

TÜRKMENISTANYŇ BILIM MINISTRIGI

TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY

G.T.Taýjanow

ULGAMLARY MODELIRLEMEK

Hünär: Maglumatlary işläp taýýarlamagyň we dolandyrmagyň awtomatlaşdyrylan ulgamlary

Aşgabat 2010

GIRIŞ

Kompýuter tehnologiýasy – iň ýaş ugurlaryň biridir. Kompýuter tehnologiýasynyň ösüş taryhy beýlekilere garaňda kän bir uly döwri alýan däldir – 40-50 ýyl. Kompýuter tehnologiýasy, tehnikasy diýen adalgalary bolsa ondan hem ýaşdyr. Bilişimiz ýaly, ilkiňde elektron-hasaplaýyş maşyn, hasaplaýyş tehnikasy diýen adalgalary ulanylardy. 20 ýyldan bäri bolsa EHM diýlen adalga ýuwaş-ýuwaşdan ýitip kompýuter adalga öz ornuny berdi, tehnika bolsa öňküleri ýaly hasaplaýyş dälde kompýuter tehnikasy diýlip atlandyrylýar.

Kompýuter tehnologiýasy ýaş bolmak bilen, dünýäde öňdebaryjy ugurlaryň biri bolup durýar. Häzirki wagtda habarlar-aragatnaşyk tehnologiýalaryň ýokary depginde ösýändigini barada aýdylýar. Öýjükli telefon aragatnaşygyň, maglumat tehnologiýalaryň ösmegi muňa subut bolup durýar. Şol tehnologiýalaryň düzümine çuňlaýyn seredilen mahalynda olaryň kompýuter ugruna esaslanýandygyna göz ýetirmek bolýar.

Öz gezeginde, kompýuterler öz düzüminde tehnikanyň başga ugurlarynyň soňky derejelerini jemländir. Bu bolsa onuň bilen işlemegi diňe ýeňillemän, eýsem amatly edip goýýar.

Türkmenistan dünýä ösüşiniň gapdalynda durman, kompýuter tehnologiýalaryň soňky gazananlaryny ulanmaklyga ymtylýar. Ýurdumyzda öňdebaryjy tehnologiýalary öwrenmeklik boýunça uly işler alnyp barylýar. Şol işlerde Hormatly Prezidentimiziň ýardam bermegi olaryň tiz depginde amala aşmagyny üpjün edýär. Ýurdumyzyň Baştutany öz gymmatly wagtyny tygşytlanman dünýäniň ösüşindäki ymtylyşlara üns berýär we olaryň has netijelilerini döwletimizde gerekli ugurlarda ornaşdyrylmagyna ýardam berýär.

Täze galkynyşlar zamanasynda ýurdumyzda islendik pudagyň önünde täze meseleler goýuldy. Şol meseleleri üstünlikli çözmek üçin diňe bir tehnologiýalar ýeterlikli däl. Şol tehnologiýalary ulanyp biljek ýokary derejeli hünärmenler zerur.

Kompýuter tehnologiýalary öz düzümine birnäçe ugurlary we dersleri alýar. Olara umuman aýdanyňda maksatnama düzme, multimediyä tilsimatlary, grafika we bezeg işleri, tory dolandyрма, amallar ulgamy we maksatnama üpjünçiligi, kompýuteriň içki gurluşy we ş.m. degişli etmek bolýar.

Kompýuterler bir wagtyň içinde birnäçe amallary ýerine ýetirýärler. Mysal üçin şol bir wagtyň içinde ol çylşyrymly hasap işleri, çap etmegi, ses çykarmagy, faýllar bilen işlemekligi we ş.m. amala aşyryp bilýär.

Häzirki wagtda kompýuterler önümçiligiň islendik pudagynda giňden ýaýrandyr. Şonuň üçin hem hasaplaýyş tehnikasy bilen tanyşlyk talypalaryň haýsy hünär boýunça bilim alýandygyna garamazdan öwrenilýär.

Ýokarda aýdyşymyz ýaly Täze Galkynyş zamanasy täze talaplary bildirýär. Her bir hünäriň öz aýratynlygy bar hem bolsa, onuň kompýuter tehnikasy bilen iş salyşýan meseleleri hökman bardyr.

I BÖLÜM

Ulgam modelirllemegiň esasy düşüňjeleri

§1.1. Ulgamlary modelirllemekde ulgam ýolynyň usullary

Häzirki döwürde uly ulgamlaryň derňewinde we sintezinde ulgam ýoly ösüşe eýe bolýar.

Usullar tapawutly. Soňky görnüşi hususy eýeçilikden umumy görnüşe sintezirlmegi talap edýär we onuň komponentlerini birikdirmek bilen bolýar. Bu ýagdaýdan tapawutly ulgam ýoly umumydan aýratynlyga eltmegi makul bilýär, onuň esasynda hem maksat bar, şeýdip obýekt daş töwerehinden bellenilip çykarylýar.

Awtomatlaşdyrylan dolandyрма ulgamlary ulanyjy we taslaýjy hünärmentler dolandyрма ulgamlaryň dürli derejeleri bilen iş çalyşýärlar , olar öz gezeginde bir maksat bilen baglanyşan bolýar. S ulgam- bu maksada ugrukdyrylan islendik tebigatly arabaglanyşykly elementleriň toplumydyr. Daşky E sreda- ulgamdan daşary ýerleşen islendik tebigatly elementleriň toplumydyr, olar ulgama täsirlidir. Derňeme maksadyna baglanyşykly S obýekt bilen daşky sreda dürli gatnaşyklara garalmagy mümkin. Şeýdip synlaýjynyň oturan derejesine laýyklykda derňeme obýektine dürli taraplaýyn seredip bolar we şol obýektiň daşky sreda bilen baglanyşygyny kesdgitläp bolar .

Ylymyň we tehnikanyň ösmegi bilen obýektiň özi çylşyrymlaşýar we şu sebäpli obýekte eýýäm uly bir biri bilen baglanyşykly komponentleriň bir bitewi ulgamy hökmünde garalýar. Şu sebäpli uly ulgamlar gurmakda we olaryň derňewinde we sintezinde ulgam ýolyny ulanyljak bolsa, ilki bilen ulgam ýolynyň özünü kesgitlemeli. Materialistiki dialektika bilen ulgam ýolynyň (podhodynyň) arasynda gapma-garşylyk ýok. Ulgam ýoly (podhody)- bu umumy tebigatyň ösüşiniň umumy kanunlary barada ylym we ol dialektiki ylymyň bir bölegi. Ulgam ýolynyň (podhodynyň) dürli kesgitlemeleri bar, emma has anyňyna ýewtirýän modelirovaniýe bolýandyr. Şu sebäpli gaty wajyp E daştöwereginden S ulgamy saýlatdyrmak we umumy ulgam pozisiýalaryndan düşündirmek. Ulgam modelirllemeginde ulgam ýolynda (podhodynda) hökmany ilki bilen modelirllemäniň maksadyny bilmeli. Doly real funksionirleýän ulgamy modelirläp bolmaýar (ulgam original ýada birinji ulgam), şu sebäpli (ulgam model ýada ikinji ulgam) modeli döredilýär. Şeýlelikde modelirlleme meselelerinden modelirlenýän modele haýsy elementleriň girýändigini çözüň kriteriýi kesgitlep başlaýarlar. Şu sebäpli döredilýän M modele girýän elementleri saýlama kriteriýasy bolmaly.

Ulgam ýoly (podhody) üçin ulgam strukturasyny diýlen düşüňje wajyp bolýar. Ulgam strukturasyny aýratyn podsisimalaryň we olaryň gatnaşyklarynyň üsti bilen öwrenip bolýar we içgin , ýagny ýerine ýetirilýän funksiýalaryň üsti bilen öwrenip bolýar. Şeýlelikde ulgam strukturasyny öwrenmekligiň iki ýoly (podhody) bar, ýagny struktura we funksional görnüşleri .

Srtuktura ýolynda (podhodynda) S ulgamyň saýlama elementleri saýlanylýar we olaryň baglanyşygy kesgitleňýär. Elementleriň baglanyşygy ulgamyň

strukturasy barada maglumat berip bilýär. Strukturanyň has umumy düşündirilşi- bu topologiki düşündiriş, ol öz gezeginde ulgamyň bölek bölümlerini kesgitlep bilýär we has gowusy graflaryň üsti bilen düşündirilýär. Ulgamy özüni alyp barylşynyň we ýerine ýetýän funksiýalaryň derňewi funksional ýolyna (podhoda) degişli, bärde funksiýalar bahalandyrylýar. Funksiýa bir häsiýeti kesgitleýär, häsiýet bolsa S ulgam bilen E sredanyň baglanyşygyny kesgitleýär, şu sebäpli häsiýetler S_{ij} elementleriň häsiýetleri bilen aňladylýar. Deňeşdirme etalony bar bolsa, ulgamyň hil we san häsiýetlerini girizip bolýar. San häsiýetler üçin ýörite häsiýetnama bilen etalonyň arasyndaky gatnaşyklary aňladýan sanlar girizilýär. Ekspert bahalandyrmanyň üsti bilen hil häsiýetlerini bilip bolýar. $S(t)$ wagta ulgamyň funksiýalarynyň ýüze çykyşy – bu ulgam funksionirlemesi bolup, Z ýagdaý meýdançasasynda ulgamyň bir ýagdaýdan beýleki ýagdaýa geçişi bolýar. S ulgam ekspluatasiýasynda onuň funksionirleme hili uly wajyplyga eýe, onuň hili effektiwlik hili bilen kesgitlenýär. Effektiwligi bahalandyryjy kriteriýany saýlamagynyň köp ýollary bar. Ulgam bir näçe kriteriýalar bilen bahalandyrylyp bilner, ýada bir umumy integral kriteriýa bilen bilnip biler. Döredilýän M model ulgam podhody tarapyndan ulgam diýlip hasaplanylýar we ol daşky sreda görä hem derňelip bilner. Modeliň aýratyn bölümleriniň arabaglanyşygynyň öwreniji ýönekeý podhody- obýekt podsistemalarynyň baglanyşyklarynyň görkezijisidir. Şeýle klassiki model ýönekeý modelleri döretmekde ulanylyp bilner. Modelirlenäniň niýetlenen real obýekt aýratyn podsistemalara bölünip, başlangyç D berilenler kesgitlenýär we Q maksatlar goýulýar, olar modelirlenäniň prosesleriniň dürli taraplaryny aňladýarlar. D berilenler boýunça ulgam funksiýonirlemegiň taraplary kesgitlenýär we şol bazada boljak modeliň K komponenti kesgitlenýär. Şeýlelikde klassiki podhodyň bazasynda M modeli döretmeklik- aýratyn komponentleri bir bitewlilige jemlemek, her komponent modeliň beýleki bölümlerden aýratynlykda bolup öz hususy meselelerini çözmek bilen bolýar. Şu sebäpli haýsam bolsa bir modeli bölekleyin etmek üçin klassiki podhodyny ulanmak amatly bolýar. Has çylşyrymly obýektler üçin şeýle ýagdaý mümkin däl, sebäpli bu konkret takyk programma tehnikisi serişdelerde modelini gurnamak uly çykdaýjylara getirýär. Klassiki podhodyň iki teraby bar, ýagny kiçiden umumylyga ýöremek we aýratyn komponentleri jemlemek.

Modelirlenýän obýektleriniň çylşyrymlaşmagy olara ýökarky derejeden garmaklygy talap edilýär. Bu ýagdaýda serediji S ulgama belli bir metasistemanyň podsistemasy hökmünde garaýar, bu ýagdaý oňa täze bir metasistemanyň bölegini gurmaklygyna mümkinçilik berýär. Uly real ulgamlary derňemek zerurlygy bilen baglanyşykly ulgam podhody sistemoteknikada ulanylyş tapýar. Ulgam podhodynyň döreýşine taslamada emele gelýän başlangyç berilenler, çylşyrymly stostastiki baglanyşyklary hasaba almak täsir edýär. Şu sebäpleriň hemme çylşyrymly obýekti daşky sredanad izolirlenän öwrenmekligi talap etdi. Ulgamyň her etapynda we modeli gurnamak etapynda emele gelýän ähli faktorlary we mümkinçilikleri nazara alyp ulgam podhody çylşyrymly ulgamy gurnamaklygy mümkinçilik berýär. aýratyn dagyn podsistemalžardan S ulgam dursa hem şoňa ulgam podhody bir bitewi integrirlenen diýlip hasaplatdyrýar. Şeýlelikde ulgam podhodynyň netijesinde ulgama integrirlenen hökmünde

garatdyrýar. D başlangyç berilenlere baglanyşykly we we daşky ulgamyň derňewine baglanyşykly , goýulýan gyraky şertlere we funksionirlemäniň maksadyna laýyklykda T talaplar kesgitlenýär. Şu talaplaryň bazasynda P podsystemalar, E elementler formulirlenýär we has çylşyrymly ulgamy düzüji saýlaw sintezine ýüz tutulýar. Modelirleme prosessinde ulgam modeliniň maksimal effektiwligini gazanmalydyr. Effektiwlik ekspluatasiýa(ulanyş) netijesinde alynýan käbir alnan netijeleriniň we ulgama edilen çykdaýjylarynyň tapawudy hökmünde çykyş edýär . Ulgam podhodynda taslamanyň iki derejesi tapawutlandyrylyp bolýar. Makrotaslama we mikrotaslama.

Makrotaslama tapkyrynda berilen real S we daşky E sredasynyň berilenleri esasynda model gurnamak üçin serişdeler we şertler ýüze çykarylýar , model we ulgam , kriteriýalar saýlanylýar we olar öz gezeginde model real ulgama gabat gelýämi ýada ýok diýlen soraga jogap berdirýärler. Ulgam funksionirlemesinde effektiwliginiň kriteriýasy esasynda gurnalan modelniň optimal dolandyрма strategiýasyny (ýagdaýyny) saýlaýarlar , ol öz gezeginde real S ulgamyň aýratyn funksionirleme taraplaryny kesgitläp bilýär. Mikrotaslama modeli köplenç saýlanan modelniň konkret tipine bagly bolup durýar. Immitasiýa modeli ýagdaýynda hökmany ulgam modelirlemesiniň maglumat, matematiki, tehniki, programma üpjünçiligini üpjün etmeli. Bu tapkyrda döredilen modelniň esasy häsiýetlerini kesgitläp bolýar , onuň bilen işlemegiň wagtyny kesgitläp bolýar, talap edilen hili almak üçin edilen çykdaýjylary bilip bolýar. Ulanýlýan M modelniň tipine baglanyşyksyz ulgam podhodyň käbir prinsiplerini nazara tutmaly bolýar: modeli gurnamak ugry boýunça ýöremek, maglumat, serişde, ygtybarlyk häsiýetlerini derňemek, ulgam modelirlemesinde iýerarhiýanyň aýratyn derejeleriniň gatnaşygy, model gurnaýan tapkyrlarynyň bitewliligi.

M model talapa laýyk goýlan maksada laýyk bolmaly, şonuň üçin aýratyn bölümleri bilelikde komponirlenmeli, bir ulgam meselesinden ugur almaly. Maksat hil taýdan kesgitlenip biliner we ol uzak wagtlaп berilen ulgam modelirlemäniň obýektiv mümkinçiliklerini aňladyp biler. Maksadyň san formulirowkasynda maksat funksiýasy emele gelýär, ol maksada ýetmek üçin has zerur taraplary öz içine alýar. Modeli gurnamak ulgam meselelere girýär, olar çözgütlerinde uly başlangyç berilenleriň orny uly. Şu şertlerde ulgam podhodyny ulanmaklyk real obýektiň modelini gurnamaklyga mümkinçilik berýär we şol modelniň bazasynda köp dolandyрма maglumaty ýygnama usuly bolýar. Onuň görkezijilerini derňemek we dolandyrmak mümkinçiligi bar we şu esasyda has amatly ýollary (wariantlary) tapmaga mümkinçilik berýar.

§1.2. Ulgam modelirleme problemasyň umumy häsiýetnamasy

Ulgam derňewleriň ösmegi bilen, rewal wakalary öwrenmegiň eksperimental usullaýrynyň giňelmegi abraýa abstrakt usullar eýe bolýar, täze ylym ugurlary emele gelýär, aň zähmediň elementleri awtomatlaşdyrylýar. Real ulgamlary döretmekde derňewiň we sinteziň matematiki usullary uly abraýa eýe bolýarlar, bir näçe açyşlar nazary esaslara esaslanýar. Emma ýatdan çykarmaly däl zatlaryň biri

–bu amaly tejribelikdir, sebäbi islendik matematiki ylym amaly bilime esaslanandyr.

