, \quad (8.12)$$

$$\bar{P}_i : m_i \times \omega_i \rightarrow y_i, \quad (8.13)$$

$$\bar{P} = \{\bar{P}_i\}_{i=1,2,\dots,n}, \quad (8.14)$$

$$P = \{\bar{P}, U\}, \quad (8.15)$$

$$\bar{P}_i : m_i \times \omega_i \times U_i \rightarrow y_i, \quad (8.16)$$

$$F : M \times Y \rightarrow U \quad \text{ýa-da} \quad u = F(m, y), \quad (8.17)$$

$$F : M \times \Omega \rightarrow U \quad \text{ýa-da} \quad (8.18)$$

$$F : M \times Y \times \Omega \rightarrow U. \quad (8.19)$$

Dolandryşyň goşmaça ulgamlarynyň sazlaşygy hem ýokarda görkezilen usul boýunça ýerine ýetirilýär, ýöne onda hem garalýan meseleleriň özara baglanyşygyna seretmek zerurdyr.

Umuman, dolandryşda maglumat ulgamlary esasy üç mesele: birinji –  $D$  mesele boýunça umumy ulgamyň globallygy, ikinji –  $D_0$  mesele boýunça  $C_0$  utgaşdyryjynyň meselesi, üçünjiden –  $D_i (i = 1, 2, \dots, n)$  mesele üçin  $C_i$  kiçi ulgamlary dolandyrmagyň meseleleri boýunça gyzyklanýar. Onda ulgamyň funksionirlenmegi  $Y$ -iň çykyş bahasy bilen baglydyr,  $D(S)$  global bolanda  $Y$  onuň çözügidir:

$$P\{Y, D(S)\}, \quad (8.20)$$

$$P\{y, D_0(S, \Omega)\}. \quad (8.21)$$

Meňzeş ýagdaýda

$$P\{m_i, D_i(y_i, z_i, u_i)\}, \quad (8.22)$$

bu ýerde

$D_i$  – goşmaça  $C_i$  ulgamyň  $i$ -meselesiniň koordinirlenen signaly;  
 $m_i$  – dolandryjy signal.

Bu üç görnüşli meseläniň bilelikde seredilmegi dolandryşda maglumat ulgamlarynyň koordinirlenmegini kesgitleýär.

Şeýlelikde, şonuň ýaly ulgamlaryň taslamasyny düzmegiň barşynda orta atylýan *DIU-nyň sinteziniň meseleleri* ýagdaýlaryň dürli jähtlerine degişli bolup biler.

1. *Utgaşdyryjynyň sintezi*. Bu global mesele we dolandryşda aşaky derejedäki kömekçi ulgamlar arkaly çözülýän meseleler bolup durýar. Ulgamyň utgaşdyrylmagy üçin koodinirleýji  $C_0$  elementiň derejesinde çözülip bilinjek  $D_0$  meseläni tapmaly.

2. *Dolandryşa degişli meseleleriň sintezi*. Global mesele mälim bolup, utgaşdyryjy hadysalary dolandyrmak boýunça ygtyýarlyklary aşaky derjedäki kömekçi ulgamlara geçirýär, şol ulgamlaryň gurluşy we olara baglanyşygynyň häsiýeti utgaşdyryjy tarapyndan kesgитlenýär we şunda meseleleriň laýyklygy baradaky kadanyň ýerine ýetirilmegi üpjün edilýär.

3. *Bellenilen toplumyň sintezi*. Global wezipä laýyklykda,  $D_0$  we  $D_i (i = 1, 2, \dots, n)$  meseleler kesgитlenýär, şolaryň çözüdi laýyklyk baradaky kada boýunça ýerine ýetirilýär.

Şoňa laýyklykda, iýerarhiýanyň derejeleriniň zerur sany hem-de her bir derejäniň elementleriniň sany kesgitlenilýär.

5. *Utgaşdyrmagyň usullarynyň ýa-da kadalarynyň sintezi.* Iki derejeli DIU kesgitlenen, şondaky meseleler utgaşdyrylan. Utgaşdyryjy signallary almagyň netijeli usuly tapmak gerek, şol signallar meseleleriň aýratynlykda utgaşdyrylmagyndan dolulygyna utgaşdyryp geçirilmegine müminçilik döretmelidir.

6. *Dolandyryşyň kadalarynyň sintezi.* 5-nji bentde görkezilişine meňzeş görnüşde dolandyryş boýunça dolandyryşyň aşaky derejesinde çözülyän meseleleriň modifikasiýasy kesgitlenmelidir we şol modifisirlenen kadasyna laýyk gelýän görnüşde bolmalydyr.

7. *Önümçilik ulgamynyň sintezi.* Bu daşky gurşawyň zerurlyklaryna laýyk gelýän obýektiň taslamasyny düzmek arkaly amala aşyrylýar.

Haýsydyr bir modifikasiýadaky sinteziň meselelerini formallaşdyrmakda öňünden döreyän şertler şu işiň ahyrky bölümünde beýan edilýär.

### 8.3. Dekompozision amallaryň usullary

Häzirki wagta çenli dekompozisiýanyň işlenilip düzülen usullary, esasan, kesgitlenen meselelere gönükdirilendir. Galyberse-de, ilki bilen meseleler additiw we separabel görnüşde saýlanyp alynýar. Köplenç halatda, utgaşdyrmak üçin, işiň netijesiniň nyrlarynyň kömegi arkaly badalga bermek ýa-da netijeleriň kömegi arkaly limitirmek ulanylýar.

#### Bellik:

Matematiki separabel funksiýanyň peselýän tertipde üç derejesi tapawutlandyrylýar:

1) additiw separabel funksiýa:  $f_1 = \sum f_j(x_j)$ ;

2) multiplikasion separabel funksiýa:  $f_2 = \prod f_j(x_j)$ ;

3) separabel däl funksiýa:  $f_3 = f(x)$ .

Matematikanyň differensial hasaplamlarynyň adalgalaryna, pozisiýalaryna we alnan netijelere görä utgaşdyrmak baradaky dü-

şunjeler XX asyryň başynda inlis alymlary A. Marşall we A. Pigu tarapyndan işlenip düzüldi.

Limitirlemegiň matematiki ideýasyna görä, ilki meselä degişli bolan çäklendirmeler ýa-da birlikler boýunça paýlanýar, bu birlikler şol meselä degişli optimallygy kesgitleýär. Utgaşdyrmak çäklendirmeleriň paýlanylyşyny äşgär etmek üçin ulanylýar we optimallyga ýetilmegine mümkinçilik döredýär. Bu ýerde meýilleşdirmegiň aýratyn meseleleriniň iki dürli çözgütleri hyzmat edýär. Beýan edilen usulyň ykdysady mazmuny barada aýdylanda bolsa, meseleleriň çözgütleriniň tapawutlandyrylyp görkezilen resurslaryň we borçnamalaryň netijeliliginiň doly beýan edýändigini sebäpli resurslar we borçnamalar netijelik birmeňzeş bolýança täzeden paýlanýar.

Bu usul çyzykly, şeýle hem çyzyksyz additiw we separabel görnüşli meseleler çözüleninde ulanylyp bilner. Meseläni çözmegiň barşynda goýulýan meýilnamalar ygtyýar berilýän görnüşe geçýär we munuň özi şol usulyň artykmaçlygy bolup durýar. Onuň ýetmezçiligi utgaşdyrmagyň çylşyrymly bolmagyndan ybaratdyr, bu çylşyrymlylyk aýratyn meseleleriň gapma-garşylykly bolmazlygyny üpjün etmegiň kyn düşmegi bilen baglydyr. Şeýle hem usullaryň utgaşdyrylan (kombinirlenen) toparlarynyň käbiri ykdysady taýdan netijeli diýlip hasaplanylýar.

1966-njy ýylda alymlar J. Lions we R. Temam tarapyndan konjunktiv dekompozisiýa we jerimeleriň kömegi arkaly utgaşdyrmak baradaky ilkinji iş neşir edildi we soňra bu çemeleşme alym Ž. Sea tarapyndan ösdürildi. Bu usul meýilnamalary utgaşdyrmagyň usuly diýlip atlandyrylýar. Bu usula görä, aýratyn meseleleriň tutuş ulgamy meýilleşdirilýän meselelerden ybaratdyr. Her bir aýratyn meselede iterasiýanyň barşynda ilkinji meseläniň tutuş meýilnamasy kesgitlenilýär we olar şu aşakdakylardyr:

- meseläniň maksat funksiýasy;
- çäklendirmeleriniň bellibir bölegi;
- tapawutlary azaltmak maksady bilen öňki hereketdäki galan meseleleriň meýilnamasynyň aňlatmalary.

Ykdysady ylmyň nukdaýnazaryna görä, netijäniň limitlerini utgaşdyrmak babatdaky görnüş has täsirli bolup görünýär, ýagny bahalar we limit goýmagyň netijesinde gazanylýan durnuklylyk arkaly, koordinasiýanyň çyýeligi utgaşdyrylýar.

Görkezilen awtorlar öz ylmy barlaglarynda mümkin boldugyça, has umumy ykdysady şertleri ugur edinmäge hem-de ykdysady ulgamlaryň takyk modellerini dekompozision usullara esaslanmak arkaly beýan etmäge çalşypdyrlar.

Okuw kitabyňyň şu bablarynda garalyp geçilen meseleleri göz önünde tutup, ykdysady kibernetikanyň gurluşyna we häsiýetine görä baha bereliň, ýagny ykdysady kibernetika – munuň özi gurluşy hem-de maddy häsiýetliligi we çylşyrymlylygynyň derejesi boýunça islen-dik görnüşdäki dolandyryş ulgamlarynyň hereket etmegine degişli kanunlar baradaky ylymdyr, onuň maksady ulgamlaryň analizinden, sintezinden we optimallaşdyrylmagyndan ybaratdyr. Ykdysady kibernetikanyň kanunlary obýektiw we özboluşlydyr, olar haýsydyr bir başga ylmyň öwrenýän predmeti bolup durmaýar.

## EMELI INTELLEKT ULGAMY

---

### 9.1. Emeli intellekt ulgamy barada düşünje we onuň taryhy esasy düzgünleri

**Emeli intellekt (EI)** – bu kibernetikanyň adalgasy 1956-njy ýylda tekliپ edildi. Ol adamyň intellektual işiniň dürli aspektlerini modelirleýän kompýuter ulgamyny işläp düzmekden ybaratdyr. Kibernetikanyň ugry bolup, emeli intellekt ulgamynyň düzümine şu aşakdakylar degişlidir:

- ekspert ulgamlary;
- anyk däl ulgamlar;
- genetiki algoritmler;
- neýron torlary.

Bu ulgamlaryň her biri özbaşdak we beýlekiler bilen bilelikde hem ulanylyp bilner. Häzirki wagtda anyk däl neýron ulgamlary has giňden ýaýrandyr. Görkezilen ulgamlaryň bilelikde peýdalanylmagy sinergiýa häsiýetine eýe bolýar.

Ulgamyň käbir elementleri birleşdirilende onuň netijeliligi düzüji elementleriň netijelilikleriniň jeminden ýokarydyr. Bu häsiýete sinergiýa häsiýeti diýilýär.

Emeli intellekti iş ýüzüne geçirmekligiň çemeleşmesi şu aşakdakylardan ybaratdyr: *Ekspert ulgamlary* adamyň käbir bilimler ýaýlasy boýunça jemlenen ylmy işlerini modelirleýär. Bilim ýaýlasy – bu ylmyň inçe ýaýlasydyr. Mysal üçin, kärhananyň ykdysadyýeti, ýürek-gan damar kesellerini anyklamak, çylşyrymly howa şertlerinde awtomobili dolandyrmak we ş.m. Ylym ýokary derejeli bilimden ekspertlerden alnyp, kompýuteriň ylym bazasyna ýerleşdirilýär.

Anyk däl ulgamlar bu lingwistik üýtgeýänleri esasy element hökmünde alyp, obýektleri adamyň pikir ýöretme hadysasynda peýdalanýan sözi bilen beýan etmekdir.

Genetiki algoritmler – bu biologik ulgamlardan tebigy seçgä esaslanýan ewalyusion hadysalaryň modelleriniň çylşyrymly optimizasiýa meseleleriniň üsti bilen amala aşyrylmagydyr.

Neýron torlary – bu adamyň nerw ulgamynyň içki gurluşyny, şol sanda adamyň kelle beýnisini modelirleýän ulgamdyr.

Neýronlar – bu bir-birleri bilen sinapslar arkaly baglanyşýan elementlerdir. Häzirki döwrebap düşüňjä laýyklykda adamyň beýnisi neýronlardan we sinapslardan ybarat. Beýnidäki neýronlar 1011 derejeli san bilen, sinapslar bolsa 1015 derejeli san bilen aňladylýar. Belli bir düzümde jemlenen neýronlar neýron torlaryny emele getirýärler. Hakyky neýron torunyň konfigurasiýasy ýeterlik derejede kesgitsizdir. Şol sebäpden emeli neýron torlarynyň konfigurasiýasy örän dürli-dürlüdür, ýagny neýron torlarynyň modelleriniň sany örän köpdür. Neýron torlarynyň häsiýetini hut konfigurasiýa kesgitleýändir.

Neýron tory kelle beýnisiniň işleýşiniň şu aşakdaky ýörelgelerini peýdalanýar:

- sinaptiki arabaglanyşyklaryň koeffisiýentlerini sazlamak arkaly maglumatlary ýatda saklamak, ýagny sinaptiki matrisalar görnüşinde;
- ýagdaýy öňünden öwrenmek we soňundan düşünmek esasynda işleýär;

- assosiatiw ýat – bu ýatda obýekt salgysy boýunça däl-de, obýektleriň meňzeşligi, olaryň alamatlary (nyşanlary, fragmentleri we ş.m.) boýunça kesgitlenilýär.

Adamy onuň intellektual, ýagny döredijilik işini häsiýetlendirýän emeli intellekt (EI) ulgamynyň görnüşleri we olar bilen modelirlenýän aspektler 9.1-nji tablisada getirilendir.

*9.1-nji tablisa*

### **Emeli intellekt ulgamy we modelirlenýän aspektler**

№	Emeli intellekt ulgamy	Modelirlenýän aspekt
1	Ekspert ulgamy	Käbir inçe we ders bilimlerine esaslanan adamyň alyp barýan işi
2	Anyk däl ulgamlar	Adamyň pikir ýöretmesi
3	Genetiki algoritmler	Ewolýusion modelleriň adaty seçgi hadysalaryna esaslanan optimizasiýasy
4	Neýron torlary	Adamyň beýnisi we nerw ulgamy

Tablisada getirilen ulgamlardan has-da netijeli gibril ulgamlar döredilýär. Gibril ulgamlaryň käbir görnüşleri 9.2-nji tablisada görkezilýär.



## Gibrid ulgamlarynyň käbir görnüşleri

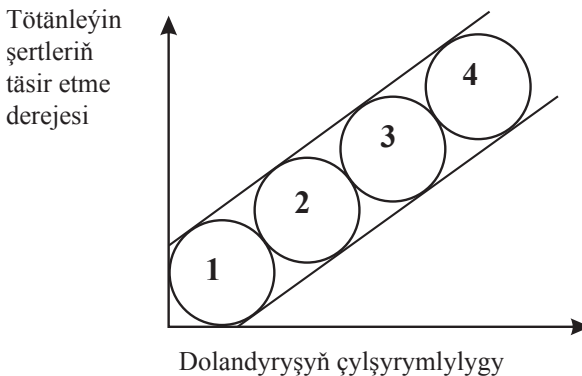
Ulgamy düzmeğiň ýörelgeleriniň bilelikde peýdalanylmagynyň görnüşleri	Gibrid ulgamy
Ekspert enjamlar + anyk däl enjamlar	Anyk däl ekspert ulgamy
Anyk däl enjamlar + neýron torlary	Anyk däl neýron tory
Anyk däl ulgamlar + genetiki algoritmler + neýron torlary	Genetiki algoritmleriň esasynda özleşdirilýän anyk däl neýron tor

Ulgamyň netijeliligi ulgamy dolandyrmagyň görnüşiniň obýektiň dolandyrmasyň çylşyrymlylygyna we tötänleýin şertleriň täsirine baglydyr.

Emeli intellekt ulgamy şu aşakdaky meseleleri çözmek üçin peýdalanylýan bilner:

- keşplerini tanamak;
- anyklaýyş;
- klasterizasiýa;
- approksimasiýa;
- çaklama;
- dolandyрма.

Ulgamy dolandyrmagyň görnüşiniň obýektiň dolandyrmasyň çylşyrymlylygyna we tötänleýin şertleriň täsirine baglylygyny 9.1-nji şekilde getirilen diagramma görkezýär.



9.1-nji şekil. Ulgamy dolandyrmagyň görnüşiniň obýektiň dolandyrmasyň çylşyrymlylygyna baglylygy

9.1-nji şekilde sanlar bilen aşakdaky ulgamlary peýdalanmak ýaýlalary belgilenen:

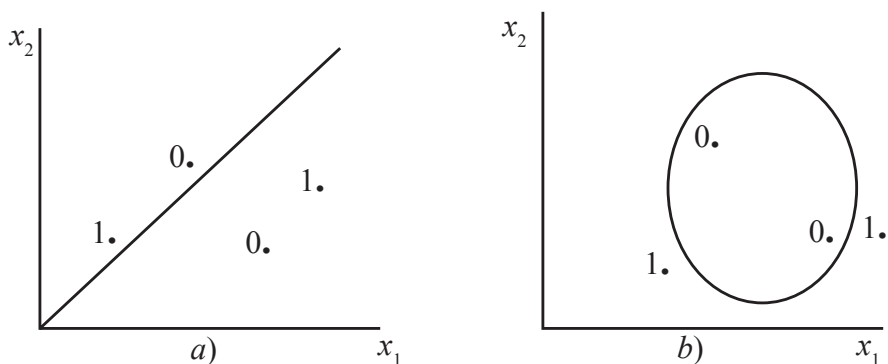
1. Nusgawy dolandyрма ulgamlary;
2. Anyk däl dolandyрма ulgamlary;
3. Neýron dolandyрма ulgamlary;
4. Neýron-anyk däl ulgamlary.

**Emeli intellekt (EI) ulgamynyň taryhy.** Emeli intellekt ulgamynyň taryhynyň başlangyjy 1937-nji ýylda amerikan matematigi Norbert Winer tarapyndan esaslandyryldy, matematikler, fizikler, biologlar we beýleki dürli ugurlardan alymlar tarapyndan geçirilen ylmy seminarlarda kibernetika we neýrokibernetika ylmy ugurlary döredilýär.

1943-nji ýylda alymlar U.Makkoloh we U.Pitts neýronyň matematiki modelini teklipl etdiler. Neýron adamyň beýnisiniň esasy elementidir. Öz arasynda bellibir kesgitli ugur bilen birikdirilen emeli neýronlaryň köplügi neýron toruny emele getirýär. Adam we neýron torlary maglumaty öwrenmek esasynda ýatda saklaýarlar we işleýärler. Neýron torlaryny öwrenmegiň ilkinji düzgünleri 1949-njy ýylda alym D.Hebbom tarapyndan teklipl edildi. 1957-nji ýylda F.Rozenblat *perseptron*, ýagny kesgitleýji adyna eýe bolan neýron torlaryny gurmak we funksionirmek ýörelgesini işläp düzdi. Ol dünýäde ilkinji neýrokompýuteriň tehniki taýdan amala aşyrylyş nusgasyny teklipl etdi. 1959-njy ýylda alym F.Rozenblat bir gatly *perseptrony* amala aşyrdy.

Anyk däl köplükler düşüňjesi amerikan alymy Lofti Zade tarapyndan girizildi. Ol anyk däl köplükler we anyk däl ulgamlar nazaryýetini işläp düzdi. DENDRAL we MYCIN ekspert ulgamlary döredilýär. Bu ekspert ulgamlary bilimini peýdalanmaga esaslanandyr.

Bir gatly we köp gatly perseptronlaryň işindäki aratapawutlar 9.2 -nji şekilde görkezilendir.



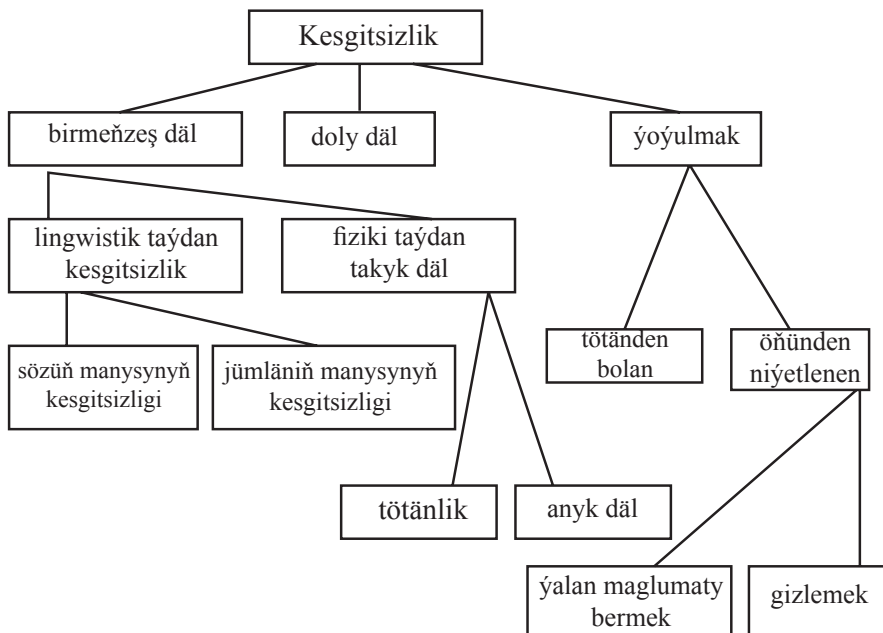
**9.2-nji şekil.**  
**Bir gatly (a) we köp gatly (b) perseptronyň işleýşi**

Bu ýerde  $x_1$  we  $x_2$  parametrleriň tekizliginde iki sany dürli toparlara degişli bolan nokatlar girizilen. Bir topara degişli nokatlar birlikler bilen, nollar bilen bolsa beýleki toparlaryň nokatlary aňladylan. Tekizlikde dürli toparlara degişli nokatlaryň arasyny bölýän çäk geçirmek talap edilýär. Bir gatly perseptron bu çägi diňe çyzykly görnüşde geçirýär. Ol bolsa, köplenç, goýlan meseläni çözmäge mümkinçilik bermeyär. Köp gatly perseptron çyzykly däl çägi goýmaga mümkinçilik berýär hem-de ähli ýagdaýlar üçin nokatlary toparlara bölmek meselesini çözüär.

Neýron torlary adaty kompýuter üçin programma görnüşinde ýa-da tehniki gurluşlar bilen neýrokompýuter görnüşinde durmuşa ornaşdyrylyp biler.

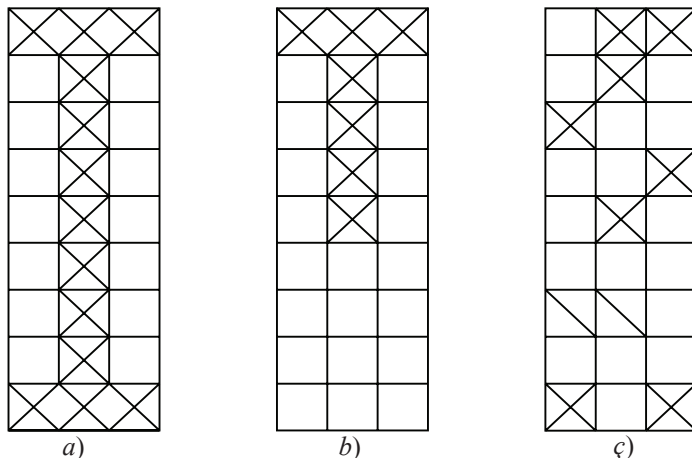
Häzirki wagtda emeli intellekt we neýrokompýuterleri döretmek ulgamlarynda işler ABŞ-da, Ýaponiýada, Günbatar Ýewropada, Malaýziýada, Günorta-Gündogar Aziýada, Hytaýda giň gerimde alnyp barylýar. Ukraina döwletiniň Kiýew şäheriniň kibernetika institutynda akademikler W.M.Gluşkowyň we A.Amosowyň ýolbaşçylygynda alnyp barylýar.

Kesgitsizligiň esasy wajyp görnüşleri şu aşakdaky toparlar boýunça bölünýärler.



9.3-nji şekil. Kesgitsizlikleriň esasy görnüşleri

Doly, doly däl we özgeren, ýoýlan maglumat düşüňjeleri 9.3-nji şekilde, grafiki görnüşinde bolsa 9.4-nji şekilde beýan edilýär.



9.4-nji şekil. Doly (a), doly däl (b) we özgeren, ýoýlan (ç) maglumatlaryň grafiki beýan edilşi

Kompýuterde şunuň ýaly şekiller pikselleriň matrisasynyň kömegi bilen alynýar. Onda birligiň gelmegi bilen atanak peýda bolýar, noluň gelmegi bilen – atanak peýda bolmaýar.

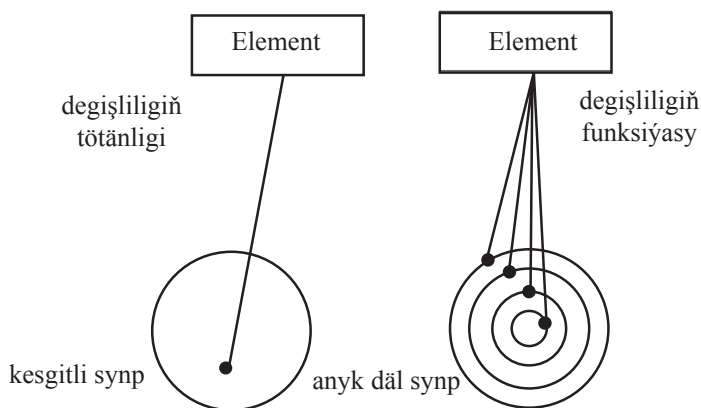
Bu ýagdaýda matrisanyň  $3 * 9 = 27$  pikseli bardyr. 1-nji matrisa I latyn harpynyň keşbi şekillendirilendir. Ikinji matrisada birlikleriň bellibir bölegi ýokdur. Hem-de doly däl keşbi alarys. Üçünji matrisada tötänleýin birlikleriň bir bölegi nollar bilen, nollar bolsa – birlikler bilen çalşylýar. Munuň ýaly ýagdaýda özgerdilen, ýagny ýoýlan keşbi alarys.

## 9.2. Anyk däl ulgamlar

Adaty ulgamlarda kesgitsizlik diýip elementiň bellibir topara deňişlilikini kesgitli bolmazlygyna aýdylýar. Bu ýerde kesgitsizligiň ölçegi hökmünde ähtimallyk, ekspert ulgamlarynda – ynamlylyk koeffisiýenti çykyş edýär. Kesgitsizlik bilen baglanyşykly maglumatlaryň we bilimiň başga bilimler topary hem öwrenilýär.

Ol anyk däl maglumat we anyk däl bilimdir. Olar elementiň kesgitsiz, ýoýlan, anyk däl köplüğe deňişlidigini häsiýetlendirýär.

Bu iki topar grafiki görnüşinde – anyk we anyk däl maglumatlar 9.5-nji şekilde getirilendir.



9.5-nji şekil: a) anyk bir synpa deňişlilik ähtimallygy, b) anyk däl synpa deňişlilik funksiýasy

Anyk däl ulgamlar nazaryýetinde lingwistik üýtgeýän ululyk düşünjesi girizilýär. Beýleki üýtgeýän ululyklardan, tapawutlylykda, ol san bilen däl-de, söz bilen aňladylýar.

Lingwistik üýtgeýänler bilen işlemek degişlilik funksiýasyny peýdalanmaga esaslanýar. Bu funksiýalar elementniň 0 we 1 sanlardan ybarat käbir köplüğine degişlilik derejesini häsiýetlendirmäge mümkinçilik berýär. Degişlilik funksiýasy, esasan, ekspertleriň bahalarynyň esasynda düzülýär.

Goý, kiçi ýaşly, orta ýaşly we uly ýaşly ýaly üç görnüşe eýe bolup bilýän «ýaş» lingwistik üýtgeýän ululyk bar bolsun. Bu üç sany anyk däl bölek köplükler ( $F$ ) termo, ýagny ölçeg aralyklary diýlip atlandyrylýar.

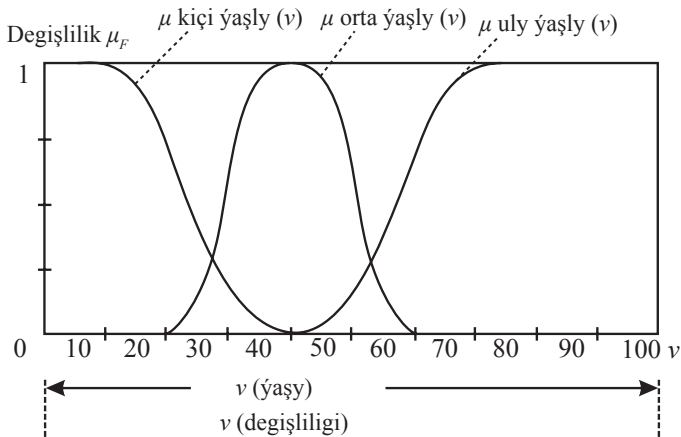
Goý,  $V$  – ähli meseleli ýáýlany öz içine alýan doly köplük bolsun.  $V$  – köplügiň  $F$  anyk däl köplügi degişlilik funksiýasy bilen şeýle görnüşde kesgitlenýär:

$$F = \mu_F^{(v_1)} / v_1 + \mu_F^{(v_2)} / v_2 + \dots + \mu_F^{(v_n)} / v_n = \sum_{i=1}^n \mu_F^{(v_i)} / v_i. \quad (9.1)$$

Seredilýän mysalda  $F$  şu bahalara eýe bolýar:  $F$  – kiçi ýaşly,  $F$  – orta ýaşly,  $F$  – garry «+» alamat (9.1) aňlatmada goşmak almaty bolman, köplügiň elementleriniň jemini aňladýar.  $v_i$  elementler maýdalawjyda,  $\mu(v_i)$  degişlilik funksiýasy bolsa sanawjyda görkezilýär.

$\Sigma$  – belgi + almatynda bolşy ýaly, adaty goşmakdan tapawutly manyny berip biler.

Anyk däl köplükler we degişlilik funksiýalary 9.6-njy şekilde getirilendir. Bu ýerde doly köplük – bu ýaşy 0-dan 100-e çenli bolan adamlar köplügi.



9.6-njy şekil. Anyk däl bölek köplükler we degişlilik funksiýalary

9.6-njy şekilde getirilen anyk däl bölek köplükler ýene-de 10 ýyldan soň ýazylanda şeýle görnüşe eýe bolýar:

$$\text{kiçi ýaşly} = \mu \text{ kiçi ýaşly } (v) = \frac{1}{0} + \frac{1}{10} + \frac{0,8}{20} + \frac{0,3}{30};$$

$$\text{orta ýaşly} = \mu \text{ orta ýaşly } (v) = \frac{0,5}{30} + \frac{1}{40} + \frac{0,5}{50};$$

$$\text{uly ýaşly} = \mu \text{ uly ýaşly } (v) = \frac{0,4}{50} + \frac{0,5}{60} + \frac{1}{70} + \frac{1}{90}.$$

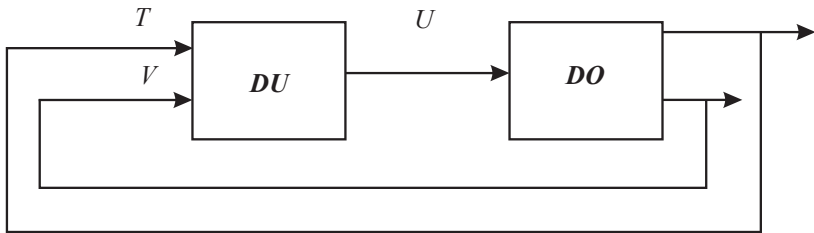
### 9.3. Dolandyryşda anyk däl ulgamlar

Anyk däl ulgamlar dolandyryş meseleleri çözümlenende giňden peýdalanylýar. Sebäbi, anyk däl ulgamlar dolandyryş ulgamlarynda has ýokary takyklygy we netijeliligi üpjün edýär.

Dolandyryşda anyk däl ulgamlaryň düzüm çyzygysyna mysal arkaly seredip geçeliň. Bu mysalda dolandyryşyň obýekti hökmünde otagyň içindäki howanyň ýagdaýy hyzmat edýär.

Dolandyryjy guramanyň wezipesini ýelpewaç ýerine ýetirýär. Dolandyryş ýelpewajyň aýlanyş tizligini üýtgetmek esasynda amala aşyrylýar.

Dolandyryş ulgamyna obýektiň ýagdaýynyň iki parametri, ýagny howanyň temperaturasy we çyglylygy barada maglumat gelip gowuşýar.



**9.7-nji şekil. Dolandyrys ulgamynyň iki parametr boýunça maglumatlarynyň arabaglanysygy**

9.7-nji şekilde  $T$  – bilen howanyň temperaturasy;  $V$  – howanyň çyglylygy;  $U$  – bilen ýelpewajyň aýlanş tizligini kesgitleýän dolandyryjy signal belgilenen.

Dolandyryşyň ýagdaýynyň parametrlerine baglylygy, ýagny  $U = f(T, V)$  9.3-nji tablisada getirilen  $2 \times 2$  ölçegli matrisa görnüşinde berlip bilner.

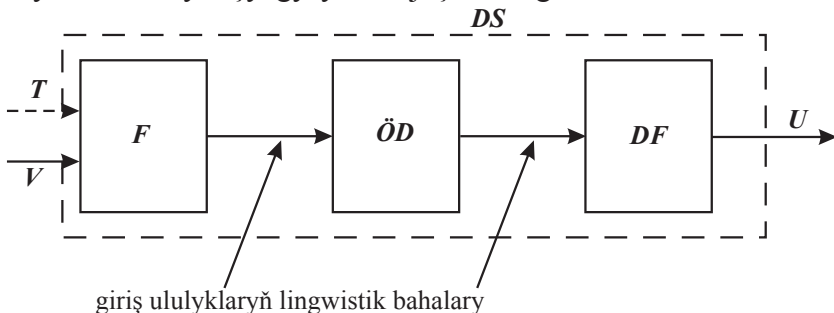
*9.3-nji tablisa*

**Dolandyryşyň ýagdaýynyň parametrlere baglylygy**

$V, \%$	$15 < T < 25$	$25 < T < 35$
$40 < V < 60$	pes ( $50 \frac{\text{um}}{\text{min}}$ )	ortaça ( $75 \frac{\text{um}}{\text{min}}$ )
$60 < V < 80$	ortaça ( $75 \frac{\text{um}}{\text{min}}$ )	ýokary ( $100 \frac{\text{um}}{\text{min}}$ )

Adaty ulgam bilen dolandyrmak netijesinde ýelpewajyň aýlanma tizligi üç hili bahada beýän edilýär: 50; 75 we  $100 \frac{\text{aýl}}{\text{min}}$ .

Anyk däl pikir ýöretmäniň esasynda düzülen dolandyrylýan ulgamyň düzümläýin çyzygysy 9.8-nji şekilde getirilendir.



**9.8-nji şekil. Anyk däl dolandyrylýan ulgamyň düzümläýin çyzygysy**



Şekildäki belgilemeler:

- $F$  – fazifikasiýa blogy;
- $ÖD$  – önümçilik düzgünleriniň blogy;
- $DF$  – defazifikasiýa blogy.

«Fazifikasiýa» sözi iňlisçe «fuzzy» (ýoýlan, oýulan) sözünden gelip çykyp we ol anyk bahadan anyk däl baha, ýagny lingwistik üýtgeýänlere geçmek çäresini aňladýar.

Seredilýän ulgamda  $T$ ,  $V$  giriş ululyklaryň we  $U$  çykyş ululygyň fazifikasiýasy amala aşyrylýar.

ÖD blokda  $T$  we  $V$  – niň «ýoýlan» bahalary işläp taýýarlanylýar we öndürijilik düzgünine laýyklykda anyk däl bahasy bolan  $U$  çykyş ululygy kesgitlenilýär:

Eger temperatura pes bolsa, çyglylyk ýokary.

Onda ýelpewajyň tizligi – pes.

Defazifikasiýa blogunda  $U$  dolandyryjy üýtgeýänleriň anyk däl bahalary tizligi bermekde peýdalanylýan anyk bahalara özgerýärler.

Anyk däl bahalary anyk baha özgertmek üçin dürli usullar peýdalanylýar. Meselem:

- maksimumyň merkezi usuly;
- iň uly baha usuly;
- agyrlyk merkezi usuly.

Goý, dolandyryşyň anyk däl ulgamynyň düzgüni 9.4-nji tablisa-da berlen lingwistik üýtgeýän ululyklaryň matrisasy bilen kesgitlenen bolsun. Onda:

*9.4-nji tablisa*

#### **Dolandyryşyň anyk däl ulgamynyň düzgüni**

Temperatura, çyglylyk	Pes	Ýokary
Pes	Pes tizlik	Ortaça tizlik
Ýokary	Ortaça tizlik	Ýokary tizlik

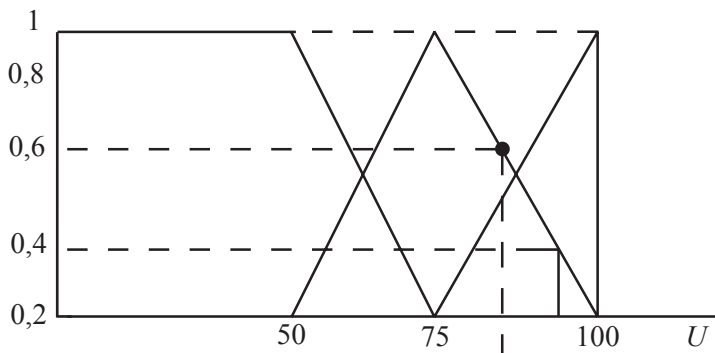
Maglumatlary gaýtadan işlemeleriň netijesinde degişlilik funksiyasynyň bahasy 0,6-a deň bolan ortaça tizlik diýeliň we degişlilik

funksiýasynyň bahasy 0,2-ä deň bolan ýokary tizlik alnan diýip hasap edeliň.

Eger-de tizligiň anyk bahasy iň uly baha bilen gabat gelýän hökmünde kesgitlenýän bolsa, onda:

$$V = 75 + (100 - 75) (1 - 0,6) = 85.$$

Grafik görnüşinde anyk baha geçmek 9.9-njy şekilde görkezilendir:



9.9-njy şekil. Dolandyryjy üýtgeýän ululygyň takyk bahasyny saýlamak

Şeýlelikde, dolandyryşyň anyk däl ulgamy ýelpewajyň tizligi bilen has takyk dolandyrmaga mümkinçilik berýär.

## NEÝROKIBERNETIKA WE EMELI INTELLEKT

### 10.1. Neýron tor ulgamlary

**Neýrokibernetika (*neural engineering*)** – bu janly bedenleriň adaty kanunalaýyklyklaryny, neýrony we neýron emele gelmeleri öwrenýän ylmy ugurdyr. Matematiki modelirleme neýrokibernetikanyň esasy usuly bolup hyzmat edýär. Neýrokibernetika lukmançylyk we biologik maglumatlary işläp taýýarlamalardan başlap, ýöriteleşdirilen neýrokompýuterlere çenli giň gerimli goşundylary öz içine alýar. Neýrokibernetikanyň has aýdyň ugurlarynyň biri hem psihologiýanyň, biologiýanyň we informatikanyň çäginde neýron torlaryň esasynda maglumatlary işläp taýýarlamak ulgamyny modelirmek bolup durýar.