Derňewiň we sinteziň nazary (teoretiki) usullarynyň ösmegi bilen real obýektleriň öwrenmekligiň eksperimental usullary emele gelýär we ösýär. Eksperiment hemişe esasy öwreniji serişde hökmünde çykyş edýär. Modelirleme real prosesini täzeden kesgitlep bilýär we onuň eksperimental öwrenişini ýeňilleşdirip bilýär. Modelirleme düşüňjesiniň özi hem ýeňilleşýär. Öňler modelirleme hökmünde bir real prosesiniň gidişi göz önümize gelen bolsa, indi hem fiziki hem matematiki eksperimentleriň goýluşy ýatyr.

Real hakykaty bilmek gaty çylşyrymly we uzak prosesdir. Uly ulgamyň funksionirlenmeginiň hilini kesgitlemek, optimal strukturany we özüni alyp barmak algoritmini saýlamak, goýlan maksada laýyk ulgamy gurnamak- bu häzirki döwrüň ulgamlary döretmegiň esasy problemsydyr. Şu sebäpli modelirlemegi uly ulgamlary derňemekde we taslamakda usullaryň biri hökmünde garap bolýar. Modelirleme aň we real eksperimente bazalanýandyr. Analogiýa- bu öwrenilýän hadysanyň düşündirilşi, çyn kriteriýasy bolsa diňe amaly, tejribe we synag bolar. Häzirki döwür gipotezalar(pikirler) nazary taýdan döredilip, olar tejribe bilen baglanyşykly bolýarlar. Real prosesleri düşündirmek üçin gipotezalar (pikirler) sürülýär, olary subut etmek üçin eksperiment goýulýar. Nazary pikirler logiki taýdan düşündirilýär. Eksperiment hökmünde belli bir hadysalary yzarlaýan we derňeýän proseduralara aýdyp bolýar. Eger synlaýjy bolýan prosese diňe synlaýan bolsa, onda ol eksperimente passiw diýilýär, eger synlaýjy özi hem prosese goşulýan bolsa, onda eksperimente aktiw diýilýär. Soňky döwürde aktiw eksperiment ýaýran, sebäbli onuň esasynda kritiki ýagdaýlary ýüze çykaryp bolýar, gyzykly kanunalaýyklary bilip bolýar, eksperimentiň gaýtalama mümkinçiligi bolýar we ş.m.

Modelirlemäniň islendik tipinde bir real obýektiň häsiýetlerinde bazalaşan haýsam bolsa bir model ýatýar. Obýektiw taýdan real obýekt belli bir formal struktura eýe, şu sebäpli islendik model üçin käbir struktura bolmaly.

Modelirlemäniň netijesinde maglumat informasion prosesler ýatýar, sebäbi M modeliň gurulmagy real obýektiň maglumatynda bazalanýar. Modeliň realizasiýasy netijesinde berilen obýekt barada maglumat önýär, bir bada eksperiment netijesinde dolandyryjy maglumat emele gelýär, wajyp ýeri maglumatlaryň üstünde işlemeklik tutýar. Umuman maglumat prosesiniň düýbünde ýatýar. Modelirleme obýekti çylşyrymlaşýar. Modelirleme obýekt hökmünde çylşyrymly organizasion- tehniki ulgamlar çykyş edýär, olary öz gezeginde uly ulgamlara goşup bolýar. Öz düzümi boýunça M model S(M) ulgamyň bölegi bolýar we ony hem uly ulgamlara goşup bolýar. Bulara degişli käbir aýtmalar:

1. M modeliň alyp barşyny kesgitleýän maksat. Bu ýagdaýda modeller bir maksatly bolup bilýäärler, ýagny bir meselöni çözüýän bolýarlar we köp maksatly bolýarlar.
2. M modeliň çylşyrymlygyny içindäki elementleriň we baglanyşyklarynyň sany bilen kesgitlep bolýar elementleriň dürlüligi boýunça iýerarhiýany, aýratyn podsistemalary, giriş we çykyjy ýollary kesgitlep bolýar.

3. Bitewilik. Bitewilik M modeliň amatly bitewililigini aýdýar, öz içine bir näçe elementleriň girýändigini aýdýar.

4. Tertip stratasy, ýagny maksada ýetmekligiň effektiwligini aňladýar.

Adaptiwleme. Adaptiwleme uly gurnalan ulgamyň häsiýetnamasy. Adaptiwlige baglylykda daşky dürli täsirlere uýgunlaýdyryp bolýar. Köplenç daşky sredany üýtgedip ulgamyň özüni alyp barşyny synlaýarlar. M model çylşyrymlygy sebäpli, şu sebäpli daşky täsior soraglara jogap gaty wajyp bolýar.

Modelirleme ulgamyň organizasion strukturasy köplenç modeliň çylşyrymlygyndan we modelirleme serişdeleriň ösüş derejesine bagly. Modelirleme meýdançasynnda soňky sepgitleriniň biri hökmünde maşyn eksperimentler üçin immitasion modelleriň ulanykyp bilinşi bolýar. Hökmany tehniki serişdeleriň optimal organizasion strukturasy bolmaly, informasion, matematiki, programma üpjünçilikleriň derňewi bolmaly.

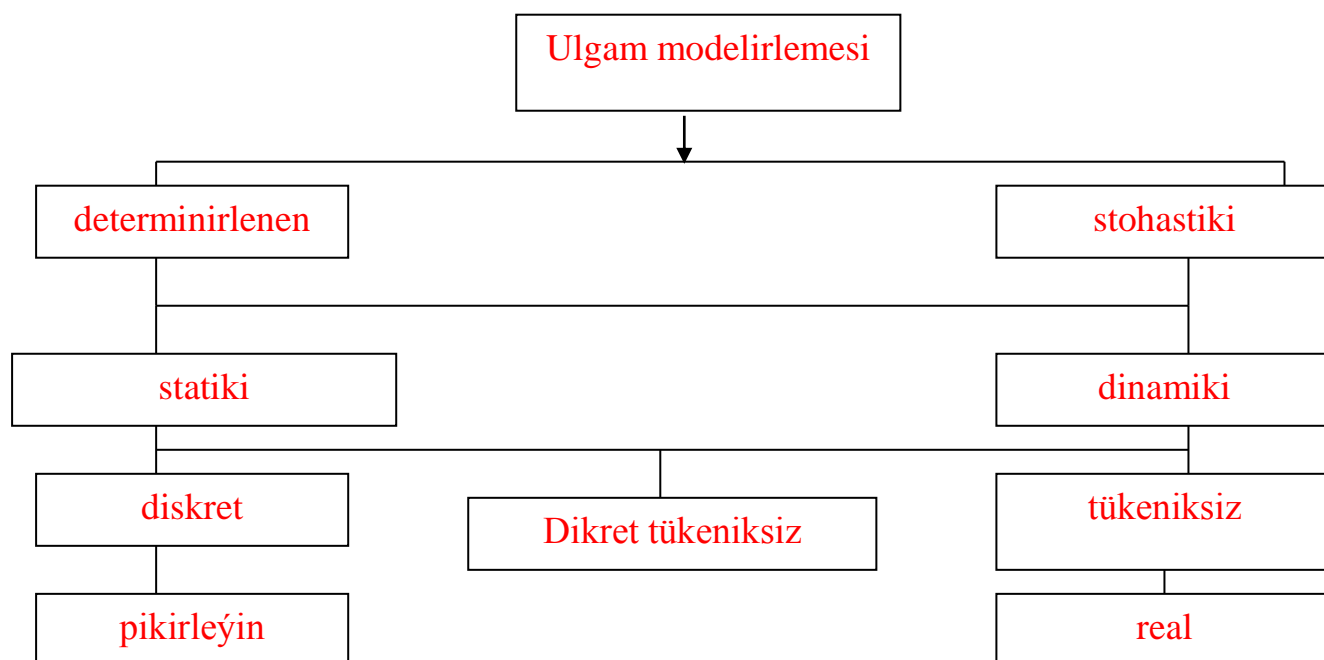
Eksperimentatorlar lar tarapyndan modeli dolandyrmak mümkinçiligi bolmaly, bärde köp dolandyрма ululyklar we üýtgeýän ululyklar derňelmeli. Modelirleme ulgamy uly eksperimentleri geçirmäge mümkinçilik berýär we şol esasynda netijeletiň uly spektrini alyp bolýar. Häzirki döwürde modelirleme proseslerde awtomatlaşdyrylýan ulgamlar ýaýran. Elbetde awtomatlaşdyrylan ulgamy belli bir adam toparyň kömegi bilen işlenilip biliner. Modelirleme prosesi bilen derňeýjiniň arasynda dialog döredilýär.

Modeli ösdürmek mümkinçiligi. Uly kuwwatly ulgamlary döretmäge mümkinçilik bar we ol uly ösen tehnologiýalaryň esasynda gazanylýar. Bärde ylanylýan funksiýalaryň hem ösüşine üns berip bolýar we giňeldip bolýar. Täze döredilen ulgam täze tehnologiýalary we mümkinçilikleri ulandyryp bilmeli. Islendik modeli diňe maksada laýyklykda gurýarlar. M modeli ýönekeleşdirmek üçin maksady has kiçi maksada bölýärler we amatly effektiwli model bölümlerini gurýarlar. Modelirlemede köp sanly maksatlary beýan edip bolýar. Eger modelirleme maksady taýyn bolsa, onda M modeli gurnama problemasy ýüze çykýar. Modeli gurup bolýar, egerde maglumatlar, gipotezalar, algortitmeler we derňelýän obýektiň ululyklary kesgitlenen bolsa. Eger M model gurnalan bolsa, onda indiki problema ony ulanmakda we işletmekde bolýar. Bärde esasy sorag- az wagtda gerekli maglumatlary almak meselesi ýüze çykýar. Original we model alamatlar boýunça meňzeş bolmaly we şol birlikde olaryň häsiýetlerini hem bilip bilmeli. Umuman aýdylanda modelirleme problemasy- bu modelirleme meselesini goýmak we alynýan netijeleriň arasyndaky interpretasiýa çenli ylmy tehniki problemlaryň çözüşi girýär: modeliň görnüşini saýlamak, maşynnda ýerleşdirilşi, esasy baglanyşyklary tapawutlandyrmak, ululyklary kesgitlemek we ş.m. uly ulgamlaryň immitasiýa modelinde modeliň ornaşdyrylşy (realizasiýa) kyn bolmagy mümkin. Esasy üns berilmeli zat- bu meseläniň anyk goýulşy we talap edilşi. Haýsam bolsa biur analogiýany saýlamak doly taslaýjylara bagly bolýar. Häzirki zaman tehnika islendik modeli gurnamaga kömek edip bilýär, emma amatly görnüşini elbetde diňe derňeweçilere bagly bolýar. Diňe üstünden işlenilen maglumatlaryň üsti bilen real prosese modeliň adekwatlygyny anyklap bolýar. Eger modelirleme tapkyrynda fiziki eksperiment bar bolsa, onda uly orny tehniki serişdeler hem

oýnaýar we olaryň ygtybarlylygy. Fiziki eksperimentrler geçirilende ýörite apparatura, tehniki serişdeleriň diagnostikasy üpjün edilen bolmaly.

§1.3. Ulgam modelirlemeginiň görnüşleriniň klassifikasiýasy

Modelirlemäniň esasynda meňzeşlik teoriýasy ýatýar, ýagny absolýut meňzeşlik diňe bir obýekti edil şol görnüşi bilen çalyşanda orna eýedir. Modelirlemede absolýut meňzeşligiň orny ýok we şu sebäpli model funksionirlenýän obýektiň derňelýän tarapyny takyk görkezmeli. Şu sebäpli modelirleme görnüşleriniň klassifikasiýasynyň birinji alamatlarynyň biri hökmünde modeliň dolulyk derejesini saýlap bolýar we şu alamat boýunça modeli doly, doly däl, golaýlaşan görnüşlere bölüp bolýar. Doly modelirlemäniň esasynda doly meňzeşlik ýatýar, ol hem wagtda we giňişlikde bildirýär. Doly däl modelirleme üçin doly meňzeş däl modeli ýatýar. Golaýlaşan modelirlemede golaýlaşan meňzeşlik ýatýar, onda onda funksionirlenýän obýektiw käbir taraplary hiç modelirlenmeýär. Ulgamynda öwrenilýän prosesleriň häsiýetlerine baglylykda modelirlemäniň ähli görnüşleri determinirlenen, stohastiki, statiki, dinamiki, diskret, tükeniksiz, diskret-tükeniksizlere bölünýärler. Determinirlenen modelirleme determinirlenen prosesleri aňladýar, ýagny bu proseslerde hiç hili tötänlik bolmaýar. Stohastiki modelirleme mümkin bolan prosesleri we ýagdaýlary aňladýar. Bu ýagdaýda tötän prosesler ornaşdyrylýar (realizasiýa) we orta häsiýetnamalar, ýagny bir tipli realizasiýalar bahalandyrylýar. Statiki modelirleme obýektiň belli bir wagtda özüni alyp barşyny düşündirýär, dinamiki modelirleme bolsa obýektiň wagtda özüni alyp barşyny kesgitleýär. Tükeniksiz modelirovaniýe ulgamdaky tükeniksiz prosesleri aňlatmak bilen bolýar.



Hyýaly modelirleme modelirlenýän obýektleriň eke täk görnüşi bolýar, olar berilen wagt interwalynda amaly taýdan ýerine ýetirilip bilmeýär, ýada olaryň fiziki

taýdan döredilşiniň daşky şertlerinde bolýarlar. Mysal üçin hyýaly modelirlemäniň esasynda mikromiriň köp situasiýalaryny derňäp bolýar , emma olar fiziki eksperimente boýun bolmaýar. Hyýaly modelirleme görkezmeesbap, simwiliki, matematiki görnüşlerde bolup biler. Görkezmeesbap modelirlemede dürli görkezmeesbap modeller döredilýär, olar obýektde bolup geçýän wakalary we prosesleri belläp bilýär. Gipotetiki modelirlemäniň esasynda real obýektde bolup geçýän prosesleriň kanunalaýyk akymy barada gipoteza oturýar. Gipotetiki modelirrowaniýe ulanylýar haçanda formal obýekti gurnamak üçin obýekt barada maglumat az bolan ýagdaýynda. Analog modelirlemesi dürli derejeleriniň analogiýalaryny ulanmaklygyna esaslanýar. Görkezmeesbap pikir modelirlemede uly orna maketirleme eýe bolýar. Haçanda real obýektde bolup geçýän prosesler hiç hili fiziki modelirlemä boýun bolmaýan bolsa, maket ulanylyp bilinýär. Dil modelirleme esasynda tezaarus ýatýar. Soňky giriş düşüňjeleriň toplumyndan döredilýär we şol toplum fiksirlenen bolmaly. Tezaarus bilen sözlügiň arasynda tapawutlanma bar. Tezaarusda bir söze diňe bir düşüňje bagly bolýar . Simwoliki modelirlemede logiki prosesini döredilme prosesini aňladýar we ol realyň ornunda oturyp , onuň içindäki gatnaşyklary ýörite bellikler we simwollaryň kömegi bilen aňladýlar. Islendik S ulgamyň funksionirleme prosesleriniň häsiýetlerini derňemek üçin ýörite prosesleriň formalizasiýasyny geçirilmeli, ýagny matematiki modeli gurnalmaly. Matematiki modelirlemesiniň esasynda berilen obýektiniň derejine matematiki model dioýlip atlandyrylýan matematiki obýektiň döredilmesi ýatýar we şol modeliň öwrenilşi derňelýän real obýektiň häsiýetlerini açýar. Matematiki obýektiň görnüşi real obýektiň hem tebigatyndan hemde derňeme meselelerine talap edilýän takyklyga bagly. Islendik matematiki modeli edil beýleki modeller ýaly real obýekti hakykata käbir golaýlaşma derejesinde düşündirýär. Ulgamyň funksionirleme prosesleriniň häsiýetlerini derňemekde matematiki modelirlemäni analitiki, immitasion, kombinirlenen görnüşlere bölüp bolýar. Analitiki modelirlemäniň esasy häsiýetleriniň biri, ýagny ulgam elementleriniň funksionirleme prosesi käbir funksionirleme gatnaşyklaryň üsti bilen aňladylşydyr (algebraik, integro-differensial, we ş.m.). analitiki modeli aşakdaky usullar bilen derňelip bilner: analitiki, san, hil taýdan. Ulgamyň funksionirleme prosesiniň doly derňelşini geçirip bolýar, egerde doly baglanyşyklar belli bolsa, olar öz gezeginde başlangyç häsiýetnamalary başlangyç şertler , ululyklar, üýtgeýän ululyklar kesgitlense. Emma şeýle baglanyşyklary ýönekeý ulgamlar üçin alyp bolýar. Analitiki usul ulanylýan ýagdaýynda ýönekeýleşdirilen modeli ulanýalar. Analitiki usula görä san usuly has köp ulgamlaryň klassyny derňetdirmäge mümkinçilik berýär, emma bärde alynan çözümler hususy (çastnyý) häsiýete eýe. San usuly has hem hasaplaýjy maşynlar ulanylanda peýdaly. Häzirki döwürde uly ulgamlaryň funksionirleme proseslerini derňemekde maşyn realizasiýanyň usullary giňden ulanylýar. Hasaplaýjy maşynlarda matematiki modeli oturtýrmak üçin ýörite modelirleýji algoritm bolmaly.