Neýronlary döretmek üçin prototip bolup kelle beýnisiniň biologik neýrony hyzmat edýär. Neýron torlary neýronlaryň yönekey elementleriniň jemlenmegidir. Olaryň birleşme topologiýasy toruň görnüşine baglydyr.

Torda öwrenmek hadysalary amala aşyrylýar. Ol hadysalaryň çykyş elementleriniň etalon we olaryň elementleriniň döredilmezinden öň ýalňyşlyklaryny düzetmek maksady bilen garşylykly bahalary hasaplamakdan ybaratdyr.

Neýron torlary şekilleri tanamak hem-de toparlara bölmek, optimizasiýa we çaklama meselelerine gabat gelýär. Diýmek, neýron torlarynyň esasynda düzülen algoritmler awtomatiki usulda ştrih kodlary okamakda, tekstleri tanamakda, gollaryň anyklygyny barlamakda, signallary barlamakda we täzeden işlemekde (bölmek, identifikasiýalaşdyrmak, lokallaşdyrmak, sesi aýyrmak, interpreta-siýa etmek üçin), manipulýatorlary we awtomatlaşdyrylan önümçilik hadysalaryny dolandyrmakda giňden ulanylýar.

*Neýron torlary* – çyzykly däl algoritmleri gaýtadan döretmäge mümkinçilik berýän modelirlemäniň kuwwatly serişdesidir. Neýron torlary üýtgeýän ululyklaryň sanynyň köplügi sebäpli, çyzykly

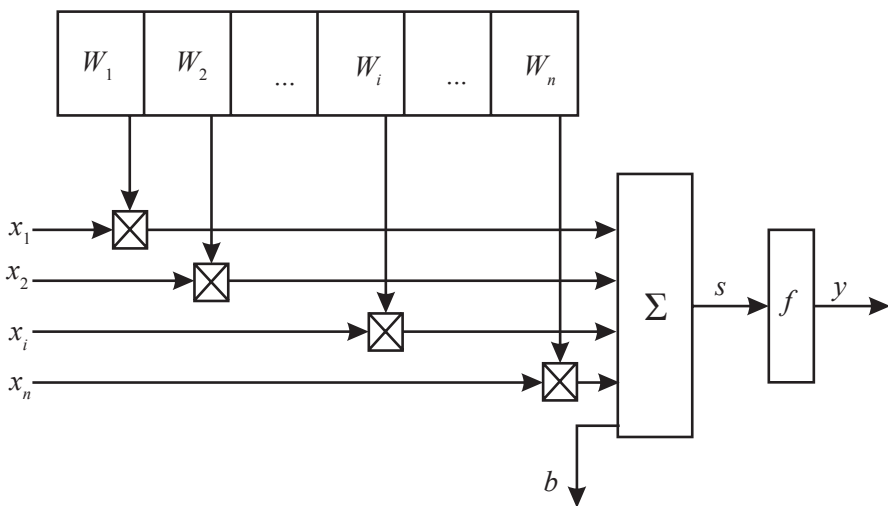
baglanyşyklary modelirmek bolmaýan ýagdaýynda hem ondan baş alyp çykmaga mümkinçilik berýär.

Neýron torlary ýönekeý elementlerden, ýagny neýronlardan düzülendir.

Neýronlaryň matematiki modeli üç elementden: sinapslardan, jemleýjilerden we çyzyksyz üýtgedijilerden ybarat bolup durýar. Sinapslar neýronlaryň arasyndaky aragatnaşygy ýerine ýetirýärler we aragatnaşyk güýjüni häsiýetlendirýärler.

Çyzyksyz üýtgedijiler, belgiler, sigmoidalar we beýlekiler funksiýalary aňladýar.

Neýronlaryň formal modelini şeýle görkezmek bolar:



10.1-nji şekil. Neýronlaryň formal modelini

Neýronlaryň matematiki modelini şu gatnaşyklar esasynda ýazalyň:

$$s = \sum_{i=1}^n w_i x_i + b, \quad (10.1)$$

$$y = f(s), \quad (10.2)$$

bu ýerde

$w$  – agram wektory;

$w_i$  – sinapsyň agramy;

$b$  – üýtgemegiň bahasy;

$s$  – jemiň netijesi;

$x_i$  – giriş wektorynyň komponentleri  $x$ , ( $i = 1, 2, \dots, n$ );

$y$  – neýronyň çykyş signaly;

$n$  – neýronlaryň giriş sany;

$f$  – çyzyksyz üýtgediji (işjeňleşdirme funksiýasy).

**Neýron torlarynyň ykdysadyýetde peýdalanylyşy.** Neýron torlary we neýrokompýuterler ulanylyşda giň gerime eýe bolýarlar. Neýron torlary lukmançylyk, sosiologiýa, radioelektronika, awiasiýa, kosmiki tehnika, elektroenergetika ýaly birnäçe tehniki pudaklarda giňden peýdalanylýar.

Neýrokompýuterler bilen keşpleri tanamak we maglumatlary gysmak üçin emeli hemra ulgamlary üpjün edilýär. Neýron torlarynyň has giňden peýdalanylýan ulgamlaryna harby ulgamlary hem-de maliýe we ykdysadyýet ulgamlary degişlidir. Neýron torlary bilen işlenýän meselelere şu aşakdakylar degişlidir:

- keşpleri tanamak;
- çaklamak;
- optimallaşdyrmak;
- dolandyrmak;
- funksiýalaryň approksimasiýasy.

Bu meseleleri çözmek üçin ýüzlerçe neýrotorlaryň bukjalary işlenilip taýýarlanylýan. Maliýe we ykdysady ulgamlarda, köplenç, neýrotorlaryň şu bukjalary peýdalanylýar:

– *Brain Maker*;

– *Neuroforester*;

– *The AI Trilogy* (Emeli intellektiň trilogiýasy).

Neýrotorlaryň bukjalarynyň içinde iň köp peýdalanylýany *Brain Maker* bukjasydyr.

Maliýe we ykdysadyýet ulgamlarynda neýrotorlaryň bukjalarynyň kömegi bilen çözülýän meselelerden şu aşakdakylary görkezmek bolar:

- nyrlary çaklamak;
- gozgalmaýan emläkleri bahalandyrmak;
- «fýuçers» geçirmelerini çaklamak;

- walýutanyň derejesini çaklamak;
- isleg şertlerini derňemek;
- töwegelçilik ätiýaçlyklaryny seljermek;
- kataloglar boýunça söwdany optimallaşdyrmak we beýlekiler.

Neýron torlary bilen çözülyän başga-da birnäçe meseleleri belläp geçmek bolar, has takygy:

- jümläniň manysyna düşünmek;
- adamy daşky görnüşi boýunça tanamak;
- lukmançylyk anyklamasy;
- maglumatyň üstünde işlemek we beýlekiler.

Neýron torlary anyk däl ulgamlar bilen hem-de ekspert ulgamlary bilen bilelikde peýdalanylýp bilner. Bu ýerde bilelikde peýdalanmak sinergiýa häsiýetine eýe bolýar.

Çaklama meselesini çözmäge degişli mysala seredip geçeliň.

Çaklama meselelerini çözüp bilmek mümkinçilikleri tejribe, onda-da maliýe we ykdysady goşundylary üçin has-da wajyp bolup durýar.

Käbir *P* görkezijiniň çaklama meselesine seredip geçeliň, mysal üçin, bir gün önünden nyrlary bilmek. Goý, *P*<sub>1</sub>-den *P*<sub>10</sub>-a çenli görkezijileriň bahalary geçen on gün üçin berlen bolsun. On birinji günün bahasyny bilmek gerek bolsun.

Neýron torlaryň kömegi bilen çaklama meselesi keşpleri tanaamak meselesi hökmünde çözülyär. Belli bolşy ýaly, bu meseläniň çözülişi iki tapgyra bölünýär:

- öwrenmek;
- getirilen mesele üçin keşbi tanamak.

Görkezilen çyzga nädip geçmelidigine seredeliň.

Goý, *P*<sub>11</sub> çaklanylýan baha öň ýanyndaky üç sany *P*<sub>8</sub>, *P*<sub>9</sub>, *P*<sub>10</sub> bahanyň esasynda kesgitlenýän bolsun.

Bu ýagdaýda mysallaryň matrisasy 4\*10 ölçege eýe bolýar we aşakdaky görnüşde düzülýär:

- birinji sütünä görkezijiniň bahalary her gün yzly-yzyna girizilýär;
- görkezijiniň bahalarynyň nusgalary üç sany goňşy sütünä geçirilýär;

- ikinji, üçünji we dördünji sütünlerdäki bahalary zzygiderlikde bir öýjük ýokary süýşürilýär. Netijede, 10.2-nji şekilde getirilen matrisany alarys.

Giriş				Çykyş
	1	2	3	4
1				<i>P4</i>
2			<i>P4</i>	
3		<i>P4</i>		
4	<i>P4</i>	<i>P5</i>	<i>P6</i>	<i>P7</i>
5				
6				
7				
8	<i>P8</i>	<i>P9</i>	<i>P10</i>	<i>P11</i>
9				
10				

**10.2-nji şekil. Çaklama meselesini çözmek üçin maglumatlaryň üstünde ýerine ýetirilen amallar**

Şekilde görkezilen 1–3-nji sütünler alamatlary özünde saklaýarlar, 4-nji sütün bolsa, çykyşda garaşylýan baha bolan 1–7-nji setirler öwrediji mysallary emele getirýärler. Tory öwrenmek tamamlanandan soňra, oňa keşbi tanamak üçin 8-nji setir getirilýär. Tor *P11*-iň çaklamaly bahasyny kesgitleýär.

**Emeli intellekt ulgamynyň düzümi.** *Emeli intellekt (artificial intelligence)* – bu ylmy ugur bolup, adamyň intellektual işiniň logiki we analitiki pikirlenmesini<sup>11</sup> modelirleýän we kompýuteriň kömegi arkaly dolandyrmagy göz önünde tutýan kibernetiki çemeleşmedir.

Awtomatik ulgamlaryň häsiýetleri hökmünde adamyň intellektiniň aýry-äýry funksiýalaryny özüne çekmeklige düşünilýär. My-

<sup>11</sup> Лопатников Л. И. Экономико-математический словарь / Л. И. Лопатников. – М.: Дело, 2003 // Материалы Интернет-портала: <http://slovari.yandex.ru>

sal üçin, şol ýa-da beýleki ulgamda geçirilen tejribäniň seljermegiň esasynda saýlamak we optimal çözüwi kabul etmek.

Emeli intellekt – bu anyk meseleleriň çözüwleriniň algoritmlerini düzmäge ukyply çylyşyrymly algoritmdir. Häzirki wagta çenli emeli intellekti modelirlemegi üç sany esasy çemeleşmä bölýärler. Birinji çemeleşme derňew obýekti hökmünde adamyň beýnisiniň düzümi we işleýiş mehanizmi kabul edilýär. Ahyrky maksat bolsa, pikirlenme hadysasyny modelirlemek bolup durýar.

Ikinji çemeleşmede, derňew obýekti hökmünde hasaplaýyş maşynlarynyň kömegi bilen emeli gursawda intellektual işi modelirlemeklige seredilýär. Bu ugurda işiň maksady intellektual meseleleri adaman pes bolmadyk derejede çözmäge mümkinçilik berýän hasaplaýyş maşynlarynyň algoritmlerini we programma üpjünçiligini döretmek bolup durýar.

Üçünji çemeleşme garyşyk – adam-maşyn ýa-da interaktiw intellektual ulgamyň adaty we emeli intellektiň mümkin bolan ýagdaýynda döretmeklige gönükdirilen.

Emeli intellekt ulgamyny gurmagyň dürli çemeleşmeleri bardyr.

**Logiki çemeleşme.** Bu çemeleşmäniň esasynda Bulewa algebrasy durýar, ilkinji maglumatlar bazasynda aksioma görnüşinde saklanylýar. Eger-de maksat subut edilen bolsa, onda goýlan maksady amala aşyrmak üçin peýdalanylýan düzgünleriň sanawy hereketleriň zygiderlilikini döredýär. Logiki çemeleşmä uly mümkinçilikleri gazanmaga anyk däl logikany peýdalanmak mümkinçilik berýär. Onuň esasy aýratynlygy pikir aýtmagyň çynlygy diňe hawa/ýok (1/0) bolman, aralyk bahalaryň hem barlygyndadyr.

Logiki usullaryň köpüsi köp zähmet talap edijidir. Sebäbi, subutnamanyň gözleginiň dowam edýän wagtynda görnüşleriň ählisine seretmeli bolmagy mümkin. Şonuň üçin bu çemeleşme hasaplaýyş hadysalaryny netijeli ornaşdyrmagy talap edýär we maglumatlar bazasynyň göwrüminiň onçakly uly bolmadyk ýagdaýynda işiň gowy boljagyna kepil geçip biler.

**Düzümleýin çemeleşme** – bu adam beýnisiniň düzümini modelirlemek ýoly bilen emeli intellekti gurmakdyr. F.Rozenblatnyň perseptrony munuň ýaly çemeleşmeleriň ilkinjileriniň biridir. Perseptron-



larda esasy modelirlemäniň düzüm birligi (beýnini modelirlemegiň beýleki görnüşlerinde bolşy ýaly) neýrondyr.

**Ewolýusion çemeleşme.** Modeliň başlangyjyny gurmaga we onuň üýtgäp biljek düzgünlerine esasy üns berilýär. Model dürli usullar bilen: neýron torlaryny, logiki düzgünleriň jemini ýa-da beýleki modelleri peýdalanmak arkaly düzülip bilner. Başlangyç maglumatlar girizilenden soň, kompýuter modelleri barlanandan soň, olardan iň gowusyny saýlap alýar. Soňra, her dürli düzgünler bilen täze modelleri generirleýär we olardan hem täzedden iň gowusyny saýlap alýar we ş.m.

**Imitasiýa çemeleşmesi.** Özünü alyp barşyny imitirleýän obýekt «gara gapyrjagy» emele getirýär. Onuň işleýiş ýörelgelerine we düzümine üns berilmeyär. Esasy zat modeliň birmeňzeş ýagdaýlarda özünü derňelýän obýekt bilen meňzeş alyp barmagydyr.

Kompýuterleriň kömegi bilen çözülip başlanan iň ilkinji intellektual meseleler logiki oýunlardyr (şaşkalar, küştler), teoremalaryň subutnamalarydyr.

Intellektual meseleleriň biri hem keşpleri tanamagy öwretmek meselesidir. Munuň ýaly meselelere bolan gyzyklanma nazary derňewleriň netijesini tejribede giňden peýdalanmak bilen höweslendirilýär: lukmançylykda keselleri anyklaýan ulgamlar, ekspert ulgamlary we ş.m.

## 10.2. Ekspert ulgamy

Emeli intellekt ulgamynyň wajyp ugry **ekspert ulgamy** – gowşak özleşdirilen we formallaşdyrylmasy kyn bolan bellibir ugur boýunça bilimleri öz içine alýan hem-de ulanyja akylyly çözüdi teklipl edip, düşündirip bilmäge ukyply kompýuter programmalaryny döretmek bolup durýar.

*Ekspert ulgamy* bilimler bazasyndan, logiki çykyşdan we düşündirişlerden ybarat bölek ulgamlardyr. Bilimler bazasy düzgünleri belli maglumatlardan peýdalanyp, täze maglumatlary ýüze çykaryp bolýan düzgünnamalaryň toparlaryny öz içine alýar. Ekspert ulgamy ýagdaýy derňeýär we meseläni çözmäge teklipleri berýär. Ekspert ul-

gamy iki görnüşde işläp bilýär. Birinjisi – bilimleri girizmek, ýagny ekspert ýörite programma üpjünçiligi özüne belli bolan maglumatlary bilimler bazasyna girizýär. Ikinjisi – maslahatlar, ýagny ulanyjy ekspert ulgamy bilen gepleşik geçirýär, çözümeli mesele barada habar berýär we teklipleri kabul edýär.

Ekspert ulgamlaryny gurmagyň we işlemegiň ýörelgeleri. Ekspert ulgamlary öz düzüminde iki sany esasy blogy jemleýär:

- bilimler bazasy (BB);
- logiki çykyşly maşyn (LÇM).

***Ykdysadyýetde ekspert ulgamyny ulanmagyň we karz amallary üçin maliýe ekspert ulgamynyň mysallary.*** Ykdysadyýetde ekspert ulgamyny ulanmagyň we karz operasiýalary üçin maliýe ekspert ulgamynyň mysallaryna üç görkeziji boýunça seretmek bolar. Olardan iň esasy görkeziji müşderileri üpjün etmegi bilmek, ol hem öz gezeginde toparlara bölünýär. Nagt harytlar – bu üpjün etmegiň ikinji toparyna degişlidir, girew üpjünçiligi ulanyp bolmaýan emläge degişlidir.

Iň esasan hem, müşderiniň maliýe ýagdaýyny bilmek zerurdyr. Müşderiniň maliýe taýdan häsiýetnamasy onuň öz hususy serişdeleri we jemi girdejisi bilen kesgitlenýär. Üçünji topara bankyň garaşýan düşewüندی degişli bolup durýar.

Diýmek, şulary bilmeklik bu meseläniň maglumatlar gorunyň üç modulyny (üpjünçilik, maliýe ýagdaýy, bankyň düşewüندی) kesgitleýär.

Kompýuterde işlenip taýýarlanmagynda adaty düzgünleri ulanmak arkaly logiki zygyderliligini ýazalyň:

- Eger: üpjünçiligi – örän gowy;
- maliýe ýagdaýy – gowy;
- düşewünt – kabul ederlikli bolsa;
- onda: **karz bermek bolar.**

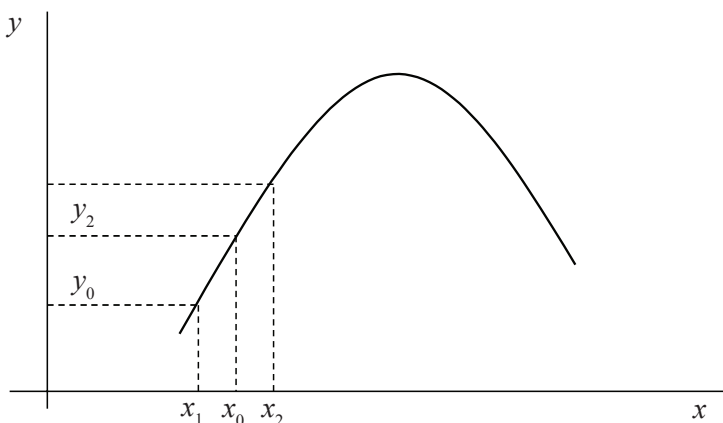
- Eger: üpjünçiligi – gowy;
- maliýe ýagdaýy – gowy;
- düşewünt – kabul ederlikli bolsa;
- onda: **karz bermek üçin goşmaça maglumat ýygnamaly.**
- Eger: üpjünçiligi – gowy;

maliýe ýagdaýy – ortaça;  
düşewünt – kabul ederlikli bolsa;  
onda: **karz bermekden saklanmaly.**

### 10.3. Genetiki algoritmler

Ewolýusion nazaryýete laýyklykda her bir biologik görnüş bel-libir maksada okgunly ösýär we daşky gurşawa has gowy öwreniş-mek üçin özgerýär. Bu manyda ewolýusiýa ähli janly bedenleriň optimallaşdyrma hadysasyny beýan edýär.

Matematiki nukdaýnazardan bu ýagdaý şeýle beýan edilýär: Genetiki algoritmler bilen tötänleýin gözlegler usulynyň arasynda kesgitli bir meňzeşlik bardyr. Tötänleýin gözlegleriň esasynda opti-mallaşdyrma ýörelgesiniň çyzgysy 10.3-nji şekilde getirilendir.

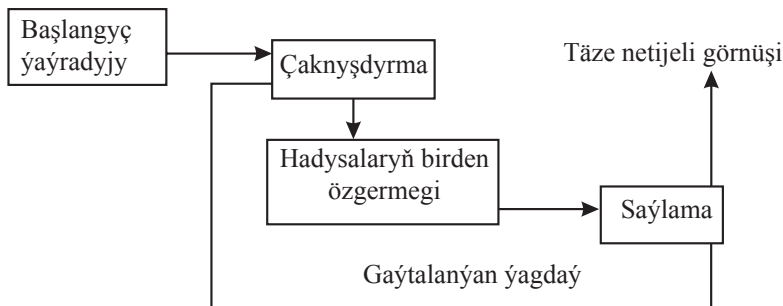


10.3-nji şekil. Tötänleýin gözlegleriň çyzgysy

$x$  parametriň başlangyç bahasy  $x_0$  – ululyk berlen we  $y_0$  – ne-tijelilik görkezijisiniň degişli bahasyny kesgitleýär. Soňra tötänleýin ýagdaýda parametre täze baha berilýär – mysal üçin,  $x_1$  ululyk we  $y_1$  ululyk kesgitlenýär.

Eger  $y_1 < y_0$  bolsa, onda  $x_0$ -yň öňki bahasy ýatda saklanýar. Täze tötänleýin baha alynýar. Eger-de bu ýerde  $y_2 > y_0$  bolsa, onda  $x_2$  para-metr ýatda saklanýar. Bu aýlanma hadysasy ekstremuma golaý noka-

da düşýänçä dowam edilýär. Genetiki algoritmiň ýörelge çyzgysynyň düzümi 10.4-nji şekilde getirilendir.



10.4-nji şekil. Genetiki algoritmiň çyzgysy

Ekstremumy kesgitlemek tizligi boýunça genetiki algoritmleriň effektiwlilik görkezijisi tötänleýin gözlegden birnäçe esse ýokary diýlip hasaplanylýar.

Genetiki algoritmleriň has köp peýdalanylýan ýerleri neýron torlaryny öwrenmek we adekwat parametrleri seçilip alnan anyk däl torlar meseleleridir.

Dolandyryjy parametr hökmünde anyk däl neýron torlary öwredilende degişlilik funksiýasynyň parametrleri saýlanyp alynýar.

Genetiki algoritmler amaly optimizasiýa meselelerini çözmäge mümkinçilik berýär.

YKDYSADY ULGAMLARYŇ OPTIMIZASIÝASY

**11.1. Köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamynyň  
we ätiýaçlyk gurlaryny dolandyryan  
ulgamlaryň optimizasiýasy**

Köpçülikleýin hyzmat ediş we ätiýaçlyk gurlaryny dolandyryan ulgamlaryň netijeliligi şu aşakdaky iki düzgüne görä kesgitlenilýär:

- teklibi kabul etmeklik;
- optimal ýagdaýlary tapmak.

Teklibi kabul etmeklik düzgünine laýyklykda ulgamyň netijeliliginiň görkezijisi berlen bahalary bilen deňşdirilýär we şol deňşdirmeler esasynda çözümler kabul edilýär.

Eger-de netijeliligiň görkezijisi öz-özünü ödemek döwrüne degişli hem-de ol kiçi bolsa, onda ulgamyň görnüşi teklibi kabul etmeklik görnüşi diýlip kabul edilýär.

Iň amatlylyk düzgünine laýyklykda ulgamyň netijeliliginiň görkezijisi maksat funksiýa ýa-da çözümleri kabul etmegiň ölçegi diýlip kesgitlenilýär we ekstremal bahalary öz içine alýar.

Eger netijelilik görkezijisini  $W$ ,  $W_{tp}$  – teklibi kabul etmek görkezijisi diýip bellesek, onda teklibi kabul etmeklik düzgüni:

$$W \leq W_{tp}$$

ýa-da 
$$W \geq W_{tp}$$

görnüşinde ýazmak bolar.

Optimallylyk konsepsiýasynda çözümler çäklendirmeleriň bähbidine kabul edilýär we şu gatnaşyk ýerine ýetýär:

$$W = W(x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \text{extr.}$$

Netijeliligiň kesgitli ölçegine görä, ulgam optimal hasap edilýär ýa-da *kesgitli manyda optimal* diýilýär.

Ulgam haýsy hem bolsa bir talap boýunça optimal bolup, başga talaba görä optimal däl. (Mysal üçin, gowy işgär, diňe bir talap boýunça gowy, beýleki talap oňa bagly däl).

Optimal çüzgütler birnäçe matematiki modelleri peýdalanmak arkaly kesgitlenilýär.

**Optimizasiýa meseleleri.**

Optimizasiýa meseleleri iki topara bölünýärler:

- nusgawy meseleler;
- matematiki programmirlleme meseleleri.

Nusgawy meselelere hem şu aşakdakylar degişlidir:

- şertsiz ekstremum meseleleri;
- şertli ekstremum meseleleri.

Matematiki programmirlleme usulyna şu aşakdakylar degişlidir:

- çyzykly programmirlleme;
- çyzykly däl programmirlleme;
- bitin sanly programmirlleme;
- parametrik programmirlleme;
- stohastiki programmirlleme;
- dinamiki programmirlleme.

Şertli ekstremum meseleleri Lagranžyň köpeldijiler usuly bilen çözülýär.

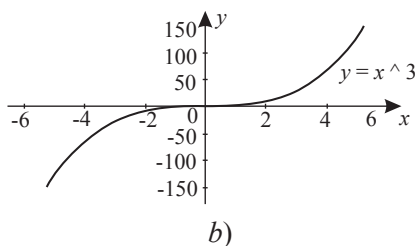
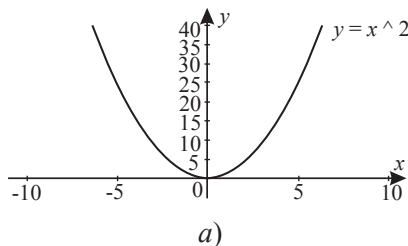
Şertsiz ekstremum meseleleri matematiki analiz usullary bilen çözülýär. Bu ýagdaýda meseleleri iki görnüşe bölýärler:

- funksiýanyň kesgitleniş ýaýlasyndyda kritik nokadyny tapmak;
- kesik bölekde funksiýanyň iň kiçi we iň uly bahalaryny tapmak.

Kritik nokat – bu önümiň nola deň ýa-da onuň ýoklugyny görkezýän nokatdyr. Eger önüm bar bolsa we ol nola deň bolsa, onda kritik nokat ekstremum nokady ýa-da egrelme nokady bolar (11.1-nji şekil).

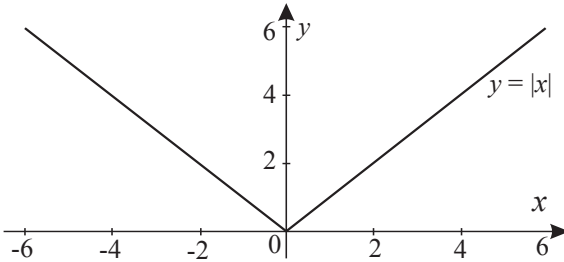
$y = x^2$  funksiýa üçin kritik nokat onuň minimum nokadydyr,

$y = x^3$  funksiýa üçin bolsa egrelme nokadydyr.



11.1-nji şekil. Kritik nokatlaryň ekstremum (a) we egrelme (b) nokatlaryny görkezýän funksiýanyň grafigi

$y = |x|$  funksiýa üçin  $x = 0$  ýagdaýynda önüm bolmaz we kritik nokat nola deňdir (11.2-nji şekil).



11.2-nji şekil. Funksiýanyň  $x = 0$  nokadynda önümiň ýoklugy, ýöne ekstremumyň bardygyny görkezýän grafiki

**Köçülikleýin hyzmat ediş ulgamynyň optimizasiýasy.** In kiçi çykdajylaryň kriteriýasy boýunça köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamynyň (KHEU) optimallygyny kesgitlemek meselesine seredeliň.

Bu ýerde dolandyrylýan üýtgeýän –  $n$  kanallaryň mukdary – üznüksiz däl, bitin san ululygy bolup durýar. Şol sebäpli hem, bu mesele yzly-yzyna saýlamak usul boýunça, ýagny san bahalaryny kesgitlemek boýunça çözülýär.

Goý, optimallyk kriteriýa hökmünde KHEU-nyň kanallaryny saklamak üçin jemleýji çykdajylaryň minimumy we talaplara hyzmaty ret etmek bilen bagly çykdajylar diýlip hasap edilsin, ýagny:

$$C(n) = C_c + C_n \rightarrow \min_n,$$

bu ýerde  $C(n)$  – jemleýji çykdajylar;

$C_c$  – aragatnaşyk kanallaryny saklamaga çykarylýan çykdajylar;

$C_n$  – talapnamalara hyzmat etmekden boýun gaçyrmaklyga bagly ýitgi;

$n$  – aragatnaşyk kanallarynyň sany.

Aragatnaşyk kanallaryny saklamaga harç edilýän çykdajylary şu aşakdaky görnüşde ýazmak bolar:

$$C_c = C_{c1} \cdot n,$$

bu ýerde  $C_{c1}$  – bellibir wagtda (gün, aý, ýyl) bir kanaly saklamaga harç edilen çykdajylar.

Talapnamalara hyzmat edilmedik ýagdaýyndaky ýitgiler şu aşakdaky görnüşde ýazylar:

$$Cn = C_{n1} \cdot L \cdot P_{\text{ink.et.}}$$

bu ýerde  $C_{n1}$  – bir talapnama hyzmat edilmedik ýagdaýyndaky ýitgi;

$L$  – bellibir wagt aralygynda gelýän talapnamalaryň sany;

$P_{\text{ink.et.}}$  – talapnamalaryň kabul edilmezlik ähtimallygy.

$P_{\text{ink.et.}}$  – bu kanallaryň mukdarynyň funksiýasy bolup, onda optimallylyk kriteriýasy şeýle ýazylar:

$$C(n) = C_{c1} \cdot n + C_{n1} \cdot L \cdot P_{\text{ink.et.}}(n) \rightarrow \min_n$$

$n$  funksiýanyň çykdajysynyň düzümi çyzykly artýan baglanyşyk görnüşine eýe bolýar.

***Talapnamalary dolandyryş ulgamynyň optimallasdyrmasy (ykdyşady meseläniň mysalynda).*** Gorlary dolandyrmakda iň az çykdajyly optimal ýagdaýdaky gorlaryň mukdaryny, möçberini, ölçegini kesgitlemek meselesi ýüze çykýar. Gorlary dolandyrmak meselesi köp görnüşlidir, olary şu aşakdaky toparlara bölýärler:

- isleg, talap – determinirlenen ýa-da tötänleýin;
- gorlaryň üstüni dolmak – gysga wagtda, üznüksiz, saklanýan, tötänleýin;
- gorlar – birmeňzeş harytlar, uzak wagtlaýyn saklanýan we çalt zaýаланýan harytlar;
- üpjünçilik ulgamy – bir ammarly (bir kaskadly), köp ammarly (köp kaskadly), merkezi ammarly we ş.m.

Gorlary dolandyrmakda çykdajylaryň görnüşleri aşakdakylardan ybarat:

- üpjün etmektäki sarp etmeler;
- harytlaryň bahasy;
- saklamaga sarp etmeler;
- jerimelere sarp etmeler;
- satylan galan harytlara sarp etmeler;
- meýilnamadan daşary alynýan harytlara sarp etmeler.



Bir birlik harydy satyn almak üçin sarp etmeler hemişelik bolup biler, olar harydyň ölçegine, sargydyň göwrümüne bagly dälendir.

Umuman, gurlary dolandyrmak meselesi dürli hususy usullar bilen çözülyän çyzykly däl programmirlene meselesine syrygýar.

Aşakda gurlary dolandyrmagyň birnäçe gysgaldylan matematiki modellerine seredilýär. Ol modeller algebraik deňlemeler arkaly beýan edilýär we optimal çözümleri üçin analitiki baglanyşyklary almaga mümkinçilik berýär.

Bulary doly we jikme-jik öwrenmekde determinirlenen ýa-da stohastik – imitasiýa modeli ulanylýar.

**1-nji model. Gurlary dolandyrmagyň esasy modeli.** Bu model «sargytlaryň ykdysady ölçegi» ýa-da «optimal ölçegiň kesgitlenilişi» diýlip atlandyrylýar, oňa iňlisçe EOQ (*Economic Order Quantity*) diýilýär. Bu modele şu aşakdaky şertler degişlidir:

- isleg, talap – determinirlenen, hemişelik, üznüksiz;
- üpjünçilik ulgamy – bir ammarly (bir kaskadly), köp ammarly (köp kaskadly), merkezi ammarly we ş.m.;
- gurlaryň üstüni dolmak strategiýasy – döwürleýin, döwri bellemilmedik;
- Gurlaryň üstüni dolmak – gor nola deň bolanda tapgyr bökdençsiz gelýär.

Çykdaýlaryň üç görnüşi görkezilýär:

– harytlary satyn almak üçin çykdaýylar, ýagny harydyň bir birliginiň bahasy hemişelik ululyk diýlip kabul edilýär;

– haryt bilen üpjün etmek üçin çykdaýylar, ol hemişelik ululyk;

– harytlary saklamaga sarp edilýän çykdaýylar, ýagny ol gurlaryň ortaça derejesiniň çyzykly funksiýasy.

Bellikleri girizeliň:

$y$  – gurlaryň ölçegi;

$Y$  – gurlaryň maksimal ölçegi;

$Y^*$  – gurlaryň optimal ölçegi;

$T$  – wagt;

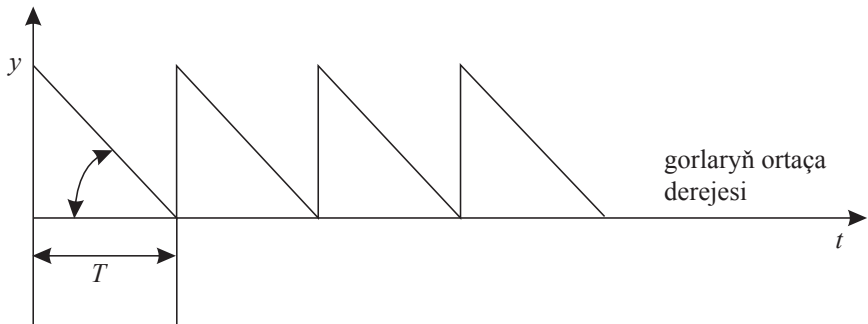
$C$  – harajatlaryň jemi;

$c$  – bir harydyň bahasy;

$\lambda$  – üpjün etmegiň intensiniligi;

$\mu$  – islegiň intensiniligi;

$s$  – bir harydy saklamaga sarp edilýän harajatlar;  
 $g$  – üpjün etmegiň çykdajylary;  
 $p$  – bir birlik wagtda bir birlik önüme çykarylan jerime çykdajy.



11.3-nji şekil. Gorklaryň üýtgeşisini görkezýän grafigi

Çykdajylaryň deňlemesi:

$$C_m = C_{m1} + C_{m2} + C_{m3},$$

bu ýerde  $C_{m1}$  – hemişelik (guramaçylyk) harçlamak;

$C_{m2}$  – harydyň bahasy;

$C_{m3}$  – harydy saklamaklyga çykdajylar.

Harydy saklamaklyga sarp edilýän çykdajylar gorklaryň ortaça derejelerine proporsional diýlip hasap edilýär, şol sebäpli,

$$C_{m3} = s \cdot T \cdot \frac{Y}{2}.$$

$Y = \mu T$  gatnaşygy hasaba alsak, onda harydyň bahasy:

$$C_{m2} = c \cdot Y = c \cdot \mu \cdot T.$$

Guramaçylyk çykdajylarynyň bahasy:  $C_{m1} = g$ .

Bir birlik wagt aralygynda çykdajylary  $T$  ululyga bölmek arkaly kesgitlenilýär:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = g \cdot \frac{1}{T} + c \cdot \mu + s \cdot \frac{Y}{2}.$$

$T = \frac{Y}{\mu}$  bahasyny goýup, çykdajylaryň jemini görkezýän deňlemäni alarys:

$$C = g \cdot \frac{\mu}{Y} + c \cdot \mu + s \cdot \frac{Y}{2}.$$

Bu deňlemede  $Y$  bagly bolan iki sany üýtgeýän ululyk bardyr. Harytlary saklamagyň çykdajylary:

$$C_3 = s \cdot \frac{Y}{2} \quad - Y \text{ bahasynyň üýtgemegi bilen çyzykly artýar.}$$

Guramaçylyk çykdajylary:

$$C_1 = g \cdot \frac{\mu}{Y} \quad Y \text{ bahasyna ters proporsional üýtgeýär.}$$

Harydyň bahasy  $C_2 = c \cdot \mu - Y$  bahasyna bagly dälendir.

$C = \min$  bolanda  $Y = Y^*$  tapalyň:

Bu ýagdaýda optimallygyň şertini şu aşakdaky görnüşde ýazalyň:

$$\frac{dc}{dY} = -g \cdot \mu \cdot \frac{1}{Y^2} + 0 + \frac{s}{2} = 0.$$

Deňlemäni  $Y$  görä çözüp taparys:

$$Y^* = \sqrt{\frac{2\mu \cdot g}{s}}.$$

Şeýlelikde, toplumyň ululygynyň optimal ölçegini şeýle ýazmak bolar:

$$Y^* = \sqrt{\frac{2(\text{isleg}) \cdot (\text{sargytlara edilen çykdajylar})}{\text{gortaryň her bir birligini saklamak üçin çykdajylar}}}$$

Onda:

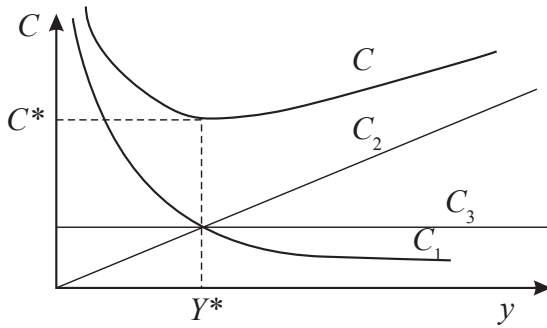
$$T^* = \frac{Y^*}{\mu} = \sqrt{\frac{2g}{s \cdot \mu}}.$$

$Y^*$ -yň bahasyny  $C = \frac{g \cdot \mu}{Y} + c \cdot \mu + \frac{s \cdot Y}{2}$  formula goýup alarys:

$$C^* = \sqrt{2g \cdot s \cdot \mu} + c \cdot \mu.$$

$Y^*$ ,  $T^*$ ,  $C^*$ -ler üçin alnan formula **Wilsonyň formulasy** diýilýär. Ol ilkinji gezek 1915-nji ýylda alyndy.

$C$ -niň  $y$ -e bagly bolan käbir aýratyn ululyklary üçin grafiki üýtgemeleri şu aşakdaky şekilde görkezilýär:



11.4-nji şekil.  $C$ -niň  $y$ -e bagly bolan käbir aýratyn ululyklaryň üýtgemeleri

**1-nji mysal.**

Islegiň intensiwligi  $\mu = 2000$  bir/aýy, pul görkezijileri şertli baha (ş.b.)  $g = 20$ ;  $c = 1$ ;  $s = 0,1$ ;

Harydyň toplumynyň optimal möçberini kesgitlemeli.

Wilsonyň formulasy boýunça harydyň toplumynyň optimal möçberini şeýle ýazalyň (harydyň bir birligi üçin):

$$Y^* = \sqrt{\frac{2g \cdot \mu}{s}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2000 \cdot 20}{0,1}} = \sqrt{800000} = 894$$
 toplumda harytlaryň sany.