Immitasion modelirlemede modeli dikeldýän algoritm S ulgamyň funksionirlemegini wagtda , bellemeli zat hem bärde prosesi doldurýan elementar wakalaryň imitasiýasy bolup geçýär we şunlukda olaryň logiki strukturasy we

wagtda akymy saklanylýar, olar boýunça prosesiniň ýagdaýy barada kesgitlenen wagt momentinde maglumat alyp bolýar. Analitiki modelirlämä görä imitasion modeliň peýdaly tarapy ony çylşyrtymly meseleri çözmekde ulanmaklykdyr. Imitasion modeller diskret we tükeniksiz elementleriniň barlygyny bilmek, ulgamyň çyzykly däl elementleriniň häsiýetlerini bilmek, köp sanly tötän täsirleri bilmek ýaly faktorlary kesgitläp bolýar. Häzirki döwürde imitasion modelirleme uly ulgamlary derňemeklikde iň amatly we ösen effektiw usuly. Haçanda imitasion modelirlämäniň netijesinde belli bie çözgütler alynsa, olar öz gezeginde belli bir funksiýalaryň netijeleri bolsa, onda bärde maglumatyň üstünde statiki işleme başlaýar we imitasion modeliň maşyn realizasiýasynda statistiki modeli ulanmaklyk maslahat berilýär. Häzir statiki modelirlämä maşyn realizasiýasy ýada maşyn modelirlemesi ýada statiki derňewleriň usuly diýilýär. Imitasion modelirleme uly S ulgamlaryň derňeliş meseleriniň çözgüdine goşulýar, bahalandyrylar: ulgam strukturasynyň wariantlaryny, ulgamy dolandyrmak üçin dürli algoritmleriň effektiwligi, ulgamyň dürli ululyklynyň üýtgeме täsiri. Imitasion modelirleme stuktura, algoritmiki, sinteziň esasynda bolup bilýär, we optimal warianty saýlamaklykda orny ulydyr. Ulgamyň maşyn sinteziniň çözgüdinde we olaryň imitasion modelleriniň esasynda modelirleme algoritmleri döretmekden daşary ulgamyň optimal wariantyny gözleýji algoritmler hem döredilýär. Kombinirlenen modelirlemesi ulgamyň analizi we sintezinde analitiki we imitasion modelirlämäniň sepgitlerini jemläp berýär. Kombinirlenen modeller gurnalanda obýektiň funksionirlеме prosesini bir näçe goşma podproseslere bölýärler we mümkinçilik bolan ýerinde käbirleri üçin analitiki modeller gurulýar, galanlaryna bolsa imitasion modeller gurnalýar. Şeýle ugur ulgamlaryň täze klaslaryny gurşap almaga mümkinçilik berýär we real modelirlemedede real obýektde ýada onuň aýratyn bölümlerinde dürli häsiýetleriň derňäp bolýar. Eger ulgamyň modeliniň ýärite şertlerinde işleýşini bilmek üçin şol şertler döredilýär we model bahalandyrylyp başlaýar. Natural modelirlemesi diýlip real obýektde derňelişini geçirilşine aýdylýar. Goýlan maksat boýunça obýektiň funksionirlemesinde dürli real prosesiniň kanunalaýyk akymyny derňäp bolýar. Senagat eksperimenti (synagy) we kompleks derňelişler ýaly natural modelirlämäniň görnüşleri ýokary derejedäki takyklyk bilen tapawutlanýar. Tehnikanyň ösmegi ylmy eksperiment düşüňjesine getirýär. Ylmy eksperiment awtomatizasiýa serişdeleri ulanmaklyk bilen häsiýetlendirilýär, bärde maglumatyň üstünde işlemegiň dürli serişdeleri ulanylýar, prosese adamyň goşulmasyny gazanyp bolýar we şunlukda täze ylmy ugur- ylmy eksperimentleriň (synaglaryň) awtomatizasiýasy döredilen bolýar. Prosesiniň real akymy bilen eksperimentiň tapawudy, ýagny bärde hiç hili aýratyn kritiki situasiýalar emele gelmeýär we prosesiniň durnuklygynyň araçäkleri kesgitlenýär. Eksperiment döwri obýektiň funksionirlеме prosesine täze täsirler we faktorlar girizilýär. Eksperimentiň görnüşleriniň biri – bu kompleks synaglar, olary natural modelirovaniýa gatnaşdyryp bolýar we synagy gaýtalama netijesinde önümleriň berkligi we hiliniň häsiýetleri barada maglumatlary alyp bolýar. Bu ýagdaýda bir toparda bolup geçýän wakalaryň netijesinde alynan maglumatlaryň kömegi bilen modelirlеме geçýär. Bärde meňzeşlik teoriýasy esasynda senagat prosesi boýunça statistiki

maglumatlaryň üstünde işlenilýär. Real modelirlenmäniň ýene görnüşi- bu fiziki modelirlleme. Fiziki modelirllemesiniň esasynda daşky sredanyň käbir häsiýetleri berilýär we berilen şertlere modeliň ýada onuň real obýektiniň özüniň alyp barylşy bilinýär. Fiziki modelirlleme wagtyň real we real däl ýagdaýlarynda akyp bilýär , we wagty nazara alynmadyk ýagdaýda bolup bilýär. Iň ýokary çylşyrymlylykly we şol bir wagtda iň takyk netijäni real masştabtaky fiziki molelirlleme berýär. Obýektiň matematiki düşündirilşi taýdan we modeliň häsiýetnamasyna baglylykda analog (tükeniksiz), san (diskret) , analog-san (kombinirlenen) görnüşler ardyr. Analog model hökmünde tükeniksiz üýtgeýän ululyklary birikdirýän deňlemeleri içine alýan modeller çykyş edýär. San model hökmünde diskret ululyklary birikdirýän deňlemeleri içine alýan modeller çykyş edýär. Analog-san model hökmünde tükeniksiz üýtgeýän ululyklary we diskret ululyklary birikdirýän deňlemeleri içine alýan modeller çykyş edýär. modelirlmede kibernetiki modelirlleme uly orna eýe. Börde meňzeşlik derňelmeýär, käbir funksiýany derňeýärler we real obýekte diňe çykyşly we girişli gurşaw hökmünde seredilýär. Köplenç kibernetiki modelleri daşky şertlerde obýektiň özüni alyp barşy yzarlanýar. Kibernetiki modelleriň esasynda maglumat prosesleriň dolandyrmasy ýatýar . Bu ýagdaýda immitasion modeli gurnamak üçin real obýektiň derňelýän funksiýasyny saýlaýar we ol funksiýany bir näçe baglanyşyk operatorlaryň kömegi bilen aňladýarlar.

§1.4. Hasaplaýjy maşynlarda ulgam modelirllemegiň effektiwligi we mümkinçilikleri

Öwrenilýän we taslanýan S ulgamlardaky bolup geçýän stohastiki proseslerini öwrenmek zerurlygy we onuň bilen baglanyşykly uly ulgamlaryň funksionirlleme hiliniň görkezijilirliniň üpjünçiligi bir näçr bir birini doldyrýan nazary we eksperimental (synag) ýerine ýetirilmegi talap edýär. Çylşyrymly ulgamlaryň eksperimental derňewleriň effektiwligi gaty pes bolýar, sebäbi real ulgam bilen natural eksperimentleri geçirmek uly serişde çykdaýjylara we wagt sarp edilmö getirýär. Nazary derňewleriň effektiwligi anyk bildirýär, haçanda olaryň takyklykly netijeleri analitiki gatnaşyklaryň ýada modelirleýji algoritmler hökmünde çykyş etse. Hasaplaýjy maşynlaryň emele gelşi we ornaşdyrylşy- bu çylşyrymly ulgamlara analitiki usullary ornaşdyrmaklygyna täsir etdi. Köp meseleleri çözüň dürli matematiki usullar ulanyldy, emma matematiki programmirleme ulgamlaryň işini derňelşiniň esasy serişdesi bolmady, sebäbi bu modeller effektiw ulanyş üçin onça taýýarlykly däl hökmünde alynýar. Modelirlleme bazasynda injener meseleleri çözüp beriji hökmünde giňden hasaplama maşynlar çykyş edýär. Häzirki döwür maşynlary iki topara bölüp bolýar: uniwersal, ýagny hasaplama ölçegler üçin we dolandyryjy, ýagny diňe hasaplama geçirmän eýsem obýektiň dolandyrylşyna jogap berýän görnüşi. Dolandyryjy hasaplaýjy maşynlar diňe tehnoligiki prossese ýada eksperimente (synaga) degişli bolman , eýsem ol hem immitasion modelleri döretmege gatnaşýar. Eger anažlitiki model real obýektiň fiziki tarapynyň funksionirllemegini doly düşündirip bilýän bolsa, hasaplaýjy maşyna san bahalary ýerli ýerlere goýup

matematiki gatnaşyklara üns berýär. Bu ugurda çözülýän deňlemelere we çözüdiň tizligine bagly bolan hasaplaýjy maýynlarda mümkinçilikler bar. Hasaplaýjy maşynlar ulanylanda häsiýetnamalary hasaplaýjy algoritmler döredilýär we olara baglylykda ýörite programmalar döredilip başlaýar. Derňeýjiniň esasy aladasy bu real obýekti belli bir matematiki modelleriň üsti bilen aňlatmak. Hasaplaýjy maşyny meseläniň çözüdiniň çalt bilmesine ýardam berýär. bärde talap edilýän takyklyga, üýtgeýän ululyklara, funksiýalara üns bermeli bolýar. Analog tehnikasy ulanylan ýagdaýynda akýan real prosessiň çözüdini çalt alyp bolýar, san tehnikanyň serişdelerini ulanmaklyk modeliň realizasiýasyna kontrollyk etmek, modelirleme netijeleriň üstünde işledýän we saklaýan programmalary düzmek, ulanyjy bilen modeliň arasynda effektiv model üpjün etmek bolýar. Köplenç model iýerarhiki usul boýunça gurulýar, bärde obýektiň funksionirlenmegi derňelýär we anyklanýar. Real obýekt nähili öwrenilýän bolsa, şony iýerarhiki usuly içine alýar. Immitasion modeli bolan eksperiment wajyp taýýarlygy talap edýär, şu sebäpli immitassion ulgam matematiki, programma, maglumat, tehniki, we beýleki üpjünçilikler bilen häsiýetlendirilýär. Immitasion ulgamyň matematiki üpjünçiligi – bu real obýektiň özüni alyp barşyny düşündirýän matematiki gatnaşyklaryň toplумы.

Olar model bilen işlemegini we algoritmleri özi içine alýärlar. Programma üpjünçiligi öz içine programma ýygındysyny alýar: eksperimenti (synagy) planlaşdyrmak, immitasiom modeliň eksperimentini geçirmek, netijeleri interpretirmek. Immitasion ulgamyň programma üpjünçiligi modeliň içindäki prosesleri sinhronlaşdyrmaly, ýagny modeldäki prosesleri parrallel ýerine ýetirtmeli. Ulgam modelirlemede bu funksiýany monitor ýerine ýetirýär. Immitasion modeli maşyn eksperimentleri gowy düzülen maglumat üpjünçiligi bolmasa ýerine ýetip bilmez. Maglumat üpjünçiligi – bu modelirlemäniň maglumat bazalarynyň gurnalşyny we serişdeleri, massiwleriň logiki wer fiziki gurnalşyny, dokument formanyň taýýarlanyşyny içine alýar. Tehniki üpjünçilige tehniki serişdeleriň toplумы girýär, olara operator bilen hasaplaýjy maşynyň asrasyndaky alyş-çalyş, maglumaty girizmek we çykarmak, eksperimenti dolandyrmak mümkinçilikleri girýär.

II BÖLÜM

Ulgam modelirlemegiň matematiki shemalary

§2.1. Sistemanyň matematiki modelini gurmaga esasy çemeleşmeler

Sistemanyň iş prosesleriniň matematiki modeli gurlanda, öwrenilýän (taslanylýan) S sistemanyň maksady we işlemeginiň şertleri baradaky maglumatlar başlangyç informasiýa bolup hyzmat edýärler. Bu informasiýalar S sistemany modelirlemegiň esasy maksadyny kesgitleýärler we işlenilip düzülýän M matematiki modele bolan talaplary formulirlenmäge mümkinçilik berýärler. Şunlukda abstraktlaşdyrmak derejesi sistemany öwrenijiniň modeliniň kömegi bilen öwrenesi gelýän meselelerine baglydyr we matematiki shemany saýlamaga täsir edýär.

Matematiki shema düşüňjesiniň girizilmegi matematika hasaplamagyň usuly hökmünde däl-de, eýsem pikirlenmäh usuly hökmünde, düşüňjeleri formallaşdyrmagyň serişdesi hökmünde garamaga mümkinçilik berýär.

Matematiki shema daşky gurşawyň täsirini hasaba almak bilen sistemanyň iş prosesleriniň mazmunly beýan etmeden formal beýan etmäge geçişini arasyndaky bölek hökmünde kesgitlemek mümkin, ýagny „beýan ediji model – matematiki shema matematiki (analitik ýa-da imitasion ýa-da analiti imitasion) model “ zynjyry hökmünde seretmek bolar.

Her bir anyk S sistema häsiýetleriň toplумы bilen häsiýetlendirilýär, bu häsiýetler diýilip modelirlenýän obýektiň (real sistemanyň) özüni alyp baryşyny häsiýetlendirýän we onuň daşky E gurşaw (sistema) bilen özara täsirlerde işlemeginiň şertlerini hasaba alýan ululyklara düşinilýär.

Sistemanyň matematiki modeli gurlanda onuň dolulygy esasanam „S sistema E gurşawyň“ çäklerini saýlamak bilen düzgünleşdirilýär. Şeýlede sistemanyň ikinji derejeli häsiýetlerini taşlap, esasy häsiýetlerini saýlamaga kömek edýän, modeli ýönekeýleşdirmek meselesi hem çözülmelidir. Şunlukda sistemanyň häsiýetleriniň esasy ýa-da ikinji derejelä degişli edilmegine sistemany modelirlemegiň maksatlary düýpli täsir edýärler.

Modelirlenýän obýektiň modelini, ýagny S sistemany real sistemanyň iş proseslerini beýan ediji aşakdaky bölek köpliklerden emele gelýän ululyklaryň köplügi hökmünde göz önüne getirmek mümkin!

Sistema giriş täsirleriň toplумы:

$$x_i \in X, \quad i = \overline{1, h_x};$$

daşky gurşawyň täsirleriniň toplumy:

$$\mathcal{G}_l \in V, \quad l = \overline{1, h_H};$$

Sistemanyň içki (hususy) parametrleriniň toplumy:

$$h_k \in H, \quad K = \overline{1, h_H};$$

Sistemanyň çykyş karakteristikalarynyň toplumy:

$$Y_j \in Y, \quad j = \overline{1, h_y}$$

Sanalyp geçilen bölek köplüklerden dolandyrylýan we dolandyrylmaýan üýtgeýänleri tapawytlandyrmak mümkin. Umuman $x_i, \mathcal{G}_l, h_k, y_j$ kesişmeýän bölek köplükleriň, elementleri bolup durýarlar we determenirlenen şeýle hem stohastiki düzüjileri özünde saklaýarlar.

S sistema modelirlenende giriş täsirler, E daşky gurşawyň täsirleri we sistemanyň içki parametrleri bagly däl (ekzogen) üýtgeýänler bolup durýarlar, olar

degişlilikde $\bar{x}(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)); \quad \bar{\mathcal{G}}(t) = (\mathcal{G}_1(t), \mathcal{G}_2(t), \dots, \mathcal{G}_{n_g}(t));$
 $\bar{h}(t) = (h_1(t), h_2(t), \dots, h_{n_H}(t))$ wektor görnüşinde bolýarlar, sistemanyň çykyş karakteristikalary bagly (endogen) üýtgeýänler bolup durýarlar olar, $\bar{y}(t) = (y_1(t), y_2(t), \dots, y_{n_y}(t))$ wektor görnüşinde bolýarlar.

S sistemanyň wagtdaky iş prosesi Fs operatary bilen beýan edilýär, ol umuman

$$\bar{y}(t) = F_s(\bar{x}, \bar{\mathcal{G}}, \bar{h}, t) \quad (1)$$

görnüşdäki gatnaşyga degişlilikde ekzogen üýtgeýänleri, endogen üýtgeýänlere öwürýär.

Sistemanyň wagta bagly $Y_j(t), \quad j = \overline{1, h_y}$ çykyş karakteristikalarynyň toplumyna $\bar{y}(t)$ çykyş traýektoriyasy diýilýär. (1) gatnaşyga S sistemanyň işlemek kanuny diýilýär we Fs bilen belgilenýär. Umuman Fs, sistemanyň işlemek kanuny; funksiýa, funksional, logiki şertler görnüşinde, algoritm we tablisa formasynda ýa-da söz bilen beýan edilýän degişlilik düzgünide berlip bilner.

S sistemany beýan etmek we öwrenmek üçin As işlemegiň, algoritmi düşünjesi has möhüm bolup durýar, işlemegiň algoritmi diýlip $\bar{x}(t)$ giriş täsirlerini, $\bar{\mathcal{G}}(t)$ daşky gurşawyň täsirlerini we $\bar{h}(t)$ sistemanyň hususy täsirlerini hasaba almak bilen, çykyş karakteristikasyň almagyň usulyna düşünilýär. S sistemanyň şol bir Fs işlemek kanunynyň dürli usullar bilen, ýagny As işlemek algoritmeleriniň köplügiň kömegi bilen amala aşyrylyp birikjekdigi düşnüklidir.

(1) gatnaşyk modelirlenýän obýektiň (sistemanyň) t wagtdaky özüni alyp barşyny matematiki beýan edilşi bolup durýar, ýagny onuň dinamiki

häsiýetlerini şöhlendirýär. Şonuň üçinem şeýle görnüşdäki matematiki modelleri dinamiki modeller (sistemalar) diýlip atlandyrmak kabul edilendir.

Statiki modeller üçin (1) matematiki model modelirlenýän obýektiň häsiýetleriniň Y we $\{X, V, H\}$ iki bölek köplüginin

$$y = f(\bar{x}, \bar{\vartheta}, \bar{h}) \quad (2)$$

wektor görnüşdäki şekillenmesini aňladýar.

(1) we (2) gatnaşyklar dürli usullar bilen analitiki (formalaryň kömegi bilen), grafik, tablisa we ş.m. görnüşinde berlip bilner. Şeýle gatnaşyklar köplenç ýagdaý diýlip atlandyrylýan, S sistemanyň wagtyň anyk pursatyndaky häsiýetiniň üsti bilen alnyp bilner. S sistemanyň ýagdaýlary

$$\bar{Z}' = (z'_1, z'_2, \dots, z'_k) \text{ we } \bar{Z}'' = (z''_1, z''_2, \dots, z''_k)$$

wektor görnüşindäki şekillenmesini aňladýar. Bu $Z'_1 = Z_1(t'), Z'_2 = Z_2(t'), \dots, Z'_k(t')$ $t' \in (t_0, T)$ bu pursatda ; $Z''_1 = Z_1(t''), Z''_2 = Z_2(t''), \dots, Z''_k(t'')$, $t'' \in (t_0, T)$ pursatda we ş.m. $k = \overline{1, n_z}$

$\{\bar{z}\}$ ýagdaýlaryň ähli mümkin bolan bahalarynyň toplumyna Z modelirlenýän obýektiň ýagdaýlarynyň giňişligi diýilýär, şunlukda $z_n \in Z$

S sistemanyň wagtyň $t_0 < t^* \leq T$ pursatdaky ýagdaýy $\bar{Z}_0 = (Z_1^0, Z_2^0, \dots, Z_n^0)$ (bu ýerde $Z_1^0 = Z_1(t_0), Z_2^0 = Z_2(t_0), \dots, Z_k^0 = Z_k(t_0)$) başlangyç şertler $t^* - t_0$ wagt aralygyndaky, $\bar{x}(t)$ giriş täsirleri, $\bar{h}(t)$ içki parametrler we $\bar{\vartheta}(t)$ daşky gurşawyň täsirleri arkaly iki wektor deňlemeleriniň

$$\bar{Z}(t) = \Phi(\bar{Z}^0, \bar{X}, \bar{\vartheta}, \bar{h}, t)$$

$$\bar{y}(t) = F(\bar{Z}, t) \quad (4)$$

üsti bilen dolulygyna kesgitlenýär.

Şeýlelik bilen obýektiň “giriş-ýagdaý-çykyş” deňlemeler zynjyry sistemanyň

$$\bar{y}(t) = F[(\bar{Z}^0, \bar{X}, \bar{\vartheta}, \bar{h}, t)] \quad (5)$$

Şeýlelikde obýektiň (real sistemanyň) matematiki modeli diýlip $\{\bar{x}(t), \bar{\vartheta}(t), \bar{h}(t)\}$ tükenikli bolan köplükler olaryň öz aralaryndaky we $\bar{y}(t)$ karakteristikalar bilen arasyndaky matematiki baglanyşyklara düşünilýär.

Eger-de modelirlenýän obýektiň matematiki beýan etmesinde tötänligiň elementleri saklanmaýan bolsa ýa-da olar hasaba alynmaýan bolsa ýagny şu ýagdaýda stohastiki $\bar{\vartheta}(t)$ daşky gurşawyň we stohastiki $\bar{h}(t)$ içki parametrler gatnaşmaýarlar diýip hasap edip bolýan bolsa, onda modele determinirlenen diýilýär.

$$\bar{y}(t) = f(\bar{x}, t)$$

§2.2. Üznüksiz determinirlenen modeller (D-shemalar)

Matematiki model hökmünde diferensial deňlemeleriniň mysalynda üznüksiz determinirlenen deňlemäniň aýratynlyklaryna seredip geçeliň. Diferensial

deňlemeler diýlip näbellileri bir ýa-da birnäçe üýtgeýänli funksiýalar, bolup durýan, şulukda deňlemä funksiýalaryň özlari bilen birlikde dürli tertipdäki önümleri hem girýän deňlemelere aýdylýar. Eger näbelliler köp üýtgeýänli funksiýalar bolsalar, onda deňlemelere hususy önümdäki deňlemeler diýilýär. Eger-de bir üýtgeýänli funksiýa seredilýän bolsa, onda deňlemelere adaty diferensiýal deňlemeler diýilýär.

Adatça şeýle matematiki modellerde gözlenýän näbelli funksiýa t wagta bagly bolup durýarlar. Onda determinirlenen sistema üçin gatnaşyk aşakdaky görnüşe eýe eýe bolýar:

$$\vec{y}' = \vec{f}(\vec{y}, t); \quad \vec{y}(t_0) = \vec{y}_0 \quad (7)$$

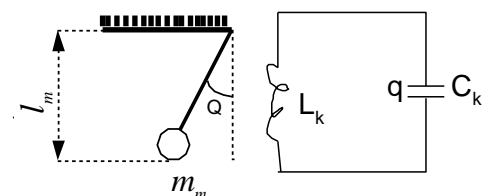
bu ýerde $\vec{y}_1 = d\vec{y}/dt$, $\vec{y} = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ we $\vec{f} = (f_1, f_2, \dots, f_n)$ n ölçegli wektorlar, $\vec{f}(\vec{y}, t) - k(n+1)$ ölçegli käbir (\vec{y}, t) köplükde kesgitlenen we üznüksiz bolup durýan wektor-funksiýa.

Şeýlelikde şular ýaly görnüşdäki matematiki shemalar öwrenilýän sistemanyň dinamikasyny, ýagny onuň wagtdaky özüni alyp barşyny şöhlelendirýärler, şonuň üçinem olara D-shemalar (iňlisçe dynamic) diýilýär. Ýönekeý halda adaty deferensiýal deňlemeler.

$$y' = f(y, z) \quad (8)$$

görnüşe eýe bolýarlar.

D-shemanyň ulanylyş we gurluş aýratynlyklaryny görkezmek üçin iki sany dürli fiziki tebigatly elementar sistemalaryň mehaniki S_m (maýatnigiň yrgyldysy) we elektrik S_k (yrgyldyly kontur) iş prosesleriniň emele gelişiniň ýönekeý mysalyna seredeliň.



Maýatnigiň kiçi yrgyldylar prosesi adaty deňlemeler bilen beýan edilýär.

$$m_M l_m^2 [d^2 Q(t) / dt^2] + m_M y l_m Q(t) = 0$$

Elementar sistemalar. Bu ýerde m_M, l_m - asylan maýatnigiň massasy we uzynlygyna g-erkin gaçmanyň tizlenmegi; $Q(t)$ - maýatnigiň wagtyň t pursatyndaky gyşarma burçy.

Maýatnigiň erkin yrgyldysynyň bu deňlemesinden, gyzyklandyryýan häsiýetleriň bahalaryny tapmak mümkin. Mysal üçin, Maýatnigiň yrgyldysynyň periody.

$$T_M = 2\pi \sqrt{l_M / y}$$

Edil şolar ýaly elektrik yrgyldyly konturdaky prosesler adaty diferensial deňlemeler bilen beýan edilýär.

$$L_k [d^2 q(t) / dt^2] + q(t) / c_k = 0$$

bu ýerde L_k , C_k - kondensatoryň induktiwlige we sygymy. $q(t)$ kondensatoryň wagtyň t pursatyndaky zarýady.

Bu deňlemeden yrgyldyly konturdaky prosesleriň häsiýetleriniň dürli bahalaryny almak mümkin. Mysal üçin, elektrik yrgyldynyň periody

$$T_k = 2\pi\sqrt{4_k C_k}$$

$h_0 = m_m l^2 m = L_k$, $h_1 = 0$, $h_2 = m_m g l_m = 1/c_k$, $Q(t) = q(t) = z(t)$ belgilemeleri girizip, bu ýapyk sistemany beýan edýän

$$h_0 = [d^2 Z(t)/dt^2] + h_1 |dZ(t)/dt| + h_2 Z(t) = 0$$

Ikinji tertipli adaty diferensial deňlemäni alyp bolýandygy düşnükli, bu ýerde h_0, h_1, h_2 - sistemanyň parametrleri, $z(t)$ - sistemanyň wagtyň t pursatyndaky ýagdaýy.

Şeýlelikde bu iki obýektiň özüni alyp barşy umumy matematiki modeliň esasynda öwrenilip bilner. Mundan başga-da sistemalaryň biriniň özüni alyp barşyny beýlekisiniň kömegi bilen derňelip bilinjek mümkinçiligini beklemek zerurdyr. Mysal üçin maýatnikiň özüni alyp barşy (S_m sistema) elektrik yrgyldyly konturyň kömegi bilen (S_k sistema) öwrenilip bilner.

Eger öwreilýän S sistema, ýagny maýatnik ýa-da kontur, E daşky gurşaw bilen özara täsir edýän bolsa, onsa $x(t)$ giriş täsiri peýda bolýar. (maýatnik üçin daşky güýç we kontur üçin energiýa çeşmesi) we şeýle sistemanyň üznüksiz determinirlenen modeli

$$h_0 = [d^2 Z(t)/dt^2] + h_1 |dZ(t)/dt| + h_2 Z(t) = x(t)$$

görnüşe eýe bolar.

Matematiki modeliň umumy shemasynyň nukdaý nazaryndan $x(t)$ giriş (dolandyryjy) täsir bolup durýar, şu nukdaý nazardan S sistemanyň ýagdaýyna bolsa çykyş karakteristikasy ýaly seredilmegi mümkin, ýagny $y=z$.

Sistemoteknikanyň meseleleri çözüleninde uly sistemalary dolandyrmak problemasy ähmiýetli orun eýeleýär.

§2.3. Diskret determinirlenen model (F shema)

Diskret determinirlenen ýoluň aýratynlyklary ulgamyň funksionirmek döwrüni formalaşdyrmak etapynda awtomatlar nazaryýetinden matematiki aparat hökmünde ulanylýan mysala seredeliň. Awtomatlar nazaryýeti – bu bölüm nazary kibernetikanyň bölümidir, onda matematiki modeller ýagny, awtomatlar öwrenilýär. Bu nazaryýetiň esasynda ulgam awtomat görnüşinde göz önünde tutulýar. Diskret maglumaty işläp taýýarlaýan we öz içki ýagdaýyny diňe wagtyň ýol berilýän pursatynda üýtgeýär. Awtomat düşünjesi anyk öwrenilýän ulgamyň häsiýetinden baglylykda amala aşyrylýar. Ol abstraksiýa derejesinden we umumylyk derejesinden alnandyr. Awtomaty käbir gurluş ýaly göz önüne getirse bolar, ýagny onda giriş signallary berilýär we çykyşlar alynýar, ýagny, olar käbir içki ýagdaýa eýe bolup biler. Tükenikli awtomat diýip awtomata aýdylýar, ýagny, onda içki ýagdaýlaryň köplügi we signallary tükenikli köplükler bolup durýar. Abstrakt tükenikli awtomaty (inlisçe finite automata) edil matematiki shema (F - shema) ýaly göz önüne getirip bolýar. Ol arkaly element bilen häsiýetlenýär:

Giriş signallary X tükenikli köplük bilen;

Çykyş signallary Y tükenikli köplük bilen;

Içki ýagdaýlaryň Z tükenikli köplük bilen

Başlangyç Z_0 ýagdaý bilen, $Z_0 \in Z$;

Geçiş funksiýasy $\varphi(z,x)$ bilen;

Çykyş funksiýasy $\psi(z,x)$ bilen.

F – shemaly berlen awtomat:

$F = \langle Z, X, Y, \varphi, \psi, Z_0 \rangle$, diskret awtomat wagtda funksionirlenýär, momentler bolup faktlar hyzmat edýär, şeýle hem bir-birine wagtyň deň interwaly girişýär, olaryň her birine giriş we çykyş signallary we içki ýagdaý hemişelik bahalar degişlidir. Ýagdaýy belläliň, şeýle hem giriş we çykyş signallary $t=0,1,2,\dots$ bolanda t -nji fakta degişlidir we olar $z(t)$, $x(t)$, $y(t)$ ýaly aňladylýar. Şunlukda $z(0)=z_0$ şert boýunça $z(t) \in Z$, $x(t) \in X$, $y(t) \in Y$.

Abstarkt tükenikli awtomat bir bir giriş we bir çykyş kanaly bardyr. Her bir $t=0,1,2,\dots$ pursatda diskret wagtda F -awtomat kesgitli $z(t)$ ýagdaýda ýerleşýär, ol Z pursatdan awtomatyň ýagdaýyndan alnan, şeýle hem wagtyň $t=0$ başlangyç pursatynda ol hemişe başlangyç $z(0)=z_0$ ýagdaýda bolýar. t pursatda $z(t)$ ýagdaýda giriş kanalynda $x(t) \in X$ signal kabul etmäge ukyply we çykyş kanalynda $y(t)=\psi[z(t), x(t)]$ signal berilýär we $z(t+1)=\varphi[z(t), x(t)]$, $z(t) \in Z$, $y(t) \in Y$ ýagdaýa geçilýär. Abstrakt tükenikli awtomat käbir şekillendirmäni amala aşyrylýar, ýagny giriş X elipbiýinden sözler köplügy çykyş Y elipbiýiniň sözler köplüğine şekillendirilýär. Başga sözler bilen aýdylanda, eger tükenikli awtomatyň girişinde z_0 başlangyç ýagdaý gurnalan, käbir yzygiderlikde giriş elipbiýi $x(0), x(1), x(2), \dots$ harplary giriş sözidir, onda awtomatyň çykyşynda yzygiderli çykyş elipbiýiniň $y(0), y(1), y(2), \dots$ harplary çykyş sözünü emele getirýär.

Şeýlelikde, tükenikli awtomatyň işi şu aşakdaky shema boýunça amala aşyrylýar:

Her bir t -nji faktda awtomatyň girişinde $z(t)$ ýagdaýda bolýan käbir $x(t)$ signaly berýär, ýagny, onda ol $(t+1)$ -nji takta girýär, täze ýagdaýda $z(t+1)$ bolýar we käbir çykyş signaly berýär. Ýokarda aýdylanlary şu aşakdaky deňlemeler bilen ýazyp bolýar:

F awtomat üçin birinji jynsly şeýle hem Mili awtomar diýilýär:

$$z(t+1)=\varphi[z(t), x(t)], \quad t=0,1,2,\dots (2.13)$$

$$y(t+1)=\psi[z(t), x(t)], \quad t=0,1,2,\dots (2.14)$$

ikinci jynsly F awtomat üçin:

$$z(t+1)=\varphi[z(t), x(t)], \quad t=0,1,2,\dots (2.15)$$

$$y(t)=\psi[z(t), x(t-1)], \quad t=1,2,\dots (2.16)$$

Ikinji jynsly awtomat üçin

$$y(t)=\psi[z(t)], \quad t=0,1,2,\dots (2.17)$$

bu ýerde $x(t)$ giriş üýtgeýänden çykyş funksiýasy bagly däldir, oňa Mura awtomaty diýilýär.