Näçe günde:

$$T^* = 30 \sqrt{\frac{2g}{s \cdot \mu}} = 30 \sqrt{\frac{20 \cdot 2}{2000 \cdot 0,1}} = 30 \sqrt{\frac{1}{5}} = \frac{30}{2,24} = 13,4 \text{ gün};$$

bir aýda:  $n^* = \frac{1}{T^*} = \frac{\mu}{Y^*} = 2000/894 = 2,24.$

$$C^* = \frac{g \cdot \mu}{Y^*} + c \cdot \mu + \frac{s \cdot Y^*}{2} = \frac{20 \cdot 2000}{894} + 2000 + \frac{0,1 \cdot 894}{2} = 2089,4.$$

**2-nji mysal.**

Hususy kärhana bir birliginiň bahasy  $c = 40$  şertli baha (ş.b.) bolan bir harydy alýar. Harydyň ýyllyk islegi  $\mu = 6400$  bir ýyl. Çykdaýylar önümiň bahasynyň 16%-ini tutýar. Her bir haryt üçin ätiýaçlandyryş we beýleki tutumlar 1,6 ş.b. deň.

Harydyň sargydy üçin çykdaýylar – 100 ş.b.

Onda: harydyň bir birlik gory üçin çykdaýylar:

$$s = 1,6 + 0,16 \cdot 40 = 8;$$

Sargytlar üçin çykdajylar  $g = 100$ ;

Haryda bolan isleg (ýyllyk)  $\mu = 6400$  bir/ý;

Harydyň optimal alynýan toplumy:

$$Y^* = \sqrt{\frac{2g \cdot \mu}{s}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6400 \cdot 100}{8}} = 400 \text{ birlik.}$$

Sargytlaryň sany:  $n^* = 6400/400 = 16$ .

Bir ýylda, takmynan,  $t_n = 50$  hepde bolsa, onda harydy getirmegiň dowamlylygy:

$$T^* = \frac{t_n}{n^*} = \frac{50}{16} \approx 3 \text{ hepde.}$$

Bu ýerde  $t_n$  ýylyň dowamynda hepde sany.

Onda, goruň umumy bahasy:

$$C^* = \frac{100 \cdot 6400}{400} + \frac{8 \cdot 400}{2} = 3200 \text{ man (şertli baha) bolar.}$$

## 11.2. Birnäçe tapgyrlaryň arasyndaky çeşmeleriň optimal paýlanylyşy

***Dinamiki programmirlеме arkaly yzygiderli (köptapgyrly) optimallaşdyrmak.*** Dinamiki programmirmek usuly – bu çözüwi kabul etmek hadysalarynyň birnäçe tapgyrlara bölünip geçirilýän optimallaşdyrma usulydyr. Bu amallara köptapgyrly diýilýär.

Köptapgyrly çözüwli optimallık ýörelgesi 1953-nji ýylda amerikan matematigi R.Bellman tarapyndan oýlanyp tapyldy. Dinamiki programmirmegiň esasynda rus alymy A.A.Markow tarapyndan *markow prosesleriniň* nazaryýetiniň esasy goýuldy [29].

Dinamiki programmirmegiň adaty meselelerine şu aşakdakylary görkezme bolar:

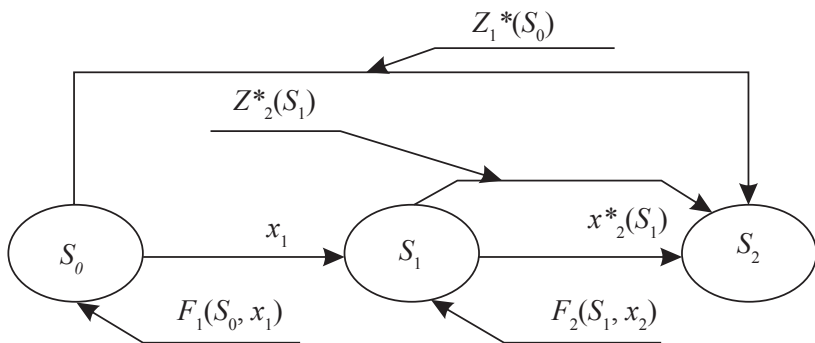
- kärhanalaryň arasynda serişdeleri paýlamak meselesi;
- senenamada meýilleşdirmek meselesi;
- enjamlary çalyşmak meselesi;
- önümi işläp taýýarlamakda optimal yzygiderliliği gözlemek meselesi we ş.m.

Dinamiki programmirmek usuly R.Bellmanyň optimallık ýörelgesine laýyklykda şu aşakdakylary göz önünde tutmaly:

– ulgamyň häzirki ýagdaýyna bagly bolmadyk, indiki (yzyndaky) çözüwleriň optimal bolmagy;

– öňki ýagdaýa bagly bolmadyk *Markowyň* ulgamyna görä, dinamiki programmirlenmeiň esasy funksional deňlemesi her ädimiň çözüwi indiki ädimiň ýagdaýyny göz öňünde tutmak bilen düzülýär, ýagny, çözüwi şu ädimde utuşyň jemini we indiki ädimlerde şertli optimal utuşlary maksimallaşdyrýar.

Dinamiki programmirlenmeiň usuly boýunça käbir mysallara seredeliň: ulgam üç ( $S_0, S_1, S_2$ ) ýagdaýda bolsun, onuň ( $x_1, x_2$ ) çözüwini kabul edeliň, onuň birinji gezek ulgamy optimal geçirmek  $S_0$  ýagdaýdan  $S_1$  ýagdaýa, ikinji gezek  $S_1$  ýagdaýdan  $S_2$  ýagdaýa geçende. Bu ýagdaýy grafikde görkezeliň:



11.5-nji şekil. Iki tapgyryň çözüwini görkezýän çyzygy

11.5-nji şekilde Bellmanyň deňlemesine görä, iki tapgyr üçin şeýle ýazmak bolar:

$$Z_1^*(S_0) = \max_{x_1} \{F_1(S_0, x_1) + Z_2^*(S_1)\}.$$

Bu ýerde  $S_0$  – başlangyç ýagdaýy;

$S_1$  – aralyk ýagdaýy;

$S_2$  – ahyrky ýagdaýy;

$x_1$  we  $x_2$  – 1-nji we 2-nji ädimlerde mümkin bolan çözümler;

$x_1^*$  we  $x_2^*$  – 1-nji we 2-nji ädimlerde optimal çözümler;

$F_1$  we  $F_2$  –  $S_0$  we  $S_1$  ýagdaýlarda we erkin  $x$  dolandyryşyň maksatlaýyn funksiýalary;

$Z_1^*$  we  $Z_2^*$  – 1-nji we 2-nji ädimlerde şertli optimal utuşlar.

Onda Bellmanyň optimallyk deňlemesi şeýle ýazylar:

– Soňky ädimde:

$$Z_2^*(S_1) = \max_{x_2} F_2(S_1, x_2);$$

– birinji ädimde:

$$Z_1^*(S_0) = \max_{x_1} \{F_1(S_0, x_1) + Z_2^*(S_1)\}.$$

Netijede, optimal çözügüt:

$$X^* = \{x_1^*; x_2^*\}.$$

Anyk mysal hökmünde hususy firmanyň maýa goýumunyň iki tapgyrda ýerine ýetirilýän ýagdaýyna seredeliň. Hususy firma birinji tapgyry dükan, ikinji tapgyry dükan we araçyllyk işi görnüşinde alyp barýar. Dükan diňe harytlaryň söwdasyny ýerine ýetirýär, araçylar bir görnüşli gozgalmaýan emläk bilen işleýär diýeliň. Onda  $x_1$  we  $x_2$  degişlilikde, birinji we ikinji tapgyrlaryň maýa goýumларыnyň çözüwi diýip belgiläliň.

Boljak ýagdaýlaryň üçünjisini kesgitlesek:

$S_0$  – maýa goýumларыnyň başlangyç ýagdaýy;

$S_1$  – maýa goýum birinji tapgyrda amala aşyrylýar;

$S_2$  – maýa goýum ikinji tapgyrda amala aşyrylýar.

Bu ýagdaýlaryň her birinde  $S_0$  we  $S_1$ -iň üç sany çözüwi bolar:

$$x_1 = \{1, 2, 3\} \quad \text{we} \quad x_2 = \{1, 2, 3\}.$$

Birinji tapgyrda dükan üçin saýlamak: mysal üçin, «azyk önümleri», «kosmetika», «suwlar».

$S_1$ -iň ýagdaýy, ýagny birinji tapgyrdaky ýygналan maýa toplумы görnüşlerine baglylykda dürli-dürli bolar:

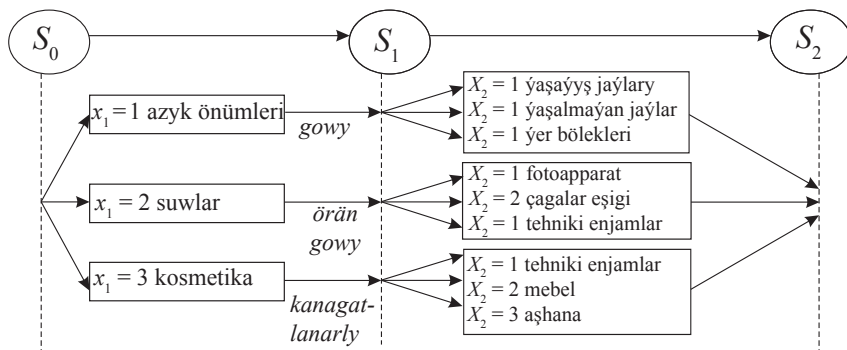
Oňat –  $F_1(S_0, x_1 = 1) = 30$ ;

Örän oňat –  $F_1(S_0, x_1 = 2) = 35$ ;

Kanagatlanarly –  $F_1(S_0, x_1 = 3) = 10$ .

Ýokardakylaryň haýsy hem bolsa birini  $S_1$ -iň ýagdaýyny ikinji tapgyr üçin maýa goýum goýulsa, onda üç görnüşden saýlanyp alnar, ýagny

- eger-de  $S_1$  – oňat ýagdaýda bolsa, onda «araçylylyk» işine maýa goýum goýlan;
- eger-de  $S_1$  – örän oňat ýagdaýda bolsa, onda fotoapparatlary, çagalar eşiğini, mebel satýan dükanyň işine maýa goýum goýlan;
- eger-de  $S_1$  – kanagatlanarly ýagdaýda bolsa, onda tehnika, elektronika satýan dükanyň işine maýa goýum goýlan. Grafikde şeýle görkeziler (11.6-njy şekil):



11.6-njy şekil. Çözüwleri kabul etmegiň çyzygysy

Bellmanyň deňlemesi boýunça utuşlary we optimal çözügütleri saýlamak düzgüni aşakdaky 11.1-nji tablisada getirilendir.

11.1-nji tablica

**Bellmanyň deňlemesi boýunça utuşlary we optimal çözügütleri saýlamak düzgüni**

Birinji ädimde çözüw			Ikinji ädimde çözüw			$Z_2^*(S_1)$	$x_2^*(S_1)$	$F_1(S_0, x_1) + Z_2^*(S_1)$	$x_1^*$	$Z_1^*$
$x_1$	$F_1(S_0, x_1)$	$x_1$	$x_2 = 1$	$x_2 = 2$	$x_2 = 3$					
$x_1 = 1$	30	$x_1 = 1$	10	15	20	20	3	50	1	50
$x_1 = 2$	35	$x_1 = 2$	5	10	8	10	2	45	–	–
$x_1 = 3$	10	$x_1 = 3$	10	30	15	30	2	40	–	–

11.1-nji tablisada görkezilenler şu yzygiderlilikde ýerine ýetirilýär: Bellmanyň deňlemesine laýyklykda iň soňky ädim üçin optimal çözügüt ikinji tapgyrdan alynýar.

$$x_2^*(S_1) = \{3; 2; 2\} = \{\text{ýer bölegi, çaga egin-eşiği, mebel}\}.$$

Şertli optimal utuş:

$$Z_2^*(S_1) = \{20; 10; 30\}.$$



Bellmanyň deňlemesine laýyklykda iki tapgyr üçin optimal çözügüt kabul edilýär.

$$Z_1^*(S_0) = \max \begin{cases} \text{azyk önümleri} + \text{'yer bölegi} = 30 + 20 = 50 \\ \text{suwlar} + \text{çaga eşiği} = 10 + 35 = 45 \\ \text{'yuwujy serişdeler} + \text{mebel} = 30 + 10 = 40 \end{cases} \left. \begin{array}{l} \text{Azyk önümleri} + \\ + \text{'yer bölegi} = 50. \end{array} \right\}$$

Onda iki tapgyr üçin hem optimal çözügüt  $x^* = \{x_1^*; x_2^*\} = \{1; 3\}$  bolar.

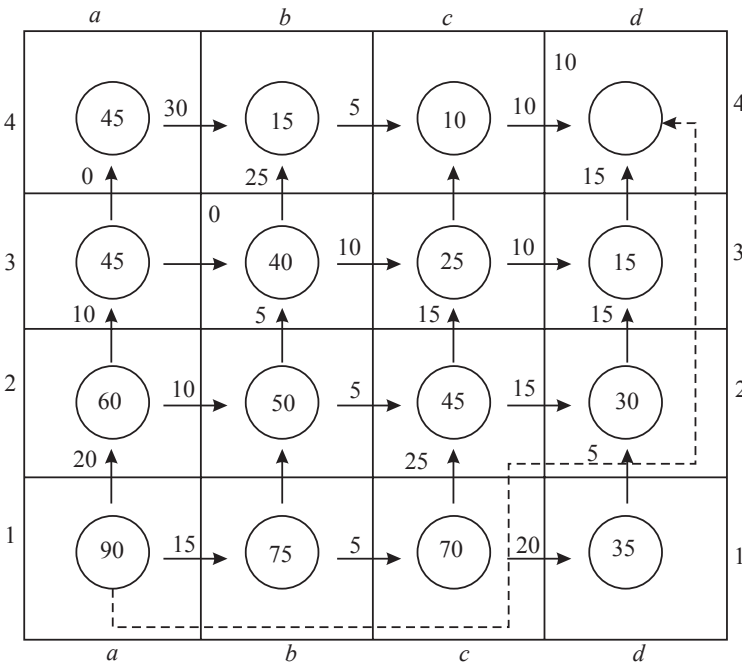
Optimal utuş:  $Z_1^*(S_0) = 50$ .

Şeýlelikde, ilki bilen ikinji tapgyrda şertli maksimum tapylýar: Olar 20; 10; 30.

Soňra birinji we ikinji tapgyrlardaky netijeler goşulýar: Olar 50; 45; 40.

Netijeleriň jeminden maksimal utuşy gazanan saýlanylýar – 50.

**Ugruň optimizasiýasy.** Dinamiki programmirmek usulyny ulanmak arkaly ugruň optimizasiýasyny tapmaga seredeliň: ony şu aşakdaky matrisanyň mysalynda göreliň (11.7-nji şekil):



11.7-nji şekil. Dinamiki programmirmek usuly arkaly ugruň optimizasiýasynyň çyzygysy

Matrisanyň öýjükleriniň arasyndaky araçäkde – bir öýjükden beýleki öýjüğe geçelgede utuşlaryň bahalary görkezilen. Öýjükleriň içinde utuşlaryň jemi görkezilen.

Mysal. Gyradaky  $a_1$  öýjükden  $d_4$  öýjüğe utuşlaryň jeminiň maksimal boljak ýagdaýyna geçmeli.

Dinamiki programmiremeginiň usulyna laýyklykda çözüw soňky  $n$  ädimden başlanýar – ýokarky matrisada ol  $d_4$ . Bu ýagdaýda şu aşakdaky deňleme ulanylýar, ýagny soňky ädimiň şertli optimal utuşy:

$$Z_n^*(S_{n-1}) = \max_{X_n} F_n(S_{n-1}, x_n),$$

bu ýerde  $S$  – bellibir ýagdaý;

$x$  – çözüw;

$F$  – utuşlar;

$Z^*$  – şertli optimal utuş.

Öňki ädimiň şertli optimal utuşy:

$$Z_{n-1}^*(S_{n-2}) = \max_{X_{n-1}} \{F_{n-1}(S_{n-2}, x_{n-1}) + Z_n^*(S_{n-1})\}.$$

Bu deňlemäni yzygider ulanmak bilen optimal çözüwi we optimal utuşy  $Z^*$  tapmak bolar:

$$X^* = \{x_n^*, x_{n-1}^*, \dots, x_1^*\}.$$

Onda ugruň optimizasiýasy şeýle yzygiderlilikde bolar, ýagny her bir öýjük üçin şertli optimal utuş tapylýar – ol öýjügiň içindäki tegelekde görkezilýär, şeýle hem optimal çözüw tapylýar, ol « $\leftrightarrow$ » belgi bilen görkezilýär. Çözüw şeýle başlanýar:  $n$  ädimden soňky  $d_4$ -e geçmek,  $n$  ädimde çözüwe baglylykda  $x_n = \{c_4; d_3\}$  bolsa, onda utuş  $F_n = \{10; 15\}$  bolar.

Şertli optimal utuş:  $x_n^* = d_3$  bolanda  $Z_n^* = 15$  bolar.

Iki tapgyr üçin ( $n$  we  $n - 1$ ) çözüw şeýle tapylýar:

$$x = c_3 \quad \text{bolanda utuş} \quad F_{n-1} + Z_n^* = 10 + 15 = 25,$$

$$x = d_2 \quad \text{bolanda utuş} \quad F_{n-1} + Z_n^* = 15 + 15 = 30,$$

şeýle hem, şertli optimal utuş:

$$x_{n-1}^* = d_2 \quad \text{bolanda} \quad Z_{n-1}^* = 30$$

iki tapgyr üçin hem optimal çözüw şeýle bolar:

$$x^* = \{x_n^*, x_{n-1}^*\} = \{d_3; d_2\}.$$

Üç tapgyryň optimizasiýasy:

– eger  $x = c_3$  bolsa, utuş  $F_{n-2} + Z_{n-1}^* = 15 + 30 = 45$ ;

– eger  $x = d_2$  bolsa, utuş  $F_{n-2} + Z_{n-1}^* = 5 + 30 = 35$ .

$(n - 2)$  ädimde şertli optimal utuş:

Eger  $x_{n-2}^* = c_3$  bolsa,  $Z_{n-2}^* = 45$

$(n - 3)$  ädimde:

$x = c_1$  bolanda, utuş  $F_{n-3} + Z_{n-2}^* = 5 + 45 = 50$ ;

$x = b_2$  bolanda, utuş  $F_{n-3} + Z_{n-2}^* = 25 + 45 = 70$ .

Onda şertli optimal utuş:

$x_{n-1}^* = b_2$  bolanda  $Z_{n-3}^* = 70$ .

$(n - 4)$  ädimde:

$X_{n-4} = \{b_1\}$ ;  $F_{n-4} + Z_{n-3}^* = 5 + 70 = 75$ ;

$x_{n-4}^* = b_1$  bolanda,  $Z_{n-4}^* = 75$ .

$(n - 5)$  ädimde:

$X_{n-5} = \{a_1\}$ ;  $F_{n-5} + Z_{n-4}^* = 15 + 75 = 90$ ;

$x_{n-5}^* = a_1$  bolanda,  $Z_{n-5}^* = 90$ .

Şeýlelikde, optimal ugur:

$X = \{a_1, b_1, c_1, d_2, d_3, d_4\}$ .

Optimal utuş:

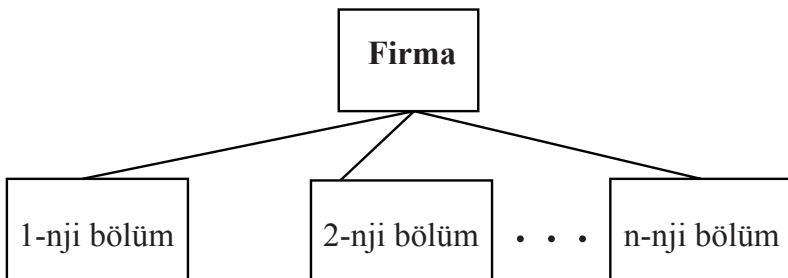
$Z = 90$ .

Optimal ugur 11.7-nji şekilde arasy üzük (punktir) çyzyklar bilen görkezilen.

### 11.3. Birnäçe obýektleriň arasynda çeşmeleri optimal paýlamak

Bu bölümde şeýle meselä seredeliň.

11.8-nji şekilde görkezilen çyzga görä, ulgam firma diýlip atlandyrylýan obýekt, ol hem öz gezeginde birnäçe böleklere bölünen. Mysal üçin, dükan, dermanhana, naharhana we ş.m.



**11.8-nji şekil. Birnäçe bölümden ybarat bolan firmanyň düzümlýän çyzygysy**

Şu belgileri girizeliň:

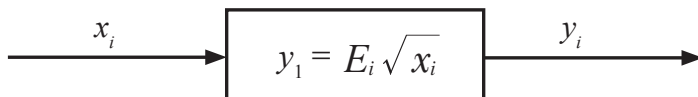
$y_i$  – bu  $i$  – önümiň çykyş ululygy (mysal üçin: nebit, gaz almak, elektrtoenergiýa öndürmek, maliýe girdejileri gazanmak);

$x_i$  – girdeji, maýa goýum.

Goý,  $y_i$  çykyşlar we  $x_i$  çeşmeleriň arasyndaky özara baglanyşyk şeýle ýazylyan diýeliň:

$$0 \leq y_i \leq E_i \sqrt{x_i}, \quad 0 \leq x_i < +\infty, i = 1, \dots, n,$$

ol çyzygyda şeýle görkezilýär:



**11.9-njy şekil. Çykyşlar we çeşmeleriň arasyndaky özara baglanyşyk**

Bu baglanyşyk önümçilik kanunalaýyklygy, ýagny resurslaryň artmagy bilen çykyşlaryň artmagynyň kemelýändigini görkezýär.

$E_i$  –  $i$  – bölümde netijeliligi häsiýetlendirýän ululyk. Onda sere-dilýän mesele şeýle beýan edilýär: çeşmeleriň iň kiçi çykdajylarynda önümiň iň köp çykmagyny (jemini) üpjün etmek. Onuň matematiki ýazgysy şu iki gatnaşygy ýazmakdan ybaratdyr:

$$\sum_{i=1}^n y_i = Y^*,$$

$$X = \sum_{i=1}^n x_i \rightarrow \min,$$

bu ýerde  $Y^*$  – jemi önüm;

$X$  – jemi çeşmeler.

Seredilýän mesele şertli optimizasiýa meselesi bolup, berlen çäklendirmelerde optimal çözüwi tapmak talap edilýär.

Şertli optimizasiýa meselesini Lagranžyň köpeldiji usulyny ulanmak arkaly çözmek bolýar. Onuň çözülişi şeýle yzygiderlilikde beýan edilýär.  $\lambda$  – Lagranžyň köpeldijisi girizilýär, bellibir kesgitlenen kada boýunça Lagranžyň funksiýasy ( $L$ ) düzülýär. Ol funksiýa  $x_i$  üýtgeýän ululyk we  $\lambda$  köplük boýunça differensirlenýär.

Alnan önümi nola deňläp, çözüwi optimal baha berjek deňlemäni alarys. Bu ýagdaýda Lagranžyň funksiýasy şu görnüşde ýazylar:

$$L(x, \lambda) = \sum_{i=1}^n x_i - \lambda \left( \sum_{i=1}^n E_i \sqrt{x_i} - Y^* \right).$$

Lagranžyň funksiýasyny differensirläp alarys:

$$\frac{\partial L}{\partial x_i} = 1 - \lambda \frac{E_i}{2\sqrt{x_i}}, \quad i = 1, \dots, n.$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = \sum_{i=1}^n E_i \sqrt{x_i} - Y^*.$$

Önümi nola deňläp:

$$1 - \lambda \frac{E_i}{2\sqrt{x_i}} = 0.$$

$$\sum_{i=1}^n E_i \sqrt{x_i} - Y^* = 0.$$

Soňky deňlemäni çözüp,  $(x^*, \lambda^*)$  koordinatlary bolan stasionar nokady alarys:

$$\sqrt{x_i^*} = \lambda^* \frac{E_i}{2},$$

$$\sum_{i=1}^n E_i \sqrt{x_i^*} = Y^*.$$

Bu ýerden

$$\lambda^* = \frac{2Y^*}{\sum_{i=1}^n E_i^2}.$$

Bu ýerde  $\lambda^*$ -ny ýerine goýup alarys:

$$x_i^* = (\lambda^*)^2 \left( \frac{E_i}{2} \right)^2.$$

Netijede, resurslaryň optimal paýlanylyşyny şu görnüşde ýazmak bolar:

$$x_i^* = E_i^2 \cdot \frac{(Y^*)^2}{\left( \sum_{i=1}^n E_i^2 \right)^2} = E_i^2 \cdot K,$$

bu ýerde  $K$  – käbir parametrlar.

Alnan gatnaşyk önümçilikde çetmeleri netijeli deň paýlamakda derwaýys bolup durýar. Ýagny kim gowy işlese, köp hak alar ýa-da nirede köp girdeji bolsa, şol kärhananyň maýa goýumy artar.

## KÖPÇÜLİKLEÝİN HYZMAT EDIŞ ULGAMY

### **12.1. Köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamynyň esasy häsiýetleri we meseleleri**

*Köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamy* – bu wagtyň bellibir pursatlarynda (köplenç ýagdaýlarda) üstünde bir görnüşli amal ýerine ýetirilýän talaplar gelip gowuşýan ulgamdyr.

Bular ýaly bir görnüşli amallara dükanlarda – harytlaryň satylmagy, dermanhanalarda – dermanlaryň goýberilmegi, diş lukmanlarynyň – diş bejermegi we ş.m. mysal bolup biler. Talaplar bolsa, degişlilikde, alyjylaryň ýa-da müşderileriň gelmegi bolup durýar.

Bular ýaly ulgamlaryň derňewleri bilen köpçülikleýin hyzmat ediş nazaryýeti meşgul bolýar.

Köpçülikleýin hyzmat ediş nazaryýetiniň esaslary XX asyryň başlarynda daniýaly matematik A.K.Erlang tarapyndan işlenilip taýýarlanylady. Häzirki wagtda köp ýerlerde ulgamlar derňelende köpçülikleýin hyzmat ediş nazaryýetiniň usullary peýdalanylýar. Esasan hem, ykdysadyýetde, aragatnaşykda we harby işlerde köp peýdalanylýar. Köpçülikleýin hyzmat ediş meseleleriniň ykdysadyýetde peýdalanylyşyna seredip geçeliň.

Köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamlaryna şu aşakdakylary mysal getirmek bolar:

1. Hyzmat gurşawy – dükanlar, dermanhanalar, dellekhanalar, kafeler, restoranlar, walýuta alyş-çalyş bölümi, sorag-jogap gullugy, wokzallaryň we teatrlaryň kassalary we beýlekiler;
2. Lukmançylyk hyzmatlary – dürli hünärli lukmanlaryň kabul etmeleri, dürli görnüşli enjamlar bilen lukmançylyk barlagyny geçmek, owkalama, hassahanalarda bejergi almak we beýlekiler;

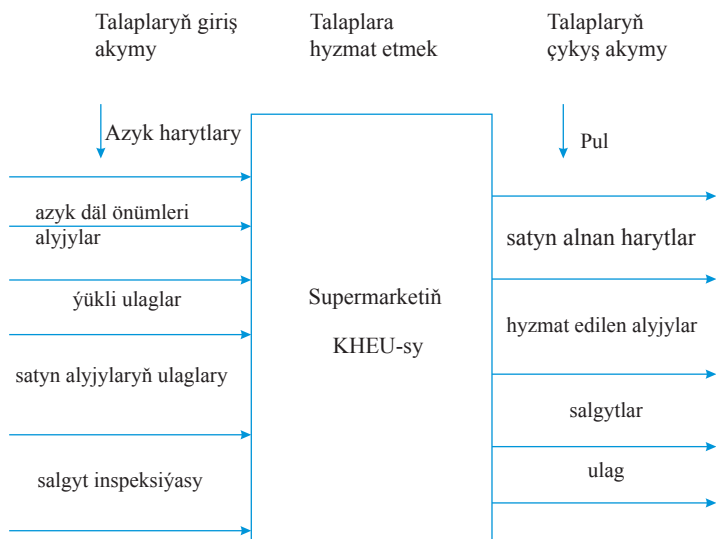
3. Syýahatçylyk – myhmanhanalar, ulag, syýahat, göwnüni açmak, iýmitlendirme we beýlekiler;
4. Şypahana – dynç alyş merkezleri – ýerleşmek, bejergi almak, iýmitlenmek, göwnüni açmak we beýlekiler;
5. Maliýe gurşawy – banklar, ätiýaçlandyryş kompaniýalary, auditor gulluklary we beýlekiler;
6. Salgyt ulgamy;
7. Gümrükhana;
8. Polisiýa;
9. Elektrik energiýanyň, gazyň, suwuň sarp edilişiniň gözegçilik gullugy;
10. Ulag toplumlary – deňiz portlary, demir ýol menzilleri, howa menzilleri;
11. Ulag ulgamlary – awtoulaglar, taksiler we beýlekiler;
12. Önümçilik ulgamlary – sehler, ammarlar, enjamlary bejeriji toparlar, daşajyý konweýer ýaly mehanizmler we beýlekiler;
13. Oba hojalyk işleri – ekmek we ýygnamak, hasyly ýüklemek hem-de daşama meseleleri we beýlekiler;
14. Adatdan daşary ýagdaýlar – ewakuasiýa ulgamlary, halas ediş toparlary, gospitalar, aşhanalar, çadyrdan şäherçeler;
15. Aragatnaşyk ulgamlary – öýjüklü aragatnaşyk ulgamy we beýlekiler;
16. Harby işi – howa hüjümine garşy we raketa garşy goranyş ulgamy;

Köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamyny şertli ýagdaýda iki sany uly topara bölmek bolar:

- ýönekeý;
- çylşyrymly.

Köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamynyň mysalyna, ýagny çylşyrymly ulgama – supermarket dükana degişli mysala seredip geçe-liň. Onuň düzüminiň gurluşy 12.1-nji şekilde görkezilendir.

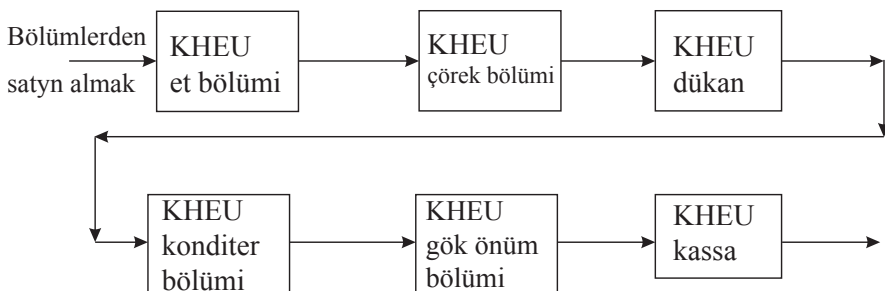




**12.1-nji şekil. Köp ölçegli çylşyrymly KHEU-nyň düzümläýin çyzygysy**

Bu ulgamyň girişiniň we çykyşynyň köp mukdarda bolmagy onuň esasy häsiýetidir.

Çylşyrymly ulgam üçin başga-da köpfazaly ulgamy mysal getirmek bolar. Alyjylara hyzmat etmegiň köpfazaly ulgamynyň modeli 12.2-nji şekilde getirilendir.



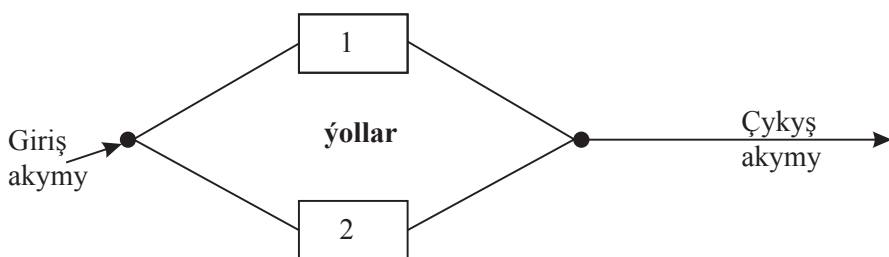
**12.2-nji şekil. Köpfazaly KHEU-nyň düzümläýin çyzygysy**

Kommersiýa işinde islendik talaplar: harytlar, gelýän adamlar, pullar, resminamalar hyzmatyň birnäçe fazasyny geçýär, diýmek, kommersiýa ulgamlary bellibir derejede köpfazalydyrlar.

Ýönekeý KHEU-nyň mysaly hökmünde kiçi biznese degişli bolan şu aşakdakylary görkezme bolar:

- ◇ dükanlar;
- ◇ dellekhanalar;
- ◇ dermanhanalar;
- ◇ walýuta alyş-çalyş bölümi;
- ◇ barlar;
- ◇ bejeriş ussahanalary;
- ◇ maşyn ýuwulýan ýerler we ş.m.

Ýönekeý KHEU-nyň modeli 12.3-nji şekilde getirilendir.



12.3-nji şekil. Ýönekeý KHEU-nyň modeli

KHEU-ny derňemek matematiki modelirleme usullarynyň esasynda amala aşyrylýar. Modelirlemäniň aşakdaky usullary peýdalanylýar:

- imitasiýa usuly;
- analitiki usuly.

Bu modeller, degişlilikde, şeýle atlandyrylýar:

- imitirleme modeli;
- analitiki modeli.

Analitiki usuly formulalaryň kömegi bilen analitiki görnüşde çözüwini tapmak mümkinçiliginiň bar bolan ýagdaýynda peýdalanylýar.

Analitiki çözüwlere şu aşakdakylar mysal bolup biler:

1. Algebra – kwadrat deňlemäniň köklerini tapmagyň formulalary:

$$X_{1,2} = \frac{(-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac})}{2a};$$

2. Maliýe matematikasynda:

- çylşyrymly göterimleriň formulasy;
- Annuitetiň determinirlenen ululygynda puluň geljekki bahasyny kesgitlemegiň formulasy.

3. KHEU-da – Erlangyň formulasy.

Imitasiýa modelirlemesi hakyky ulgamyň modeliniň üstünde bu modeliň kömegi bilen synag geçirip barlap görmäge esaslanandyr. Bu meseläniň ýakynlaşdyrylan, san taýdan işlemek usulydyr. Algebrada ýakynlaşdyrylan usullar bilen ýokary derejeli deňlemeler işlenilýär. KHEU-da imitasiýa modelirlemesi çylşyrymly ulgamlary derňemekde peýdalanylýar.

Imitasiýa modelirlemesiniň analitiki modelirlmelerden tapawudyny düşündirmek üçin KHEU-nyň markow däl derňewini mysal getirmek bolar. Derňew statistiki barlaglar (Monte-Karlo usuly) usulyny peýdalanmak arkaly amala aşyrylýar.

Ýönekeý KHEU-nyň köpüsi analitiki modeller görnüşinde beýan edilip biler.

Analitiki modelleriň esasy Erlangyň modeli düzýär. Bu «markowyň boýun gaçyrmasy bar bolan köp ýolly KHEU-nyň» modelidir. Emma birnäçe markow bolmadyk we käbir garaşmalara ýol berýän hakyky ulgamlar bellibir derejede Erlangyň modeliniň kömegi bilen beýan edilip bilner. Aşakda, esasan, KHEU-nyň analitiki modellerine serediler. KHEU-nyň analitiki modelleri häzirki wagtda ykdysady we maliýe ugurlary boýunça hünärmenleriň taýýarlanylýan ýokary okuw mekdepleriniň köpüsünde öwrenilýär. KHEU-nyň analitiki modelleri özüniň çylşyrymlylygy boýunça orta çylşyrymly modellere degişlidir.

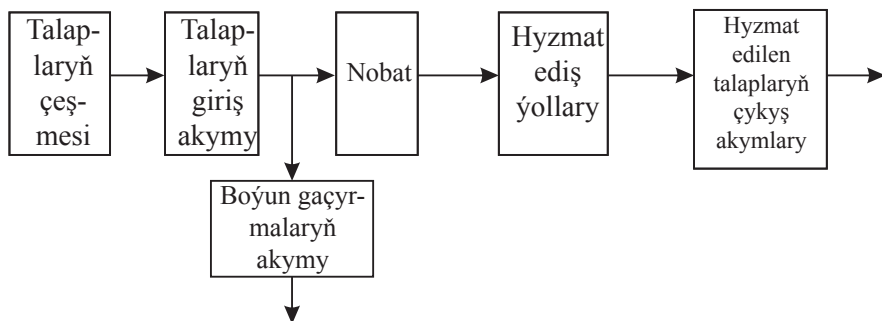
## 12.2. Ýönekeý KHEU-nyň düzümi

KHEU-nyň esasy elementleri şulardan ybaratdyr:

- talaplaryň gözbaşy;
- talaplaryň giriş akymy;
- nobat;
- hyzmat ediş ýollary;
- hyzmat edilen talaplaryň çykyş akymlyry;

– inkär etmeleriň akymy, ýagny hyzmat edilmedik talaplaryň akymy.

Görkezilen elementler ýönekeý KHEU-na mahsus bolan gurluşlaýyn çyzygyny emele getirýärler. Çyzygy 12.4-nji şekilde görkezilýär.



12.4-nji şekil. Ýönekeý KHEU-nyň gurluş çyzygysy

Çylşyrymly KHEU-lar, adatça, dürli konfigurasiýaly ulgamlardan düzülen ýönekeý KHEU-dan ybaratdyr, olardan:

- 1) yzygiderli;
- 2) parallel;
- 3) ýapyk we ş.m. bolup biler.

Ýönekeý KHEU-nyň wajyp parametrlerini hasaplamakda ulanylýan esasy bellikler:

$n$  – hyzmat ediş ýollarynyň sany;

$i$  – talaplaryň gözbaşynyň sany;

$m$  – nobatda bar bolan maksimal ýer, ýagny talaplaryň nobatynyň uzynlygyny çäklendirýän san;

$\lambda$  – talaplaryň giriş akymynyň intensiwligi (güýçli depginliligi), ýagny wagt birliginde talaplaryň ortaça sany;

$\mu$  – talaplara hyzmat etmegiň intensiwligi;

$\nu$  – talaplaryň çykyş akymynyň intensiwligi;

$\omega$  – boýun gaçyrmalaryň akymynyň intensiwligi ýa-da talaplaryň nobatdan gitmekleri;

$\rho$  – talaplaryň akymynyň intensiwliginiň görkezijisi (trafigi);

$\beta$  – «gitmek» akymynyň hasaplanan intensiwligi;

$\overline{t_{\text{hyz}}}$  – bir talaba hyzmat etmegiň ortaça wagty;

$t_{\text{garaş}}$  – nobatdaky bir talaba garaşmagyň ortaça wagty;

$\psi$  – ulgamyň bir ýola düşýän iş ýüküniň agramyny görkeziji;

$S_k$  –  $k$  talabyň hyzmat edilýändigini ýa-da nobatda durandygy bilen häsiýetlendirilýän ulgamyň  $k$ -njy ýagdaýy.

$P_k$  – ulgamyň  $k$ -njy ýagdaýynyň ähtimallygy;

$P_o$  – ähli ýollaryň boşdugynyň ähtimallygy;

$P_n$  – ähli ýollaryň eýelidiginiň ähtimallygy;

$P_{\text{ink.et}}$  – talaby ulgama kabul etmekden boýun gaçyrmagyň ähtimallygy;

$P_{\text{ulg}}$  – talaby ulgama kabul etmegiň ähtimallygy, ýagny nobata goýmak ýa-da hyzmat etmek;

$P_{\text{hyz}}$  – talabyň hyzmat edilmek ähtimallygy.

**Wajyp parametrleriň häsiýetnamalary.** Wajyp parametrlere  $\rho$  we  $\beta$  deňşlidirler.

Bu ýerde

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}. \quad (12.1)$$

Bu KHEU-nyň wajyp häsiýetnamasy erlang ölçeg birligi bilen ölçenilýär.

Şu aşakdakyny göz önünde tutup:

$$\mu = \frac{1}{t_{\text{hyz}}}, \quad (12.2)$$

alarys:

$$\rho = \lambda \cdot \overline{t_{\text{hyz}}}.$$

Diýmek,  $\rho$  – bir talaba hyzmat etmek üçin gerek bolan ortaça wagt boýunça talaplaryň ortaça sanydyr.

Mysallar: şu aşakdaky ululyklar berlen:

1)  $\lambda = 4$   $^1/\text{min}$ ;  $\overline{t_{\text{hyz}}} = 2$  min;  $\rho = 8$  erlang;

2)  $\lambda = 4$   $^1/\text{min}$ ;  $t_{\text{hyz}} = 0.5$  min;  $\rho = 2$  erlang.

Onda:

$$\beta = \frac{\omega}{\mu}. \quad (12.3)$$

$\mu = \frac{1}{t_{\text{hyz}}}$  bolandygy sebäpli,  $\beta = \omega \cdot \overline{t_{\text{hyz}}}$  alarys.

Aşakdaky deňligi göz önünde tutup:

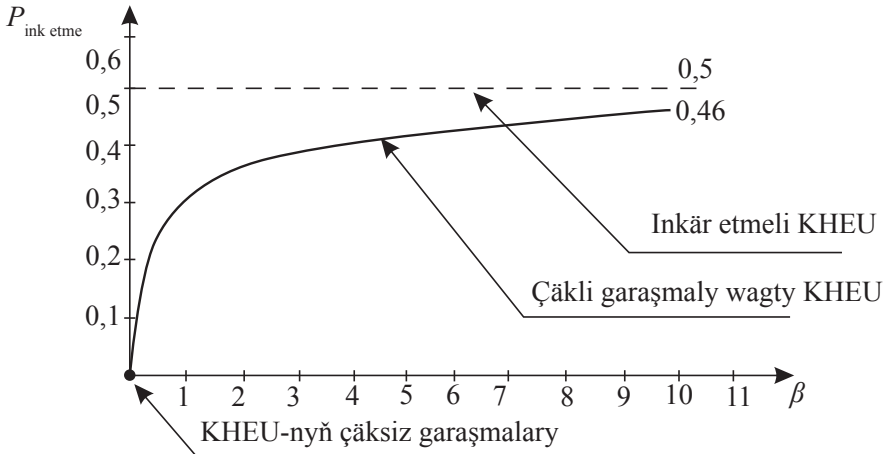
$$\omega = \frac{1}{t_{\text{garaş}}}, \quad (12.4)$$

alýarys:  $\beta = \frac{\overline{t_{\text{hyz}}}}{t_{\text{garaş}}}$ .

$\overline{t_{\text{garaş}}} \rightarrow 0$  bolan ýagdaýynda alarys:  $\omega \rightarrow \infty$  we  $\beta \rightarrow \infty$ . Munuň ýaly ýagdaýda nobat bolmaýar, emma inkär etmäniň akymy artýar. Bu ýerde KHEU inkär etmesi bar bolan ulgamdyr.

$\overline{t_{\text{garaş}}} \rightarrow \infty$  bolan ýagdaýynda alarys:  $\omega \rightarrow 0$  we  $\beta \rightarrow 0$ , nobat çäksiz artýar, boýun gaçyrmagyň akymy bolmaýar. Diýmek, KHEU garaşmasy bar bolan ulgamdyr.

$\beta = 0$  bolan ýagdaýynda çäksiz garaşmalary bolan ulgamy alarys. Onuň üçin  $P_{\text{ink etme}} = 0$ , ýagny talap nobatdan gitmeýär (12.5-nji şekil).



12.5-nji şekil. KHEU-nyň  $n = 1$  we  $\rho = 1$  bolan ýagdaýynda  $P_{\text{ink.et}}$ -nyň  $\beta$  ululyga baglylygynyň grafigi

**Köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamlaryny derňemegiň meseleleri.** Köpçülikleýin hyzmat ediş nazaryýetiniň *predmeti* bolup KHEU hyzmat edýär. Köpçülikleýin hyzmat ediş nazaryýetiniň *meselesi* onuň hil görkezijileriniň, köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamlarynyň netijeliliginiň, ulgamyň parametrleriniň we köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamlarynyň optimizasiýasynyň arasyndaky baglanyşyklary kesgitlemekden, anyklamakdan ybaratdyr.

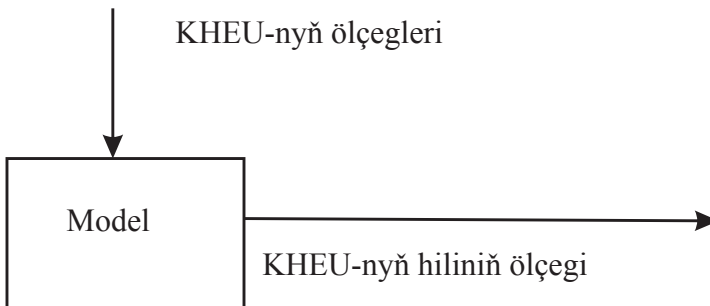
Köpçülikleýin hyzmat ediş nazaryýetiniň *maksady* KHEU-nyň netijesini we hilini ýokarlandyrmak boýunça teklipleri işläp düzmek.

Köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamlaryny derňemek üçin işlenilýän meseleleri dört topara bölmek bolar:

- köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamlarynyň esasy hil görkezijisini kesgitlemek – boýun gaçyrmak ähtimallygy;
- ulgamyň işlemeginiň we talaplara hyzmat etmek hiliniň görkezijilerini kesgitlemek;
- köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamlarynyň ykdysady netijeliligini bahalandyrmak;
- köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamlaryny gurmagyň optimal ýa-da kabul ederlik ýagdaýyny (wariantyny) kesgitlemek.

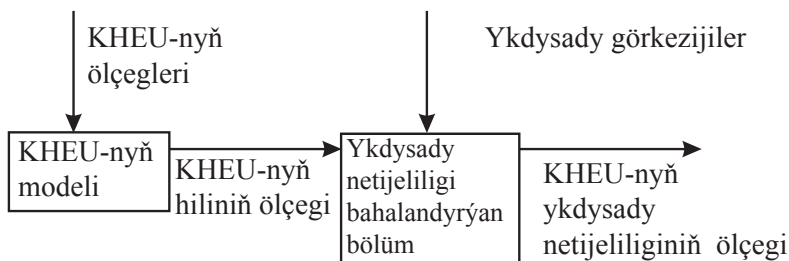
*Birinji görnüşli* meselede bir esasy görkeziji – inkär etmek ähtimallygy kesgитlenýär. *Ikinji görnüşli* meselede, birinjiden, köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamlarynyň gowy işleýiş derejesini kesgitlemek talap edilýär, mysal üçin, hyzmat edilýän müşderileriň sanyna baha bermek. Ikinjiden bolsa, hyzmat edilen müşderileriň sanyna däl-de, olaryň hyzmat ediliş hiline baha bermek zerur. Mysal üçin, müşderi nobata näçe wagt garaşmaly.

Birinji we ikinji görnüşli meseleleriň modelirlеме çyzygysy köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamlarynyň ölçegleri berilýän we özgerdilyän (görnüşini üýtgedýän) hem-de derňewiň netijesinde onuň hiliniň ölçegini kesgitleýän köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamlarynyň modelini özünde saklaýar. Munuň ýaly çyzygy 12.6-njy şekilde getirilendir.



**12.6-njy şekil. Köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamlarynyň hiliniň ölçegini kesgitlemäge degişli meseleleri çözmek üçin model**

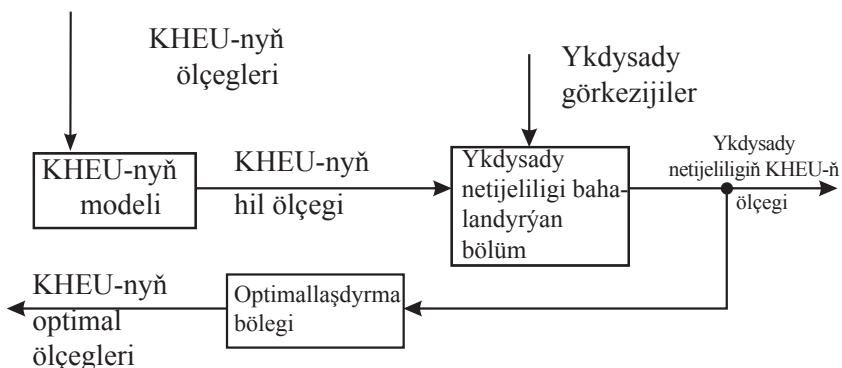
Üçünji görnüşli meseleler üçin modelirleme çyzygy ykdysady netijeliligi bahalandyrmak bölüminiň goşulmagy bilen alynýar. KHEU-nyň ykdysady netijeliligi bahalandyrmak modeli 12.7-nji şekilde getirilendir.



**12.7-nji şekil. Köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamlarynyň ykdysady netijeliligini bahalandyryan meseläni çözmek üçin modeli**

Ykdysady netijeliligiň ölçegi hökmünde bellibir ýagdaýlarda özüni ödemek möhletini kabul etmek bolar.

Dördünji görnüşli meselelerde modelirleme çyzygysyna optimallaşdyrma bölegi hem goşulýar. Çyzygy 12.8-nji şekilde getirilendir.



**12.8-nji şekil. KHEU-nyň optimallaşdyrma meselesini çözmek üçin model**

Bellibir ýagdaýlarda köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamlarynyň ýollarynyň optimal sany hasaplanyp bilner.

Köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamlaryny häsiýetlendirmek üçin dört görnüşli görkezijiler peýdalanylýar.



1. Köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamlarynyň işlemegi üçin hil ölçegi.

Işlemeginiň hil ölçegi hökmünde, adatça, şu aşakdakylara seredilýär:

- Boýun gaçyrmak ähtimallygy –  $P_{ink.et.}$
- Hyzmat etmek ähtimallygy:

$$P_{hyz} = 1 - P_{ink.et.} \quad (12.5)$$

■ Absolýut (doly) geçirijilik ukyby ýa-da  $A$  – wagt birliginde hyzmat edilen müşderileriň sany. Şeýlelikde, eger-de günüň dowamynda dükana 100 adam gelen bolsa, emma 30 sany haryt satyn alnan bolsa, onda  $A = 30$  alyjylar/gün

- Otnositel geçirijilik ukyby:

$$Q = \frac{A}{N},$$

bu ýerde  $N$  – ulgama gelen talaplaryň sany.

Eger-de  $N = 100$  we  $A = 30$  bolsa, onda  $Q = 0,3$  bolar;

Ondan başga-da, otnositel geçirijilik ukyby talaba hyzmat etmek ähtimallygydyr. Şeýlelikde,

$$Q = P_{hyz} \quad (12.6)$$

Hyzmat etmek bilen meşgul ýollaryň ortaça sany iki usul bilen kesgitleňýär.

- Geçirijilik ukyby:

$$A = \lambda \cdot Q = \lambda \cdot P_{hyz} \quad (12.7)$$

bolandygy sebäpli hyzmat bilen meşgul ýollaryň ortaça sanyny alarys:

$$K_{ortaça} = \frac{A}{\mu} = \left( \frac{\lambda}{\mu} \right) \cdot Q = \rho \cdot (1 - P_{bg}). \quad (12.8)$$

Meşgul ýollaryň sanynyň matematiki garaşdyrmasynyň formulasyna esaslanyp, ikinji gatnaşygy alarys:

$$K_{ortaça} = \sum_{k=0}^n k \cdot P_k. \quad (12.9)$$

- Ýollary iş bilen üpjün etmek (ýüklemek) koeffisiýenti:

$$K_{yük} = \frac{K_{ortaça}}{n},$$

bu ýerde  $n$  – KHEU-nyň ýollarynyň sany.

- Hyzmatdan boş kanallaryň ortaça sany

$$n_0 = n - K_{\text{ortaça}}.$$

- Ýollaryň durma koeffisiýenti:

$$K_p = \frac{n_0}{n}.$$

## 2. Talaplara hyzmat etmegiň hil ölçegleri:

- $\bar{N}_{\text{ulg}}$  – köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamlarynda bar bolan talaplaryň ortaça sany;

Erlangyň köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamlary üçin  $\bar{N}_{\text{ulg}} = K_{\text{ortaça}}$ .

- $\bar{N}_{\text{nobat}}$  – nobatda duran talapnamalaryň ortaça sany.

Köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamlarynda Littliň formulasy uly orny eýeleýär.

Littliň birinji formulasy:

$$\bar{t}_{\text{ulg}} = \frac{1}{\lambda} \cdot \bar{N}_{\text{ulg}}. \quad (12.10)$$

Littliň ikinji formulasy:

$$\bar{t}_{\text{nobat}} = \frac{1}{\lambda} \cdot \bar{N}_{\text{nobat}}. \quad (12.11)$$

Littliň birinji formulasyna laýyklykda talabyň ulgamda bolmagynyň ortaça wagty ulgamdaky talaplaryň ortaça sanyna deňdir.

Ikinji formula talabyň nobatda bolmagynyň ortaça wagty we nobatdaky talaplaryň ortaça sanyny baglanyşdyrýar.

Littliň formulalary islendik KHEU, ýagny talaplaryň islendik häsiýetli akymy üçin, hyzmat ediş wagtyň islendik bölünişigi üçin we hyzmat etmegiň islendik tertibi üçin dogrudyr.

## 3. Köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamlarynyň ykdysady netijeliliginiň ölçegi:

◇ Girdeji –  $D$ .

◇ Çykdaýylar –  $I$ .

◇ Peýda –  $R = D - I$ .

◇ Bir talaba hyzmat etmegiň nyrhy –  $C_1$ .

◇ Köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamlaryny döretmek hem-de talaplara hyzmat edilmändigini sebäpli bolan ýitgiler üçin harajatlaryň jemi görnüşündäki giňeldilen ölçeg, ýagny  $C = C_o + C_y$ .

◇ K p ulikleyin hyzmat ediŐ ulgamlarynyň  z ni  deme wagty,  agny  $T_{\text{ d}}$ .

4. K p ulikleyin hyzmat ediŐ ulgamlarynyň  aramlylygy  a-da optimallygy barada  ozg di kabul etmegiň  lgegi.

*KHEU*-nyň  aramlylygy baradaky meselani  ozmekde, netijeliligiň  lgegi k bir berlen ululykdan uludygy  a-da ki idigi barada Őertiň yerine  etmegini  pj n edy n dolandyrylyan parametrleriň bahasy kesgitlenily r.

Onda,  z ni  demek m hleti berlen ululykdan ki i bolan  agda ynda  ozg t  aramly diylip kabul edily r,  agny  $T_{\text{ d}} < T_{\text{ber}}$   a-da peyda  $R > R_{\text{ber}}$ .

*KHEU*-nyň optimallygy baradaky mesele  oz lende k bir netijeliligiň  lgegiň minimumyny  a-da maksimumyny  pj n edy n dolandyrylyan parametrleriň bahasy tapyl r.

Onda optimal  ozg t Őu Őertlerden kesgitlenilip bilner:

$$R \rightarrow \max_u \quad \text{ a-da} \quad C \rightarrow \max_u,$$

bu yerde  $R$  – girdeji  a-da peyda;

$C$  – harajatlar;

$u$  – dolandyrylyan parametr.

Dolandyrylyan parametr h km nde Őular kabul edilip bilner: hyzmat ediŐ  ollarynyň sany (ofisiantlar, satyjylar, aŐpezler, kassirler we Ő.m.), giriŐ akymynyň intensiwliginiň m  beri, hyzmat ediŐ  ollarynyň gurama ylygy (parallel, yzygider) we Ő.m.

Bellik: Optimal baha kabul edilen  lgegi bo un a we sa lanan model   in optimaldyr.

***KHEU-nyň analitiki modellerini iŐl p ta yarlamak usulyyeti.***

*KHEU*-ny der emek meselelerini  ozmek   in ilki bilen *KHEU*-nyň modeli bolmalydyr. Ondan baŐa-da,  oz ly n mesel  baglylykda *KHEU*-nyň ykdysady netijeliligini bahalandyryan we optimal parametrleri kesgitley n b l m bolup biler.

*KHEU*-da talaplaryň akymynyň we hyzmat etmek  agda ynyň t t nleyin h siyete e edigini seb pli, onda bolup ge y n hadysalar t t nleyin hadysalardyr. Őol seb pden hem, umumy  agda da, *KHEU*-nyň modelleri dinamiki statistiki modellerdir.

KHEU-nyň modelleri şu ýagdaýlarda bolup biler:

- imitasion;
- analitiki.

Imitasiýa modelini KHEU-nyň we akymyň islendik görnüşi üçin gurmak bolar. Munuň ýaly ýagdaýda, KHEU-nyň özi we onuň talaplarynyň akymy hiç hili göz önünde tutulmaýar. Model hakyky KHEU-nyň işleýşiniň imitasiýasynyň esasynda gurulýar.

Munuň ýaly ýagdaýda, çözüwi statistiki synag etmeler usuly (Monte-Karlo usuly) bilen alynýar. Çözüm KHEU-nyň ähli işleýiş ýagdaýlaryna, ýagny hem geçiş, hem-de ýola goýlan düzgünlerine gabat gelýär. Çylşyrymly KHEU üçin, adatça, imitasiýa modelleri gurulýar.

Ýönekeý KHEU-nyň işini imitasiýa modeli bilen hem, analitiki model bilen hem beýan etmek bolar.

Analitiki modeller bellibir çäklerde gurulýar we olaryň esasy çäkleri bolsa KHEU-nyň hadysalarynyň «markow» bolmalydygyny dadyr.

Munuň ýaly ýagdaýda KHEU-daky hadysalar birinji derejeli çyzykly differensial deňlemeler ulgamy bilen beýan edilýär. Munuň ýaly ulgam integrirlenip biler, emma, umumy çözüm örän çylşyrymly bolýar. Munuň ýaly ýagdaýda çözüm Besseliň funksiýalary diýlip atlandyrylýan ýörite funksiýalaryň tükeniksiz jemine deň bolýar.

Amaly taýdan peýdalanmak üçin KHEU-nyň ýola goýlan düzgüninde özüni alyp barşyny beýan edýän matematiki modelleriň hususy çözüwlerini häsiýetlendirýän görnüşleri peýdalanylýar.

Hususy çözüm çyzykly algebraik deňlemeler ulgamynyň çözüwidir. Olar bolsa, ilkinji differensial deňlemeler ulgamynyň ähli önümleriniň nola deňlenmegi bilen alynýandyrlar.

Aşakda seredilýän KHEU-nyň işi tükeniksiz wagtly we diskret ýagdaýly tötänleýin hadysany beýan edýär.

Şunuň ýaly KHEU-nyň analitiki modeliniň usulyýetini işläp taýýarlamak şu aşakdakylardan ybaratdyr:

1. Hadysalaryň ýönekeý akymy düşüňjesi girizilýär. Onda belli bir wagt aralygynda gelen talaplaryň sany Puassonyň kanunyna, iki sany zygider gelen talabyň aralygy bolsa, paýlaşdyrmanyň eksponensial kanunyna boýun egýär.

2. KHEU-nyň analizi şu düşüňjeleri peýdalanmak arkaly amala aşyrylýar:

- KHEU-nyň ýagdaýy;
- ýagdaýlaryň ähtimallygy;
- ýagdaýlaryň arasynda geçiş intensiwiligi.

KHEU-nyň ýagdaýy hyzmat etmek bilen meşgul ýollaryň sany we nobata duran talaplaryň sany arkaly kesgitlenilýär.

3. Talaplaryň giriş akymy we hyzmat ediş akymy ýönekeý diýlip hasap edilýär.

4. 3-nji şert ýerine ýetirilende, bir ýagdaýdan beýleki ýagdaýa birsydyrgynsyz geçişi «markow» hadysasydyr.

Markow hadysasy bolanda ulgamyň geljekki ýagdaýy onuň diňe häzirki ýagdaýyna bagly bolmalydyr.

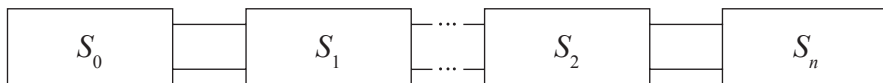
5. Ulgamyň Markow hadysalary bilen özünü alyp barşy A.N.Kolmogorowyň differensial deňlemeleri arkaly beýan edilýär.

Kolmogorowyň deňlemesi wagt funksiýasynda KHEU-nyň ýagdaýynyň ähtimallygyny kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

Bu deňlemeleriň çözüwi KHEU-nyň hem geçiş, hem-de ýola goýlan tertiplerinde özünü alyp barşyny häsiýetlendirýär.

6. Stasionar tertibi üçin çözüdüň tapylmagy wajyp bolup durýar. Stasionar tertipde ulgam tötänlikde öz ýagdaýlaryny çalyşýar. Emma bu ýagdaýlaryň ähtimallyklary hemişelikdirler. Olar ulgamyň ýagdaýlarynyň her birinde boljak ortaça wagty kesgitleýärler.

7. Ýagdaýlaryň grafy dürli görnüşe eýe bolup bilerler. Egerde graflaryň ýagdaýlary zynjyr ýagdaýlarynyň ( $S_1, S_2, \dots, S_{n-1}$ ) ortaçasynyň her biri sag we çep ýagdaýlary bilen göni we ters baglanyşygy, emma gyraky ( $S_0$  we  $S_n$ ) ýagdaýlar bolsa – diňe bir ýagdaý bilen baglanyşygy emele getirýän bolsa, onda munuň ýaly ulgamda bolup geçýän tötänleýin hadysa – «döretmek we ýok bolmak» hadysasy diýilýär. Munuň ýaly ulgam üçin ýagdaýlaryň grafy 12.9-njy şekilde şekillendirilendir.



12.9-njy şekil. «Döretmek we ýok bolmak» ýagdaýlarynyň grafy

«Döretmek we ýok bolmak» çyzgysy üçin A.N.Kolmogorowyň algebraik deňlemeler ulgamyny işlemek zerurlygy ýüze çykmaýar.

### 12.3. Köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamynyň toparlary

Hakyky KHEU-lar köpsanly dürli-dürli alamatlary bilen häsiýetlendirilýär. KHEU-ny derňeýji esasy şertleri ýüze çykarmagy, olary seljermegi we şonuň netijesinde KHEU-lara laýyk matematiki modeli saýlamagy başarmalydyrlar. Saýlanan modeliň kömegi bilen derňeýji goýlan meseläni çözüýär.

Dürli şertler boýunça KHEU-nyň toparlaryna seredeliň.

1. KHEU-ny gurluşynyň we düzüminiň çylşyrymlylygy boýunça (ýeterlik derejede şertli) iki sany uly topara bölmek bolýar:

- ýönekeý;
- çylşyrymly.

Ýönekeý *KHEU* – bu birfazaly, arasy açyk, bir giriş akymly ulgamdyr.

Ýönekeý *KHEU*-lara şulary mysal getirmek bolar: dellekhana, dermanhana, barlar, tehniki hyzmat ediş nokatlary, maşyn ýuwuýan ýerler, benzin guýulýan beketler, dürli görnüşli bejeriş ussahanalary we ş.m.

Çylşyrymly *KHEU*-lara şu görnüşler degişlidirler:

- köp giriş akymy bolan *KHEU*;
- köpfazaly *KHEU*;
- ýapyk;
- özünde birnäçe ýönekeý *KHEU*-ny jemleýän ulgamlar.

2. Talaplaryň gelip çykyşyna, gözbaşynyň häsiýetlerine baglylykda *KHEU*-lar şu ulgamlara bölünýärler:

2.1. Bir gözbaşly talaplar bilen (saglyk öýleri diňe bir etrabyň ýaşaýjylaryna hyzmat edýärler);

2.2. Birnäçe gözbaşly talaplar bilen (şeyle hem saglyk öýleri, birnäçe keseller boýunça beýleki etraplaryň ýaşaýjylaryna hem hyzmat edýärler);

2.3. Açyk, haçanda talaplaryň gözbaşy ulgamyň daşynda berlen bolsa (dellekhanalaryň, dermanhanalaryň we ş.m. müşderileri), bu ulgamda talaplaryň akymy çäklendirilmedikdir;

2.4. Ýapyk, haçanda talaplaryň gözbaşy ulgamyň özünde ýerleşen bolsa.

3. Akymalaryň häsiýetlerine görä şu aşakdaky görnüşlere bölünýärler:

3.1. Akymalaryň sanyna görä:

- bir akym bilen;
- birnäçe akymlar bilen.

3.2. Akymyň tötänlik derejesine baglylykda:

- determinirlenen akym bilen;
- tötänleýin akym bilen.

3.3. Tötänleýin akymlar şeýle bolup bilerler:

- stasionar;
- stasionar däl;
- hereketiň netijesiniň täsiri bilen;
- hereketiň netijesiniň täsiri bolmadyk;
- adaty;
- adaty däl.

3.4. Tötänleýin akymlyry şu aşakdaky görnüşlere bölmek bolar:

- ýönekeý (puasson) akym;
- Palmanyň akymy;
- Erlangyň akymlyry.

3.5. Sany boýunça şol bir wagtda gelip gowuşýan talaplar:

- birlik talaplar bilen;
- toparlaýyn talaplar bilen.

4. Talaplary toplaýjylaryň sanyna baglylykda:

- toplaýjysy bolmadyk;
- toplaýjysy bolan.

5. KHEU-lar nobatynyň häsiýetine görä dört topara bölünýärler:

5.1. KHEU boýun gaçyrmalar bilen (nobatsyz, nol garaşdyrma bilen, görnüp duran ýitgiler bilen). Boýun gaçyrmaly KHEU-na şäherara aragatnaşyk ulgamyny mysal getirmek bolar. Ýagny, 8-lik belgiden soň gysga signalyň gidýändigini ähli ýollaryň hyzmat bilen

meşguldygyny aňladýar. Talap boýun gaçyrma sezewar bolýar we bu belgini täzeden aýlamaklyga mejbur edýär.

5.2. Garaşmaly KHEU (çäksiz garaşmaly ýa-da çäksiz nobatly). Munuň ýaly ulgamlarda ýollaryň ählisiniň hyzmat etmek bilen meşgul pursadynda gelen talap nobata durýar we özüne hyzmat etjek ýoluň boşamagyna garaşýar. Her bir gelen talap ahyrynda hyzmat ediler.

5.3. Çäkli garaşmaly KHEU (garyşyk görnüşi). Munuň ýaly ulgamlarda talaplaryň nobata gelmegine käbir çäkler goýulýar. Tejribe üçin, esasan, garyşyk görnüşli ulgamlara köp gyzyklanma döreyär.

5.4. Nobatynyň uzynlygyna çägi bolan KHEU. Muňa awtomobil duralgalaryny, ammarlary, zat saklanýan jaýlary, sowadyjy kameralary we ş.m. mysal getirmek bolar.

6. Hyzmat ediliş düzgüni we tertibi boýunça şu aşakdaky görnüşlere bölünýärler:

6.1. Ähmiýetsiz.

6.1.1. Talaplaryň geliş çäğine (derejesine) baglylykda ýa-da «Ilkinji gelene» hyzmat etmek ýörelgesine eýerýän umumy nobat;

6.1.2. «Soňky gelene ilkinji hyzmat etmek» ýörelgesi;

6.1.3. Bellibir ugurlar boýunça aýratyn nobatlar;

6.1.4. Talaplar tötänleýin tertipde kabul edilýär.

6.2. Ähmiýetli (Artykmaçly):

6.2.1. Absolýut (hökmany) (hukuk gorajy gulluklaryň gözegçilik aksiýalary);

6.2.2. Otnositel (degişli) (dellekhanada ýazgy boýunça – nobatsyz);

6.2.3. Ýörite (aýratyn) (dükanlarda pullaryň inkassasiýasy).

7. Hyzmat ediş ulgamlarynyň häsiýetine baglylykda şu aşakdakylara bölmek bolýar:

7.1. Kanallaryň (ulgamlaryň) sany boýunça:

– birugurly;

– köpugurly.

7.2. Birmeňzeş (deňdeş) ugurlaryň derejesine laýyklykda:

– birmeňzeş deňdeş hyzmat ediş ulgamlary (ATS, dükanlar, dermanhanalar we ş.m.);

– birmeňzeş deňdeş däl ugurlar (kanallar) (şeýle ugur söweşlerde ýaraglar babatda ulanylýar: tüpeň, granatomýot, pulemýot, minemýot we ş.m.).



7.3. Ugurlaryň (kanallaryň) özara kömek bermek häsiýetine baglylykda:

- özara kömeksiz;
- özara kömekli görnüşlere bölmek bolýar.

Özara kömekli KHEU-ny aşakdaky toparlara bölýärler:

7.3.1. «Deňölçeqli» (kadaly) kömekli kanallaryň ulgamy;

7.3.2. «Ähli zat bir» diýen mana golaý kömekli ulgam.

7.4. Kanallaryň ýüklenme kadasy boýunça:

- boş çägi boýunça ýüklenme;
- kanallaryň tertip belgisi boýunça ýüklenmegi;
- tötänleýin görnüşde ýüklenme.

7.5. Hyzmat ediş fazalarynyň sany (mukdary) boýunça:

- birfazaly;
- köpfazaly.

Köpfazaly KHEU-y yzygider ýerleşen dürli görnüşli kanallar ulgamy bolup durýarlar.

7.6. Kanallaryň ýerleşiş häsiýetine baglylykda:

- parallel kanally (bir dükanda birnäçe satyjy);
- kanallaryň yzygider ýerleşşi.

Kanallaryň yzygider tertipde ýerleşen ulgamy köpfazaly ulgamlardan birdürlüligi bilen tapawutlanýar.

Bellibir haryt üçin deň görnüşli dükanlara aýlanmak yzygider hyzmat gullugyna mysal bolup biler.

7.7. Kanalyň hyzmat ediş wagty aşakdaky ýaly bolup biler:

- tötänleýin;
- tötänleýin däl.

7.8. Kanallaryň mukdarynyň çäkliligine baglylykda:

- kanallaryň sanynyň çäkliligi;

7.9. Kanallaryň bejeriliş mümkinçiligine we dikeldilişine baglylykda:

- ätiýaçdan saklanýan kanallar;
- gordaky bloklar;
- kanallaryň bejeriliş mümkinçiligi.

7.10. Kanallaryň ygtybarlylyk derejesi boýunça:

- ygtybarly kanallar;
- ygtybarly däl kanallar ýaly görnüşlere bölmek bolýar.

## 12.4. Hadysalaryň akymy

**Köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamlaryndaky hadysalaryň we ululyklaryň aýratynlygy.** KHEU-ny öwrenmek üçin aşakdaky ululyklar barada takyk düşünelere eýe bolmak gerek:

- üznüksizlik;
- diskretlilik;
- determinirlenen;
- tötänleýin.

Diskret diýlip aralarynda kesgitli aralyk bolan sanlara aýdylýar.

Islendik diskret köplük sanalýan hasaplanýar, ýagny onuň elementlerini bitin sanlar bilen belläp bolýar.

Üznüksiz diýlip arasyndaky uzynlygy nola ymtylýan sanlara aýdylýar.

Matematikada diskret ululyklara bitin sanlar, üznüksiz ululyklara bolsa hakyky sanlar laýyk gelýär. Diskret we üznüksiz ululyklaryň aratapawudyny sagadyň mysalynda takyk görkezmek bolar. Determinirlenen baha, indiki pursatda önünden bilinýän bahadyr, tötänleýin üýtgeýän üçin indiki baha belli däldir. Şeýlelikde, ýetip gelýän ýylyň sany belli, ýagny bu kesgitli, determinirlenen ululyk, emma ertirki howanyň temperaturasy näbelli, ýagny bu ululyk tötänleýin bolup durýar.

**Kesgitlenen (determinirlenen) akymly KHEU-lar.** Determinirlenen akymy bolan KHEU-nyň seljermesi şol ulgamyň tötänleýin akymlar bilen iş hadysalaryna akyl ýetirmäge ýardam edýär.

Bir talap çêşmesi we bir hyzmat ediş ýoly bolan KHEU-a seredip geçeliň.

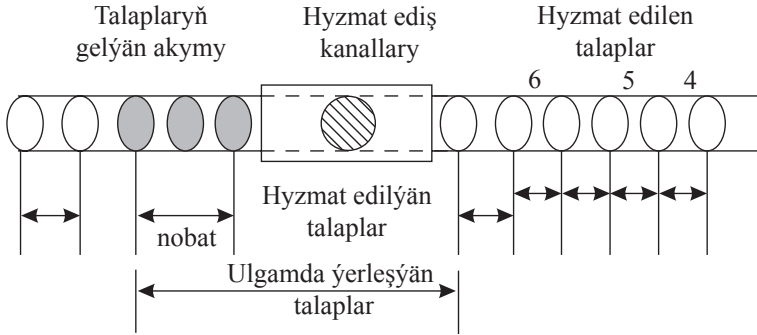
Talap çêşmesine we onuň hyzmat ediş ugruna laýyklykda aşakdaky çaklamalary bellemek bolar:

1. Talaplaryň gelýän akymy zygyder, ýagny talaplaryň meňzeş wagt aralygynda gelýänligini aňladýar.

2. Hyzmat ediş ýoly hyzmatyň dowamlylygynyň birligine deň bolan hemişelik ululyk bolmagyna laýyk guralandyr. Bir talaba hyzmat etmek tamamlanan dessine, kanal indiki talabyň hyzmatyna geçýär.

3. Nobatyň tertibi «Ilkinji gelene-ilki hyzmat edilýär» görnüşinde bolup durýar, ýagny garaşylýan talaplar nobat dördýärler we kanal boşan wagty şol nobatda ilkinji durana hyzmat etmäge girişilýär.

Ulgamda ýerleşen talaplaryň sanyny hyzmata goýlanlaryň we nobatda duranlaryň jemi sany hökmünde hasaplamak kabul edilenligini bellemek gerek (12.10-njy şekil).



12.10-njy şekil. Şertlendirilen akymly KHEU-nyň bir kanally görnüşi

Giriş akymynyň intensiwligi:  $\lambda = \frac{1}{t_a}$ ,

hyzmat edişiniň intensiwligi:

$$\mu = \frac{1}{t_b}.$$

Ulgamyň işi  $t_a$  we  $t_b$  şeýle hem  $\mu$  gatnaşygyna bagly bolýar.

Üç ýagdaýyň mümkinligini bellemek bolar.

1.  $t_b > t_a$ , ( $\mu < \lambda$ ). Bu hyzmat ediş depgininiň giriş talaplarynyň tizliginden pesdigini aňladýar, ýagny talaplara hyzmat edilip, olar ulgamy gelşine garanda haýal terk edýärler. Bu ýagdaýda nobat dördilmeginiň zerurlygy we onuň gümürtik ösjeği belli.

2.  $t_b = t_a$  ( $\mu = \lambda$ ). Eger nobatda hiç hili talaplyk bolmasa, onda ilkinji gelen talaba hyzmat edilip başlanýar. Oňa hyzmat etmeklik ikinji talap gelen wagty gutarýar, diýmek, garaşdyrylýan talap bolmaýar.

Eger ilkibaşdan nobat bar bolsa, onda onuň uzynlygy (ýagny garaşdyrylýan talaplaryň sany, şeýle hem hyzmat edilýänleriň sany) hemişelik bolup galýar.

3.  $t_b = t_a (\mu > \lambda)$ , ýagny hyzmat edişiň depgini hyzmatyň giriş depgininden ýokary. Bu eger nobat bar bolsa, onuň gysgaljakdygyny aňladýar.

## 12.5. Hadysalaryň tötänleýin akymy

Hadysalaryň akymy diýende wagtyň bellibir pursatlarynda, bir-biriniň zyzndan bolup geçýän hadysalaryň zygiderlilikine düşünilýär.

Hadysalaryň akymy aşakdaky ýaly bolup biler:

- determinirlenen;
- tötänleýin.

KHEU-nyň hadysalarynyň akymy esasan hem tötänleýin görnüşde bolýar. Bu ýerde hadysa diýlip talabyň gelşine we oňa hyzmat edilişine düşünilýär.

Eger akym tötänleýin bolsa, onda ony dürli bölüş kanunlary bolan tötänleýin ululyklar häsiýetlendirýärler.

Aşakdakylar hem tötänliklere degişlidir:

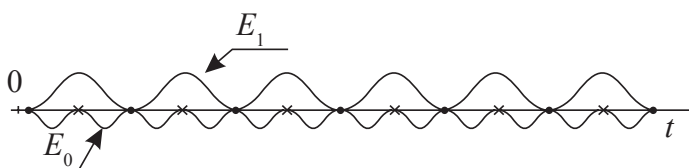
- wagtyň bellibir depginindäki talaplaryň (talapnamalaryň) sany;
- gelýän talapnamalaryň arasyndaky wagt interwaly we ş.m.

Aşakdaky tötänleýin akymlar hem şol häsiýetlidir:

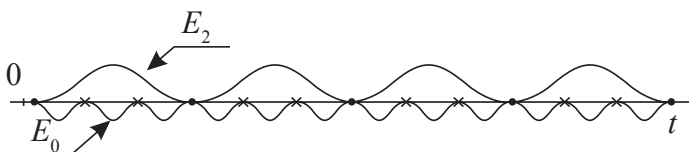
- ýönekeý (puasson) akymy;
- Palma akymy;
- Erlangyň akymlary.

Akymlaryň umumy teswirleýjisi  $m$  tertipli Erlang akymy bolup, bu ýerde  $m$  ululygy netijäniň täsiriniň derejesini kesgitleýär.

Erlang akymlarynyň formirlenmegi üçin ilki başdan ýönekeý akym esasy bolup durýar. Şol bir wagtda ol nol tertipli ( $E_0$ ) Erlangyň hem akymy (çeşmesi) bolup durýar. Erlangyň birinji tertipli ( $E_1$ ) akymy Palma akym bolup durýar. 12.11-nji şekilde görnüşi ýaly onuň her ikinji nokady ýok edilen halatynda ýönekeý akymdan alyp bolýar. 12.12-nji şekilde aýrylan nokatlar atanak bilen bellenişlidir. Erlangyň ( $E_2$ ) akymy ýönekeý akymyň her 3-nji nokadyny saklap, aralykdaky ikisini bolsa aýran halatymyzda emele geler.



12.11-nji şekil. Ýönekeý ( $E_0$ ) akymyndan Erlangyň birinji ( $E_1$ ) tertibiniň alnyşy



12.12-nji şekil. Ýönekeý ( $E_0$ ) akymdan Erlangyň ikinji ( $E_2$ ) tertibiniň alnyşy

Ýönekeý akymyň netijesiniň täsir derejesi  $m = 0$ . Eger aralykdaky nokatlary tükeniksiz aýryp dursak, onda netijesiniň täsir derejesi  $m = \infty$  bolan birsydyrgyn determinirlenen akymy alarys.