Şeýlelikde, ýokardaky (2.13) – (2.17) deňlemeler doly F awtomaty berýär. Ol bolsa (2.3) we (2.4) deňlemeleriň hususy ýagdaýy bolup durýar, haçanda S ulgam determinirlenen we onuň ýeke-täk girişine diskret x sugnal gelse. Ýagdaýlaryň sany boýunça tükenikli awtomaty huşly we huşsyz ýaly edip tapawutlandyryrlar. Huşly awtomatlar birden köp ýadaýa eýedir. Huşsyz awtomatlar bolsa bir ýagdaýa eýedir. Şunlukda (2.4) boýunça kombinasion shema

işi her bir giriş $x(t)$ signalyna deňişlilikde kesgitlenen çykyş $y(t)$ signaly goýýar, şeýle hem logiki funksiýany aňladýar:

$$y(t)=\psi[x(t)], t=0,1,2,\dots$$

Bu funksiýa Bully diýilýär, eger X we Y elipbiý, ýagny, olara x we y bahalary deňişlidir we ol iki harpdan durýandyr. Diskret wagtyň hasabynyň häsiýeti boýunça tükenikli awtomatlar sinhron we asinhron ýaly bolünýär. Sinhron F – awtomatlarda wagtyň pursaty, ýagny, onda awtomat giriň signallary “hasaplaýar” ol bolsa sinhronirlenýän signallary kesgitleýär. “Hasaplalany” bilen sinhronirlenen gezeginden soň we deňişli (2.13)-(2.17) deňlemeler bilen täze ýagdaýa geçmeklik bolup geçýär we çykyşda signallary çykarmaklyk bolup geçýär. Şondan soň awtomat giriş signalyny indiki bahalaryny kabul edýär. Şeýlelikde her bir giriş signalynyň awtomatynyň reaksiýasy bir taktda gutarýar, onuň dowamlylygy soňky sinhromi goňşy sinhronizirlenýän signallaryň arasyndaky interwal bilen kesgitlenýär. asinhron F -awtomat giriş signaly üznüksiz hasaplaýar we şonuň üçin hemişelik x ululykly giriş signalynyň ýeterlikli uzyn bolmagyna täsir edýär. Ol (2.13)-(2.17) formulalardan gelip çykýar. Ol ýagdaýyny birnäçe gezek üýtgetýär, şol bir wagtda çykyş signallaryň deňişli sanyny berýär, bu bolsa tä durnuklylyga geçýänçä dowam edýär we ol giriş berlenleri bilen üýtgap bilmeýär.

Tükenikli F -awtomaty bermek üçin $F=<X,Y,\varphi,\psi,Z_0>$ köplügiň ähli elementlerini ýazmaklyk zerurdyr. Şeýle hem giriş, içki we çykyş elipbiýi, geçiş we çykyş funksiýalary hem ýazmaklyk zerurdyr. Ýagdaýlar köplügiň arasynda z_0 ýagdaýy bellemek zerurdyr, onda awtomat $t=0$ wagtyň pursatynda bolmalydyr. F -awtomatyň işleýşiniň birnäçe usullary bardyr, ýöne köp halatlarda jedwel, grafiki we matrisaly usul ulanylýar.

Ýönekeý jedwel usuly tükenikli awtomaty bermekde geçiş we çykyş jedwelini ulanmaklyga esaslanandyr, onuň setirleri bolsa awtomatyň giriş signalyna deňişlidir, sütünleri bolsa z_0 başlangyç ýagdaýa deňişlidir. i -nji setiriň we k -nji sütüniň kesişmesinde geçiş jedweli deňişli $\varphi(z_k, x_i)$ baha bilen ýerleşdirilýär.

Çykyş jedwelinde bolsa deňişli $\psi(z_k, x_i)$ çykyş funksiýasynyň bahasy ýerleşdirilýär. Muranyň F -awtomaty üçin iki jedwel hem ýerleşdirip bolar, ýagny bellenen geçiş jedweli diýlip alynýar. Onda awtomatyň her bir z_k ýagdaýy jedweliň sütüni bolup bellenilýär. (2.17) formula laýyklykda $\psi(z_k)$ çykyş signalydyr.

Mili F -awtomatynyň işiniň ýazgysy φ -geçiş we ψ -çykyş bilen jedweli almaklyk şu aşakdaky 2.1-jedwelde getirilýär.

Mura F -awtomatyň ýazgysy geçiş jedweli bilen 2.2-jedwelde getirilýär.

Jedwel 2.1

x_i	z_k			
	z_0	z_1	...	z_k
Gecişler				
X_1	$\varphi(z_0, x_1)$	$\varphi(z_1, x_1)$...	$\varphi(z_k, x_1)$
X_2	$\varphi(z_0, x_2)$	$\varphi(z_1, x_2)$...	$\varphi(z_k, x_2)$
...

X_i	$\varphi(z_0, x_i)$	$\varphi(z_1, x_i)$	\dots	$\varphi(z_k, x_i)$
Cykyşlar				
X_1	$\psi(z_0, x_1)$	$\psi(z_1, x_1)$	\dots	$\psi(z_k, x_1)$
X_2	$\psi(z_0, x_1)$	$\psi(z_1, x_1)$	\dots	$\psi(z_k, x_1)$
\dots	\dots	\dots	\dots	\dots
X_i	$\psi(z_0, x_1)$	$\psi(z_1, x_1)$	\dots	$\psi(z_k, x_1)$

Jedwel 2.2

x_i	$\psi(z_k)$			
	$\psi(z_0)$	$\psi(z_1)$	\dots	$\psi(z_k)$
	Z_0	Z_1	\dots	z_k
X_1	$\varphi(z_0, x_1)$	$\varphi(z_1, x_1)$	\dots	$\varphi(z_k, x_1)$
X_2	$\varphi(z_0, x_2)$	$\varphi(z_1, x_2)$	\dots	$\varphi(z_k, x_2)$
\dots	\dots	\dots	\dots	\dots
X_i	$\varphi(z_0, x_i)$	$\varphi(z_1, x_i)$	\dots	$\varphi(z_k, x_i)$

Mili F-awtomaty jedwel usulynda bermeklik mysaly F1 üç ýagdaý bilen, iki giriş we iki çikiş signaly bilen 2.3-jedwelde berlendir, Mura F-awtomat F2 üçin bolsa 2.4 jedwelde brlendir.

Tükenikli awtomaty başga usulda bermeklik ugrukdyrylan graf düşüňjesi ulanylýar. Awtomatyň grafi öz gezeginde depeleriň toplumyny aňladýar, ýagny, awtomatyň dürli ýagdaýlaryna degişli bolan we grafiň dugalarynyň depelerini birleşdirýän görnüşi ulanylýar. Eger x_k giriş signal z_i ýagdaýdan z_j ýagdaýa geçişi çagyrsa, onda duganyň awtomatynyň grafynda z_i depäni z_j depe bilen birleşdirýän we ol x_k bilen belgilenýär. Çykyş funksiýasyny bermek üçin grafyň dugasyny degişli çykyş signaly bilen bellemeli. Mili awtomaty üçin

Jedwel 2.3

x_i	z_k		
	Z_0	Z_1	Z_3
Gecişler			
X_1	Z_2	Z_0	Z_0
X_2	Z_0	Z_2	Z_1
Cykyşlar			
X_1	y_1	y_1	y_2
X_2	y_1	y_2	y_1

Jedwel 2.4

x_i	y				
	y_1	y_1	y_3	y_2	y_3
	Z_0	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
X_1	Z_1	Z_4	Z_4	Z_2	Z_2

	X2		Z3		Z1		Z1		Z0		Z0	
--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--

Bu aňladylyş şeýle amala aşyrylýar; Eger giriş x_k signal z_i ýagdaýa täsir edýän bolsa, onda aýdylanlara görä duga alynýar, ol bolsa z_i –den gelip çykýar we x_k belleniýär; bu dugany goşmaça $y=\psi(z_i, x_k)$ çykyş signaly bilen belleniýär.

Surat 2.3 Milli (a) we Mura (b) awtomatynyň graflary.

Ulgamlary modelirlemek meselelerini çözmekde esasy amatly görnüşi bolup tükenikli awtomatyň matrisaly berilmesi bolup durýar. Şunlukda awtomaty birleşdiriji matrisa $C=\|C_{ij}\|$ bolýar. Setirleri giriş ýagdaýy bilen deňişlidir.

$C_{ij}=x_k/y_s$ element, i -nji setiriň we j -nji sütüniň kesişmesi Mili awtomat ýagdaýynda x_k giriş signalyna deňişlidir, ol z_i ýagdaýyndan geçişi çagyryýar z_j ýagdaýa we çykyş yssignaly bu ýagdaýda geçişde berilýär.

Mili F1 awtomat üçin birleşdiriji matrisa şu aşakdaky görnüşe eýedir:

$$C_1 = \begin{bmatrix} x_2 / y_1 & - & x_1 / y_1 \\ x_1 / y_1 & - & x_2 / y_2 \\ x_1 / y_2 & x_2 / y_1 & - \end{bmatrix}$$

Eger z_i ýagdaýdan z_j ýagdaýa geçiş birnäçe signallaryň hereketi bilen bolup geçýär.

C_{ij} matrisanyň elementi geçiş üçin “giriş-çykyş” jübütiniň köplüginde aňladýar we ol dizýunksiýa belgisi bolýar.

Muranyň F awtomaty üçin C_{ij} element (z_i, z_j) geçişde giriş signallaryň toplumyna deňdir, çykyş bolsa çykyş wektory bilen ýazylýar.

$$\vec{y} = \begin{bmatrix} \varphi(z_0) \\ \varphi(z_1) \\ \dots \\ \varphi(z_k) \\ \dots \\ \varphi(z_K) \end{bmatrix}$$

i -nji komponent çykyş signaly, z_i ýagdaýy belleýär.

Mysal 2.2. Muranyň F-awtomaty F2-ni birleşdiriji matrisany we çykyş wektoryny ýazalyň:

$$C_2 = \begin{bmatrix} -x_1 - x_2 - \\ -x_2 - -x_1 \\ -x_2 - -x_1 \\ x_2 - x_1 - \\ x_2 - x_1 - \end{bmatrix}, \quad \vec{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix}$$

Determinirlenen awtomatlar üçin birbahaly geçiş ýerine ýetirilýär: käbir ýagdaýda ýerleşýän awtomat islendik giriş signalynyň hereketi astynda bir ýagdaýdan üýtgemeyär. Grafiki usulda berilmegi F-awtomaty aňladýar. Ol hem islendik depeden awtomatyň grafynda iki we ondan köp gapyrga çykyp bilmeýär, ol bolsa şol bir giriş signaly bilen bellendir. Matrisada şuna meňzeşlikde

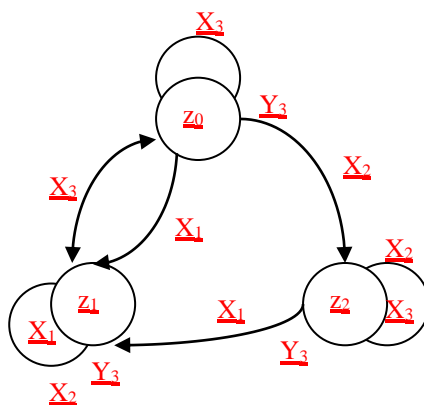
awtomatlary birleşdiriji C matrisada islendik giriş signalyň her bir setirinde bir gezekden kşmaly dälđir.

Geçiş jedwelleriň we asinhron tükenikli awtomat grafynyň görnüşine seredeliň. F awtomat üçin z_k ýagdaý durnukly diýilýär, eger islendik giriş $x_i \in X$ üçin $\varphi(z_k, x_i) = z_k$ bolar we $\psi(z_k, x_i) = y_k$ bolar. Şeýlelikde, F -awtomata asinhron diýiýär, eger onuň her bir $z_k \in Z$ ýagdaýy durnukly bolan ýagdaýynda.

Zeruru bellemeli, ýagny umuman tejribede awtomatlar hemişe asinhron bolýarlar, olaryň ýagdaýynyň durnuklylygy şol ýa-da başga usulda üpjün edilýär. Mysal üçin sinhronizasiýanyň giriş signalyňy alyp bolar. Abstrakt nazaryýet derejesinde, haçanda tükenikli awtomat anyk obýektleriň fomalaşdyrylmagy üçin matematiki shema görnüşinde gelýär we ol ikinji derejeli aýratylyklara bdegişli dälđir. Sinhron tükenikli awtomat bilen operirilemek amatly bolýar.

2.5. jedwel

x_i	y		
	y_1	y_2	y_3
	z_0	z_1	z_2
x_1	z_1	z_1	z_1
x_2	z_2	z_1	z_2
x_3	z_0	z_0	z_2



Surat 2.4. Muranyň asinhronynyň grafy

Mysal 2.3. Muranyň F -awtomat asinhronyna seredeliň, ol ýokarky jedwelde we suratda getirilendir. Görnüşi ýaly, eger jedwelde asinhron awtomatdan käbir z_k ýagdaýa geçiş x_i setiriň z_s ($s \neq k$) sütüniň kesişmesinde durýar. Onda bu z_k ýagdaý hökmany şol setirde z_k sütünde gabt gelýär. Asinhron awtomatyň grafynda, eger käbir ýagdaý beýleki ýagdaýlardan käbir signallaryň täsiri astynda geçişe eýe bolsa, onda z_k depede düwün bolmaly, ol hem şol bir giriş signallaryň simwollary

bilen bellenen bolmaly. 2.3 we 2.4 jedweller ýa-da 2.3 b we 2.4 suratlar F-awtomatlar bilen F1 we F2 sinhron bolýarlar.

Şeýlelikde, F-awtomat düşünjesi modellerdäki derňewde diskret-determinirlenen ýolda obýektler matematiki abstrakta häsiýetli bolýar. Ol bolsa dolandyrylyşyň awtomatlaşdyrylan ulgamynda alynýar. Ilkinji nobanda bu hili obýektler hökmünde elementler we EHM-iň uzelleri gözegçilik, sazlamak we dolandyrmak gurluşy bolup durýar. Maglumaty çalşyrmak tehnikasynda wagtlaýyn we giňişlikleýin kommutasiýada alynýar.

Ähli sanalan obýektler üçin diskret ýagdaýyň bolomagy we wagt boýunça işiň diskret häsiýeti F-shemadyň kömegi bilen onuň ýazylyşy effektiv bolup durýar. Ýöne onuň ulanylyşy bu matematiki shemadyň uniwersallygyny aňladmaýar. Mysal üçin bu ýol çözgütler kabul etmekde pursatlary ýazmak üçin ulanarly däl, dinamiki ulgamda pursatlar geçiş döwrüniň bolmagy bilen we stohastiki elementi bilen alynýar.

§2.4. Diskret – stohastiki model (P - shema)

Matematiki shemalary gurmaklygyň aýratynlyklaryna seredeliň, özem S derňelýän ulgamy funksionirmek döwrüni formalaşdyrmakda diskret-stohastiki ýol ulanylýar. Bu ýolda wagty diskretleşdirmek tükenekli awtomatlar ýaly olara meňzeşlikde alynýar. Onda faktora stohastiki täsir etmek şeýle awtomatlaryň dürli görnüşliligi bilen ýoly hem ähtimallyklary awtomatlarda alynýar.

Ähtimallykly awtomat umumy görnüşde (iňlis sözi probabilistic automat) huş bilen maglumaty özgerdiji diskret ýaly seredýär. Ony diňe huşuň ýagdaýyna baglylykda statistiki ýazylyp biliner.

Ähtimallyklar awtomatlar (P-shema) shemadyny ulanmaklyk diskret ulgamlary taslamak usulynda işlemek üçin esasy baha eýedir. Ol bolsa tötänlikde statistiki kanunlaşyrylýar. Bu hili ulgamlaryň algoritmiki mümkinçiliklerini aňlamak üçin we olaryň ulanylyşynyň maksadalaýyk çäklerini esaslandyrmak, şeýle hem diskret stohastiki ulgamlaryň saýlanan sintez meselesiniň çözgüdi üçin ulanylýar. Ol bolsa berlen çäklendirmeler bilen kanagatlandyrylýar.

P-awtomatyň matematiki düşünjesini girizeliň, onuň üçin F-awtomat üçin girizilen düşünjäni ulanallyň. G köplüge seredeliň, ýagny onuň elementleri bolup ähli mümkin bolan (x_i, z_s) jübütler girýär. Bu ýerde x_i we z_s – giriş X bölekköplügiň we degişlilikde ýagdaýlaryň Z bölekköplügidir. Eger iki sany φ we ψ funksiýalar bar bolsa, onda onuň kömegi bilen $G \rightarrow Z$ we $G \rightarrow Y$, onda

$F = \langle Z, X, Y, \varphi, \psi \rangle$ determinirlenen tipli awtomaty kesgitleýär.

Seredilmä umumy matematiki shemady girizeliň. Goý, Φ – ähli mümkin bolan (z_k, y_j) görnüşli jübütleriň toplumy bolsun, bu ýerde y_j – çykyş Y bölekköplügiň elementi. G köplügiň islendik elementi Φ köplükde indusirlenmeli we şu aşakdaky paýlanyş kanuna eýe bolmaly:

Elementler F ...	(z_1, y_1)	(z_2, y_2)	...	(z_K, y_{J-1})	(z_K, y_J)
(x_i, z_s)	...	b_{11}	b_{12}	...	$b_{K(J-1)}$
					b_{KJ}

Bu ýagdaýda $\sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J b_{kj}=1$, bu ýerde b_{kj} – z_k ýagdaýda awtomatyň geçiş ähtimallygy we y_j signalyň çykyşynda emele gelýär, eger ol girişde z_s ýagdaýda bolan bolsa we wagtyň şu pursatynda oňa x_i signal geler. Jedwel görnüşinde berlen şu hili paýlanyşyň sany G köplügiň elementleriniň sanyna deňdir. Bu jedwelleriň köplügini B diýip belgiläliň. Onda elementleriň dörtlügi bolan

$P = \langle Z, X, Y, B \rangle$ ähtimallykly awtomat diýilýär (P - awtomat).

Goý, G köplügiň elementleri käbir paýlanyşyň kanunlaryny Y we Z bölekköplüklerde indusirleýär, ýagny ony degişlilikde şu aşakdaky görnüşde alyp bolar:

Y – den elementler	...	y_1	y_2	...	y_{J-1}	y_J
(x_i, z_s)	...	q_1	q_2	...	q_{J-1}	q_J
Z – den elementler	...	z_1	z_2	...	z_{K-1}	z_K
(x_i, z_s)	...	z_1	z_2	...	z_{K-1}	z_K

Bu ýagdaýda $\sum_{k=1}^K z_k=1$ we $\sum_{k=1}^J q_k=1$, bu ýerde z_k we q_k – Pawtomatyň z_k ýagdaýa geçiş ähtimallygy we y_k çykyş signalyny emele getirýän bolmaly hem-de P -awtomat z_s ýagdaýda bolmaly we onuň girişine x_i signal gelmeli şertinde alynýar.

Eger ähli k we j $q_{kj}=b_{kj}$ gatnaşygy bar bolsa, onda bu hili P – awtomata Miliniň ähtimallykly awtomaty diýilýär. Bu talap paýlanyşyň täze P – awtomat ýagdaý üçin we onuň çykyş signaly üçin bagly dällik şertini ýerine ýetirýändigini aňladýar.

Goý, indi P -awtomatyň çykyş signalyny kesgitlemek şol bir ýagdaýa bagly bolup, onda işiň berlen taktynda awtomat bolmalydyr. Başga sözler bilen aýdanymyzda, goý Y çykyş bölekköplügiň her bir çykyş elementi çykyş ähtimallygyny şu aşakdaky görnüşde paýlaýar:

Y – den elementler	...	y_1	y_2	...	y_{K-1}	y_K
z_K	...	s_1	s_2	...	s_{I-1}	s_I

Bu ýerde $\sum_{i=1}^I s_i = 1$, bu ýerde s_i – çykyş y_i signalyň emele gelmek ähtimallygy, ýöne z_k ýagdaýda P – awtomat ýerleşmeli diýen şert ýerine ýetmelidir.

Eger ähli k we i üçin $z_{ksi}=b_{ki}$ gatnaşyk ýerine ýeter. Bu ýagdaýda P -awtomata Muranyň awtomat ähtimallygy diýilýär. Miliniň we Muranyň P – awtomaty düşüňjesi determinirlenen F – awtomat bilen meňzeşlikde girizilýär. Ol $F=\langle Z, X, Y, \varphi, \psi \rangle$ bilen beriler. P – awtomatyň bölek ýagdaýy $P=\langle Z, X, Y, B \rangle$ ýaly berilse, onda täze ýagdaýa geçýän ýa-da çykyş signal determinirlenen bolup geçýär. Eger çykyş signal P – awtomat determinirlenen bolup kesgitsense, onda bu hili awtomata Y – determinirlenen ähtimallykly awtomat diýilýär. Eger P – awtomatyň çykyş signaly determinirlenen bolup kesgitsense, onda bu hili awtomata Y – determinirlenen ähtimallykly awtomat diýilýär. Edil şuna meňzeşlikde Z –

determinirlenen ähtimallykly awtomat diýip P – awtomata aýdylyar, ýagny onuň täze ýagdaýyny saýlamaklyk determinirlen bolýar.

	z_k				
	z_1	z_2	...	z_{K-1}	z_K
z_k	p_{11}	p_{12}	...	$p_{1(K-1)}$	p_{1K}
z_2	p_{21}	p_{22}	...	$p_{2(K-1)}$	p_{2K}
...
z_K	p_{K1}	p_{K2}	...	$p_{K(K-1)}$	p_{KK}

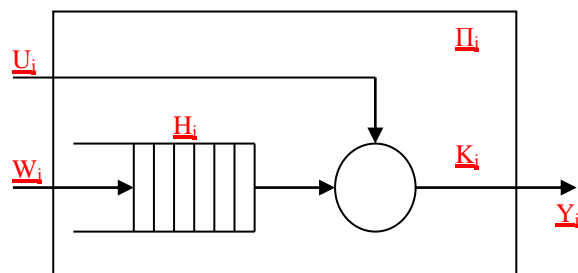
Görnüşü ýaly matematiki apparatyň nukdaý nazaryndan berlen Y – determinirlenen P – awtomaty ýagdaýlaryň tükenikli köplügi bilen käbir diskret markow zynjyryna ekwiwalentdir. Şonuň üçin hem Markow zynjyrynyň apparaty analitiki hasaplamalar üçin P -shemany ulanmakda esasy bolup durýar. Şuňa meňzeş P – awtomatlar Markow yzygiderlidiniň generatory hökmünde ulanylýar. Ol bolsa S ulgamy ýa-da E daşky gurşawyň täsirini funksionirleýän prosesini amala aşyrmakda we gurnamakda zerurdyr.

Derňelýän ulgamyň dürli häsiýetnamalarynyň bahalary üçin P – shema görnüşinde aňladylyp, analitiki model ýagdaýyna seredilenlerden başgalara ulanyp bolýar we mysal üçin imitasion modele statistiki model usulyny ulanyp bolar.

§2.5 Üznüksiz – stohastiki model (Q - shema)

Üznüksiz – stohastiki ýoluň aýratynlyklaryna toparlaýyn hyzmat ediş ulgamynyň tipli matematiki shemady hökmünde bir mysalda ulanylyşyna seredeliň, (iňlis sözünden queueing sysstem), ýagny olary Q – shemalar diýip atlandyrarys. Toparlaýyn hyzmat ediş ulgamy öz gezeginde matematiki shemalaryň klasyny emele getirýär, toparlaýyn hyzmat ediş ulgamynda işlenilen we ulgamlary funksionirmek prosesini formalaşdyrmak üçin dürli amaly ulanylmalar, ýagny öz aňladylyşy boýunça hyzmat ediş prosesini bolýar. Hyzmat ediş prosesini hökmünde öz fiziki tebygaty boýunça dürli görnüşde aňladylyp ykdysady, önümçilikli, tehniki we beýleki ulgamlarda funksionirlenýär, mysal üçin : käbir edara önümi getiýän akym, detallaryň we sehiň konweýerinde toplanýan önümleriň akymy, ýok edilen terminallardan EHM – iň maglumatyny işläp taýýarlaýan talaplar bolup durýar. Şeýle obýektleriň işlemegi üçin häsiýetli bolup hyzmat etmegiň we wagtyň tötän pursatynda hyzmaty tamamlýan tötän talaplaryň ýüze çykmagy bolup durýar. Şeýle hem olaryň funksionirlenmek döwrüniň stohastiki häsiýeti boýunça alynýar. Köpçülikleýin hyzmat edişiň esasy düşüňjesinde durup geçeliň, ýagny Q – shemady ulanmak üçin zerur bolan analitiki we şeýle hem imitasion ýol bilen ulanyp bolýar. Islendik elementar hyzmat edişiň aktynda iki sany esasy düzüjini belläp bolýar: talaba hyzmat edişe garaşmak we

talaplara hususy hyzmat etmek. Bu bolsa käbir Π_i hyzmatyň I-nji enjamy görnüşinde şekillendirip bolýar (2.6. surat), özem H_i talaplar toplumyndan düzülen şol bir wagtda $l_i = 0$, $L_i H_i$ talaplar ýerleşip biler.



Surat 2.6

Bu ýerde $L_i H_i$ – i-nji toplaýjynyň syklygy, K_i – talaplara hyzmat ediş talaplar. Π_i hyzmat ediş enjamynyň her bir elementine wakalaryň akymy gelýär: H_i toplaýjyda w_i talaplaryň akymy u_i hyzmat edişiniň akymy K_i kanalyna gelýär.

Wakalaryň akymy diýip wagtyň haýsydyr bolsa bir tötän pursatynda biribiriniň yzyndan geýän wakalaryň yzygiderligine aýdylýar. Wakalaryň birjynsly we birjynsly däl akymlyry tapawutlandyrylýar. Wakalaryň akymlyryna birjynsly diýilýär, haçanda eger ol bu wakalaryň gelýän pursatynda häsiýetlenýär we yzygiderlik bilen berilmeli: $\{t_n\} = \{0 \leq t_1 \leq t_2 \leq \dots \leq t_n \leq \dots\}$, bu ýerde t_n – n-nji wakanyň gelýän pursaty – otrisatel däl hakyky san. Wakalaryň birjynsly akymy şeýle hem n-nji we (n-1)-nji wagt aralygynda yzygiderli görnüşde $\{\tau_n\}$ wakalarda, ýagny $\{t_n\}$ pursatlary çagyryan yzygiderlik bilen birbelgili baglanyşylan bolmaly, bu ýerde $\tau_n = t_n - t_{n-1}$, $n \geq 1$, $t_0 = 0$ we $\tau_1 = t_1$.

Birjynsly däl wakalaryň akymy diýip – $\{t_n, f_n\}$ yzygiderlige aýdylýar, bu ýerde t_n – çagyrylýan pursatlar; f_n – wakalaryň nyşanlarynyň toplumu. Mysal üçin, talaplaryň birjynsly äl akymy üçin hyzmat ediş prosesinde ulanylýan talaplaryň şol ýa-da başga çeşmesine degişli bolan kanalyň tipi boýunça hyzmat ediş mümkindir.

Adatça ulanylmalarda dürli ulgamlary modelirmekde K_i hyzmat edişiniň elementar kanalynda ulanmak bolýar, ýagny talaplaryň akymy $w_i \in W$ bolmaly. Şeýle hem K_i çykyşda talaplaryň emele gelmek pursatlarynyň arasyndaky wagtyň interwaly dolandyrylmaýan üýtgeýänleriň bölekköplüginini emele getirýär. Hyzmat edişiniň akymy bolsa $u \in U$ bolar. Talaplary hyzmat etmekde başlangyç we soňky wagtyň interwalynyň arasynda dolandyrylýan bölekköplükleriň bölekköplüginini emele getirýär.

K_i kanal bilen hyzmat edilýän talaplar we Π_i enjamy dürli sebäplere görä taşlan, ýagny hyzmat edilmeýänler çykyş akymy emele getirýär $y_i \in Y$, şeýle hem talaplaryň çykyş pursatynda wagt aralykdaky interwal çykyş üýtgeýänleriň bölekköplüginini emele getirýär. Π_i hyzmat ediş enjamyny funksionirmek prosesini $z_i(t)$ wagt boýunça onuň elementiniň ýagdaýyny üýtgetýän proses hökmünde alyp bolar. Π_i üçin täze ýagdaýa geçiş talaplaryň mukdaryny üýtgetýär, ýagny onda hem ýerleşmeli (K_i kanalda we H_i toplaýjyda ýerine ýetirilýär). Şeýlelikde, Π_i üçin wektor ýagdaýy $z_i = (z_{iH}, z_{iK})$ görnüşde bolýar, bu ýerde z_{iH} – H_i toplaýjynyň ýagdaýy ($z_{iH} = 0$ – toplaýjy, $z_{iH} = 1$ – toplaýjyda bir talap bar, . . ., $z_{iH} = L_i H_i$ – toplaýjy dolylygyna dolduryldy); $L_i H_i$ – H_i – toplaýjynyň



syklygy, ol talaplaryň sanyny ölçeýär, ýagny onda hem ýerleşip bilmeli. ziK – Ki kanalyň ýagdaýy ($ziK = 0$ – kanal boş, $ziK = 1$ – kanal boş däl we şuna meňzeşler).

Ulgamlary modelirmek tejribesinde çylşyrymly gurluşly baglanyşyga we geçirmek algoritmine eýe bolan hyzmat edişiň aýratyn bolmadyk ulanylyşyň formalaşmagy üçin Q – shema Π hyzmat edişiň köp elementar enjamlarynyň toplumyny emele getirýär. Eger hyzmat edişiň dürli enjamlarynyň Ki kanaly parallel birleşdirilen bolsa, onda köpkanally hyzmat ediş ähmiýete eýedir (köpkanally Q - shema). Şeýlelikde, Q – shemady bermek üçin R çatrym operatoryny ulanmak zerur bolýar, ol öz gezginde gurluşyň elementleriň arasyndaky baglanyşygy aňladýar.

Q – shemadyň elementleriniň arasyndaky baglanyşyk ugur görnüşinde aňladylýar. Açyk we ýapyk Q – shemalary biri-birinden tapawutlandyrýarlar. Ýapyk Q – shemada hyzmat edilen talaplaryň çykyş akymy täzedan haýsydyr bir elemente gelip bilmeýär.

Şeýlelikde, Q – shema islendik kynçylykdaky köpçülikleýin hyzmat edişiň ulgamyny funksionirmek döwrüni ýazýar. Ol birbelgili görnüşde şu aşakdaky ýagdaýda bolýar:

$$Q = \langle W, U, H, Z, R, A \rangle.$$

Ýönekeýleşdirýän çaklamalaryň hatarynda giriş W akymyň we U hyzmat ediş akymyň elementleriň gurluşynyň R çatrym operatory ýapyk ulgamda birfazaly birkanally hyzmat edişdir. H hususy parametrleriň bölekköplügidir, ähtimal wagtlaýyn häsiýetnamalaryň A talaplara hyzmatynyň operatorynyň algoritmine analitiki apparaty ulanmak bolýar.

§2.6. Umumylaşdyrylan model (A – shema)

Ulgamlary funksionirmek döwrüniň formal ýazgysynyň belli umumy ýoly N. P. Buslenko tarapyndan hödürülen ýoldur. Bu ýol üznüksiz we diskret ýoly ýazmaga mümkinçilik berýär. Determinirlenen we stohastik ulgamlary deňeşdirmek boýunça agregatly ulgam çykyş edýär. Ol öz gezeginde A – shema diýlip atlandyrylyp umumy görnüşe eýedir.

Ulgamlary we meseleleri modelirmek guşawynyň derňewi EHM-de modelirmek usulyň kömegi bilen çözülýär. Meseläniň toplumlaýyn çözülişi modeli döretmek döwründe ýeke-täk formal matematiki shemada eýe bolmaly. Bu shema şol bir wagtda birnäçe shemalary ýerine ýetirýär:

Modelirmek obýektiniň matematiki ýazgysy adekwat bolmaly, şeýle hem S ulgam algoritmleri gurnamak üçin esasy bolup hyzmat etmeli we M modeli almakda programma düzülmeli. Bu bolsa analitiki derňewe getirer.

Getirilen talaplar kesgitli derejede garşylyklydyr. Matematikada gurnalan we amaly matematikada hususy halda gurnalan agregat ýagdaýda ilki bilen formal kesgitleme berilýär. Signallary geçirmekligiň bagly dälligi her bir giriş kontakty üçin şu aşakdaky görnüşe eýedir:

$$X_i^{(n)} \in \bigcup_{n=0}^{N_A} \{X_i^{(n)}\}$$

Şu aşakdaky çykyş kontakty hem degişlidir:

$$Y_l^{(n)} \in \bigcup_{n=0}^{N_A} \{Y_j^{(n)}\}$$

Bu ýerde $\bigcup_{n=0}^{N_A} \{Y_j^{(n)}\}$ - A – shemadyň we daşky E gurşawyň ähli elementleriniň giriş baglanyşyklaryň köplügi.

III BÖLÜM

Ulgamy işlemek prosesiniň formalizasiýasy we algoritmizasiýasy.

§3.1. Ulgamyň modelleriniň işlenilip düzülmesiniň we maşynly amala aşyrylmagynyň yzygiderligi.

Hasaplaýyş tehnikasynyň şsmegi bilen uly ulgamlary derňemegiň has täsirli usuly maşynly modelirleme boldy, ýagny onsuz köp uly halk hojalygynyň meselelerini çözmeklik mümkin däl . Şonuň üçinem inženerli – ulgam tekniklerini taýýarlamagyň işjeň meseleleriniň biri bir öwrenilýän obýektleriň modellerini gurmaga olaryň dinamikasyny derňemäge we model bilen maşynly synag arkaly dolandyrmak mümkinçiligi derňemäge mümkinçilik bermän eýsem derňenilýän ulgamlar bilen döredilýän modelleriň barabarlygy barada hasaplaýyş tehnikasynyň döwrebap serişdelerinde ulgamy modelirlemegi dogry gurnamak we ulanmagyň çäkleri barada mälum bolan çäkke pikir etmäge mümkinçilik beriji ulgamlylygyň talaplygynyň hasaby bilen matematiki modelirleme usullaryny we nazarýetini özleşdirmek bolup durýar.