Ýönekeý akyma seredip geçeliň. Ýönekeý akym bu 3 sany şerti kanagatlandyryan akymdyr:

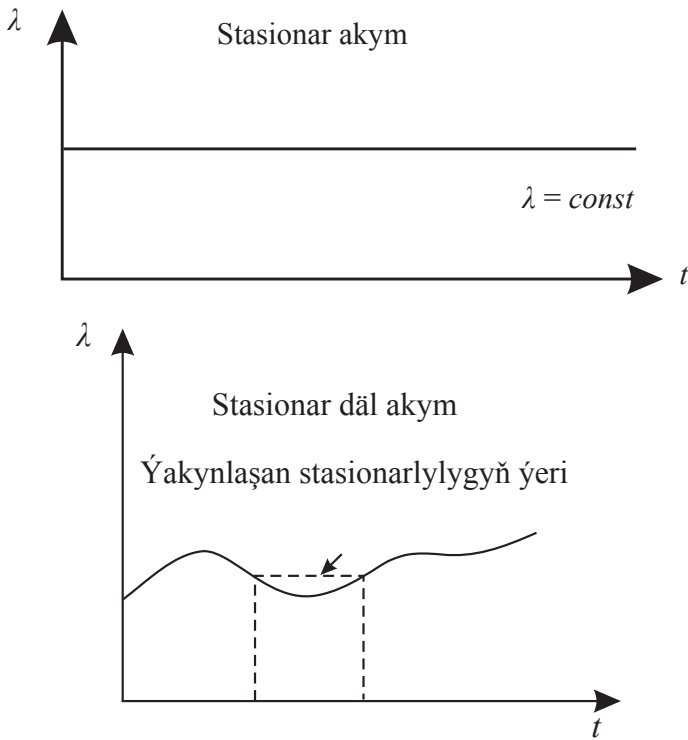
- 1) Stasionar.
- 2) Netijesiniň täsiriniň bolmazlygy.
- 3) Ordinar (adaty).

**Stasionarlylygyň şerti.** Stasionarlylygyň şertini häsiýet aýratynlyklary wagta bagly bolmadyk talapnamalaryň akymy kanagatlandyryar. Şol sanda stasionar akyma hemişelik dykzlyk (talaplaryň ortaça sanynyň wagt birligi) mahsusdyr. Hakyky akymlaryň aglabasy stasionar däl, emma wagtyň bellibir böleginde olary stasionar hasaplap bolar. Stasionar we stasionar däl akymlaryň wagta görä stasionarlygy 12.13-nji şekilde görkezilen.

**Netijäniň täsiriniň bolmazlyk şerti.** Netijäniň täsiriniň bolmazlyk şerti aýratyn hem ýönekeý akyma mahsus bolup, ol talaplaryň ulgama biri-birinden garaşsyz ýagdaýda gelyänligini aňladýar.

Hakykatda köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamy ýönekeý akyma niýetlenýär. Emma köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamyna hut şu akyma hyzmat etmek kyn bolup, ýönekeý akymlara niýetlenen ulgamlar bolsa beýleki akymlaryň şertlerinde netijeli işlär.

**Ordinarlyk şerti.** Ordinarlyk şerti talaplaryň bir-birden gelmegini, ýagny birnäçe talaplaryň birden gelip bilmegini aňladýar.



12.13-nji şekil. Stasionar we stasionar däl akymlyryň wagta baglylygy

Akymlyryň şu iki aýratynlygy has hem wajypdyr:

$k$  – wagt birliginde gelýän talapnamalaryň sany;

$\tau$  – iki yzygider talapnamalaryň arasyndaky wagt aralygy.

12.1-nji, 12.2-nji tablisada we 12.14-nji, 12.15-nji we 12.16-njy şekillerde meňzeş orta depginli  $\lambda = 5$  iki akymyň – ýönekeý ( $m = 0$ ) we determinirlenen ( $m = \infty$ ) häsiýetleri berlen bolsun.

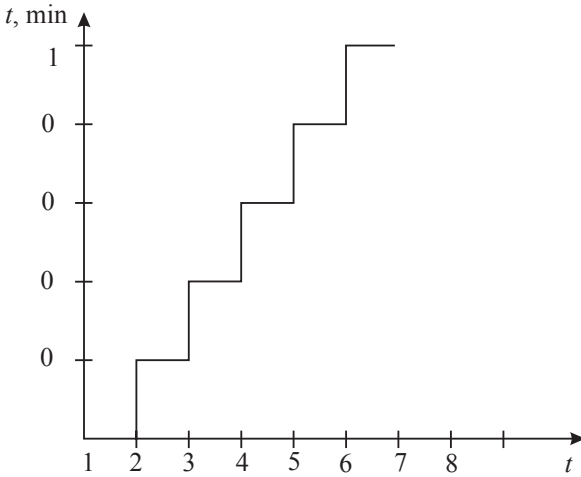
12.1-nji tablisa

### Akymlyryň görnüşi we talapnamalar

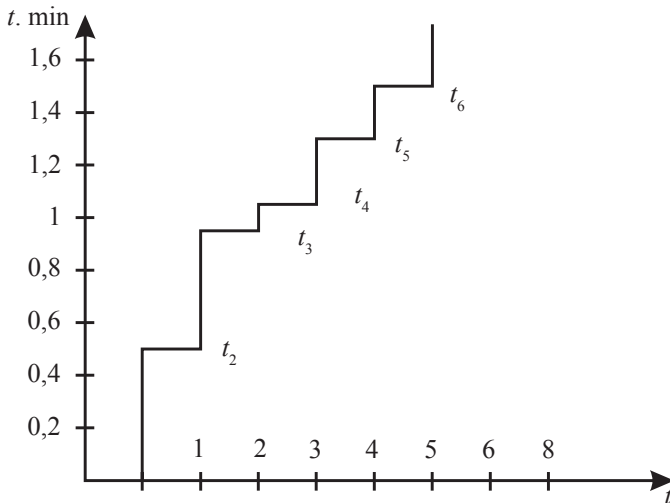
Akym	Talapnamalaryň belgisi, $i$	1	2	3	4	5	6	7
Determinirlenen	Wagt aralygy, $\tau_i$	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Ýönekeý	Wagt aralygy, $\tau_i$	0	0,460	0,482	0,064	0,278	0,222	0,054
Ýönekeý	Talapnamanyň gelýän wagty, $t_i$	0	0,460	0,942	1,006	1,284	1,560	1,560

**Akymlar, talapnamalaryň sany we bahasy**

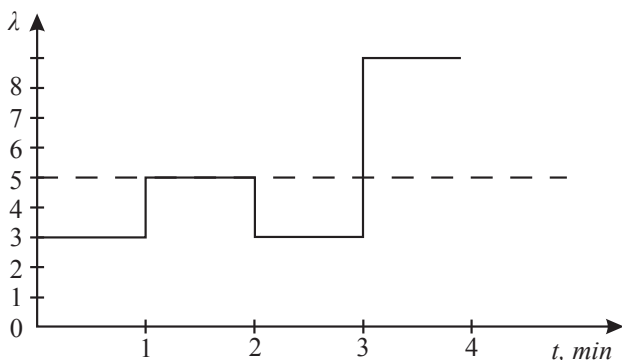
Akym	$t$ , min.	1	2	3	4	Orta baha
Ýönekeý	$k$	5	5	5	5	5
Determinirlenen	$k$	3	5	3	9	5



12.14-nji şekil. Determinirlenen akym



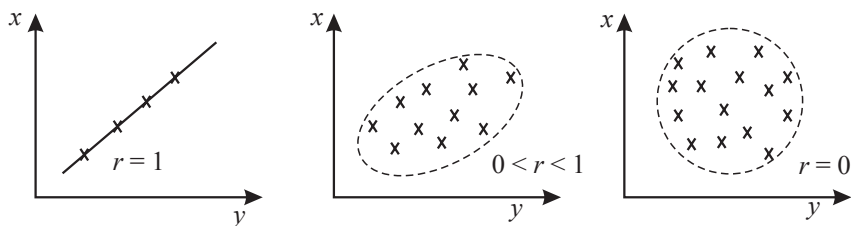
12.15-nji şekil. Ýönekeý akym



12.16-njy şekil. Ýönekeý akymda wagt birliginde gelyän talapnamalaryň sany

Onda iki sany tötänleýin ululyklaryň garaşlylyk derejeleri korrelyasiýa görkezijiler arkaly kesgitlenýär. Funkisional garaşly ululyklar üçin korrelyasiýa görkezijisi:  $r = 1$ , doly garaşly bolmadyk üýtgeýänler üçin  $0 < r < 1$  we garaşly bolmadyklar (özbaşdaklar) üçin  $r = 0$  bolup bilýär.

Garaşlylygyň agzalan görnüşleri grafik arkaly 12.17-nji şekilde berlen:



12.17-nji şekil. Iki ululyklaryň garaşlylyk görnüşü

Üznüksiz tötänleýin hadysalar üçin tötänligiň derejesi özünden öňki netije bilen näderejede baglydygyny görkezýän korrelyasion funksiýa arkaly kesgitlenýär.

## 12.6. Markowyň tötänleýin hadysalary

**KHEU-nyň ýagdaýlarynyň graflary.** KHEU-lar dinamiki ulgamlardyr. Adatça, dinamik, ulgamyň ýagdaýy üzňe ýa-da üzňüksiz bolup bilýän, üýtgäp durýan ululyklaryň jemi arkaly häsiýetlendirilýär.



KHEU-nyň ýagdaýy hem ululyklaryň jemi arkaly kesgitlenip, olaryň arasyndan esasy orny ulgamda ýerleşýän, ýagny nobatda duran we hyzmat edilýän talapnamalaryň sany eýeleýär.

Bu üýtgemäni  $S$  harp bilen belgilemek kabul edilendir.  $n$  kanally hyzmat edişiniň boýun gaçyrmaly ulgamlarynda ulgamyň ýagdaýynyň mukdary  $(n + 1)$ -e deň.

Şonda  $S$  ululyk  $S_0$ -dan  $S_n$ -e çenli üýtgeýär. Şeýlelikde, hyzmat edişiniň iki kanalynda ulgam aşakdaky üç ýagdaýlaryň birinde bolup bilýär:

- 1)  $S_0$  – ähli kanallar boş;
- 2)  $S_1$  – kanallaryň biri hyzmatda;
- 3)  $S_2$  – kanallaryň ikisi hem hyzmatda.

Hyzmat edişiniň  $n$  kanaly we nobatda  $m$  orny bolan garaşymly ulgam üçin mümkin bolan ýagdaýlaryň sany  $n + m + 1$ -e deň. Şeýlelikde,  $n = 1$  we  $m = 1$  ýagdaýda ulgam ýene-de üç görnüşde bolup biler:

- 1)  $S_0$  – kanal boş ;
- 2)  $S_1$  – kanal hyzmatda;
- 3)  $S_2$  – kanal hyzmatda we bir talap nobatda.

Ulgamyň bir ýagdaýdan başga bir ýagdaýa geçmegi hadysalaryň akym täsiriniň netijesinde amala aşýar.

KHEU-nyň wajyp aýratynlygynyň biri hem ýagdaýlaryň ähtimallygydyr.  $P_0$  ähtimallygy  $S_0$  ýagdaýy häsiýetlendirýär,  $P_1 - S_1$  ýagdaýyny we ş.m.

Bu ähtimallyklar KHEU-nyň şu ýa-da beýleki ýagdaýda geliş wagtyny kesgitleýär. Şeýlelikde, eger-de hasabatynyň netijesinde  $P_1 = 0,6$  alnan bolsa, onda ol ulgamyň wagtyň 60% bir kanalyň hyzmatynda bolan ýagdaýyny görkezýär.

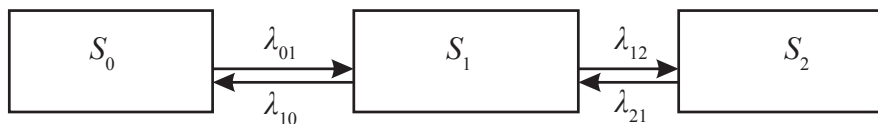
Ýagdaýlaryň ähtimallygy kadalaşdyrylan şertleri kanagatlandyrmaly, ýagny:

$$\sum_{k=0}^n P_k = 1. \quad (12.12)$$

KHEU-nyň işleýşiniň aýdyňlygy we umumylyk teswiri üçin graf diýen düşünje ulanylýar.

Işni ýerine ýetirilişini beýan edende baş nokada ulgamyň ýagdaýy, gapyrgalar bolsa bir ýagdaýdan başga ýagdaýa geçişi aňladýar.

12.18-nji şekilde üç ýagdaýly grafyň ulgamy görkezilendir.

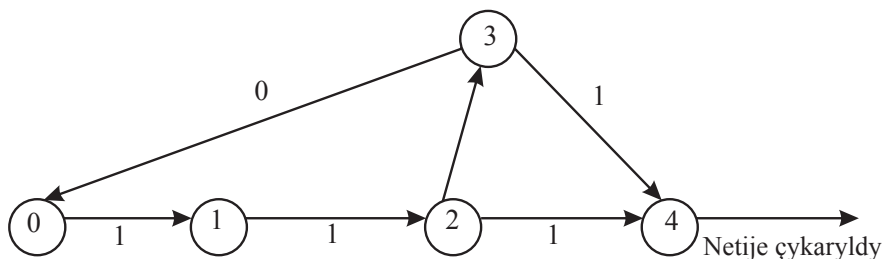


**12.18-nji şekil.**  
Üç ýagdaýly grafyň ulgamy

Eger peýkamlaryň üstünde (gapyrgalarda) geçiş ýagdaýynyň depgini çepden-saga  $\lambda_{01}$  we  $\lambda_{12}$  we sagdan çep  $\lambda_{21}$  we  $\lambda_{10}$  goýlan bolsa, onda oňa ýagdaýlaryň belgilenen grafy diýilýär. Geçiş ýagdaýlary hyzmat ediş we talapnamalaryň akymy bilen şertlendirilen ýagdaýynda  $\lambda_{01} = \lambda$ , a  $\lambda_{10} = \mu$  deň bolar.

Görkezilen graf «Döretmek we ýok bolma» hadysasynyň grafydyr.

Netije çykarýan ulgamlaryň grafyny başga şekilde görkezmek bolar. Şeýlelikde, 4 ölçegden 3-nji çözügüt çykarýan grafy 12.19-njy şekildäki ýaly görkezmek bolar.

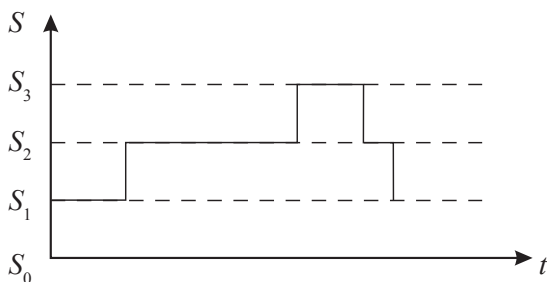


**12.19-njy şekil.**  
Çözügüt çykarýan hadysanyň grafy

Bu ýerdäki «1» gowy ýerine ýetirilen işi aňladýar. Bu ýerdäki «0» bolsa pes ýerine ýetirilen işi aňladýar. Netije işiniň gowy hünärmen bolup durýanlygy barada çykarylmalýdyr.

**Markow hadysalary.** KHEU-da bolup geçýän hadysalar wagtyň tötänleýin pursatlarynda käbir  $S_k$  ýagdaýdan  $S_{k+1}$  ýa-da  $S_{k-1}$  ýagdaýyna geçmesinden ybarat. Şeýle hadysalar üzňe ýagdaýly we üzüksiz wagtly tötänleýin hadysalar toparyna degişlidir.

KHEU-nyň hadysasynyň takmynan, görnüşi 12.20-nji şekilde görkezilen.



**12.20-nji şekil.**  
**KHEU-nyň hadysasynyň görnüşi**

KHEU-ny öwrenmegiň analitiki usullary ulgamdaky hadysalaryň Markowyň tötänleýin hadysalary bolup durýanlygy baradaky çaklama esaslanýar.

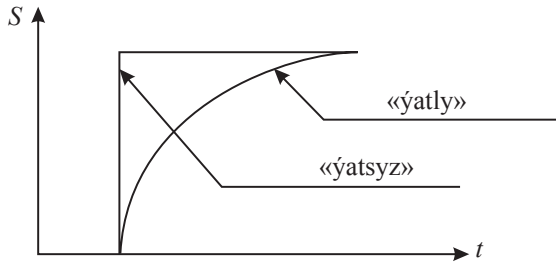
KHEU-da dowam edýän hadysa gelýän talapnamalaryň akymynyň we hyzmat edişiň ýönekeý hadysalary bolup, Puassonyň kanuny boýunça, olaryň arasyndaky wagt interwaly bolsa eksponensial kanuna bölünen halatynda markow hadysasy bolar.

Tötänleýin markow hadysasy üçin ulgamyň geljekki mümkingadard ýagdaýy onuň öňki ýagdaýyna bagly bolman, eýsem diňe häzirki wagtdaky ýagdaýyna baglydyr.

Mysal üçin, haýsydyr bir harydy satyn almak mümkinçiligi gapjyktdaky puluň mukdaryna baglydyr, ýagny puluň ön nähili gazanylandygyna ýa-da alnandygyna we sowulanlygyna däl-de, hut şu pursatdaky ýagdaýyna baglydyr.

Markow hadysalary «ýatsyz» hadysadyr, sebäbi bir ýagdaýdan başga bir ýagdaýa geçiş şol bada (tiz) bolup geçýär.

Adaty dinamiki hadysa «ýatly» bolup durýar. «Ýatly» we «ýatsyz» hadysalaryň görnüşleri 12.21-nji şekilde görkezilen.



12.21-nji şekil. «Ýatly» we «ýatsyz» hadysalaryň görnüşleri

**Dinamiki hadysanyň stasionar düzgüni.** Dinamiki hadysalar aşakdaky ýaly bolup biler:

- determinirlenen;
- statistiki.

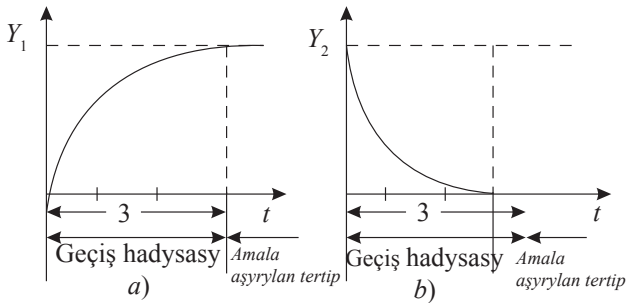
Determinirlenen dinamiki hadysa käbir üýtgepä durýan ýagdaýyň bellibir wagt boýunça üýtgeýän hadysasyny aňladýar.

Agzalyp geçilişi ýaly, döwürleýin kanunyň ýagdaýy üçin üýtgepä durýan ýagdaýlar formulalar arkaly kesgitlenýär:

$$Y_1(t) = 1 - e^{-t/T} \quad (12.13)$$

ýa-da

$$Y_2(t) = e^{-t/T}, \quad (12.14)$$



12.22-nji şekil.

Üýtgepä durýan ýagdaýyň artýan (a) we kemelýän (b) hadysasy

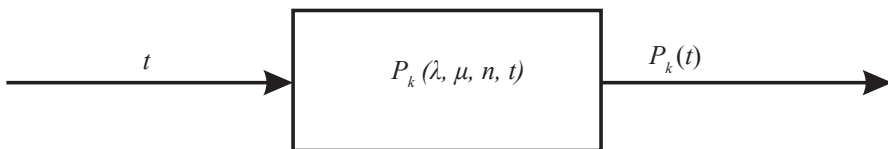
Hadysalar iki sany düzümden durýarlar:

- geçiş hadysasy;
- amala aşyrylan ýa-da stasionar tertip.

Aperiodik kanunda geçiş hadysasynyň dowamlylygy  $3T$ -e deň. Şol wagtyň tamamlanan pursadynda hadysa bilen onuň soňky netijesiniň aratapawudy 5%-den azdyr.  $t = 3T$  ýagdaýynda  $1 - (1 - e^{-t/T}) = e^{-3} = 0,04979$  alarys.

KHEU dinamiki-statistiki ulgamdyr.

Onuň dinamiki gurluşyny 12.23-nji şekildäki ýaly bermek bolar.



12.23-nji şekil. KHEU-nyň dinamiki gurluşy

Bu ýerdäki  $P_k$  – ulgamyň  $k$  ýagdaýynyň ähtimallygy.

Ulgamyň ýagdaýy meşgul kanallaryň sany we nobatda garaşýan talapnamalaryň sany arkaly häsiýetlendirilýär. Her bir  $S_k$  ýagdaýa  $P_k$  ähtimallygy gabat gelýär, ýagny:

$$S_0 \rightarrow P_0,$$

$$S_1 \rightarrow P_1,$$

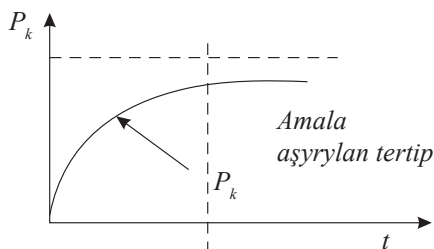
$$S_n \rightarrow P_n \text{ bolanda.}$$

$S_i$ -niň bir ýagdaýdan beýleki  $S_i + 1$  ýa-da  $S_i - 1$  ýagdaýa geçişi tiz (şol bada) bolup geçýär, ýagny «ýatsyz» bolýar.

KHEU-nyň differensial deňlemeleri  $S_0, S_1, \dots, S_n$  ýagdaýlaryň ähtimallygyna, ýagny  $P_0, P_1, \dots, P_n$  ululyklara laýyklykda ýazylýar.

Şeýle deňlemeleriň analitiki ýol bilen çözülişi aňsat däldir.

Differensial deňlemeleriň işlenişi (çözgüdi) wagt çäginde ýagdaýlaryň ähtimallygynyň üýtgeýiş hadysasyny görkezýär. Bu ýagdaý 12.24-nji şekilde görkezilendir.



12.24-nji şekil. Wagt çäginde  $P_k$  ýagdaýynyň ähtimallygynyň üýtgeýiş hadysasy

Tutuslygyna hadysa deňdeş däl deňlemäniň umumy çözüdi bilen kybapdaş gelýär. Amala aşyrylan tertip differensial deňlemäniň çözüdi bilen kybapdaş gelýär.

Determinirlenen aperiodik däl ulgamda ýagdaýyň üýtgäp durýanlygyna niýetlenen meňzeş hadysalar ýagdaýyň ähtimallygyna hyzmat edýän köpçülikleýin ulgamda orun alýar. Ýagdaýlaryň özi bolsa, ýokarda seredilip geçilişi ýaly, böküp geçme görnüşli üýtgeýär.

**Ýönekeý akymyň formirlenmesini we teswirlemesini kesgitleýän paýlaýyş kanunlar.** Şeýle paýlaýyş kanunlaryň hataryna aşakdakylar degişli:

- Puassonyň paýlaýyş kanuny;
- eksponensial häsiýetli paýlaýyş kanuny;
- deňölçegli dykzlygyň kanuny.

Puassonyň kanuny bellibir wagt aralygynda bolup geçýän tötänleýin üzňe ululygyň – hadysalaryň möçberiniň paýlanyşyny anyklaýar. Talaplaryň gelmegi we oňa hyzmat edilmegi hadysa hökmünde bolup biler.

Eksponensial kanun üzüksiz tötänleýin ululygyň bölünişini, paýlanylyşyny – iki sany zygider hadysanyň arasyndaky wagt aralygyny kesgitleýär.

Ähtimallyk nazaryýeti wagt birligi  $\lambda$  deň bolan halatynda gelen hadysalaryň sanynyň bölünişi talaplaryň sanynyň matematiki garaşma taýdan puasson bölünişi bilen amala aşyrylýan bolsa, onda olaryň arasyndaky wagt aralygynyň  $\frac{1}{\lambda}$ -e deň bolan matematiki garaşma taýdan eksponensial bölünişi bilen amala aşyrylýandygyny görkezýär. Ýa-da tersine, hadysalaryň arasyndaky wagt aralygynyň bölünişiniň eksponensial görnüşinden soň olaryň sanynyň puasson görnüşde bölünişi gelýär.

Bu ýagdaý hadysalaryň ýönekeý akymy formirlenende ulanylýar. Funktsional özgermäniň netijesinde, aşakda seredilip geçiljek, eksponensial bölüniş arkaly amala aşyrylan hadysalaryň akymy alynýar. Bu akym ýönekeý akym bolup durýar.

**Puassonyň kanuny.** Puasson (1781–1840) – fransuz matematigi. Onuň kanunyna ähli aýratynlyklary, ýagny ordinar, stasionar we

hereketiň netijesiniň täsiriniň ýoklugyny görkezýänligi üçin ýönekeý akymyň matematiki modeli hökmünde garamak mümkin.

Kanun aşakdaky ýagdaýy häsiýetlendirýär:

intensiwligi (depginligi)  $\lambda$  bolan akym bar diýeli. Intensiwlik diýlip wagt birliginde gelýän talaplaryň ortaça sanyna düşünilýär. Şonda  $t$  wagt aralygynda gelen talaplaryň ortaça sany  $a = \lambda$  ululygydyr.

Bu ýagdaýda  $t$  wagtyň dowamynda  $k$  deň bolan kabul edilme (gelme) Puassonyň formulasy arkaly kesgitlenýär:

$$P_t(k) = \frac{a^k \cdot e^{-a}}{k!}. \quad (12.15)$$

Ýa-da  $a = \lambda \cdot t$  hasaba alyp, ýazararys:

$$P_t(k) = \frac{(\lambda \cdot t)^k \cdot e^{-\lambda t}}{k!}, \quad (12.16)$$

Bu ýerde  $a = \lambda \cdot t$  – ululyga Puassonyň kanunynyň parametri diýilýär.

Goý, diňe 0, 1, 2... položitel sanlary kabul edýän üzňe tötänleýin ululygy  $X$  diýip hasap edeliň. Şol tötänleýin ýagdaýyň Puasson arkaly bölünişinde onuň matematiki garaşymy  $a = \lambda \cdot t$  bolýar.

Şeýle-de ortaça kwadrat gyşarmasy hem  $\lambda \cdot t$ , ýagny  $\sigma = \lambda \cdot t$ -e deň. Puassonyň kanunyna boýun bolýan tötänleýin  $X$  ululygyň bölüniş hatarynyň 12.3-nji tablisada görkezilen görnüşi bar.

12.3-nji tablisa

**Puassonyň kanunyna boýun bolýan tötänleýin  $X$  ululygyň bölüniş hatary**

$X=k$	0	1	2	3	4	...	$k$
$P(k)$	$e^{-\lambda t}$	$\frac{(\lambda \cdot t)}{1!} \cdot e^{-\lambda t}$	$\frac{(\lambda \cdot t)^2}{2!} \cdot e^{-\lambda t}$	$\frac{(\lambda \cdot t)^3}{3!} \cdot e^{-\lambda t}$	$\frac{(\lambda \cdot t)^4}{4!} \cdot e^{-\lambda t}$	...	$\frac{(\lambda \cdot t)^k}{k!} \cdot e^{-\lambda t}$

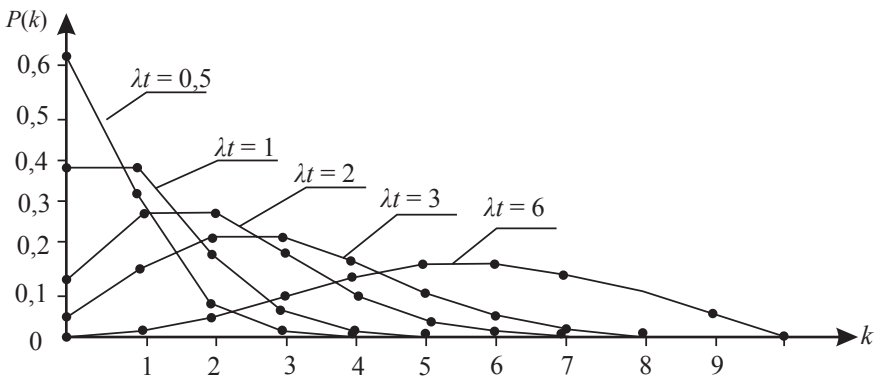
$k$  funksiýanyň  $\lambda t$  parametriniň dürli ýagdaýlaryndaky  $P(k)$ -nyň bahasy 12.4-nji tablisada berlen.

Dürli ýagdaýlardaky  $P(k)$ -nyň bahasy

$e^{-\lambda t}$	$K, \lambda t$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$e^{-0.5}$	0,5	0,6065	0,3033	0,0758	0,0126	0,0016	0,0002			
$e^{-1}$	1	0,3679	0,3679	0,1839	0,0613	0,0153	0,0031			
$e^{-2}$	2	0,1353	0,2707	0,2707	0,1804	0,0902	0,0361	0,0120	0,0037	
$e^{-3}$	3	0,0498	0,1494	0,2240	0,2240	0,1680	0,1008	0,0504	0,0216	0,0081
$e^{-4}$	4	0,0183								
$e^{-5}$	5	0,00674								
$e^{-6}$	6	0,0025	0,0149	0,0446	0,0892	0,1339	0,1606	0,1606	0,1377	0,1033

$\lambda t$  parametriniň bahalaryna laýyklykda Puassonyň kanuny boýunça bölünen tötänleýin  $X$  ululygynyň bölünişiniň köpburçluklary 12.25-nji şekilde görkezilen.

Puassonyň kanunynyň aýratynlygynyň onuň görnüşiniň  $\lambda t$  parametre garaşlydygyny bellemek gerek.



12.25-nji şekil. Puassonyň kanuny boýunça ýerleşdirilen tötänleýin ululygynyň köpburçluklary



**Ululyklaryň bölünmeginiň eksponensial kanuny.** Eksponensial diýlip ähtimallygyň dykzlygy arkaly kesgitlenýän  $X$  üznüksiz tötänleýin ululygyň ähtimallygynyň bölünişine aýdylýar.

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, \quad (12.17)$$

$t > 0$ -da,  $\lambda$  – bölünişiniň parametri.

Görkeziji kanunyň bölüniş funksiýasy:

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}. \quad (12.18)$$

Käte  $F(t)$  bölünişiniň integral kanuny diýlip atlandyrylýandygyny bellemek gerek.

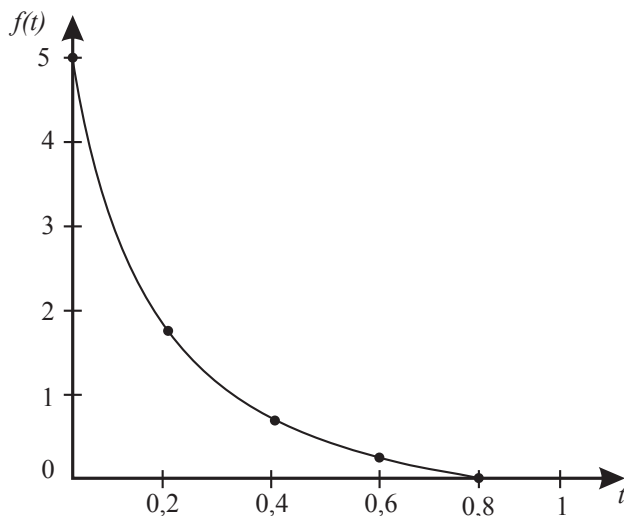
$\lambda = 5$ -de bölünişiniň dykzlygy  $f(t) = 5 \cdot e^{-5t}$  gatnaşyk arkaly kesgitlenýär.

*12.5-nji tablisa*

**Bölünişiniň dykzlygy**

t	0	0,1	0,2	0,4	0,6
$f(t)$	5	3,03	1,84	0,676	0,25

Funksiýanyň grafigi 12.26-nji şekilde görkezilen.



**12.26-njy şekil. Eksponensial kanuna boýun bolýan tötänleýin ululygyň ähtimallyk dykzlygy**

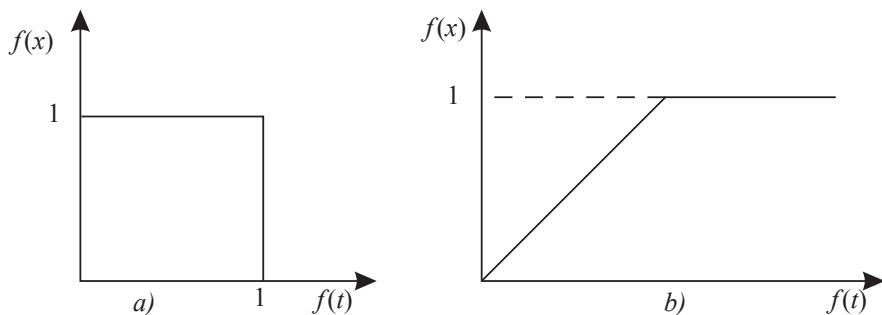
**Ululyklaryň deňölçegli dykzylyk kanuny.** Bu kanuna boýun bolýan üznüksiz tötänleýin ululyklar, birinjiden, käbir interwalyň çäginde bolýar, ikinjiden, şol interwalyň çäginde tötänleýin ululygyň ähli sanlarynyň ähtimallygynyň birmeňzeş dykzylygy bolýar. (0,1) bölekde bu kanun üçin ähtimallygyň dykzylygy:

$$\begin{cases} 0 < x < 1\text{-de } 1, \\ x < 0 \text{ ýa-da } x > 1\text{-de } 0 \end{cases} \quad (12.19)$$

bölüniş kanuny

$$F(x) = \begin{cases} X < 0\text{-de } 0 \\ 0 < X < 1\text{-de } X \\ X > 1\text{-de } 1. \end{cases}$$

$f(t)$  funksiýanyň grafigi we  $F(t)$  bölüniş kanuny 12.27-nji şekilde görkezilen.



12.27-nji şekil. Deňölçegli dykzylyk kanuny üçin (a) ähtimallyk dykzylygy we (b) bölüniş funksiýasy

## 12.7. Kolmogorowyň deňlemeleri

**Kolmogorowyň differensial we algebraik deňlemeleri.** Andrey Nikolaýewiç Kolmogorow (1903–1987) – gönüklü matematik, akademik, Moskwanyň döwlet uniwersitetiniň professory, ol üznüksiz wagt aralykly markow tötänleýin hadysalarynyň nazaryýetiniň esaslaryny düzdi.

Kolmogorowyň deňlemeleri differensial deňlemeleriň aýratyn bir görnüşi, ýagdaýyň ähtimallygy bolup, olaryň näbelli funksiýasy hökmünde durýar.

Bu deňlemeler hadysalary markow bolan  $S_0, S_1, S_2 \dots S_n$  üzňe ýagdaýly we üzüksiz wagt aralykly KHEU-nyň işini beýan edýär.

KHEU-y oňa täsir edýän akymalaryň – talapnamalaryň we hyzmat edişiň – ikisi hem ýönekeý bolan halatynda markow nazaryýetine laýyk gelýär.

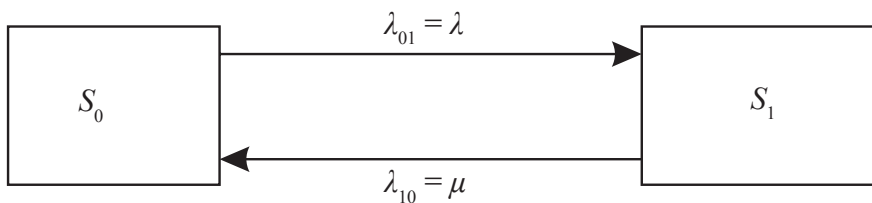
$t$  wagt pursadynda ulgamyň  $S_k$  ýagdaýda boljak ähtimallygyny  $P_k(t)$  arkaly belläliň.

Wagtyň islendik pursady üçin ähli ýagdaýlaryň ähtimallygynyň jeminiň birlige deňliginden durýan kadalaşdyrylan (13.12) şertli belgini goýmak ýerlikli bolar.

Kolmogorowyň deňlemesine KHEU-nyň inkär ediji ýekekanally mysalynda seredip geçeliň. Şeýle ulgam  $P_0(t)$  we  $P_1(t)$  ähtimallyklara laýyklykda iki ýagdaýda, ýagny  $S_0$  we  $S_1$  bolup biler.

Şuňa meňzeş ulgamda  $S_0$  – ýagdaý, haçan-da ulgam hyzmatdan boş bolanda,  $S_1$  ýagdaý bolsa eger ulgam hyzmatda bolsa.

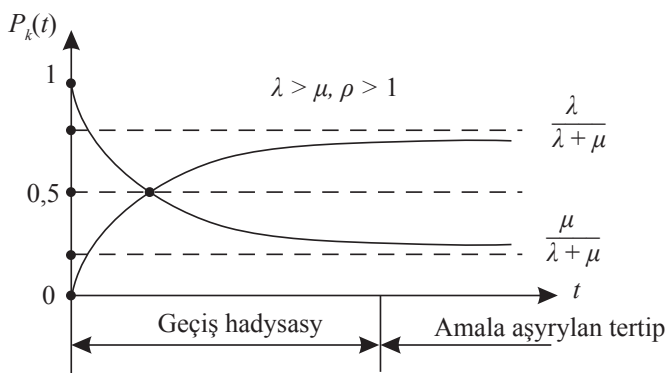
Ulgamyň ýagdaýynyň şertlendirilen çyzgysy 12.28-nji şekilde görkezilen.



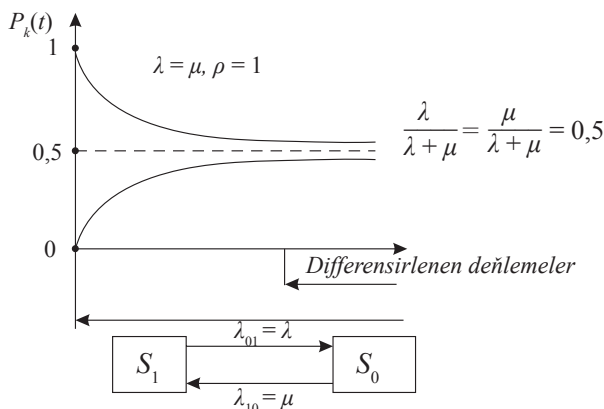
**12.28-nji şekil. KHEU-nyň inkär ediji ýekekanally ýagdaýynyň şertlendirilen çyzgysy**

Çözüdi wagt çäginde ýagdaýyň ähtimallygynyň üýtgeýiş hadysasyny kesgitleýän differensial deňlemeleri düzeliň.

$\lambda$  we  $\mu$  intensiwlikleriň gatnaşygyna bagly hadysalaryň görnüşleri 12.29-njy şekilde görkezilen.



12.29-njy şekil.  $\lambda > \mu$  görnüşde ýagdaýlaryň ähtimallygynyň üýtgeýiş hadysasy

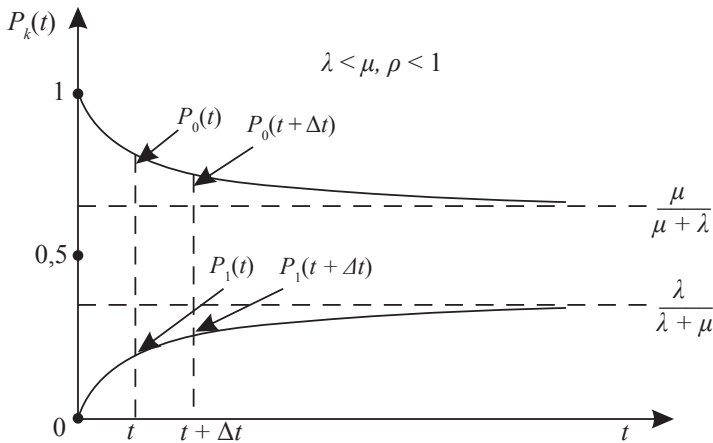


12.30-njy şekil.  $\lambda = \mu$  görnüşde ýagdaýlaryň ähtimallygynyň üýtgeýiş hadysasy

Tutuşlygyna hadysalar, ýagny geçiş ýagdaýy Kolmogorowyň differensial deňlemeleri arkaly, gurnalan ýagdaý bolsa algebraik deňlemeler arkaly kesgitlenýär.