Maşynly modelirlemäniň matematiki , algoritmiki , meýilnamaly we amaly nukdaýnazarlaryna seredmezden öňürti hasaplaýyş tehnikasynyň serişdelerinde amala aşyrylýan obýektleriň matematiki modelleriniň giň klassy üçin umumy metodiki nukdaýnazarlary öwrenmeklik zerurdyr. Hasaplaýyş tehnikasynyň serişdelerini ulanmaklyk bilen modelirleme gysga wagtyň dowamynda bolup , geçýän üýtgemelere obýekt bilen gözegçilik etmek hakyky synaglarda kyn bolanda uly ýa-da az tizlikler bilen hakyky obýektde gidýän , hadysalaryň mehanizmlerini derňemäge mümkinçilik berýär. Zerur halatynda maşynly model hakyky wagty „çekmek ” ýa-da „gysmak ” mümkinçiligini berýär, sebäbi maşynly modelirleme hakyky wagtdan tapawutly bolan ulgamly wagtda düşüňjesi bilen baglanyşyklydyr. Mundan başgada maşynly modelirlemäniň kömegi bilen dialogly ulgamda ASU işgärleri obýekt bilen dolandyrmakda çözgütleri kabul etmegi öwrenmek mümkin, meselem işewir oýuny gurnamakda , bu dolandyryş prosesini amala aşyrmagyň gerek bolan tejribe endiklerini işläp çykarmaga mümkinçilik berýär.

Ulgamy maşynly modelirlemegiň manysy hasaplaýyş maşynda ulgamyň elementleriniň onuň funksionirlenmegi prosesinde formal ýa-da algoritmiki alyp barylşyny , ýagny olaryň bir biri we daşky sreda E bilen özara gatnaşygyny ýazgy ediji , käbir meýilnamaly toplumy , özünde saklaýan, modelli synagy geçimekden

durýar. Maşynly modelirlemäni, ulgamy funksionirlemäň hilini bahalandyrmagyň kriteriýasyny takyk görnüşe getirmek kyn bolanda we onuň maksady doly görnüşe getirmeklige başartmadyk ýagdaýynda üstünlikli ulanylýar, sebäbi adamyň formal däl derejeler bilen pikir etmek ukyby bilen EHM meýilnamaly – tehniki mümkinçiliklerini hasaplamaga mümkinçilik berýär. Gelejekde esasy üns dürli derejedäki ASU işläp düzmekligiň we derňemekligiň has täsirli guraly ýaly hemmetaraplaýyn EHM-da ulgamy modelirlemege beriler.

Ulgamy S funksionirlemek prosesiniň modeline M bildirilýän , esasy talaplary görnüşe getireliň .

1. Modeliň dolulygy müşderä talap edilýän taskyklyk we ynamlylyk bilen ulgamyň häsiýetnamalarynyň bahalarynyň gerek bolan toplumyny almak mümkinçiligini bermekdir.
2. Modeliň maýyşgaklygy ulgamyň parametriniň we algoritminiň düzülişiniň üýtgedilmeginiň dürli ýagdaýlarynda täzedan işläp çykarmak mümkinçiligini bermekdir.
3. Uly ulgamly modelleriň işlenip düzülmeginiň we amala aşyrylmasyynyň dowamlylygy bar bolan baýlyklara çäklendirmeginiň hasabyna mümkin boldugyça kiçi bolmalydyr.
4. Modeliň düzülişi blokly bolmalydyr, ýagny ähli modelleri gaýtadan işlemezden käbir bölekleri goşmak we aradan aýyrmak , çalyşmaklyga ýol bermekdir.
5. Habarlar bilen üpjün ediliş kesgitli klasly ulgamyň berilenler bazasy bilen modeliň täsirli işlemek mümkinçiligini bermelidir.
6. Meýilnamaly we tehniki serişdeler modeliň täsirli maşynly amala aşyrylmasyny we onuň müşderi bilen oňaýly gatnaşyk etmegini üpjün etmelidir.
7. Çäklendirilen hasaplaýyş baýlyklarynyň bolmagynda analitiki – imitasim ýakynlaşmany ulanmakly ulgamyň modeli bilen maksadalaýyk ugrukdyrylan maşynly synaglaryň geçirilmegi amala aşyrylmalydyr.

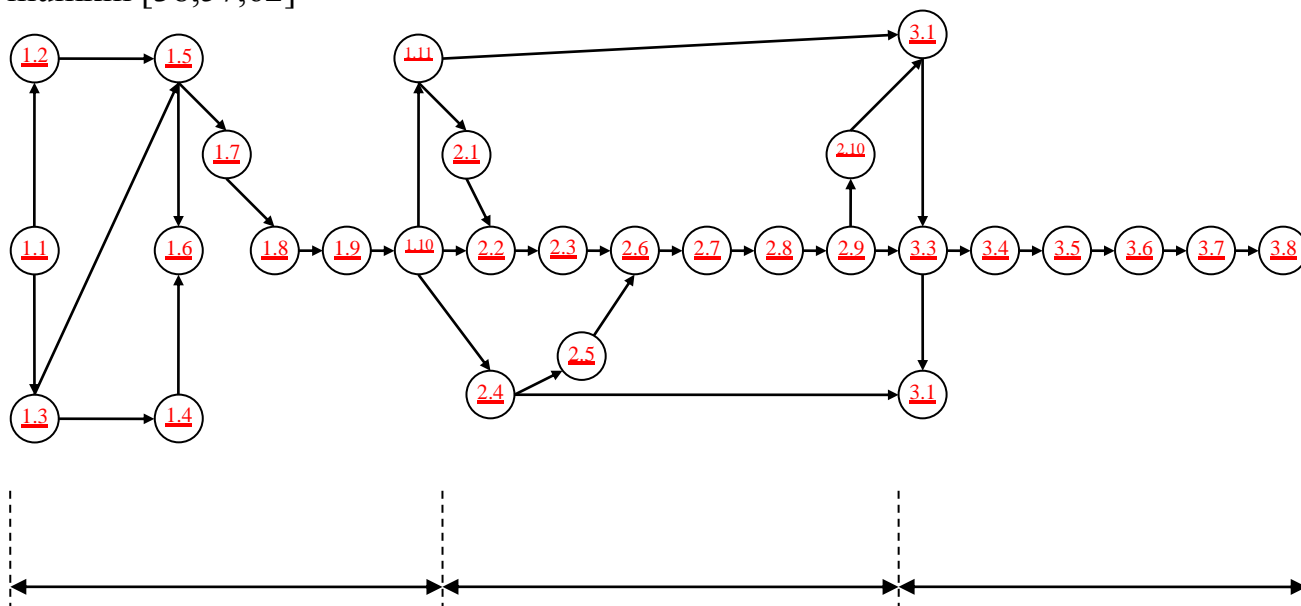
Bu talaplaryň hasaby bilen EHM –da ulgamy S modelirlemekde , şeýle –de olaryň ulgam aşaklaryny we elementlerini modelirlemekde adalatly bolan esasy ýagdaýlara seredeliň. Ulgamyň maşynly modelirlemesinde ony işletmek prosesiniň häsiýetnamalary, modelirlemeginiň obýekti barada bar bolan başdaky habarlardan salgylanyp gurulan, modeliň M esasynda kesgitlenilýär. Obýekt barada täze habar alynanda onuň modeline gaýtadan seredilýär we täze habaryň hasaby bilen anyklanylýar, ýagny modeli işläp düzmekligi we maşynly amala aşyrmaklygy goşmak bilen modelirlemek prosesi iterasionly bolup durýar. Bu iterasionly prosess ulgamy S derňemegini we taslamagyň öňde goýulan meselelerini çözmeginiň çäklerinde barabar diýip haslap boljak , model M alynýança dowam edýär.

EHM kömegi bilen ulgamy modelirlemäni indiki ýagdaýlarda ulanmaklyk mümkin [10,13,42]:

- a) Ulgamy S derňemek üçin ol taslanylýança modelirleme obýektiniň we daşky sredanyň düzülişleriniň, algoritmleriniň we parametrleriniň üýtgemegine häsiýetnamaň duýgurlygyny kesgitlemek maksady bilen ;

- b) Ulgamyň dürli wariantlarynyň sintezi we derňewi hem-de kabul edilen çäklendirilmelerinde ulgamyň täsirini bahalandyrmagyň berilen ölçeglerini kanagatlandyryp biljek warianty bäsleşýän wariantlaryň arasyndan saýlamak üçin ulgamy taslamagyň etabynda ;
- c) Ulgamy taslamak we ornaşdyrmak tamamlanandan soň , ýagny ulgamyň ewolýusiýasynyň habaryny wagtynda almak üçin we hakyky ulgamyň hakyky synaglarynyň netijeleriniň üstüni doldyryjy habary almak üçin onuň ulanylamasynda.

Maşynly modelirlenmäniň ähli agzalyp geçilen ýagdaýlarynda ulanylýan, umumy ýagdaýlar bardyr. Hat-da modelirlenmäň takyk usullary biri birinden tapawutlanan we modelleriň dürli modifikasiýasy bar bolan ýagdaýynda , meselem, takyk meýilnamaly- tehniki serişdeleri ulanmakly modelirleýji algoritmleriň maşynly amala aşyrylmagy oblastynda, tejribe ulgamy modelirlenmäni, esasyna maşynly modelirlenmäň metodologiýasy goýulan , umumy esaslarda görnüşe getirmek mümkin [38,57,62]



Surat 3.11 Ulgamy modelirleme etaplarynyň özara gatnaşygy.

Ulgamy S modelirlenmeginiň esasy etaplaryna seredeliň , ýagny olaryň sanyna degişlidir: ulgamyň konseptual modelini gurnamak we onuň formalizasiýasy; ulgamyň modeliniň algoritmizasiýasy we onuň maşynly amala aşyrylmagy; ulgamy modelirlenmegiň netijelerini almak we interpretasiýasy.

Ulgamy modelirlenmegiň agzalyp geçilen etaplarynyň we olary düzüjileriň özara gatnaşygy 3.1 suratda görkezilen . Setli shema görnüşinde berilip biliner. Bu etap aşaklaryny synap geçeliň:

- 1.1–ulgamy maşynly modelirlenmegiň meselesini goýmak ;
- 1.2–ulgamy modelirmek meselesini derňemek
- 1.3–modelirleme obýekti we ony ýygnamagy gurnamak baradaky başdaky habarlara talaplary kesgitlemek;
- 1.4–gipoteziň öňe hereketi we çaklamalary kabul etmek;
- 1.5–parametrleri we üýtgeşsiz modelleri kesgitlemek;

- 1.6–modeliň esasy mazmunynyň ornaşdyrylmasy;
- 1.7–ulgamyň täsirini bahalandyrmagyň ölçegleriniň esaslandyrylmasy;
- 1.8–approksimasiýa prosedurasyny kesgitlemek;
- 1.9–ulgamyň konseptual modeliniň ýazgysy;
- 1.10 –konseptual modeliň ynamlylygyny barlamak ;
- 1.11 –birinji etap boýunça tehniki dokumentleri düzmek
- 2.1–modeliň paýhasly shemasyny gurmak ;
- 2.2– matematiki gatnaşyklary almak;
- 2.4–modelirleme üçin hasaplaýyş serişdelerini saýlamak
- 2.5–meýilnamalaşdyrma boýunça işleriň ýerine ýetirilmeginiň meýilnamasyny düzmek;
- 2.6–meýilnamalaryň shemalaryny gurmak;
- 2.7–meýilnamalaryň shemalarynyň dogrydygyny barlamak;
- 2.8–modeli meýilnamalaşdyrmagy geçirmek ;
- 2.9–meýilnamalaryň dogrydygyny barlamak ;
- 2.10 Ikinji etap boýunça tehniki dokumentleri düzmek ;
- 3.1–ulgamyň modeli bilen maşynly synagy meýilnamalaşdyrmak;
- 3.2–hasaplaýyş serişdelerine bolan talaplary kesgitlemek;
- 3.3–iş hasaplamalaryny geçirmek;
- 3.4–Ulgamy modelirlemegiň netijelerini derňemek ;
- 3.5–modelirlemäniň netijelerini bermek;
- 3.6–modelirleme netijeleriniň interperetasiýasy;
- 3.7–modelirlemäniň netijelerini çykarmak we maslahatlary bermek;
- 3.8–üçünji etap boýunça tehniki dokumentleriň düzülməsi;

Şeýlelik bilen , ulgamy S modelirlemek prosesi , üç etap görnüşinde topumlaşdyrylan, agzalyp geçilen etap aşaklarynyň ýerine ýetirilmesine getirilýär. Konseptual modeli M_k gurmak we onuň formalizasiýasy etabynda onuň funksionirlenmesi esasy düzüji prossesi bölmegiň nukdaýnazary bilen modelirlenilýän obýektiň derňewi geçilýär, gerek bolan approksimasiý kesgitlenilýär, we ikinji etapda ulgamy meýilnamalaşdyrmagyň we yzygiderli algoritimizasiýanyň ýoly bilen maşynly modele özgerýän, ulgamyň S modeliniň baýlaşan shemasy emele gelýär. Ulgamy modelirlemegiň soňky üçünji etaby EHM-da iş hasapalarynyň alynan meýilnamasyna laýyklykda saýlanan meýilnamaly-tehniki serişdeleri ulanmak bilen geçirmeklige , daş-töweregiň täsiriniň hasaby bilen ulgamy S modelirlemegiň netijeleriniň interpretasiýasyny almaklyga geçirilýär. Modeli gurmakda we täze habar alynanda onuň maşynly amala aşyrylmagynda öň kabul edilen çözgütleriň seredilmeginiň amallygy aýdyňdyr, ýagny modelirleme prosesi iterasim bolup durýar. Etaplaryň hersiniň mazmunyna has giňişleýin seredeliň.

§3.2. Ulgamyň konseptually modelini gurmak we onuň formalizasiýasy.

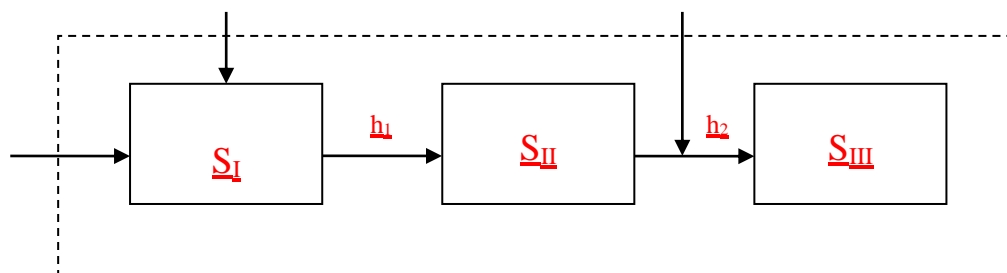
Maşynly programirlemäniň birinji etabynda – ulgamyň S konseptual modelini M_k gurmak we onuň formalizasiýasy – model görnüşe getirilýär we onuň formalizasiýasy – model görnüşe getirilýär we onuň formal shemasy gurrulýar,

ýagny bu etabyň esasy bellenilişi obýektiň mazmunly ýazgysyndan onuň matematiki modulyna , başga söz bilen, formalizasiýa prosesine geçmegi bolup durýar.

EHM-da ulgamy modelirmek häzirki wagtda-uly ulgamlaryň häsiýetnamalaryny bahalandyrmagyň hemmetaraplaýyň we täsirli usulydyr. Bu işde has köp jogapkäli we has az görnüşe getirilýän pursatlar ulgamyň S we daş-töweregiň E arasyndaky araçäkleri geçirmek, ulgamyň ýazgysynyň ýönekeýleşdirilmegi we ulgamyň ilki konseptual , soňra formal modelleriniň gurulmasy bolup durýar. Model adekwatly bolmalydyr, ýogsa modelirlemäň položitel netijelerini almak mümkin däl, ýagny bir birine meňzeş bolmadyk modele ulgamy görnüşe getirmek prosesini derňemeklik manysyny ýitirýär. Barabar model diýilip , modeliň işläp düzüjisi tarapyndan onuň funksionirleme prosesini, şöhlelendirýän modelirleme ulgamyna düşünmek derejesine ýakynlaşmaň kesgitli derejesi bilen bolan modele düşüneris.