$P_0(t)$  ähtimallykly ulgamyň  $S_0$  ýagdaýda bolan we  $P_1(t)$  ähtimallykly ulgamyň  $S_1$  ýagdaýda bolan wagt pursadyny  $t$  diýip belläliň. Eger-de bölek (kiçi) wagt birligini  $\Delta t$  diýip bellesek, onda  $(t + \Delta t)$  wagt birliginde ulgamyň ýagdaýy  $P_0(t + \Delta t)$  we  $P_1(t + \Delta t)$  ähtimallyklar bilen kesgitlener.

Seredilýän bu ýagdaý 12.31-nji şekilde berlen.



12.31-nji şekil.  $\lambda < \mu$  görnüşde ýagdaýlaryň ähtimallygynyň üýtgeýiş hadysasy

$P_0(t + \Delta t)$  we  $P_1(t + \Delta t)$  ähtimallyklary tapalyň. Bu ähtimallyklary tapmakda wajyp pursat bolup, talapnamalaryň akymy we olara hyzmat edilişiniň ýönekeýligi baradaky çaklama hyzmat edýär.

Mälim bolşy ýaly, ýönekeý akym üçin hadysalaryň arasyndaky wagt aralygynyň bölünişi eksponensial bolýar. Goý, talaplaryň akymy üçin  $\lambda$  akymyň dykzlygynda (intensiwliginde) bölünmek kanuny aşakdaky ýaly bolsun:

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t},$$

dykzlygyň bölünişiniň görnüşi bolsa aşakdaky ýaly ýazylsın:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}.$$

$\mu$  dykzlykly hyzmat ediş akymy üçin deň derejede aşakdaky ýaly bolar:

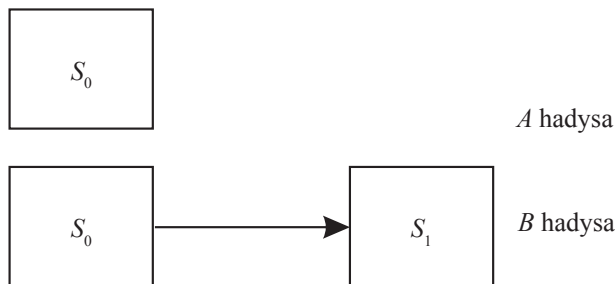
$$F(t) = 1 - e^{-\mu t},$$

$$f(t) = \mu e^{-\mu t}.$$

Ilki bilen  $P_0(t + \Delta t)$  dykzlygyny, ýagny  $t + \Delta t$  pursatda ulgamyň  $S_0$  ýagdaýda bolmak ähtimallygyny anyklalyň.

Hadysalar iki hili bolup biler.  $A$  – hadysa ulgamyň  $t$  wagt birliгинde  $S_0$  ýagdaýda bolanlygyndan we hiç hili talap gelmänligi sebäpli,  $\Delta t$  wagt aralygında  $S_1$  ýagdaýa geçenligini görkezýär.

$B$  hadysa – ulgamyň  $t$  wagt birliginde  $S_1$  ýagdaýda bolup,  $\Delta t$  wagt aralygynda kanalyň boşap,  $S_0$  ýagdaýa geçenliginden durýar.



**12.32-nji şekil. Hadysa (A) – ulgam  $S_0$  ýagdaýdan  $S_1$  ýagdaýa geçmedi; hadysa (B) – ulgam  $S_0$  ýagdaýdan  $S_1$  ýagdaýa geçdi**

Şeýlelikde,  $A$  ýa-da  $B$  hadysa bolup geçende ulgam  $S_0$  ýagdaýda bolar.

$A$  we  $B$  hadysalar şol bir wagtda bolup bilmeýärler, ýagny olar sazlaşyksyzdyr.

Ähtimallyklaryň goşulyş teoremasyna laýyklykda, iki sany sazlaşyksyz hadysalaryň ähtimal jemi şol hadysalaryň ähtimal jemine deňdir:

$$P(C) = P(A + B) = P(A) + P(B).$$

$A$  we  $B$  hadysalaryň jemi diýlip şol hadysalaryň haýsy hem bolsa biriniň bolup geçmeginde emele gelýän  $C$  hadysasyna aýdylýandygyny bellemeli.

Ulgamyň  $t + \Delta t$  pursatda  $S_0$  ýagdaýda bolmak ähtimallygy netijesinde şuny alýarys:

$$P_0(t + \Delta t) = P(A) + P(B).$$

$P(A)$  we  $P(B)$  ähtimallyklaryny olaryň köpelmek teoremasyny ulanmak arkaly tapýarys.

Iki hadysanyň önümi diýlip  $D$  hadysasyna aýdylýandygy, ýagny  $D_1$  we  $D_2$  hadysalaryň bilelikde ýetilenligi mälimdir.

$D_1$  hadysa eger onuň ähtimallygy  $D_2$  hadysanyň bolup geçmegine ýa-da geçmezligine bagly bolmadyk ýagdaýynda  $D_2$ -den garaşsyz hasaplanýar.

Ähtimallygyň köpeltmek teoremasyna laýyklykda garaşsyz hadysalar üçin aşakdakyny alýarys:

$$P(D) = P(D_1 \cdot D_2) = P(D_1) \cdot P(D_2). \quad (12.20)$$

$P(A)$  we  $P(B)$  ähtimallyklaryny tapalyň.

$A$  hadysa iki sany garaşsyz hadysalardan durýan çylşyrymly hadysa bolsun. Olaryň birinjisi  $t$  pursatda ulgamyň  $S_0$  ýagdaýda bolanlygyny görkezýär. Bu hadysanyň ähtimallygy  $P_0(t)$ .

Ikinji hadysa  $\Delta t$  wagtynda hiç hili talaplaryň gelmänliginden durýar. Bu hadysanyň ähtimallygyny  $P_{\text{gt}}$  diýip belläliň. Şeýlelikde, aşakdakylary alarys:

$$P(A) = P_0(t) \cdot P_{\text{gt}}(\Delta t). \quad (12.21)$$

$B$  hadysa hem öz gezeginde iki garaşsyz hadysalardan durýar. Birinjisi –  $t$  pursatda ulgam  $P_1(t)$  ähtimallyk bilen  $S_1$  ýagdaýda we ikinjisi –  $t$  pursatda kanal boşap  $S_0$  ýagdaýa geçýär. Ikinji hadysanyň ähtimallygyny  $P_{\text{boş}}(\Delta t)$  diýip belläliň.

Onda:

$$P(B) = P_1(t) \cdot P_{\text{boş}}(\Delta t). \quad (12.22)$$

$P_{\text{gt}}(\Delta t)$  we  $P_{\text{boş}}(\Delta t)$  ähtimallyklaryny anyklalyň.

Bu ýagdaýda indiki gatnaşyklary (baglanyşyklary) peýdalanarys.  $\Delta t$  wagtda bolup geçjek  $\lambda$  intensiwlikli (dykzyzlykly) eksponensial kanuna boýun bolýan hadysanyň ähtimallygy:

$$F(\Delta t) = 1 - e^{-\lambda \Delta t}. \quad (12.23)$$

Hadysanyň bolup geçmezliginden durýan garşydaş hadysanyň ähtimallygy:

$$\bar{F}(\Delta t) = 1 - [1 - e^{-\lambda \Delta t}] = e^{-\lambda \Delta t}. \quad (12.24)$$

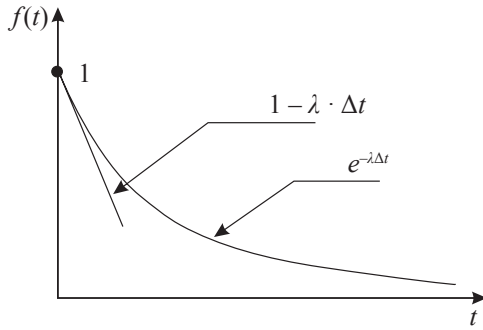
$\Delta t$  – kiçi ululykdygyny nazarda tutup, takmynan, şeýle gatnaşyk alýarys:

$$e^{-\lambda \Delta t} \approx 1 - \lambda \cdot \Delta t$$

we

$$1 - e^{-\lambda \Delta t} \approx \lambda \cdot \Delta t.$$

$e^{-\lambda \Delta t}$  funksiýanyň takmynan  $1 - \lambda \cdot \Delta t$  bilen çalşyrylmasy grafiki görnüşde 12.33-nji şekilde görkezilen.



12.33-nji şekil. Eksponensial funksiýanyň çyzykly funksiýa bilen çalşyrylmasy

Şundan ugur alyp, 12.22 we 12.23 formulalaryň ornuna aşakdakylary alýarys:

$$F(\Delta t) = \lambda \cdot \Delta t \quad \text{we} \quad \bar{F}(\Delta t) = 1 - \lambda \cdot \Delta t.$$

Eger gelýän akymyň intensiwligi  $\lambda$  bolup, hyzmat ediş akymynyň dykzlygy  $\mu$  bolsa, onda şu gatnaşyklary alýarys: talapnamalaryň gelmezlik ähtimallygy

$$P_{\text{gt}}(\Delta t) = \bar{F}(\Delta t) \approx 1 - \lambda \cdot \Delta t$$

we kanalyň boşamak ähtimallygy

$$P_{\text{boş}}(\Delta t) = F(\Delta t) = \lambda \cdot \Delta t.$$

Bu gatnaşyklary 12.21 we 12.22 formulalara goýýarys. Netijede,  $P(A)$  we  $P(B)$  üçin gatnaşyklary alýarys:

$$P(A) = P_0(t) \cdot P_{\text{gt}}(\Delta t) = P_0(t) \cdot (1 - \lambda \cdot \Delta t),$$

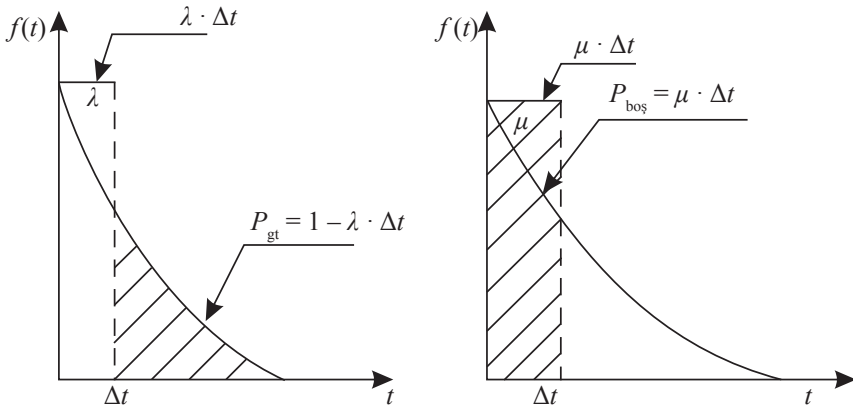
$$P(B) = P_1(t) \cdot P_{\text{boş}}(\Delta t) = P_1(t) \cdot (\lambda \cdot \Delta t).$$

Şeýlelikde,

$$P_0(t + \Delta t) = P(A) + P(B) = P_0(t) \cdot (1 - \lambda \cdot \Delta t) + P_1(t)(\lambda \Delta t).$$

$\lambda$  we  $\mu$  intensiwlikli hadysalaryň akymy üçin ähtimallygyň dykzlygy berlen, grafiki görnüşde seredilýän bu ýagdaý 12.34-nji şekilde görkezilen.





12.34-nji şekil. Hadysalaryň ähtimallygy üçin çyzykly gatnaşyk arkaly aňlatmalaryň alnyşy

Alnan deňlemäni özgerdip:

$$P_0(t + \Delta t) = P_0(t) - P_0(t)(\lambda \Delta t) + P_1(t)(\mu \Delta t).$$

$P_0(t)$  çep tarapa (bölege) geçirip,  $\Delta t$  bölýäris:

$$(P_0(t + \Delta t) - P_0(t))/\Delta t = -P_0(t) \cdot \lambda + P_1(t) \cdot \mu.$$

$\Delta t \rightarrow 0$  çäginde çep bölegiň ýasama  $P_0(t)$  bolup durýanlygyna görä, aşakdaky differensial deňlemäni alýarys.

$$\dot{P}_0(t) = -P_0(t) \cdot \lambda + P_1(t) \cdot \mu. \quad (12.25)$$

Şeýle usul bilen  $P_1(t)$  üçin differensial deňlemäni alýarys:

$$\dot{P}_1(t) = -P_1(t) \cdot \mu + P_0(t) \cdot \lambda. \quad (12.26)$$

Netijede, A. N. Kolmogorowyň differensial deňlemeleriniň ulgamy alýarys.

Deňlemeleri argumentleri görkezmezden, ýagny  $P_0(t)$  ornuna  $P_0$ ,  $P_1(t)$  ornuna  $P_1$  ýazsak, ulgam aşakdaky görnüşini alar:

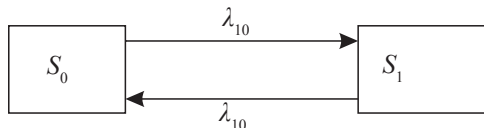
$$\begin{cases} \dot{P}_0 = P_1 \mu - P_0 \lambda \\ \dot{P}_1 = P_0 \lambda - P_1 \mu. \end{cases} \quad (12.27)$$

$\lambda = \lambda_{10}$  we  $\mu = \lambda_{01}$  belgileri nazarda tutup, deňlemeler ulgamy aşakdaky görnüşini alýar:

$$\begin{cases} \dot{P}_0 = P_1 \cdot \lambda_{10} - P_0 \cdot \lambda_{01} \\ \dot{P}_1 = P_0 \lambda_{01} - P_1 \lambda_{10}. \end{cases} \quad (12.28)$$

A. N. Kolmogorow tarapyndan hadysalary markow ulgamy taýdan häsiýetlendirýän differensial deňlemeleriň düzülişiniň umumy kadasy işlendi.

Bu deňlemeler ýagdaýlaryň bellenilen grafalarynyň esasynda düzülýär. Inkär edijilikli ýekekanally ulgam üçin ýagdaýlaryň çyzgysy 12.35-nji şekilde görkezilen.



12.35-nji şekil. Iki ýagdaýly ulgamyň çyzgysy

Differensial deňlemeleriň düzüliş kadasy şu aşakdakylardan ybarat. Her deňlemäniň çep böleginde haýsydyr bir ( $k$ ) ýagdaýyň ähtimallygynyň önümi durýar. Sag böleginde degişli akymlaryň intensiwligine ähtimallygyň önümi bolup durýan goşulyjy ýerleşýär.

Eger akym berlen ýagdaýa gönükdirilen bolsa, onda goşulyjy goşmak belgisi bilen alynýar, eger berlen ýagdaýdan yza gönükdirilen bolsa, onda aýyrmak belgisi bilen alynýar.

Inkär edijilikli ýekekanally ulgam üçin şu düzgünden gelip çykýan, aşakdaky ýaly gurluşly deňlemäni alýarys. Ähtimallygyň çykyş-giriş önümlü akymlyry:

$$\begin{cases} \dot{P}_0 = - P_1 \cdot \lambda_{10} + P_0 \cdot \lambda_{01} \\ \dot{P}_1 = - P_0 \lambda_{01} + P_1 \lambda_{10} . \end{cases}$$

Kadalaşdyrylan şert:

$$P_0 + P_1 = 1.$$

Kolmogorowyň differensial gönükmeleriniň işlenişinde matematiki kynçylyklaryň barlygy we çözümler amaly taýdan stasionar tertip üçin ulanylýandygy bellenilip geçildi.

Tötänleýin hadysalaryň nazaryýetinde KHEU-nyň dikeldilen we stasionar iş tertibini häsiýetlendirýän çäkli ýagdaýynyň ähtimallyklarynyň barlygy görkezilýär.

Çäkli ähtimallyklaryň hemişelikdigine görä, Kolmogorowyň deňlemelerinde önümi nolluk belgiler bilen bellesek, KHEU-nyň

stasionar iş tertibini görkezýän algebraik deňlemeleriň ulgamyny alýarys.

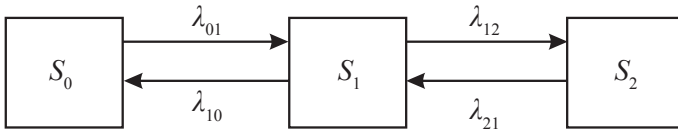
Deňlemeleriň şeýle ulgamyny aşakdaky düzgünlere laýyklykda ýagdaýlaryň belgilenen grafalarynyň esasynda düzýärler:

- deňlemede deňlik belgisiniň çepinde seredilýän  $S_k$  ýagdaýyň ähli akymlaryň jemlenen intensiwligine köpeldilen we ulgamy berlen  $S_k$  (çykýan peýkam) ýagdaýdan çykarýan  $P_k$  çäkli ähtimallygy goýulýar;
- deňlik belgisiniň sagynda ulgamyň  $S_k$  ýagdaýyna girýän ähli akymlaryň intensiwliginiň önüminiň jemi goýulýar.

Inkär edijilikli ýekekanally KHEU-lar üçin aşakdakylary alýarys:

Ýagdaýlar	Çykýan akymlar	Girýän akymlar
$S_0$	$P_0 \cdot \lambda_{01}$	$= P_1 \cdot \lambda_{10};$
$S_1$	$P_1 \cdot \lambda_{10}$	$= P_0 \cdot \lambda_{01};$
$S_3$	$P_0 + P_1$	$= 1.$

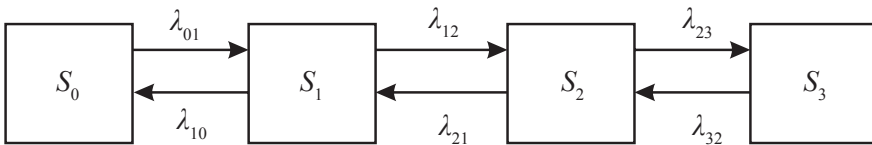
KHEU üçin ýagdaýlaryň belgilenen çyzgysy 12.36-njy şekilde görkezilen algebraik deňlemeleriň ulgamyny düzeliň.



12.36-njy şekil. Üç ýagdaýly ulgamyň çyzgysy

Ýagdaýlar	Çykýan akymlar	Girýän akymlar
$S_0$	$P_0 \cdot \lambda_{01}$	$= P_1 \cdot \lambda;$
$S_1$	$P_1(\lambda_{10} + \lambda_{12})$	$= P_0 \cdot \lambda_{01} + P_2 \cdot \lambda_{21};$
$S_2$	$P_2 \cdot \lambda_{21}$	$= P_1 \cdot \lambda_{12};$
$S_3$	$P_0 + P_1 + P_2$	$= 1.$

Dört ýagdaýly ulgamyň grafy 12.37-nji şekilde görkezilen:



12.37-nji şekil. Dört ýagdaýly ulgamyň çyzgysy

Dört ýagdaýly ulgam üçin deňlemeleriň aşakdaky ýaly görnüşi bar:

Ýagdaýlar	Çykýan akymlar	Girýän akymlar
$S_0$	$P_0 \cdot \lambda_{01}$	$= P_1 \cdot \lambda_{10};$
$S_1$	$P_1(\lambda_{10} + \lambda_{12})$	$= P_0 \cdot \lambda_{01} + P_2 \cdot \lambda_{21};$
$S_2$	$P_2(\lambda_{21} + \lambda_{23})$	$= P_1 \cdot \lambda_{12} + P_3 \cdot \lambda_{32};$
$S_3$	$P_3 \cdot \lambda_{32}$	$= P_2 \cdot \lambda_{23};$
	$P_0 + P_1 + P_2 + P_3$	$= 1.$

«Döretmek we ýok bolmak» çyzgysy üçin Kolmogorowyň algebraik deňlemeler ulgamynyň çözülişiniň umumy formulalary. Algebraik deňlemeleriň ulgamynyň düzüliş tapgyryndan soň, olaryň çözüliş tapgyry gelýär.

Giriş akymynyň intensiwligi  $\lambda = \lambda_{01}$  bolan we hyzmat ediş intensiwligi  $\mu = \lambda_{10}$  bolan ýekekanally KHEU üçin birinji iki deňleme deň bolsa, aşakdaky ýaly ýazmak bolar:

$$P_0 \cdot \lambda = P_1 \cdot \mu.$$

Kadalaşdyrylan şertde:

$$P_0 + P_1 = 1 \quad \text{bolsa,}$$

onda:  $P_1 = 1 - P_0$  alarys.

$P_1$ -i birinji deňlemä goýup:

$$P_0 \cdot \lambda = (1 - P_0) \cdot \mu = \mu - P_0 \cdot \mu$$

ýa-da

$$P_0(\lambda + \mu) = \mu \text{ alarys.}$$

Şeýlelikde,

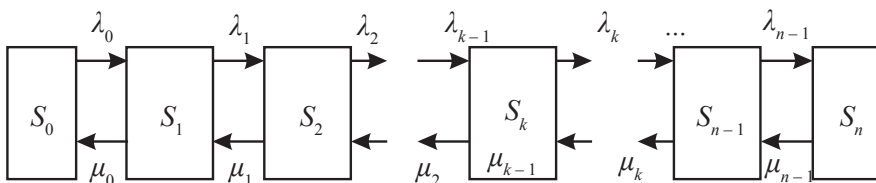
$$P_0 = \frac{\mu}{(\lambda + \mu)}. \quad (12.29)$$

Şeýle usul bilen  $P_1$  üçin:

$$P_1 = \frac{\lambda}{(\lambda + \mu)} \text{ alarys.} \quad (12.30)$$

«Döretmek we ýok bolmak» hadysasy üçin ýagdaýlaryň belgilenen çyzgysy 12.38-nji şekilde görkezilen.

«Döretmek» hadysasynyň intensiwligini  $\lambda_i$  arkaly, «ýok bolmak» hadysasynyň intensiwligini bolsa  $\mu_i$  arkaly belgiläliň, şonda  $i_0$ -dan  $n - 1$  bahalary kabul edýär.



12.38-nji şekil. «Döretmek we ýok bolmak» hadysasy üçin ýagdaýlaryň çyzgysy

Ýokarda agzalan düzgünden ugur alyp, her ýagdaý üçin deňleme düzeliň.

$S_0$  ýagdaý üçin:

$$\lambda_0 P_0 = \mu_0 P_1, \quad (12.31)$$

$S_1$  ýagdaý üçin:

$$(\lambda_1 + \mu_0) P_1 = \lambda_0 \cdot P_0 + \mu_1 \cdot P_2.$$

$S_0$  ýagdaý üçin bar bolan öňki deňlemäni nazarda tutup, alnan deňlemäni üýtgedeliň:

$$(\lambda_1 + \mu_0) P_1 = \lambda_0 \cdot P_1 + \mu_1 \cdot P_2.$$

Netijede,

$$\lambda_1 \cdot P_1 = \mu_1 \cdot P_2 \text{ alarys.}$$

Soňra hut şol usulda aşakdakyny alýarys:

$$\lambda_2 \cdot P_2 = \mu_2 \cdot P_3.$$

Şeýlelikde, umumy formula aşakdaky ýaly görnüşe gelýär:

$$\lambda_{k-1} \cdot P_{k-1} = \mu_{k-1} \cdot P_k.$$

bu ýerde  $k$  1-den  $n - 1$ -çenli ähli bahalary (sanlary) kabul edýär.

Şunlukda, çäkli ähtimallyklar aşakdaky deňlemelere laýyk gelýärler:

$$\begin{aligned} \lambda_0 \cdot P_0 &= \mu_0 \cdot P_1. \\ \lambda_1 \cdot P_1 &= \mu_1 \cdot P_2. \\ &\dots\dots\dots \\ \lambda_{k-1} \cdot P_{k-1} &= \mu_{k-1} \cdot P_k. \end{aligned}$$

$$\lambda_{n-1} \cdot P_{n-1} = \mu_{n-1} \cdot P_n.$$

$$P_0 + P_1 + P_2 + \dots + P_n = 1.$$

Bu deňlemeler ulgamyny işläliň. Birinji deňlemeden  $P_1$ -i  $P_0$  arkaly aňladalyň:

$$P_1 = \frac{\lambda_0}{\mu_0} \cdot P_0. \quad (12.32)$$

(12.30) formulany nazarda tutup, ikinjiden, aşakdakyny alarys:

$$P_2 = \frac{\lambda_1}{\mu_1} \cdot P_1 = \frac{\lambda_0 \cdot \lambda_1}{\mu_0 \cdot \mu_1} \cdot P_0. \quad (12.33)$$

(12.32) formulany nazarda tutup, üçünjiden, aşakdakyny alarys:

$$P_3 = \frac{\lambda_0 \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2}{\mu_0 \cdot \mu_1 \cdot \mu_2} \cdot P_0. \quad (12.34)$$

$P_n$  ähtimallygy üçin:

$$P_n = \frac{\lambda_0 \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2 \dots \lambda_{n-1}}{\mu_0 \cdot \mu_1 \cdot \mu_2 \dots \mu_{n-1}} \cdot P_0.$$

Şeýlelikde,  $P_1, P_2, \dots, P_n$  ähtimallyklar  $P_0$  ähtimallyk arkaly aňladylýar.

Bu aňlatmalary kadalaşdyrylan şerte goýalyň.

$P_0$ -y ýaýyň daşyna çykarmak bilen şu aşakdakyny alarys:

$$P_0 \left( 1 + \frac{\lambda_0}{\mu_0} + \frac{\lambda_0 \cdot \lambda_1}{\mu_0 \cdot \mu_1} + \dots + \frac{\lambda_0 \cdot \lambda_1 \dots \lambda_{n-1}}{\mu_0 \cdot \mu_1 \dots \mu_{n-1}} \right) = 1.$$

$P_n$  ähtimallygy üçin:

$$P_0 \left( 1 + \frac{\lambda_0}{\mu_0} + \frac{\lambda_0 \cdot \lambda_1}{\mu_0 \cdot \mu_1} \dots + \dots \frac{\lambda_0 \cdot \lambda_1 \dots \lambda_{n-1}}{\mu_0 \cdot \mu_1 \dots \mu_{n-1}} \right)^{-1}.$$

Alnan gatnaşyklary has ykjam formada bermek bolar. Önümleriň gatnaşygynyň intensiwligini görkezýän köpeldijini  $\alpha_k$  arkaly belläliň, sol ýerde:

$$\alpha_k = \frac{\prod_{i=0}^{k-1} \lambda_i}{\prod_{j=0}^{k-1} \mu_j}, k = 1, 2, \dots, n. \text{ bolup,}$$

onda  $P_k = \alpha_k \cdot P_0$ .

$$\text{Ululyk } P_0 = \left(1 + \sum_{k=1}^n \alpha_k\right) = \frac{1}{\left(1 + \sum_{k=1}^n \alpha_k\right)}.$$

Eger

$$\alpha_k = \begin{cases} \alpha_0 = \alpha^0 = 1, & k = 0 \\ \frac{\prod_{i=0}^{k-1} \lambda_i}{\prod_{j=0}^{k-1} \mu_j}, & k = \overline{1, n} \end{cases} \quad (12.35)$$

diýip kabul etsek, onda aşakdaky gatnaşyklary dogry hasap etmek bol- lar:

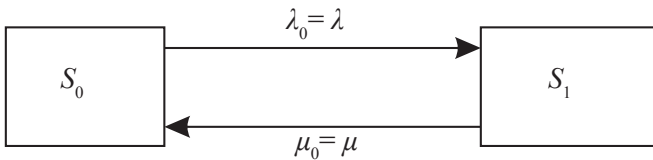
$$P_k = \alpha_k \cdot P_0, \quad k = 1, 2, \dots, n. \quad (12.36)$$

$$P = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \alpha_k}, \quad k = \overline{1, n}. \quad (12.37)$$

Alnan, algebraik deňlemeleriň ulgamynyň çözülişini anyklaýan formulalaryň ulanylyşyna seredip geçeliň.

## 12.8. Erlangyň modeli

**Inkär edijilikli ýekekanally KHEU.** Bu ulgam üçin ýagdaý- laryň belgilenen çyzygysynyň 12.39-njy şekildäki ýaly görnüşi bar.



12.39-njy şekil. Inkär edijilikli ýekekanally KHEU ýagdaýlarynyň belgilenen çyzygysy

«Döretmek we ýok bolmak» hadysasy üçin Kolmogorowyň al-gebraik deňlemeler ulgamynyň çözülişini kesgitleýän formulalara laýyklykda  $n = 1$  ýagdaýda  $P_1 = \alpha_1 \cdot P_0 \cdot k$  – indeks  $k = 0$  we  $k = 1$  bahalary kabul edýär, şunlukda:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \alpha_k} = \frac{1}{\alpha_0 + \alpha_1}.$$

(11.27) gatnaşyga laýyklykda:

$$\alpha_k = \begin{cases} 1, & k = 0, \\ \frac{\lambda_0}{\mu_0}, & k = 1. \end{cases}$$

Netijede, aşakdakylary alýarys:

$$\alpha_0 = 1,$$

$$\alpha_1 = \frac{\lambda_0}{\mu_0} = \frac{\lambda}{\mu},$$

$$P_0 = \frac{1}{1 + \frac{\lambda}{\mu}} = \frac{\mu}{\lambda + \mu},$$

$$P_1 = \frac{\lambda}{\mu} \cdot \frac{\mu}{\lambda + \mu} = \frac{\lambda}{\lambda + \mu}.$$

Eger sanawjy bilen maýdalawjyny  $\mu$  – bölsek,  $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$  nazarda tutup, aşakdakylary alýarys:

$$P_0 = \frac{1}{1 + \frac{\lambda}{\mu}} = \frac{1}{1 + \rho}; \quad (12.38)$$

$$P_1 = \frac{\lambda/\mu}{1 + \lambda/\mu} = \frac{\rho}{1 + \rho}. \quad (12.39)$$

Ýokarkylarda ýekekanally KHEU-daky geçiş hadysalaryny kesgitleýän  $P_0(t)$  we  $P_1(t)$  funksiýalar görkezilipdi.

$P_0(t)$  we  $P_1(t)$  funksiýalary  $T + \frac{1}{\lambda + \mu}$  wagt hemişeligi bilen eksponensiallykda özleriniň çäkli  $P_0 = \frac{\mu}{\lambda + \mu}$  we  $P_1 = \frac{\mu}{\lambda + \mu}$  ýagdaýyna golaýlaşýarlar.

Ulgamda geçiş hadysasy takmynan 3T-e deň bolan wagtda tamamlanýar.

$\lambda = \frac{1}{t_p}$  we  $\mu = \frac{1}{t_{hyz}}$  nazarda tutup, şeýle formulalary alýarys:



$$P_0 = \frac{\overline{t_p}}{t_p + t_{\text{hыз}}},$$

$$P_1 = \frac{\overline{t_{\text{hыз}}}}{t_p + t_{\text{hыз}}}.$$

Inkär edijilikli ýekekanally KHEU-nyň funksionirlenişiniň (işleýşiniň) aýratynlygy aşakdaky ýaly kesgitlenýär.

1. Gelen talapnamanyň hyzmaty kabul edilmek ähtimallygy kanalyň boşlugynyň ähtimallygyna deň, ýagny:

$$P_{\text{hыз}} = P_0 = \frac{\mu}{\lambda + \mu} = \frac{1}{1 + \rho} = \frac{t_p}{t_p + t_{\text{hыз}}}.$$

2. Talapnamanyň hyzmaty inkär edilmek ähtimallygy kanalyň işlidiginiň ähtimallygyna deň, ýagny:

$$P_{\text{ink.et}} = P_1 = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} = \frac{\rho}{1 + \rho} = \frac{t_{\text{hыз}}}{t_p + t_{\text{hыз}}}.$$

1. Otnositel geçirijilik başarnygy:

$$Q = P_{\text{hыз}}.$$

2. Absolýut geçirijilik başarnygy:

$$A = \lambda \cdot Q = \frac{\lambda \cdot \mu}{\lambda + \mu} = \frac{\lambda}{1 + \rho}.$$

$A$  – çäkli bahasy  $\lambda$  funksiýasynda aşakdaka deň:

$$\lim_{\lambda \rightarrow \infty} A(\lambda) = \lim_{\lambda \rightarrow \infty} \frac{\lambda \cdot \mu}{\lambda + \mu} = \lim_{\lambda \rightarrow \infty} \frac{\mu}{1 + \frac{\mu}{\lambda}} = \mu.$$

3. Talapnamanyň ulgama gelşiniň ortaça wagty:

$$\overline{t_{\text{ulg}}} = \frac{1}{\lambda + \mu} = \frac{\overline{t_{\text{hыз}}} \cdot \overline{t_p}}{t_{\text{hыз}} + t_p}.$$

Inkär edijilikli ýekekanally KHEU-nyň mysalynda şular degişli:

- dükanlarda buýurma stoly;
- awtoulag kärhanasynyň dispetçer gullugy;
- telefon arkaly aragatnaşyk saklanýan söwda kärhanasynyň iş jaýy.

## 12.9. Köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamynyň imitasiýa modeli

**Statistiki barlamagyň usullary.** Imitasion modelirleme hakyky ulgamlar modeliniň tejribesine esaslanýar. Eger hakyky ulgam tötänleýin şertleriň täsirinde ýa-da tötänleýin häsiýetli bolsa, onda ulgamyň häsiýetlerini anyklamak üçin statistiki barlaglary ulanmaly bolýar.

Statistiki barlaglar bir görnüşli synaglaryň (tejribeleriň) ençeme gezek gaýtalanmagyny göz önünde tutýar. Her synag tötänleýin sanlaryň kesgitli toplumy arkaly amala aşyrylýar.

Barlamalara kybapdaş uly sanlaryň jemi statistiki durnuklylygy tapýar we ony ulgamyň mukdar taýdan bahasynda ulanyp bolýar.

Statistiki barlaga esaslanan derňew usuly Monte-Karlo usuly diýen ady aldy.

Bu usulyň iş ýüzüne geçirilişi üçin deň paýlanan tötänleýin sanlary tapmak zerurdyr.

Deň paýlanan tötänleýin sanlaryň öndürilişiniň esasynda meseleleriň ençemesini çözüp bolýar.

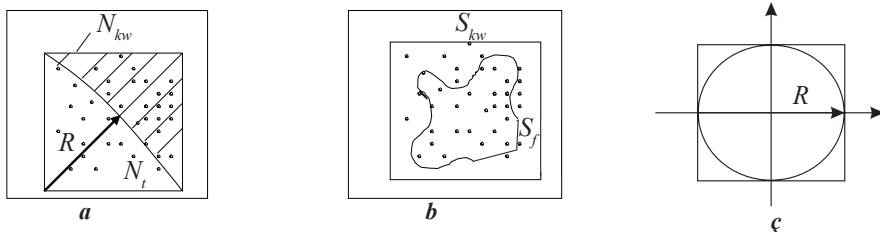
Ol meseleler iki topara bölünýärler:

- determinirlenen (şertlendirilen);
- statistiki meseleler.

Bu meseleleri çözmegiň bir usuly bardyr, ol hem statistiki barlaglaryň usuly ýa-da statistiki modellemegiň usuly, ýagny Monte Karlo usuly diýlip atlandyrylýar.

Determinirlenen meseleleriň çözgüdine aşakdakylar mysal bolup biler:

- $\pi$  sanyň hasaplanylşy;
- analitiki ýollar bilen kesgitläp bolmaýan çylşyrymly integrallaryň hasaplanylşy.



12.41-nji şekil. a)  $\pi$  sanyň hasaplanylşy; b) çylşyrymly şekiliň meýdanlary; c)  $\pi$  sanyň hasaplanylşynyň kwadratnyň koordinatalar okunda ýerleşdirilişi

Görkezilen şekillere nokatlaryň düşüş synagy geçirilýär.

$\pi$  sanynyň hasaplanyşyna seredip geçeliň.

Meseleleriň çözülişi aşakdaky ýalydyr.

12.41-nji (a) şekildäki çyzgyny şeýle düşündürmek bolar.

Goý, biziň mysalymyzdaky berlen kwadratyň merkezi koordinatlar başlangyjynda ýerleşýän bolsun we şol kwadratyň içinden çyzylan töwerek berlen bolsun (12.41-nji ç şekil).

Bu ýerde diňe birinji çärýege seredeliň. Onda tegelegiň dörtten bir bölegi we kwadratyň dörtten bir bölegi ýerleşendir. Töweregiň radiusyny  $R$  bilen belgiläliň. Onda kwadratyň dörtten bir bölegi ýene-de taraplary  $R$ -e deň bolan kwadrat bolar.

Bu kwadratda tötänleýin nokatlary saýlarys we tegelegiň dörtten birine düşýän nokatlaryň sanyny hem sanarys.

Eger nokadyň adaty kwadrata düşüş ähtimallygy birmeňzeş (deň) bolsa, onda nokatlaryň sany meýdana proporsionaldyr. Diýmek, ähtimallyklar nazaryýetine laýyklykda  $\pi$  sany hasaplamakda aşakdaky gatnaşygy alýarys:

$$\frac{N_t}{N_{kw}} = \frac{S_t}{S_{kw}},$$

bu ýerde

$S_t$  – tegelegiň dörtten bir meýdany;

$S_{kw}$  – gapdaly  $R$ -e deň bolan kwadratyň meýdany;

$N_t$  – tegelegiň çärýegine düşen nokatlaryň sany;

$N_{kw}$  – kwadrata düşen nokatlaryň sany.

Tegelegiň meýdanynyň formulasyny göz önünde tutup:

$$S_t = R^2 \pi \cdot \frac{1}{4} \text{ alarys.}$$

Kwadratyň meýdanynyň formulasy boýunça:

$$S_{kw} = R^2 \text{ alarys.}$$

Bu formulalary peýdalanyp aşakdaky gatnaşygy alarys:

$$\frac{N_t}{N_{kw}} = \frac{\pi}{4}$$

ýa-da

$$\pi \approx 4 \cdot \frac{N_t}{N_{kw}}$$

Indi bolsa analitiki ýollar bilen kesgitläp bolmaýan çylşyrymly integrallaryň hasaplanylşyna seredip geçeliň. 12.41-nji (b) şekilden görnüşi ýaly:

$N_f$  – figuranyň içine düşýän nokatlaryň sany;

$N_{kw}$  – kwadrata düşýän nokatlaryň sany;

$S_f$  – figuranyň meýdany;

$S_{kw}$  – kwadratyň meýdany.

$S_f$  tutuşlaýyn şekiliň meýdanlary hökmünde integrally hasaplap, aşakdaky gatnaşygy alarys:

$$\frac{N_f}{N_{kw}} = \frac{S_f}{S_{kw}}.$$

$S_{kw}$  kwadratyň meýdany belli.  $N_f$  şekiline düşen nokatlaryň sanyny we  $N_{kw}$  kwadrata düşen nokatlaryň sanyny hasaplap  $S_f$  şekiliniň meýdanyny aşakdaky görnüşde hasaplamak bolar.

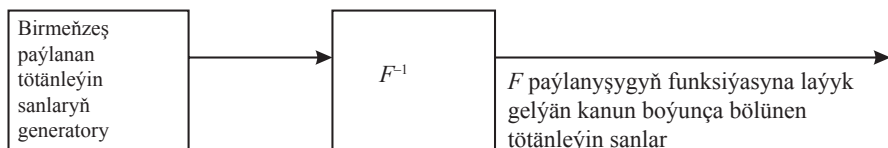
$$S_f \approx \frac{S_{kw} \cdot N_f}{N_{kw}}.$$

Monte-Karlo usuly optimallaşdyрма meselelerini çözmekde peýdalanylýp, ol tötänleýin gözleg usuly diýip hem atlandyrylýar.

Statistiki meseleleri çözmek üçin «Monte Karlo» usulynyň ulanylyşynyň mysallary statistiki modelirmek, ýagny giriş statistiki signallar (meselem, KHEU-nyň talapnamalarynyň giriş akymy) we olaryň ýagdaýlarynyň häsiýeti täsir edýän ulgamlaryň modelirlenişi bolup durýar. Şeýle ulgamlaryň hataryna KHEU degişli.

Birmeňzeş paýlanan tötänleýin sanlar statistiki modelirlemede dinamiki we statistiki özgermä sezewar bolup bilýär.

Ilkinjileriň hataryna ters funksiýalaryň usuly boýunça amal edilen özgermeler degişli. Bu özgermäniň netijesi bolup, kesgitli kanun boýunça paýlanan tötänleýin ululygyň alnyşy hyzmat edýär.  $F^{-1}$  ters funksiýasy ulanylan meňzeş (kybapdaş) özgermäniň çyzgysy 12.42-nji şekilde görkezilen.

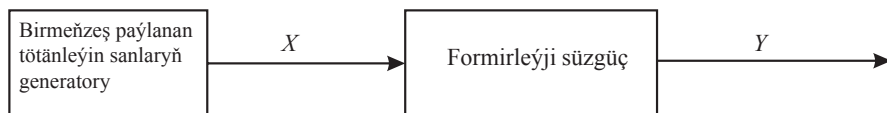


12.42-nji şekil. Ters funksiýa ulanylan özgermäniň çyzgysy

$F$  paýlanyşyň funksiýasyny üýtgedip, dürli kanunlar boýunça bölünýän tötänleýin ululyklary alýarys.  $F^{-1}$ -iň ters (öňki) funksiýalarynyň alnan hadysasy aşakda görkezilen.

Dinamiki özgerme kesgitli häsiýetli tötänleýin hadysalaryň alnyşynda ulanylýar.

Özgerme çyzgysynyň görnüşi 12.43-nji şekildäki ýaly bolýar:



12.43-nji şekil. Tötänleýin hadysanyň formirleýji süzgüç ulanylanda özgerme çyzgysy

Formirleýji süzgüç hökmünde dürli wagt hemişeligi bolan döwürleýin däl halka ulanylyp bilner.

**Statistiki barlamak usuly arkaly KHEU-nyň öwrenilişi.** Mysala garap geçeliň. Inkär edijilikli üç kanally KHEU-a puasson talapnamalar akymy gelýär. Iki sany zygyder talapnamalaryň gelşiniň arasyndaky wagt  $f(t) = 5e^{-5t}$  eksponensial kanun boýunça paýlanan. Hyzmat ediş wagty şertlendirilen ululyk bolup durýar.

Bir talapnamanyň hyzmat ediliş dowamlylygy  $t_{\text{hyz}} = 0,5$  min. Monte-Karlo usuly arkaly  $T = 4$  min wagt aralygynda hyzmat edilen talapnamalaryň matematiki sanlarynyň garaşymyny tapmaly.

Şeýlelikde,  $n = 3$ ,  $\lambda = 5$ ,  $\mu = \frac{1}{0,5} = 2$  parametrli M/D/3 görnüşli KHEU alýarys. Hasaplanylýan  $\rho = \frac{\lambda}{\mu} = 2,5$  – Erlangyň parametri bolup durýar.

M/D/3 görnüşli KHEU-nyň derňelişi analitiki usullar bilen ýerine ýetirilmeyär.

Bu ulgamlaryň derňelişi diňe stohastiki barlag usullaryny peýdalanyp, imitasion modelirleme ýoly arkaly amala aşyrylyp bilner.

Analitiki usullar arkaly M/M/3 görnüşli markow KHEU üçin mesele işlenip bilner.

Erlangyň formulasyny ulanyp, M/M/3 ulgam üçin çözügüt tapalyň. Ulgamyň yönekey ähtimallygy:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^3 \frac{2,5^k}{k!}} = \frac{1}{\left( \frac{1 + 2,5 + 2,5^2}{2! + \frac{2,5^3}{3!}} \right)} = 0,108.$$

Inkär edilmek ähtimallygy:

$$P_{\text{mk.et}} = \frac{\rho^3}{3!} \cdot P_0 = 2,6 \cdot 0,108 = 0,28.$$

Hyzmat etmek ähtimallygy:

$$P_{\text{hyz}} = 1 - 0,28 = 0,72.$$

Wagt birligine absolýut geçirijilik ukyplylygy:

$$A_0 = 1 \cdot Q = 5 \cdot 0,72 = 3,6 \text{ }^1/\text{min.}$$

$T = 4$  min wagt aralygynda hyzmat edilen talapnamalaryň sany;

$$A = A_0 \cdot T = 3,6 \cdot 4 = 14,4 \text{ talap bolar.}$$

Monte-Karlo usulyndan peýdalanyp, M/D/3 görnüşli KHEU-nyň meselesiniň çözülişine garap geçeliň.

Çözüdüň netijeleri we hadysasy 12.6-njy tablisada görkezilen. 1-5-nji setirler ýönekeý akymyň formirleniş hadysasyny görkezýär. Ýönekeý akymyň formirleniş çyzgysy ýokarda 12.42-nji şekilde görkezilen.

12.6-njy tablisanyň 1-nji sütüninde gelen talapnamanyň tertip belgisi berlen. Birinji talapnamanyň geliş pursady nola deň ( $T_i = 0$ ) diýlip kabul edilýär. Talapnamalaryň geliş pursatlary 5 sütünde görkezilen.

Ýönekeý akymyň formirleniş tertibi şulardan ybarat, ýagny birmeňzeş paýlanan tötänleýin sanlar emele gelýär. Emele geliş usullary dürli bolup bilýär. Kompýuteriň ulanylmagynda şeýle sanlar MS Excel programmasynyň kömegi arkaly alynýar.

Algoritmik dilleriň programmirlenmeginde tötänleýin sanlar *RNDM*, *RND* standart amallara salgylananda alynýar.

Tablisadaky sanlaryň göçürmeleri hem ulanylyp bilner. Berlen ýagdaýda sanlar birinji hatardan saýlanyp başlanýar. Tablisada olaryň 10; 0,9; 73; we ş.m. görnüşi bar. Jogaplar tablisanyň ikinji

setirinde sanlar 0,1; 0,09; 0,73 we ş.m. görnüşde ýazylyar. Bu sanlar  $r_i$  arkaly belgilenýär. Soňra eksponensial kanun boýunça bölünen birmeňzeş paýlanan tötänleýin sanlaryň özgermesi bolup geçýär. Onuň üçin ters (yza gaýtma) funksiýalaryň usuly ulanylyp, şoňa laýyklykda eksponensial paýlanan  $\tau_i$  sanlar aşakdaky formula laýyklykda emele gelýär:

$$\tau_i = -\frac{1}{\lambda} \ln r_i = \frac{1}{\lambda} (-\ln r_i).$$

$\lambda = 5$  şert boýunça  $\tau_i = 0,2 (-\ln r_i)$  barlygyny bilýäris. tötänleýin  $r = 0,1$  san üçin ululyk  $(-\ln 0,1) = 2,3$ .

Bu ululygy 3-nji setire ýazaly.

Diýmek,  $\tau_i = 0,2 \cdot 2,3 = 0,460$ .

$\tau_i$  ululyk iki sany yzygider talapnamanyň arasyndaky wagt aralygy görkezilen 4-nji sütüne ýazylyar.

Talapnamanyň geliş pursady  $T_i = T_{i-1} + \tau_i$  gatnaşyk arkaly kesgitlenýär. Bu pursat 5-nji sütüne ýazylyar. Ilkinji gelen talapnama  $T_1 = 0$  pursady degişli.

Ilkinji talapnama üçin  $T_2 = 0 + 0,460 = 0,460$ .

Üçünji talapnama üçin bizde  $i = 3$ ,  $r_3 = 0,09$ ;  $-\ln r_3 = 2,41$ ;  $\tau_3 = 0,482$ .

$T_3 = 0,460 + 0,482 = 0,942$  deň bolar.

Şeýlelikde, 5-nji sütünde talapnamalaryň ýönekeý akymyny emele getirýän tötänleýin sanlar berlen. 4-nji sütünde görkezilenler olaryň arasyndaky aralyk eksponensial kanun boýunça bölünen.

Bu akymy hyzmat edişin  $t_{\text{hyz.}} = 0,5$  min şertlendirilen wagt pursadynda amala aşyrylan üçkanally KHEU-nyň işine seredeliň.

Hyzmat edişin düzgüni – kanallar tertip belgisi boýunça ýüklenýär. Kanallar boş däl bolsa, talapnama inkär edilýär.

Ilkinji talap,  $T_1 = 0$  pursadynda geldi. Ähli kanallar boş. Talapnama birinji kanala hyzmata goýulýar. Birinji talapnamanyň hyzmat ediş pursadynyň tamamlanmagy  $T_{k1} = T_1 + t_{\text{hyz.}} = 0 + 0,5 = 0,500$ -e deň bolar.

12.6-njy tablisa

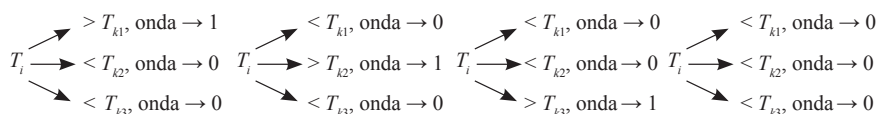
Talapanamanyň tertip belgisi, $i$	Tötänleýin san, $r_i$	$-\ln r_i$	Iki ýygider talapanamanyň arasyndaky wagt, $\tau_i = 0,2(-\ln r_i)$	Talapanamanyň geliş pirsady, $T_i = T_i - 1 + \tau_i$	$Ti + 0,5$ hyzmatyň tamamlanyş pirsady			Hasapçy	
					1	2	3	talaplar	Boýun gaçyrma (inkär etme)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1				0	0,500			1	
2	0,10	2,3	0,460	0,460		0,960		1	
3	0,09	2,41	0,482	0,942	1,442			1	
4	0,73	0,32	0,064	1,006		1,506		1	
5	0,25	1,39	0,278	1,284			1,784	1	
6	0,33	1,11	0,222	1,506	2,006			1	
7	0,76	0,27	0,054	1,560		2,060		1	
8	0,52	0,65	0,130	1,690					1
9	0,01	4,6	0,920	2,610	3,110			1	





Wagtyň bu pursady 6-njy sütüne ýazylýar. Hyzmat edilen hasapçy enjamyň sütünine (9-njy sütüne) birlikler ýazylýar.

Täze sargyt gelende her kanal boýunça onuň geliş wagtynyň köplügi barlanýar.



Şeýlelikde, ikinji sargyt üçin geliş wagty  $T_2 = 0,460$ .

Şertler barlanýar:  $T_2 > T_{k1} \rightarrow 0,460 > 0,500 \rightarrow \text{ÝOK}$

$T_2 > T_{k2} \rightarrow 0,460 > 0 \rightarrow \text{HAWA}$

Şunlukda, ikinji sargyt geliş pursadynda birinji kanal hyzmatda bolanlygy üçin ol sargyt ikinji kanala gönderilip, oňa hyzmata goýulýar. Hyzmat edilen sargytlaryň hasapçy enjamyň sütünine birlik goşulýar.

Üçünji sargyt üçin aralyk  $\tau_3 = 0,482$  we  $T_3 = 0,460 + 0,482 = 0,942$ .

Şert barlanýar:  $T_3 > T_{k1} \rightarrow 0,942 > 0,500 \rightarrow \text{hawa}$ . Sargyt birinji kanala gelýär. Täze amal  $T_{k1} = 0,500 + 0,942 = 1,442$ . Dokuzynjy sütüniň üçünji setirine birlik ýazylýar.

Dördünji sargyt üçin  $\tau_4 = 0,064$ . Ululyk  $T_4 = T_3 + \tau_4 = 0,942 + 0,064 = 1,006$ . Şerti barlaýarys:  $T_4 > T_{k1} \rightarrow 1,006 > 1,442 \rightarrow \text{ýok}$ ;

$T_4 > T_{k2} \rightarrow 1,006 > 0,960 \rightarrow \text{hawa}$ .

Sargyt ikinji kanala gelýär. Täze amal  $T_{k2} = T_4 + t_{obs} = 1,006 + 0,500 = 1,506$ . Birliği dokuzynjy sütüniň dördünji setirine ýazýarys.

Bäşinji sargyt üçin ululyk  $\tau_5 = 0,278$ ,  $T_5 = T_4 + \tau_5 = 1,006 + 0,278 = 1,284$ .

Şert barlanýar:

$T_5 > T_{k1} \rightarrow 1,284 > 1,442 \rightarrow \text{ýok}$ ;

$T_5 > T_{k2} \rightarrow 1,284 > 1,506 \rightarrow \text{ýok}$ ;

$T_5 > T_{k3} \rightarrow 1,284 > 0 \rightarrow \text{hawa}$ .

Sargyt üçünji kanala gelýär,  $T_{k3} = 1,284 + 0,506 = 1,784$ .

Altynjy sargyt üçin  $\tau_6 = 0,222$  we  $T_6 = 1,506$ . Şertler barlanýar:

$T_6 > T_{k1} \rightarrow 1,506 > 1,442 \rightarrow \text{hawa}$ .

Sargyt birinji kanala gelýär. Täze amal  $T_{k1} = T_6 + 0,500 = 1,506 + 0,500 = 2,006$ .

Ýedinji sargyt üçin  $\tau_7 = 0,054$ , we  $T_7 = 1,506 + 0,054 = 1,560$ . Şertler barlanýar:

$$T_7 > T_{k1} \rightarrow 1,560 > 2,006 \rightarrow \text{ýok};$$

$$T_7 > T_{k2} \rightarrow 1,560 > 1,506 \rightarrow \text{hawa.}$$

Sargyt ikinji kanala gelýär. Täze amal  $T_{k2} = 1,560 + 0,500 = 2,06$ . Sekizinji sargyt üçin  $\tau_8 = 0,130$  we  $T_8 = 1,690$ . Şertler barlanýar:

$$T_8 > T_{k1} \rightarrow 1,690 > 2,006 \rightarrow \text{ýok};$$

$$T_8 > T_{k2} \rightarrow 1,690 > 2,060 \rightarrow \text{ýok};$$

$$T_8 > T_{k3} \rightarrow 1,690 > 1,784 \rightarrow \text{ýok.}$$

Kanallar boş däl, sargyt inkär edilýär. Birliği inkär ediji hasaplaýja ýazylyar.

Soňraky hasaplamalar hem şu usulda işlenýär. 20-nji sargydyň hyzmatynyň  $4,148 > 4$  pursadynda tamamlanýandygyny, şonuň üçin hem onuň inkär edilýändigini belläp geçmeli.

Barlag sargydyň geliş pursady  $T > 4$  bolanda togtadylyar (tablisanyň 5-nji sütüninde «stop») ýazylyar. Berlen bu ýagdaýda  $4,002 > 4$ .

4 minuta deň bolan wagt aralygynda 20 talapnamanyň gelenligini tablisadan tapýarys.

Barlagyň ilkinji tapgyrynda olardan  $A_1 = 12$  sargyda hyzmat edildi.

Ulgamyň işleýiş hadysasynyň amala aşyrylmagyny göz önünde tutup, seredilen barlaga başgaça «amala aşyryş» hem diýilýär. Barlaglaryň netijeleri bahalandyрма häsiýetde bolýar. Barlagyň sany näçe köp bolsa, bahalandyrmagyň takyklygy hem ýokary bolýar. Amala aşyrylyşyň sany 30-dan kem bolmaly däl diýlip hasaplanylýar. Her bir täze barlag tötänleýin sanlaryň täze zzygiderligi tarapyndan amala aşyrylyar. Meselem, birmeňzeş paýlanan tötänleýin sanlaryň tablisasynyň birinji setiriniň ornuna ikinji, üçünji we beýleki setirler alynýar, ýagny ikinji amala aşyrmada 0,1; 0,09; 0,73 sanlaryň ornuna 0,37; 0,54; 0,20 we ş.m. alnyp bilner.

$A_1 = 15; A_3 = 14; A_4 = 12; A_5 = 13$  we  $A_6 = 15$  bahalar alnan ýene-de baş barlag geçirildi diýeliň.

Şonda hyzmat edilen talapnamalaryň sanynyň matematiki garaşmasynyň bahasynyň ornuna aşakdaky ortaça baha alynýar:

$$A = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{n} = 13,5.$$

Bu amal analitiki usulda  $M/M/3$  görnüşli KHEU üçin alnan ululyga diýseň golaýdyr.

$$A = 14,4.$$

$M/D/3$  görnüşli ulgamyň imitasion modelirlenişiniň netijesi bilen  $M/M/3$  görnüşli KHEU üçin analitiki modelirlenişiniň netijesiniň deňeşdirmesi Erlangyň usulyny ulanmak arkaly ýönekeý KHEU-nyň islendik meselesini çözüp bolýandygyny görkezýär. Çylşyrymly KHEU üçin bolsa barlagyň esasy usuly statistiki barlaglaryň usuly bolup durýar.

**Ýönekeý akymyň formirlenmeginiň mysaly usulyýeti.** Ýönekeý akymyň amaly formirlenmegi talapnamalaryň arasyndaky wagt aralygynyň eksponensial kanun boýunça paýlanandygyna esaslanýar.

Käbir talap edilýän  $F$  paýlanyş kanuny boýunça bölünen tötänleýin ululyklaryň öndürilmegi üçin özgerişin yza gaýtma usuly ulanylýar.

Usul iki tapgyry öz içine alýar.

Birinji tapgyrda birmeňzeş paýlanan tötänleýin sanlaryň generatory arkaly noldan birlige çenli sanlaryň aralygyna degişli bolan  $r_i$  tötänleýin sany alýarlar.

Ikinji tapgyrda  $r_i$  birmeňzeş paýlanan tötänleýin sanlaryň talap edilýän kanun boýunça paýlanan  $\tau_i$  sanlarynyň üýtgemegi bolup geçýär. Bu özgerme aşakdaky gatnaşygyň esasynda amala aşyrylýar:

$$\tau_i = F^{-1}(r_i),$$

Bu ýerde:  $F^{-1}$  – gatnaşyk taýdan  $F$ -e ters funksiýa.

Ýönekeý akymyň özgeriş hadysasynda eksponensial kanun boýunça paýlanan sanlaryň zygiderligi hökmünde seredip geçeliň.

Görkeziji kanun üçin paýlanyşyň dykzylygy:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, \quad \tau > 0,$$

paýlanyşyň kanuny bolsa:

$$F(t) = \int_0^t \lambda \cdot e^{-\lambda t} dt = 1 - e^{-\lambda t}.$$

Yza gaýtma funksiýasyna laýyklykda  $v_i$  tötänleýin ululygy  $F(\tau) = 1 - e^{-\lambda \tau}$  bölüniş funksiýasyna deňleýäs we alnan  $v_i = 1 - e^{-\lambda \tau}$  deňlemäni  $\tau_i$  degişlilikde, işleýäris, ýagny  $\tau_i = F^{-1}(v_i)$ .

$e^{-\lambda \tau_i} = 1 - v_i$ , deňlemäni logarifmirläp alýarys:

$$-\lambda \tau_i = \ln(1 - v_i).$$

Ondan

$$\tau_i = -(1/\lambda) \ln(1 - v_i)$$

deňlige  $r_i = 1 - v_i$  ululygy girizeliň.

$r_i$  ululygy  $v_i$  ululygy ýaly birmeňzeş paýlanan tötänleýin ululygy aňladýar. Şonuň üçin hem aşakdaky gatnaşygy ulanmak dogry hasaplanýar:

$$\tau_i = -\frac{1}{\lambda} \ln r_i = \frac{1}{\lambda} (-\ln r_i).$$

Goý,  $\lambda = 5$  bolsun. Onda  $\frac{1}{\lambda} = 0,2$  bolar. Eger tötänleýin san  $r = 0,1$  bolsa, onda:

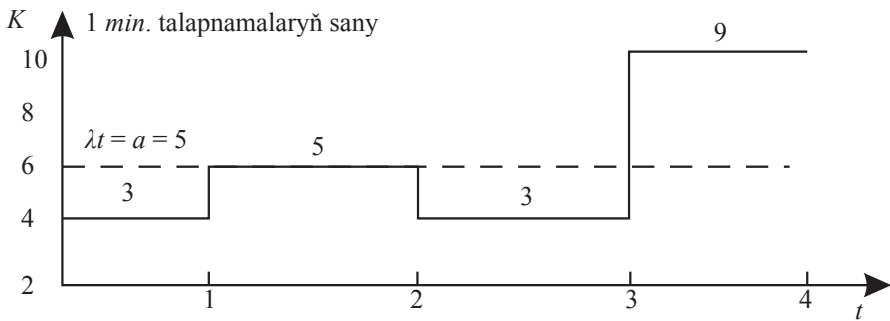
$$\ln 0,1 = -2,3, \quad \text{ýa-da} \quad [-\ln 0,1] = 2,3.$$

$$\tau = 0,2 \cdot 2,3 = 0,460.$$

Diýmek,  $\tau_i$  sanlaryň zygiderligi ýönekeý akymy emele getirip, ony selçenletmek bilen Erlangyň islendik tertibiniň akymyny alyp bolýar.

Eger 12.6-njy tablisanyň 5 sütüninde berlenleri statistiki işlesek, onda bir minut wagt aralygynda gelýän talapnamalaryň sany üçin 6-njy sütünde berlen netijeleri alarys. Bu netijeler birinji minutda – 3, ikinjide – 5, üçünjide – 3, dördünjide – 9 talapnamanyň gelenligini görkezýär.

4 minutda gelen talapnamalaryň sanynyň ortaça bahasy 5-e deň. Bu bolsa  $t = 1$  ýagdaýda  $\lambda \cdot t = 5$  ululyga, ýagny ortaça bahasy 5-e deň bolan puasson bölünişiğe kybapdaş.  $K$  ululygyň wagt funksiýasyndaky grafigi 12.44-nji şekilde görkezilen.



12.44-nji şekil. Wagıt birliginde gelen talapnamalaryň sanynyň çyzygysy

Talapnamalaryň arasyndaky wagıt aralygynyň, ýagny 12.6-njy tablisanyň 4-nji sütüninde berlenleriň statistiki işlenişini amala aşyralyň.

$\lambda = 5$  ýagdaýda eksponensial bölünüş üçin ähtimallygyň dykzylygy aşakdaky ýaly ýazylyar:

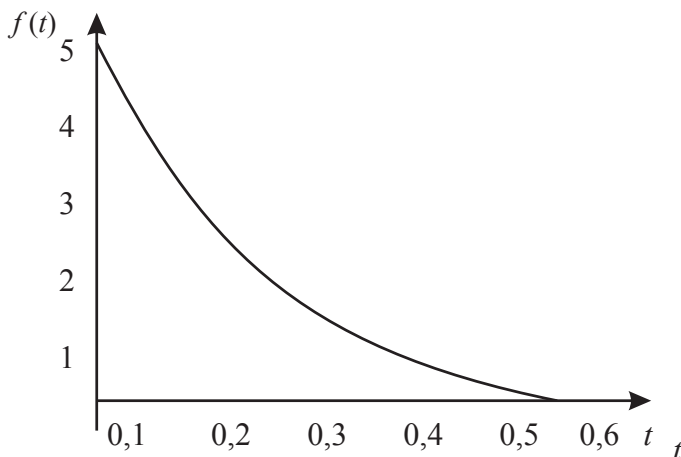
$$f(t) = 5 \cdot e^{-5t}$$

Bu funksiýanyň bahalary aşakdaky tablisada görkezilýär.

12.7-nji tablisa

$t$	0	0,1	0,2	0,4	0,6
$f(t)$	5	3,03	1,84	0,676	0,25

Funksiýanyň grafıgı 12.45-nji şekilde görkezilen.



12.45-nji şekil.  $\lambda = 5$  ýagdaýda eksponensial bölünüş üçin ähtimallygyň dykzylygy

Tötänleýin ululygyň  $\Delta t = 0,1$  aralygyna düşüş ähtimallygynyň nazary bahasyny alýarys.

Bu ähtimallyklar  $a$ -dan  $a + \Delta t$  çenli aralygynda bellibir integrallyň bahasy hökmünde kesgitlenýär:

$$P_{\tau} = \int_a^{a+\Delta t} f(t) dt = \int_a^{a+\Delta t} e^{-\lambda t} dt = [e^{-\lambda t}]^{a+\Delta t}.$$

$0 - 0,1$  aralykda  $P_{\tau}$  ähtimallygynyň bahasy aşakdaka deň bolar.

$$P_{\tau} = 5^{-\lambda t} \Big|_0^{0,1} = 1 - e^{-5 \cdot 0,1} = 1 - 5^{-0,5} = 1 - 0,6065 = 0,4.$$

Beýleki aralyklar üçin  $P_{\tau}$  bahasy 12.8-nji tablisada görkezilen.

12.8-nji tablica

Aralyk	0 – 0,1	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3	0,3 – 0,4
$P_{\tau}$	0,4	0,24	0,145	0,09

Birinjiden, 21-e çenli 20 aralygynyň bahasynyň statistiki işlenişiniň netijesi 12.10-njy tablisanyň 7-nji sütüninde berlen. Olaryň esasynda çykarylan ýygylgyň bahasy şeýledir:

$$Pe = \frac{m}{N},$$

Bu ýerde  $m$  – berlen aralyga düşýän talapnamalaryň arasyndaky aralyklaryň sany;

$N$  – talapnamalaryň arasyndaky aralyklaryň umumy sany.

$0 - 0,1$  aralyk üçin

$$m = 9, N = 20 \text{ we } Pe = \frac{9}{20} = 0,45 \text{ alýarys.}$$

$P_e$  ýygylgy 12.9-njy tablisada görkezilen.

12.9-njy tablica

Görkeziji	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0,5-0,6	0,6-0,7	0,7-0,8	0,8-0,9	0,9-1,0
Talapnamalaryň sany	9	2	5	1	0	0	0	0	0	1
Ýygylgyk	0,45	0,1	0,25	0,05	0	0	0	0	0	0,05

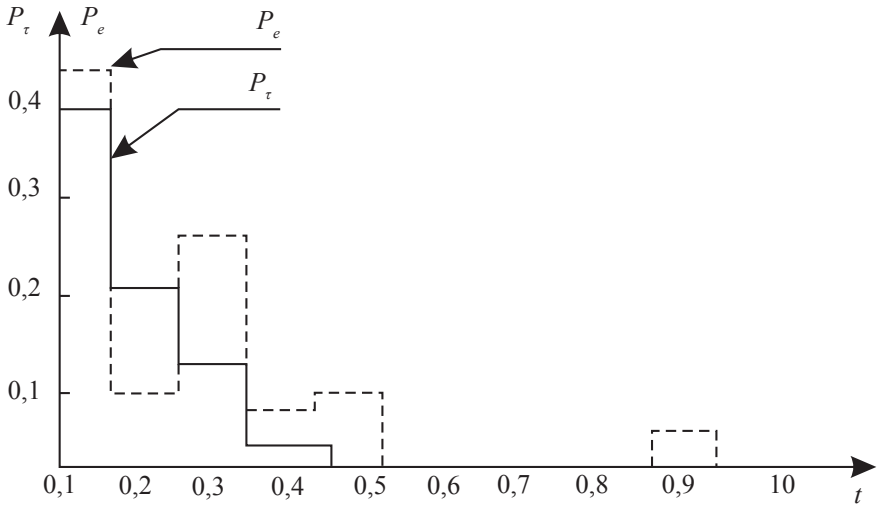
Талапnamаның тертип белгиси, $i$	Төтän-лейін сан, $r_i$	$-\ln r_i$	Ики yzyгидер талапnamаларың арасындакы wagt, $\tau_i = 0,2(-\ln r_i)$	Талапnamаның гелиш пурсады, $T_i = T_i - 1 + \tau_i$	Wagt аралыгында талапnamаларың саны 1 мин, $K$	Аралыklar												
						0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0,9-10							
1	2	3	4	5	6	7												
1				0														
2	0,10		0,460	0,460	3									1				
3	0,09		0,482	0,942														2
4	0,73		0,064	1,006						1								
5	0,25		0,278	1,284									1					
6	0,33		0,222	1,506														2
7	0,76		0,054	1,560														2
8	0,52		0,130	1,690											1			
9	0,01		0,920	2,610														
10	0,35		0,210	2,820														
11	0,86		0,030	2,850														3
12	0,34		0,216	3,066														
13	0,67		0,080	3,146														



12.10-ոյ տախտակային ձևաչափ

1	2	3	4	5	6	7					
14	0,35		0,210	3,356				5			
15	0,48		0,146	3,502		2					
16	0,76		0,054	3,556	9	5					
17	0,80		0,044	3,600		6					
18	0,95		0,010	3,610		7					
19	0,90		0,020	3,630		8					
20	0,91		0,018	3,648		9					
21	0,17		0,354	4,002					1		
				Ելմի		9	2	5	1	2	1

Ähtimallyklaryň  $P_t$  aralygyna we  $P_e$  ýygylyga düşmek bahasy 12.46-njy şekilde görkezilen.



12.46-njy şekil. Nazary ( $P_t$ ) we tejribe esasynda ( $P_e$ ) maglumatlaryň deňeşdirilişi

$P_e$  ýygylyklaryň  $P_t$  ähtimallyklar bilen deňeşdirilmesi olaryň ýakynlygyny görkezýär. Statistiki seljermäniň netijeleri formirlenen tötänleýin hadysanyň amal edilmek mümkinçiligini görkezýändigine şaýatlyk edýär.

## **KÖPÇÜLİKLEÝIN HYZMAT EDIŞ ULGAMYNÝŇ ANALIZI WE SINTEZI**

---

### **13.1. KHEU-nyň analiziniň we sinteziniň meseleleriniň häsiýetnamasy**

Ulgamyň analiziniň esasy meselesi onuň aýratynlyklarynyň ýa-da alamatlarynyň gurluşyna we parametrlerine laýyklykda anyklanylyşy bolup durýar.

KHEU-y üçin analiziň meselesi onuň aýratynlyklaryny ýüze çykarmak bolup bilýär, meselem, akymyň intensiwligi ýa-da hyzmat edilen kanallaryň sany ýaly parametrlerde hyzmat edişiň ähtimallygyny görkezmek bolar.

Sinteziniň esasy meselesi berlenleri üpjün edýän ulgamyň parametrlerini, onuň ýerlikli we amatly alamatlaryny anyklamakdan ybarat.

Hususan hem, KHEU üçin sinteziniň meselesi ulgamyň amatly görnüşlerini anyklamakda, meselem, harajaty ödemek tapgyrynyň görnüşinde çözülip bilner.

Analiz meseleleriniň çözülişinde KHEU-nyň häsiýetleri aşakdaky 3 görnüşe bölünýärler:

- esasylyk;
- funksionirlenmegiň hiliniň görkezijileri;
- talapnama hyzmat edilişiň hiliniň görkezijileri.

Esasy aýratynlyklaryň hataryna aşakdakylar degişli:

- inkär edilmegiň ähtimallygy;
- hyzmat edilmegiň ähtimallygy.

Funksionirlenmegiň hiliniň görkezijileri aşakdakylardyr:

- otnositel geçiriji ukyplylyk;
- absolýut geçirijili ukyplylyk;
- işli kanallaryň ortaça sany;
- kanallaryň ýükleniş koeffisiýenti we ş.m.

Talapnamalara hyzmat edilişiň hilini görkezijilere şular degişli:

- ulgamdaky talapnamalaryň ortaça sany;

- talapnamanyň ulgama gelşiniň ortaça wagty.
- KHEU-nyň aýratynlyklary üç usul bilen kesgitlenýär:
- el bilen hasaplamak;
  - kompýuter programmalaryndan peýdalanmak;
  - tablisalary ulanmak.

Inkär edijilikli KHEU-nyň analiziniň meselelerini çözmekde ulgamyň häsiýetleri iki parametr, ýagny gelýän akymyň intensiwligi we hyzmat ediş kanallarynyň sany arkaly kesgitlenýär.

Özüniň esasy düzgünnamasyna görä, garaşmak wagty çäkli bolan KHEU-nyň aýratynlygyny kesgitlemäge çemeleşiş inkär edijilikli KHEU-nyň aýratynlygyny kesgitlemek bilen gabat gelýär. Şonuň bilen birlikde ençeme tapawutlylyklar hem bar. Ilki bilen garaşmagyň wagty çäkli bolan KHEU-nyň häsiýeti inkär edijilikli KHEU ýaly iki ( $n$  we  $\rho$ ) däl-de, üç –  $n$ ,  $\rho$  we  $\beta$  parametrlere bagly,  $n$  – kanallaryň sany,  $\rho$  – gelýän akymyň getirilen intensiwligi we  $\beta$  – «gidiş», akymyň ulgamdan çykyş intensiwligi.

Garaşymly KHEU-nyň aýratynlygyny kesgitleýän formulalar el bilen hasaplamaalaryň kynlygy üçin inkär edijilikli KHEU-nyň formulasyndan has çylşyrymlyrakdyr.

Olaryň üçünji aratapawudy nobata garaşýan KHEU-nyň hasaplamaalarynyň takmynylygy bilen bagly, sebäbi deslapky formulalara tükeniksiz hataryň jemi girizilýär, hasapda bolsa olar soňky jem bilen çalşyrylýar. Şonuň üçin hasaplamaalaryň netijeleri golaýlaşdyryş usulyna we golaýlaşmanyň berilýän ýalňyşyna bagly.

Seredilýän ýagdaýda sinteziň meselesi KHEU-nyň görnüşlerini tertipleşdirmek we olaryň içinden has tapawutlysyny saýlamak ýoly arkaly işlenilýär. KHEU-nyň görnüşlerini deňeşdirmek üçin harajaty ödeýjilik tapgyry göz önünde tutulýar we harajaty ödeýjilik pursady üçin aşakdaky görkezijiler kesgitlenýär:

- girdeji;
- başlangyç çykdajylar;
- ekspluatasion harajatlar.

Deňeşdirme hadysasynda KHEU-nyň görnüşleri degişli görkezijileriň artyşy boýunça tertipleşdirilýär.

Hasaplamalaryň netijesi boýunça tablisalar düzülip, olarda görkezijiniň artyşy boýunça hatardaky sany, başlangyç tertip belgisi, KHEU-nyň görnüşleriniň ady hem-de görkezijileriniň ululygy görkezilýär.

Tertipleşdirilen netijeleriň derňewi sinteziň meselesini işlemäge ýardam edýär, ýagny görnüşiniň tapawutlylygy barada netije çykarýar, meselem, harajaty ödeýjiligiň tapgyrynyň minimum kriteriýasy ýa-da girdejiniň maksimum kriteriýasy boýunça we ş.m.

### **13.2. Inkär edijilikli köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamynyň derňewi**

**KHEU-nyň ýagdaýlarynyň ähtimallyklary we çyzgylary.** Inkär edijilikli ýekekanally KHEU-a ýönekeý şäher telefon ulgamy mysal bolup biler. Gerek bolan belgini aýlanda gysga jaňlar (signallar) eşidilse, aýlaýan kanalyň (liniýanyň, belginiň) boş dældigini aňladýar. Talap inkär edilýär we ulgamdan çykmak zerurlygy – trubkany goýmak – ýüze çykýar.

Inkär edijilikli köp kanally KHEU-a ilki «8» belgisi aýlanýan şäherara ATS mysal bolup durýar. «8-ligiň» ähli kanallary boş däl bolsa, talap inkär edilýär.

Kanallaryň boş dældigine garamazdan, talapnamalar ulgamy terk etmän nobata dursalar, bu ulgama «garaşýan» KHEU diýilýär. KHEU tükeniksiz garaşýan, wagty çakli garaşýanly we nobatdaky orunlaryň sany çakli bolup bilýär.

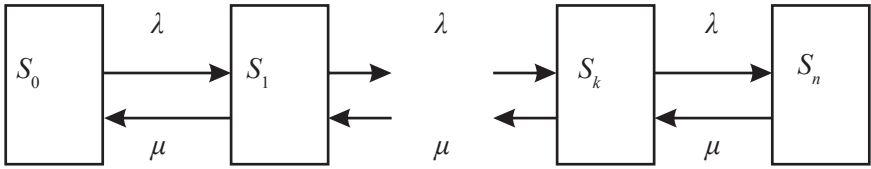
KHEU çyzgy görnüşinde ýagdaýlaryň çyzgysy arkaly häsiýetlendirilýär. Ýagdaýlaryň sany  $l$  formula arkaly kesgitlenýär:

$$l = n + m + 1, \quad (13.1)$$

$n$  – kanallaryň sany,

$m$  – nobatdaky orunlaryň sany.

Ähli kanallaryň boşlugy birinji ýagdaý bolup durýar. Ol  $S_0$  arkaly belgilenip, onuň ähtimallygy  $P_0$  bilen belgilenýär. Ýagdaýlaryň çyzgysy umumy görnüşde 13.1-nji şekilde görkezilen:



13.1-nji şekil. Ýagdaýlaryň çyzgysy

Dört ýagdaýly ulgam üçin ähtimallygyň bahasynyň mysaly:  
 $P = 0,15; P_1 = 0,3; P_2 = 0,3; P_3 = 0,25$ .

$P_0, P_1, \dots, P_k, P_n$  ähtimallykly  $S_0, S_1, \dots, S_k, S_n$  ýagdaýlar hadysalaryň tutuş toplumyny emele getirýärler, şoňa görä:

$$\sum_{k=0}^n P_k = 1,$$

$P_k$  – ýagdaýlaryň ähtimallygy.

Ýagdaýlaryň ähtimallyklary olaryň haýsy ýagdaýda bolanlygyny görkezýän wagtyň üleşini görterimde aňladýar. Bu ýagdaýda 15% – nolluk; 30% – birinji we ikinji, 25% – üçünji.

Inkär edijilikli KHEU üçin ýagdaýlaryň ähtimallyk hasaby Erlangyň formulalary arkaly amala aşyrylýar.

KHEU-nyň berilýän parametrleri:

$n$  – kanallaryň sany;

$\lambda$  – gelýän akymyň intensiwligi;

$\mu$  – hyzmat edişiň intensiwligi.

Hasaplanylýan parametrler:

$\rho$  – hasaplanan intensiwlik, KHEU ýüklenmesi;  
 trafik:

$$\rho = \lambda/\mu.$$

### 13.3. Inkär etmegiň we hyzmat etmegiň ähtimallyklarynyň kesgitlenilişi

Erlangyň formulalary  $n$  kanallaryň sanynyň we  $\rho$  trafik arkaly ýüze çykarylan KHEU ýagdaýlarynyň ähtimallygynyň garaşlylygyny kesgitleýär.

Ähli kanallaryň boşlugynyň ähtimallygy:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!}} = \left( \sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!} \right)^{-1}. \quad (13.2)$$

$k$  – kanallaryň meşgullygynyň ähtimallygy:

$$P_k = \left( \frac{\rho^k}{k!} \right) \cdot P_0 = \frac{\frac{\rho^k}{k!}}{\sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!}}. \quad (13.3)$$

Ähli  $n$  kanallaryň meşgullygynyň ähtimallygy:

$$P_n = \left( \frac{\rho^n}{n!} \right) \cdot P_0 = \frac{\frac{\rho^n}{n!}}{\sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!}}. \quad (13.4)$$

Inkär edilmek ähtimallygy, ýagny gelen talaplaryň ähli kanallary işleýän ýagdaýynda ony tapmak ähtimallygy:

$$P_{\text{ink.et}} = P_n. \quad (13.5)$$

Hyzmat ediş ähtimallygy:

$$P_{\text{hyz}} = 1 - P_{\text{ink.et}} \quad (13.5)$$

***Erlangyň formulalary boýunça hasaplama mysallary.*** Inkär edijilikli köp kanally KHEU-nyň aşakdaky ýaly parametrleri bar diýeliň:

$$n = 3, \lambda = 20, \mu = 10.$$

Ulgamyň ýagdaýynyň ähtimallygyny tapmak talap edilýär. Ulgam dört ýagdaýda bolup biler:

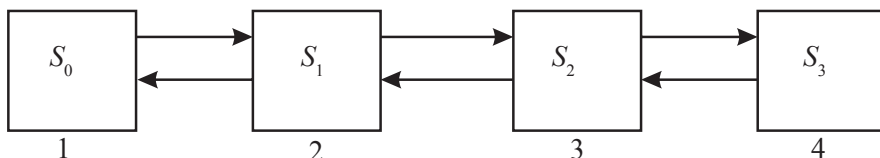
$S_0$  – ähli kanallar boş;

$S_1$  – bir kanal meşgul;

$S_2$  – iki kanal meşgul;

$S_3$  – üç kanal meşgul.

Ulgamyň ýagdaýynyň çyzgysynyň 13.2-nji şekildäki ýaly görnüşi bar:



13.2-nji şekil. Dört ýagdaýly ulgamyň çyzygysy

Çepden-saga görkezijiler talapnamalaryň geliş akymynyň täsiri bilen ulgamyň has ýokary ýagdaýa geçişini görkezýär, sagdan-çep bolsa, hyzmat ediş akymynyň täsiri bilen ulgamyň has pes ýagdaýa geçýändigini görkezýär.

Ulgamyň ýüklenme ululygyny hasaplaýarys:

$$\rho = \lambda/\mu = 20/10 = 2 \text{ erl.}$$

Erlangyň formulalaryna laýyklykda aşakdaky ähtimallyklary alýarys.

Ähli kanallaryň boşlugynyň ähtimallygy:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!}} = \frac{1}{\frac{2^0}{0!} + \frac{2^1}{1!} + \frac{2^2}{2!} + \frac{2^3}{3!}} = \frac{1}{1 + 2 + 2 + \frac{8}{6}} = 0,158.$$

$k$  kanallaryň meşgullygynyň ähtimallygy:

$$P_k = \left(\frac{\rho^k}{k!}\right) \cdot P_0.$$

Bu formula laýyklykda bir, iki ýa-da üç kanalyň meşgullygynyň ähtimallygy aşakdakylara deň:

$$P_1 = \left(\frac{\rho^1}{1!}\right) \cdot P_0 = \frac{2}{1} \cdot 0,158 = 0,316;$$

$$P_2 = \left(\frac{\rho^2}{2!}\right) \cdot P_0 = \frac{4}{2} \cdot 0,158 = 0,316;$$

$$P_3 = \left(\frac{\rho^3}{3!}\right) \cdot P_0 = \frac{8}{6} \cdot 0,158 = 0,211.$$

Ulgamyň ýokarda görkezilen ýagdaýlaryň haýsy hem bolsa birinde hökman bolýandygyna görä aşakdaky şert ýerine ýetirilmeli:



$$\sum_{k=0}^n P_k = 1.$$

$$\sum_{k=0}^n P_k = 0,158 + 0,316 + 0,316 + 0,211 = 1,00, \approx 1.$$

$n$  kanallaryň ählisiniň meşgullygynyň ähtimallygy formula boýunça kesgitlenýär:

$$P_n = P_3 = \left(\frac{\rho^3}{3!}\right) \cdot P_0 = \left(\frac{2^3}{3}\right) \cdot 0,158 = 0,211.$$

Inkär edilmek ähtimallygy:

$$P_{\text{ink.et}} = P_n = 0,211.$$

Hyzmat edilmek ähtimallygy:

$$P_{\text{hyz}} = 1 - P_{\text{ink.et}} = 1 - 0,211 = 0,789.$$

### 13.4. Ähtimallygyň hasaplamalarynyň esasynda çyzygysynyň gurluşy

Ähtimallygyň hasaplamalaryny geçirmek üçin ilki bilen  $P_{\text{ink.et}}(n)$  we  $P_{\text{ink.et}}(\rho)$ , şeýle hem  $P_{\text{hyz}}(n)$  we  $P_{\text{hyz}}(\rho)$  garaşlylyklaryň aýratynlyklary derňelýär (13.3-nji şekil).

Daýanç nokady (1-nji nokat):

$$n = 3, \rho = 2. \text{ diýlip kabul edilýär.}$$

Onda şu aşakdaky ululyklaryň bahalary alynýar.

$$\begin{array}{lll} P_0 = 0,158 & P_1 = 0,316 & P_2 = 0,316 \\ P_3 = 0,211 & P_{\text{ink.et}} = 0,211 & P_{\text{hyz}} = 0,789. \end{array}$$

Kanallaryň sanynyň üýtgän ýagdaýyndaky hasaplar (2-nji nokat) üçin:

$$n = 4, \rho = 2 \text{ diýlip kabul edilýär.}$$

Onda hasabyň mysaly şeýle bolar:

$$P_0 = \frac{1}{\frac{2^0}{0!} + \frac{2^1}{1!} + \frac{2^2}{2!} + \frac{2^3}{3!} + \frac{2^4}{4!}} = \frac{1}{1 + 2 + 2 + \frac{8}{6} + \frac{16}{24}} = 0,143;$$

$$P_{\text{ink.et}} = \left(\frac{\rho^n}{n!}\right) \cdot P_0 = \frac{2^4}{4!} \cdot 0,143 = \frac{16}{24} \cdot 0,143 = 0,095.$$

2-nji nokat üçin aşakdaky netijeleri alýarys:

$$P_0 = 0,143 \quad P_1 = 0,286 \quad P_2 = 0,286$$

$$P_3 = 0,191 \quad P_4 = 0,095 \quad P_{\text{ink.et}} = 0,095 \quad P_{\text{hyz}} = 0,905.$$

1-nji we 2-nji nokatlarda  $P_{\text{ink.et}}$  we  $P_{\text{hyz}}$  hasaplaryň netijesiniň deňeşdirilmesi  $n = 3$ -den  $n = 4$ -e çenli kanallaryň sanynyň ýokarlanmagy bilen inkär edilmegiň ähtimallygynyň 0,211-den 0,095-e çenli kemelýändigini, hyzmat edilişiniň ähtimallygynyň bolsa 0,789-dan 0,905-e çenli ýokarlanýandygyny görkezýär.

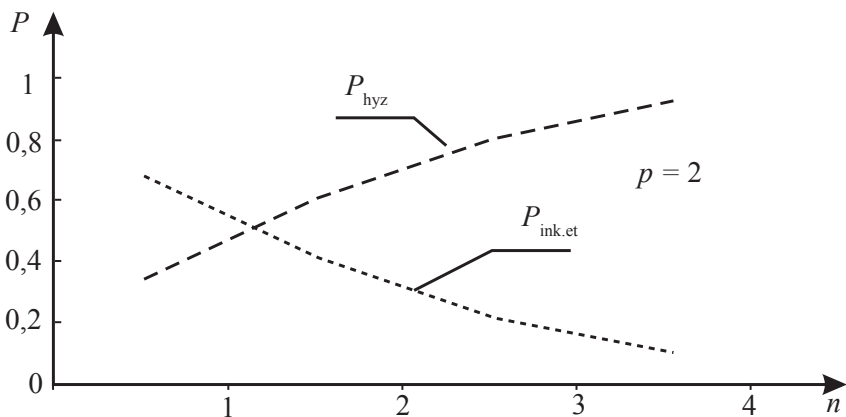
$\rho = \text{const}$  ýagdaýda hasaplaryň netijesi we  $n$ -iň 1-den 4-e çenli üýtgemeleri 13.1-nji tablisada görkezilen.

13.1-nji tablisa

**Hasaplaryň netijesi we  $n$ -iň üýtgemeleri**

$\rho$	$n$	$P_0$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_{\text{ink.et}}$	$P_{\text{hyz}}$
2	1	0.333	0.666				0,666	0,333
2	2	0.200	0.400	0.400			0,400	0,600
2	3	0.158	0.316	0.316	0.211		0,211	0,789
2	4	0.143	0.286	0.191	0.191	0.095	0,095	0,905

$P_{\text{ink.et}}$  we  $P_{\text{hyz}} = 1 - P_{\text{ink.et}}$  grafikleriniň aýratynlygy 13.3-nji şekilde görkezilen.



13.3-nji şekil. Kanallaryň sanynyň  $n = 1$ -den  $n = 5$ -e çenli üýtgemeginde inkär edilmek we hyzmat edilmek ähtimallyklarynyň garaşlylygy

Getirilen intensiwligiň üýtgemeginde  $P_{\text{ink.et}}$  we  $P_{\text{hyz}}$  hasaplary.  $n = 3$  we  $\rho = 4$ -e deň bolan 3 nokat üçin hasap mysaly:

$$P_0 = \frac{1}{\frac{4^0}{0!} + \frac{4^1}{1!} + \frac{4^2}{2!} + \frac{4^3}{3!}} = \frac{1}{1 + 4 + 8 + \frac{64}{6}} = 0,04226;$$

$$P_{\text{ink.et}} = \frac{4^3}{3!} \cdot P_0 = \frac{64}{6} \cdot 0,0422 = 0,451.$$

3-nji nokat üçin aşakdaky netijeleri alýarys:

$$P_0 = 0,042 \quad P_1 = 0,168 \quad P_2 = 0,336$$

$$P_3 = 0,451 \quad P_{\text{ink.et}} = 0,451 \quad P_{\text{hyz}} = 0,549.$$

1-nji we 3-nji nokatlar üçin  $P_{\text{ink.et}}$  we  $P_{\text{hyz}}$  hasaplaryň netijesiniň deňşdirilmegi ulgamyň ýüklenmesiniň  $\rho = 2$ -den  $\rho = 4$ -e çenli ýokarlanmagy bilen inkär edilmegiň ähtimallygynyň 0,211-den 0,451-e çenli ýokarlanýandygyny, hyzmat edilişiň ähtimallygynyň bolsa 0,789-dan 0,549-e çenli kemelýändigini görkezýär.

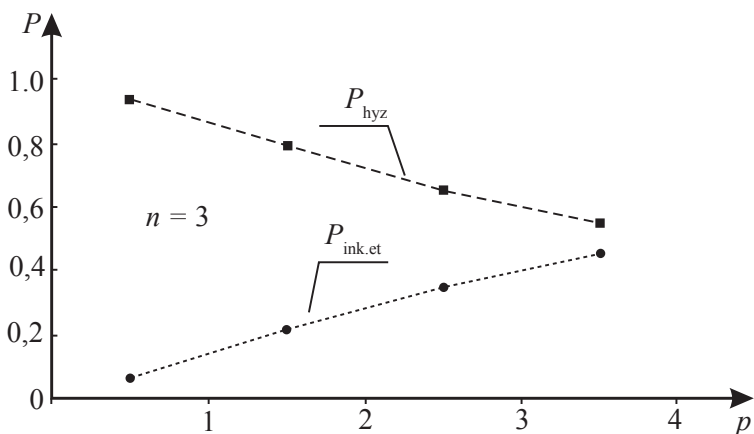
$n = \text{const}$  ýagdaýda hasaplaryň netijesi we  $\rho$ -iň 1-den 4-e çenli üýtgemeleri 13.2-nji tablisa görkezilen

13.2-nji tablisa

### Hasaplaryň netijesi we $\rho$ -iň üýtgemeleri

$\rho$	$n$	$P_0$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_{\text{ink.et}}$	$P_{\text{hyz}}$
1	3	0,375	0,375	0,188	0,063	0,063	0,937
2	3	0,159	0,318	0,318	0,212	0,212	0,788
3	3	0,077	0,213	0,347	0,347	0,347	0,653
4	3	0,042	0,168	0,336	0,451	0,451	0,549

$P_{\text{ink.et}}$  we  $P_{\text{hyz}} = 1 - P_{\text{ink.et}}$  grafikleriň aýratynlygy 13.4-nji şekilde görkezilen.



13.4-nji şekil.  $\rho = 1$ -den  $\rho = 4$ -e çenli ulgama ýüklenmäniň üýtgemeginde inkär etmek we hyzmat etmek ähtimallyklarynyň garaşlylygy

**Tablisa maglumatlary esasynda inkär etmek we hyzmat etmek ähtimallyklarynyň çyzyglarynyň gurluşy.**  $n$  we  $\rho$  uly sanlarynda ýagdaýlaryň ähtimallyklaryny hasap usuly bilen çykarmak kynlaşýar.

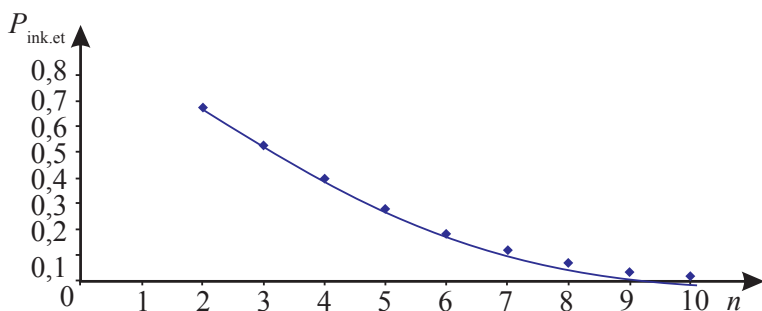
Şol ýagdaýda kompýuter programmalary we olar arkaly tablisalary gurmak ýagdaýlaryň ähtimallyklaryny anyklamagyň amatly usuly bolup durýar.

**Inkär edilmek ähtimallyklarynyň çyzygysy.** Inkär etmek ähtimallygynyň ( $P_{ink.et.}$ ) hyzmat edýän kanallaryň sanyna baglylygynyň grafigini 13.3-nji tablisanyň maglumatlaryndan peýdalanmak arkaly gurmak bolýar.

13.3-nji tablisa

**Kanallaryň sanynyň inkär edilmek ähtimallygy**

$n$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{ink.et.}$	0,675 7	0,529 7	0,398 3	0,284 9	0,191 8	0,120 5	0,070 0	0,037 5	0,018 4



13.5-nji şekil. Inkär edijilik ähtimallygynyň kanallaryň sanyna garaşlylygy

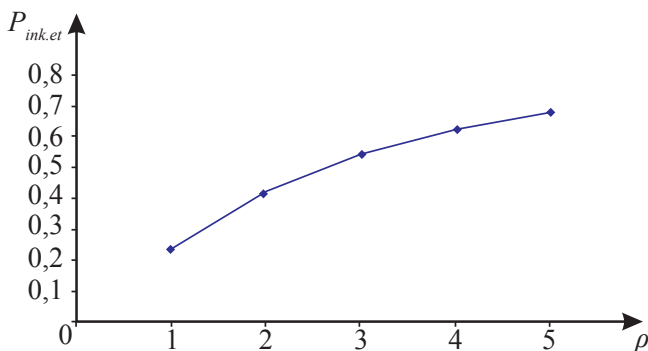
Kanallaryň sany artanda inkär etmek ähtimallygy peselýär.

Kanallaryň sanynyň hemişelik inkär edilmek ähtimallygynyň ulgama ýüklenmesine garaşlylygynyň grafigini gurmak üçin 13.4-nji tablisadan peýdalanylýar.

13.4-nji tablisa

Hemişelik sana görä inkär edilmek ähtimallygy

$\rho$	1	2	3	4	5
$P_{ink.et}$	0,2000	0,4000	0,5294	0,6154	0,6757



13.6-njy şekil. Inkär edilmek ähtimallygynyň ulgama ýüklenmesine garaşlylygy

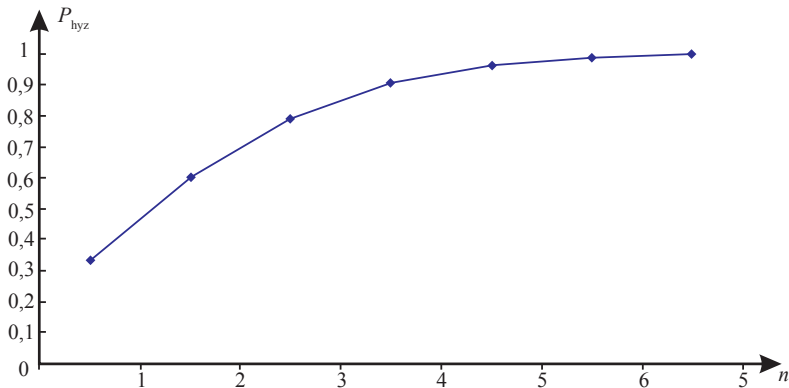
Ýüklenmäniň ýokarlanan we kanallaryň sanynyň üýtgemeyän ýagdaýynda hyzmaty inkär etmekliginiň ähtimallygy ýokarlanýar.

**Hyzmat ediş ähtimallyklarynyň grafigi.** Hyzmat etmek ähtimallygynyň kanallaryň sanyna we ulgama ýüklenme garaşlylygy tablisa görnüşinde 13.5-nji we 13.6-njy tablisalarda we grafiki görnüşde 13.7-nji we 13.8-nji şekillerde berlen.

Garaşlylyklar  $\rho = 2$  hem-de  $n = 3$  laýyklykda tablisalaryň bölekleri esasynda alyndy.

13.5-nji tablisa

$n$	1	2	3	4	5	6	7
$P_{\text{ink.et.}}$	0,6667	0,4000	0,2105	0,0952	0,0367	0,0121	0,0034
$P_{\text{hyz}}$	0,3333	0,6000	0,7895	0,9048	0,9633	0,9879	0,9966

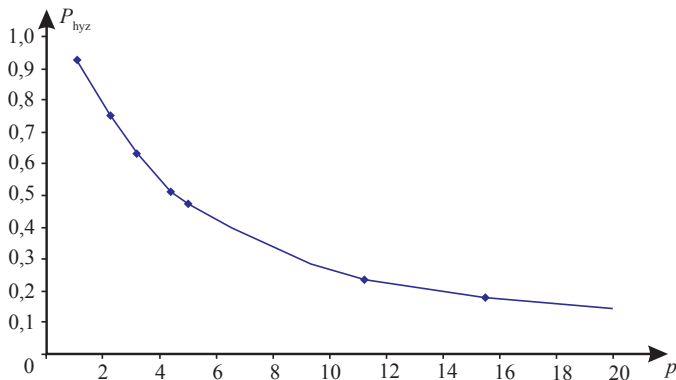


13.7-nji şekil. Hyzmat etmek ähtimallygynyň kanallaryň sanyna garaşlylygy

Kanallaryň sanynyň artan ýagdaýynda hyzmat etmek ähtimallygy ýokarlanýar.

13.6-njy tablisa

$\rho$	1	2	3	4	5	10	15	20
$P_{\text{ink.et.}}$	0,0625	0,2105	0,3462	0,4507	0,5297	0,7321	0,8140	0,8578
$P_{\text{hyz}}$	0,9375	0,7895	0,6538	0,5493	0,4703	0,2679	0,1860	0,1422



13.8-nji şekil. Hyzmat etmek ähtimallygynyň ulgama ýüklenmä garaşlylygy

Ýüklenme ýokarlananda hyzmat etmek ähtimallygy peselýär.

### 13.5. Inkär edijilikli KHEU-nyň hil görkezijilerini kesgitlemek

Funksionirlenmegiň we hyzmat etmegiň hil görkezijileriniň hasaplanylşy Erlang – 2 kompýuter programmasy arkaly amala aşyrylýar. Bu programma Paskal we C++ dilinde ýazylýar [29].

Aşakda Erlang – 2 programmasynyň algoritminiň esasy düzýän formulalar berlip, mysalyň hasabynyň netijeleri görkezilýär.

**Funksionirlenmegiň hil görkezijileri.** Inkär edilmek ähtimallygy:

$$P_{\text{ink.et}} = P_n = \left(\frac{\rho^n}{n!}\right) \cdot P_0, \quad (13.5)$$

$$P_0 = \left(\sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!}\right)^{-1} \text{ bolsa,} \quad (13.6)$$

hyzmat etmek ähtimallygy:

$$P_{\text{hyz}} = 1 - P_{\text{ink.et}}$$

Otnositel geçiş ukyby:

$$Q = P_{\text{hyz}}. \quad (13.7)$$

Absolýut geçiş ukyby:

$$A = \lambda \cdot Q. \quad (13.8)$$

Meşgul kanallaryň ortaça sany iki usul bilen anyklanylýar:

$$K_{\text{ort}} = \frac{A}{\mu} = \frac{\lambda \cdot (1 - P_{\text{ink.et}})}{\mu} = \rho \cdot (1 - P_{\text{ink.et}}) \quad (13.9)$$

ýa-da

$$K_{\text{ort}} = \sum_{k=0}^n k \cdot P_k. \quad (13.10)$$

Kanallaryň ýüklenme koeffisiýenti (görkezijisi):

$$K_{\text{yük}} = \frac{K_{\text{ort}}}{n}. \quad (13.11)$$

Hyzmatdan boş kanallaryň ortaça sany:

$$n_0 = n - K_{\text{ort}} \quad (13.12)$$

Kanallaryň saklanmak (durmak) koeffisiýenti:

$$K_n = \frac{n_0}{n}. \quad (13.13)$$

**Sargyda hyzmat etmegiň hil görkezijileri.** Ulgamdaky talapnamalaryň ortaça sany:

$$N_{\text{ulg.}} = K_{\text{ort}} \quad (13.14)$$

Talapnamanyň ulgama gelşiniň ortaça wagty (Littlyň formulasy):

$$\bar{t}_{\text{ulg}} = \frac{1}{\lambda} \cdot K_{\text{ort}}. \quad (13.15)$$

**Hasaplama mysaly:**

Hasap şu ýagdaý üçin taýýarlanýar:  $n = 3$ ,  $\lambda = 20$ ,  $\mu = 10$ ,  $\rho = 2$ .

**Funksionirlemegiň hil görkezijileri.**

Inkär edijilik ähtimallygy:

$$P_{\text{ink.et}} = \frac{\rho^n}{n!} \cdot \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!}} = \frac{2^3}{3!} \cdot \frac{1}{\sum_{k=0}^3 \frac{2^k}{k!}} = 0,211.$$

Hyzmat edijilik ähtimallygy:

$$P_{\text{hyz}} = 1 - P_{\text{ink.et}} = 1 - 0,211 = 0,789.$$

Otnositel geçirijilik ukyby:  $Q = P_{\text{hyz}} = 0,789$ .

Absolýut geçirijilik ukyby:

$$A = \lambda \cdot Q = 20 \cdot 0,789 = 15,78.$$

Meşgul kanallaryň ortaça sany:

$$K_{\text{ort}} = \frac{A}{\mu} = \frac{15,78}{10} = 1,578 \approx 1,58.$$



$A = \lambda \cdot Q = \lambda \cdot (1 - P_{\text{hyz}})$  nazarda tutup,

$$K_{\text{ort}} = \frac{\lambda \cdot (1 - P_{\text{hyz}})}{\mu} = \rho \cdot (1 - P_{\text{hyz}}) \text{ alýarys.}$$

$K_{\text{ort}}$  anyklamagyň başga usuly tötänleýin ululygyň ortaça bahasyny çykaryş formulany ulanmaga esaslanýar, ýagny:

$$K_{\text{ort}} = \sum_{k=0}^n k \cdot P_k$$

Bu ýagdaýda 13.7-nji tablisada getirilen sanlary alarys.

*13.7-nji tablisa*

$k$	$P_k$	$k \cdot P_k$
0	0,158	0
1	0,316	0,316
2	0,316	0,632
3	0,211	0,633

Iň soňky sütünde goýlan sanlary jemläp aşakdakyny alýarys:

$$K_{\text{ort}} = \sum_{k=0}^n k \cdot P_k = 1,58$$

Kanallaryň ýüklenme koeffisiýenti:

$$K_{\text{yük}} = \frac{K_{\text{ort}}}{n} = \frac{1,58}{3} = 0,526.$$

Hyzmat etmeden boş bolan kanallaryň ortaça sany:

$$n_0 = n - K_{\text{ort}} = 3 - 0,158 = 1,422.$$

Kanallaryň saklanmak koeffisiýenti:

$$K_n = \frac{n_0}{n} = \frac{1,422}{3} = 0,474 \text{ bolar.}$$

Erlangyň KHEU üçin ulgamyň talapnamalarynyň ortaça sany:

$$\bar{N}_{\text{ulg}} = K_{\text{ort}} = 1,58.$$

Onda Littliň birinji formulasyna laýyklykda aşakdakyny alýarys:

$$\bar{t}_{\text{ulg}} = \frac{\bar{N}_{\text{ulg}}}{\lambda} = \frac{1,58}{20} = 0,0789.$$

## PEÝDALANYLAN GYSGALTMALARYŇ SANAWY

**ÝOM** – ýokary okuw mekdepleri

**EHM** – elektron hasaplaýyş maşyny

**IBM** – *International Business Machines* – halkara işewürlük maşynlary (ABŞ-nyň kompýuter enjamlaryny we programma önümlerini öndürýän kompaniýasy)

**ABŞ** – Amerikanyň Birleşen Şatlary

**DAU** – dolandyryşyň awtomatlaşdyrylan ulgamy

**DIU** – dolandyryşyň iýerarhiýa ulgamlary

**EI** – emeli intellekt

**EF** – ulgamyň netijeliligi

**DU** – dolandyryş ulgamy

**DO** – dolandyryş obýekti

**MICIN** – lukmaçylykda ulanylýan antibiotik dermanlarynyň «-misin» goşulmasy

**DENDRAL** – organiki birleşmeleriň molekulýar düzümini anyklamakda ulanylýan ulgam

**DNK** – dezoksiribonuklein kislotasy

**KHEU** – köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamy

**KHEN** – köpçülikleýin hyzmat ediş nazaryýeti

**ATS** – awtomatlaşdyrylan telefon stansiýasy

**M/D/3, M/M/3** – bu ýerde **M** – talapnamalary Markowyň usuly boýunça paýlamak; **D** – Kendellanyň nyşanlary boýunça (d, e, m we ş.m.) aňlatmak; 3 – nobata duran kanallaryň sany

**RND** – Randomize – programmalarda bellibir aralykda tötänleýin sanlary almagyň funksiýasy

**RNDM** – Randomize – programmalarda bellibir aralykda tötänleýin köplük sanlary almagyň funksiýasy.

## PEÝDALANYLAN EDEBIÝATLAR

1. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. 1-12-nji tomlar. – A.: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2008–2019.
2. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Türkmenistanyň ykdysady strategiýasy: halka daýanyň, halkyň hatyrasyna. – A.: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2010.
3. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Türkmenistanyň durmuş-ykdysady ösüşiniň döwlet kadalaşdyrylyşy. I-II tomlar. Ýokary okuw mekdepleriniň talyplary üçin okuw gollanmasy. – A.: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2010.
4. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Bilim – bagtyýarlyk, ruhbelentlik, rowaçlyk. – A.: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2014.
5. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Türkmenistan Durnukly ösüşiň maksatlaryna ýetmegiň ýolunda. – A.: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2018.
6. «Bilim hakynda» Türkmenistanyň Kanuny. 2013.
7. «Innowasiýa işi hakynda» Türkmenistanyň Kanuny. 2014.
8. «Döwlet ylmy-tehniki syýasaty hakynda» Türkmenistanyň Kanuny. 2014.
9. «Türkmenistanda Internet torunyň ösüşini we internet-hyzmatlaryny etmegi hukuk taýdan düzgünleşdirmek hakynda» Türkmenistanyň Kanuny. 2014.
10. Türkmen diliniň düşündirişli sözlügi. I tom. A-Ž. – A.: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2016.
11. Türkmen diliniň düşündirişli sözlügi. II tom. K-Z. – A.: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2016.
12. Türkmenistanyň Konstitusiyasy (rejelenen görnüşi). – A.: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2016.
13. Türkmenistanda sanly bilim ulgamyny ösdürmegiň Konsepsiyasy. 2017-nji ýylyň 15-nji sentýabry.
14. Türkmenistanda 2019-2025-nji ýyllarda sanly ykdysadyýeti ösdürmegiň Konsepsiyasy. 2018-nji ýylyň 30-njy noýabry.
15. Türkmenistanyň Prezidentiniň ýurdumyzy 2019–2025-nji ýyllarda durmuş-ykdysady taýdan ösdürmegiň Maksatnamasy. – A.: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2019.
16. «Kiberhowpsuzlyk hakynda» Türkmenistanyň Kanuny. Aşgabat, 2019.
17. «Elektron resminama, elektron resminama dolanyşygy we sanly hyzmatlar hakynda» Türkmenistanyň Kanuny. Aşgabat, 2020.
18. Babakulyýew M., Muhammetberdiyew Ö. Maglumatlar tilsimatlarynyň adalgalarynyň sözlügi. – A.: Ylym, 2004.
19. Iwanow B., Atdaýewa O., Sarygulow D., Annamämmedow A., Artykowa A. Ykdysadyýetde we dolandyryşda Internet. – A.: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2016.
20. Iwanow B., Atdaýewa O., Seýithanowa G., Bäşimowa G., Myradow A., Sarygulow D., Arlanowa A., Orazow B. Maglumatlar bazalary. – A.: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2016.

21. Iwanow B., Kerimberdiýewa Ş., Atdaýewa O. Hünärmeniň awtomatlaşdyrylan iş ýeri. – A.: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2016.
22. Iwanow B., Ýazhanowa H., Ýazgylyjow A., Atdaýewa O., Kerimberdiýewa Ş., Şükürow G., Seýithanowa G., Bäşimowa G., Ýowjanow Ö., Arlanowa A. Ykdysadyýetde maglumat ulgamlary we tehnologiýalary. – A.: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2017.
23. Iwanow B., Ýazgylyjow A., Atdaýewa O., Kerimberdiýewa Ş., Bäşimowa G., Orazow B. Maglumat ulgamlaryny taslamak. – A.: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2017.
24. Godinez M. etc. The Art of Enterprise Information Architecture. A., Systems-Based Approach for Unlocking Business Insight. IBM Press, 2010.
25. Java Server Programming. Java EE5 (J2EE 1.5). New Delhi, DreamtechPress, 2010.
26. Вирда А. Основы кибернетики: учебное пособие. – Кубань, 2018.
27. Загарулько Ю.А. Искусственный интеллект. Инженерия знаний. – Москва, 2019.
28. Кобринский Н.Е. Экономическая кибернетика. – Москва. 1967, переиздание 2012.
29. Лазебник В.М. Экономическая кибернетика, – Москва. 2008.
30. Новиков Д.А. Кибернетика. Новигатор: история кибернетики, современные состояние, перспективы развития. – Москва, 2019.
31. Розанов Л.Б. Основы кибернетики. – Омск: Изд-во ОмГТУ. 2009.
32. Толочев С.Ф. Нейронное программирование. – Санкт-Петербург, 2016.
33. Хакен Г. Синергетика: в 2-х частях, перевод с англ. – ФРГ, 2015.
34. Internet saýtlary:  
Большая советская энциклопедия. HTTP//словари. Яндекс.ру.  
Свободная энциклопедия. HTTP // ru. Википедия. орг.  
Кибернетическая энциклопедия. I том. Киев. Украинская главная редакция. 1975. 12 стр.  
[www.turkmenistan.gov.tm](http://www.turkmenistan.gov.tm)  
[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)  
[www.3dnews.ru](http://www.3dnews.ru)  
[www.emoney.ru](http://www.emoney.ru)  
[www.business-services/strategic-management-consulting.com](http://www.business-services/strategic-management-consulting.com)  
[www.businessdictionary.com](http://www.businessdictionary.com)  
[www.strategic-alliances.org](http://www.strategic-alliances.org)  
[www.foreign-trade.com/reference/incoterms.cfm](http://www.foreign-trade.com/reference/incoterms.cfm)  
[www.matrixgroup.net](http://www.matrixgroup.net)

## MAZMUNY

Giriş.....	7
------------	---

### I BAP. YKDYSADY KIBERNETIKANYŇ ESASLARY

1.1. Ykdysady kibernetikanyň maksady we meseleleri .....	10
1.2. Kibernetika barada umumy düşünje .....	11
1.3. Kibernetikanyň ösüş taryhy .....	14
1.4. Ylym ulgamynda kibernetikanyň orny we beýleki ylmymlar bilen arabaglanyşygy.....	16
1.5. Kibernetikanyň gurluşy.....	18
1.6. Ykdysady kibernetikanyň düzümi .....	19
1.7. Dürli amaly ugurlarda kibernetiki ulgamlary gurmagyň ýörelgeleri .....	20
1.8. Sanly ykdysadyýeti ösdürmekde kibernetikanyň tutýan orny .....	21

### II BAP. KIBERNETIKADA MAGLUMAT

2.1. Maglumat barada düşünje we olary mukdar taýdan ölçemek.....	25
2.2. Maglumatlaryň esasy aýratynlyklary .....	26
2.3. Maglumatyň kesgitsizlik häsiýetleri .....	30
2.4. Maglumatlaryň şertli belgiler bilen aňladylmagy .....	33
2.5. Ykdysady maglumat. Maglumatlaryň semiotikasy.....	35

### III BAP. ULGAM. KIBERNETIKI ULGAMLAR

3.1. Ulgamyň düzümi, mazmuny we häsiýetleri.....	39
3.2. Ulgam maglumatlary özgerdiji hökmünde .....	40
3.3. Çylşyrymly ulgamlarda entropiýa we öz-özüňi dolandyrmak.....	40
3.4. Ulgamyň abstrakt derejeleri.....	43
3.5. Çylşyrymly ulgamlar .....	44
3.6. Ulgamlaryň toparlara bölünişi .....	47
3.7. Ulgamyň gidişini (ýerine ýetirilişini) resmileşdirmek.....	51
3.8. Ykdysady ulgamlar .....	55

### IV BAP. DOLANDYRYŞ. KIBERNETIKI ULGAMLARDA DOLANDYRYŞ

4.1. Ulgamda dolandyryş düşünjesi .....	57
4.2. Dolandyrmagyň ýörelgeleri we kanunlary.....	58

4.3. Dolandyrylýan we dolandyryjy ulgamlar .....	59
4.4. Gomeokinetik täsirler.....	61
4.5. Öz-özünü dolandyryýan ulgamlar barada düşünje. Entropiýa we negentropiýa .....	62

#### **V BAP. KIBERNETIKADA IŞLÄP TAÝÝARLAMAGYŇ ÝÖRELGELERI**

5.1. Kibernetikada «dürlülük» ýörelgeleri.....	64
5.2. «Emerjentlik» baradaky düşünje.....	64
5.3. Dekompozisiýa we iýerarhiýa ýörelgesi.....	66

#### **VI BAP. KIBERNETIKADA IŞLÄP TAÝÝARLAMAGYŇ USULLARY**

6.1. Işläp taýýarlamagyň düýpli usuly .....	68
6.2. Ulgamlaýyn seljeriş .....	69
6.3. Kibernetikanyň esasy nazaryýeti .....	71

#### **VII BAP. MODELIRLEMEK**

7.1. Model we modelirlemek düşüňjeleri. Modelleri gurmagyň taryhy .....	74
7.2. Modeli düzmegiň we seljermegiň tapgyrlary .....	77
7.3. Izomorfizm we gomomorfizm.....	79
7.4. Matematiki modelirlemek.....	80
7.5. Matematiki modelleri işläp düzmegiň we ulanmagyň zygiderliligi.....	82
7.6. Modelleri toparlara bölmek.....	84
7.7. Modelirlemegiň usulyýeti .....	87

#### **VIII BAP. YKDYSADY TAÝDAN MODELIRLEMEGIŇ ANALIZI WE SINTEZI**

8.1. Ykdysady ulgamy seljermegiň dekompozision ýörelgeleri.....	90
8.2. Dolandyryşyň iýerarhik ulgamlarynda utgaşdyrmak.....	94
8.3. Dekompozision amallaryň usullary .....	100

#### **IX BAP. EMELI INTELLEKT ULGAMY**

9.1. Emeli intellekt ulgamy barada düşünje we onuň taryhy esasy düzgünleri.....	103
9.2. Anyk däl ulgamlar.....	109
9.3. Dolandyryşda anyk däl ulgamlar .....	111

## **X BAP. NEÝROKIBERNETIKA WE EMELI INTELLEKT**

10.1. Neýron tor ulgamlary .....	115
10.2. Ekspert ulgamy .....	121
10.3. Genetiki algoritmler .....	123

## **XI BAP. YKDYSADY ULGAMLARYŇ OPTIMIZASIÝASY**

11.1. Köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamynyň we ätiýaçlyk gurlaryny dolandyrýan ulgamlaryň optimizasiýasy .....	125
11.2. Birnäçe tapgyrlaryň arasyndaky çeşmeleriň optimal paýlanylyşy .....	133
11.3. Birnäçe obýektleriň arasynda çeşmeleri optimal paýlamak .....	139

## **XII BAP. KÖPÇÜLIKLEÝIN HYZMAT EDIŞ ULGAMY**

12.1. Köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamynyň esasy häsiýetleri we meseleleri .....	143
12.2. Ýönekeý KHEU-nyň düzümi .....	147
12.3. Köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamynyň toparlary .....	158
12.4. Hadysalaryň akymy .....	162
12.5. Hadysalaryň tötänleýin akymy .....	164
12.6. Markowyň tötänleýin hadysalary .....	168
12.7. Kolmogorowyň deňlemeleri .....	178
12.8. Erlangyň modeli .....	191
12.9. Köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamynyň imitasiýa modeli .....	194

## **XIII BAP. KÖPÇÜLIKLEÝIN HYZMAT EDIŞ ULGAMYNÝŇ ANALIZI WE SINTEZI**

13.1. KHEU-nyň analiziniň we sinteziniň meseleleriniň häsiýetnamasy .....	211
13.2. Inkär edijilikli köpçülikleýin hyzmat ediş ulgamynyň derňewi ...	213
13.3. Inkär etmegiň we hyzmat etmegiň ähtimallyklarynyň kesgitlenilişi .....	214
13.4. Ähtimallygyň hasaplalarynyň esasynda çyzgysynyň gurluşy .....	217
13.5. Inkär edijilikli KHEU-nyň hil görkezijilerini kesgitlemek .....	223
Peýdalanylan gysgaltmaryň sanawy .....	226
Peýdalanylan edebiýatlar .....	227

*Hesel Ýazhanowa, Aknabat Artykowa*

# YKDYSADY KIBERNETIKA

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

Redaktor	<i>A. Kiçiyew</i>
Teh. redaktor	<i>O. Nurýagdyýewa</i>
Surat redaktory	<i>P. Pürmyradow</i>
Kompýuter bezegi	<i>M. Atajanowa, B. Mämmetgurbanow</i>
Neşir üçin jogapkär	<i>B. Iwanow</i>

Çap etmäge rugsat edildi. 11.11.2020. Ölçeği 60 x 90 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>..  
Şertli çap listi. 14.5. Hasap neşir listi. 11.92.  
Şertli reňkli ottiski. 35.38. Çap listi. 14.5  
Sargyt № 1535.. Sany. 500.

Türkmen döwlet neşirýat gullugy.  
744000. Aşgabat. Garaşsyzlyk şaýoly, 100.

Türkmen döwlet neşirýat gullugynyň Metbugat merkezi.  
744015. Aşgabat. 2127-nji (G. Gulyýew) köçe, 51/1.