Blokly esas boýunça ulgamy funksionirlemegiň modelini gurmaklyk has oňaýlydyr. Şol wagtda şeýle modeliň bloklarynyň üç sany awtonomly toparlaryny bölünip biliner. Birinji topardaky bloklar özlerinde daş-töwerege bolan täsiriniň imitatoryny saklaýar; ikinji topardaky bloklar derňelýän ulgamyň S funksionirleme prosesiniň öz modeli bolup durýar; üçünji topardaky bloklar-kömekçidirler we iki asany birinji toparynyň bloklarynyň maşynly aşyrylmasy üçin, Şeýlede modelirleme netijelerini bellige almak we işläp bejermek üçin gulluk edýärler.

		1	2										
		3	4	5	6	7	8	9					
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
		38	39	40	41	42	43	44	45				
					46	47							



Surat 3. 2. Ulgamyň modeli:

a – konseptually;

b – blokly

Käbir gepotetiki ulgamyň funksionirleme prosesini ýazgy etmekden bu prosesini modeline geçmek mehanizmine seredeliň [42,57]. Gönükmeklik üçin ulgamy funksionirlemek prosesiniň häsiýetiniň ýazgysy barada, ýagny 3.2, a suratda körkezilişi ýaly kwadrat bilen şertli şekillendirilen, käbir elementleriniň toplumy ýaly, onuň konseptual modeli M_k barada göz önünde getirmeleri girizýäris. Bu kwadratlar özlerinde ulgamy funksionirlemegiň derňelýän prosesiniň käbir prosesler aşagynyň, daş-töweregiň E täsiriniň ýazgysyny saklaýar. Ulgamyň ýazgysyndan bu interperetasiýada onuň modeline geçmek ýazgynyň käbir ikinji derejeli elementleriniň seredilmeginiň aradan aýrylmagyna getirýär (5-8,39-41,43-47 elementler). Olar modeliň kömegi bilen derňelýän, prosesleriň gidişlerine düýpli täsir bermeýärler diýilip çak edilýär. Elementleriň bölegi (14,15,28,29,42) ulgamyň içki häsiýetleriniň şöhlelendiriji, gowşak gatnaşyklar h bilen çalşylýar (sur 3.2.b) 1-4, 10, 11, 24, 25 elementleriň käbir bölegi girişi faktorlar x we daşky sredanyň täsiri v , bilen çalşylýar. Olaryň toplumlaşdyrylyp çalşylmasy hem ahmalydyr: elementler 9,18,19,32,33 gowşak gatnaşyk h_2 we daşky sredanyň E täsirleri bilen çalşyrylyp biliner. Elementler 22,23,36,37 ulgamyň daşky sreda y täsiriniň şöhlelendirilýär.

Ulgamyň S galan elementlerini derňeýän ulgamyň funksionirlenme prosesiniň şöhlelendiriji S_1, S_{11}, S_{111} bloklara toparlaşýarlar. Bu bloklaryň hersi ýeterlikli awtonomdyr, bu olaryň arasyndaky aragatnaşyklaryň kiçi mukdarynda aňladylýar. Bu bloklaryň özlerini alyp baryşy gowy öwrenilen bolmalydyr we öz nobatynda blok aşaklarynyň giden hataryny saklap biljek, matematiki model olaryň hersi üçin gurulan bolmalydyr. Derňelýän ulgamyň S funksionirleme prosesiniň gurulan blokly modeli, alynan modeliň maşynly amala aşyrylmasynda geçirilip bilinjek, bu processiniň häsiýetnamasyny derňemeklik üçin niýetlenilendir.

Modelirlenilýän ulgamyň ýazgysyndan onuň blokly esas boýunça gurulan modeline M_k geçilmeginden soň, dürli bloklarda bolup geçýän, prosesleriň matematiki modellerini gurmaklyk zerurdyr. Matematiki model özünde, ulgamyň düzülişinden, algoritmleriniň özüni alyp barşyndan, ulgamyň parametrlerinden, daş-töweregiň E täsirinden başlangyç şertlerden we wagtdan baglylykda ulgamyň funksionirleme prosesiniň häsiýetini kesgitleýji, gatnaşyklaryň toplumyny saklaýar (meselem, deňleme, paýhasly şretler, operatorlar). Matematiki model derňelýän toplumyň funksionirlenme prosesiniň formalizasiýasynyň netijesi ýagny hakykata ýakynlaşmagyň derejesi bilen geçirilýän der=ewleriň çäginde gerek bolan prosesiniň formal ýazgysyny gurmaklyk bolup durýar [9,10]

Formasiýa mümkinçiliklerini beýan etmek üçin käbir gepotetiki ulgamyň funksionirleme prosesine seredeliň, ýagny ony $y_1(t), y_2(t), \dots, y_{hy}(t)$ häsiýetnamalar h_1, h_2, \dots, h_{nH} , parametrler bilen x_1, x_2, \dots, x_{nx} girişi täsirleriň we v_1, v_2, \dots, v_{nv} daşky sredanyň täsirleriniň bolmagynda ulgam aşaklaryna m

bölmeklik mümkin. Onda prosesiniň matematiki ulgamy bolup, indiki gatnaşykdaaky ulgam gulluk edip biler.

$$Y_1(t) = f_1(x_1, x_2, \dots, x_{nx}; v_1, v_2, \dots, v_{nv}; h_1, h_2, \dots, h_{nH}; t)$$

$$y_2(t) = f_2(x_1, x_2, \dots, x_{nx}; v_1, v_2, \dots, v_{nv}; h_1, h_2, \dots, h_{nH}; t)$$

.....

$$y_{ny}(t) = f_m(x_1, x_2, \dots, x_{nx}; v_1, v_2, \dots, v_{nv}; h_1, h_2, \dots, h_{nH}; t)$$

Eger f_1, f_2, \dots, f_m funksiýalar mälim bolsa, onda (3,1) gatnaşyk ulgamy S funksionirmek prosesiniň ajaýyp matematiki modeli bolardy. Ýöne tejribede uly ulgamlar üçin ýeterlikli ýänekeý görnüşli modeli almaklyk köplenç mümkin däl, şonuň üçinem ortaça ulgamy S funksionirme prosesini ýönekeý prosesler aşagynyň hataryna bölýärler. Şol wagtlar prosesler aşagyna bölmekligi aýry proses aşaklarynyň modelleriniň gurulmagy ýönekeý bolar ýaly we formalizasiýada kynçylyk döretmez ýaly geçirmeklik zerurdyr. Şeýlelik bilen, bu tapgyrda proses aşaklarynyň formalizasiýasynyň manysy mahsus bolan matematiki shemalary saýlamakdan durýar. Meselem, stohastiki prosesler üçin bu ähtimallyly awtomatlaryň shemasy (P-shemalar), aglabaly hyzmat etmek shemalary (Q-shemalary) we ş.m. ýagny çözülyän amaly meseleleriň nukdaý nazary bilen, proses aşaklaryny düzüji hakyky hadysalaryň esasy aýratynlyklaryny ýeterlikli takyk ýazgy edýän, shemalar bolup biler.

Şeýlelik bilen, islendik ulgamy S funksionirmek prosesiniň formalizasiýasy ony düzüji hadysalaryň öň öwrenilen bolmalydyr. Netijede, amala meseläni goýmak we prosesi derňemek üçin häsiýetli kanunalaýyklygy takyk beýan etmegiň birinji synanşygyny özünde saklaýan, prosesiniň mazmunly ýazgysy emele gelýär. Mazmunly ýazgy formalizasiýanyň indiki etaplary üçin başdaky material bolup durýar: ulgamy funksionirmek prosesiniň görnüşe getirilen shemalaryny gurmak we bu prosesiniň matematiki modeli. EHM-da ulgamy funksionirmek prosesi modelirleme üçin prosesiniň matematiki modelini degişli modelirleýji algoritme we maşynly meýilnama özgertmeklik gerekdir.

Ulgamyň konseptual modelini M_k gurmagyň we onuň formalizasiýasynyň esasy etap aşaklaryna has giňişleýin seredeliň. (sur 3,1 ser)

1.6. Ulgamy maşynly modelirleme meselesini goýmak.

Takyk ulgamy S derňemek meselesiniň takyk görnüşe getirilmesi berilýär we indiki meselelere esasy üns çekilýär:

- Meseläniň bolmagyny aňlamak we maşynly modelirlemäň zerurrlygy;
- Bar bolan baýlyklaryň hasaby bilen meseläni çözmegiň metodikasyny saýlamak
- Meseläniň ölçegini kesgitlemek we ony mesele aşaklaryna bölmegiň mümkinçilikleri.

Şeýle-de dürli mesele aşaklaryny çözmegiň ilkinjiligi baradaky meselelere jogap bermeli we mümkin bolan matematiki usullaryň we olary çözmegiň meýilnamaly – tehniki serişdeleriniň täsirini bahalandyrmaly. Bu soraglaryň ymykly işlenilmegi derňemek meselelerini görnüşe getirmäge we onuň amala aşyrylmagyna başlamaga

mümkinçilik berýär. Şol wagtda modelirleme prosesinde meseläniň başdaky goýulmagyna gaýtadan seredilmegi mümkindir.

1.6. Ulgamy modelirlemek meseleleriniň derňewi:

Meseläni derňemekligi geçirmeklik onuň modelirleme usuly bilen çözülmeginde gelejekde döreýän kynçylyklaryň önüni almaga täsirini ýetirýär. Seredilýän ikinji etapda esasy iş hut derňewiň geçirilmeginden durýar, ýagny indikileri goşmak bilen;

- a). Ulgamy S funksionirmek prosesiniň täsirlerni bahalandyrmagyň barabarlygyny saýlamak;
- b). Endogenli we ekzogenli üýtgewli modelleri m kesgitlemek;
- c). Identifikasiýanyň mümkin bolan usullaryny saýlamak ;
- d). Ulgamyň modeliniň algoritmizasiýasynyň ikinji etabynyň we onuň maşynly amala aşyrylmagyň mazmunynyň önünden derňemegi geçirmek;
- e). Ulgamy modelirlemek netijelerini interperetasiýanyň we almagyň üçinji etabynyň mazmunynyň önünden derňewiň ýerine ýetirilmegi.

1.3. Modelirlemäniň obýekti we ony ýygnamagy gurnamak barada başdaky habarlara bildirilýän talaplary kesgitlemek.

Ulgamy S modelirlemegiň meselsi goýulandan soň habara bolan talaplar kesgitlenilýär, ýagny ondan bu meseläni çözmeklik üçin zerur bolan, hilleýin we mukdarlaýyn başdaky berilenleri alýarlar. Bu berilenler meseläniň manysyna, ony çözmekligiň usullaryna çuňňur düşünmäge kömek edýär. Şeýlelik bilen, bu etap aşagynda geçirilýär :

- a). Ulgam S we daş – töwerek E barada gerek bolan habarlary saýlamak ;
- b). Apriornly berilenleri taýýarlamak ;
- c). Bar bolan synag berilenleriň derňewi;
- d). Ulgam baradaky habarlary önünden işläp berjermegiň usullaryny we serişdelerini saýlamak.

Şol pursatda modelirleme obýekti baradaky habaryň başdaky hilinden modeliň barabarlygynyň we modelirleme netijeleriniň ynamlylygynyň düýpli bagly bolýandygyny ýatdan çykarmak bolmaz.

1.6. Gipotezi öňe çekmek we çak edilmeleri kabul etmek.

Gipotezler ulgamyň S modeli guralanda derňewçi tarapdan mesele düşünmekde “Arasy üzülen” ýeri doldurmak üçin gulluk edýär. Şeýlede adalatlylygy maşynly synagy geçirmede barlanylýan ulgamy S modelirlemegiň mümkin bolan netijelerine degişlilikde gipotezler öňe süşürilýär. Çak edilmeler käbir berilenleriň nämälimdigine ýa-da olary alyp bolmaýandygyna seredýär. Çak edilmeler goýulan meseläniň talaplaryna jogap bermeyärler, mälim bolan berilenlere degişlilikde öňe süşürilip bilinerler. Çak edilmeler modelirlemeler saýlanan derejesi bilen

değişlilikde modeli yönekeyleşdirmek mümkinçiligini berýär. Gipotezler öňe sürülende we çak edilmeleriň kabul edilmeler indiki faktorlar hasaba alynýar:

- a) Meseläniň çözmeklik üçin bar bolan habaryň göwrümi;
- b) Habar ýeterliksiz bolan mesele aşaklary;
- c) Meseläni çözmeklik üçin wagt baýlyklaryny çäklendirmeler ;
- d) Modelirlenmegiň garaşylýan netijeleri .

Şeýlelik bilen ulgamyň S modeli bilen işlemek prosesinde obýekt baradaky täze habarlar we modelirlenmegiň alynan netijelerinden baglylykda bu etap aşagyna köp gezekleýin gaýdyp gelmeklik mümkindir.

1.6. Parametrler we üýtgewli modelleri kesgitlemek

Matematiki modeliň ýazgysyna geçmeklik üçin öňürti ulgamyň parametrlerini h_R , $R=1, nh$, giriji we çykyjy üýtgewlileri X_i , $i=1, nh$, y_i , $j=1, nv$, daşky sredanyň täsirine v_i , $i=1, nv$, kesgitlemek gerekdir. Elbetde bu etap aşagynyň maksady, daşky sreda E funksionirlenýän ulgamyň S matematiki modeline gurmaklyk bolup durýar, munuň üçin ähli paramtrleriň we üýtgewli modellere seretmek we ulgamy funksionirmek prasesiniň olaryň täsirini derejesini bitewilikde bahalandyrmak gerekdir. Her parametr we üýtgewliniň ýazgysy indiki görnüşde berilmelidir:

- a) Kesgitleniş we gysga häsýetnama;
- b) Belleniş simwoly we ölçeg birligi;
- c) Üýtgew diapazonu;
- d) Modeliň ulanylýan ýeri.

1.6. Modeliň esasy mazmunynyň ornaşdyrylmagy.

Bu etap aşagyndan modeliň esasy mazmuny kesgitlenilýär we kabul edilen gipotezleriň we çak edilmeleriň esasynda işlenilip düzülýän, ulgamyň modelini gurmak usuly saýlanylýar. Şol wagtda indiki aýratynlyklar hasaba alynýar:

- a) Ulgamy modelirmek meselesine görnüşe getirmek ;
- b) Ulgamyň S düzülişi we onuň özüni alyp barmagynyň algoritmleri, daşky sredanyň E täsiri ;
- c) Mümkin bolan usullar we modelirmek meselesine çözmegiň serişdeleri .

1.7. Ulgamyň täsirini bahalandyrmagyň ölçegleriniň esaslandyrylmasy.

Modelirlenmegiň ulgamyň funksionirleme prosesiniň hilini bahalandyrmak üçin täsirlenmäni bahalandyrmagyň ölçeglerini käbir toplumyny saýlamak gerekdir, ýagny meseläniň matematiki goýulmasy parametrleriňwe üýtgewli ulgamlaryň funksiýasy ýaly täsiri bahalandyrmak üçin gatnaşygy almakda jemlenýär. Bu funksiýa derňelýän oblastda parametrleriň we üýtgewlileriň üýtgemesine çagyrylyşyň üstüni özünde saklaýar, we ulgamyň reaksiýasyny kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Ulgamyň S täsirlenmesini integral ýa-da hususy ölçegleriň

kömegi bilen bahalandyrmak mümkin, ýagny onuň saýlawy seredilýän meseleden baglydyr.

1.8. Approksimasiýa prosedurasyny kesgitlemek.

Ulgamda gidýän , hakyky prosesleriň approksimasiýasy üçin adatça proseduranyň 3 görnüşini ulanýarlar:

- a) Determenirlenen;
- b) Ähtimallykly;
- c) Orta ähmiýetleri kesgitlemek.

Determenirlenen prosedura üçin modelirleme netijeleri giriji täsiriň, parametrleriň we üýtgewli ulgamlaryň S bar bolan toplumy boýunça bir manyly kesgitlenilýär. Bu ýagdaýda modelirlemäň netijelerine täsir ediji, tötänleýin elementler ýokdur. Ähtimallykly prosedura , haçanda tötänleýin elementler daşky sredanyň täsirine goşmak bilen ulgamy funksionirleme prosesiniň häsýetnamasyna täsir edende we haçanda çykyjy üýtgewlere paýlanyş kanunlary barada habary almak zerur bolan halatynda ulanylýar. Orta ähmiýetleri kesgitlemek prosedurasy, haçanda ulgamy modelirlemekde tötänleýin elementleriň bolmagynda çykyjy üýtgewleriň orta ähmiýeti gyzyklanma bildirýän ýagdaýynda ulanylýar.

1.9. Ulgamyň konseptual modeliniň ýazgysy.

Ulgamyň modelini gurmagyň bu etap aşagynda :

- a) Obstraktly terminde we düşünjede konseptual model M_k ýazgy edilýär;
- b) Mahsus matematiki shemalary ulanmakly modeliniň ýazgysy berilýär;
- c) Gutarnykly gipotezler we çak edilmeler kabul edilýär;
- d) Modeli gurmakda hakyky prosesleriň approksimasiýasynyň prosedurasynyň saýlawy esaslandyrylýar. Şeýlelik bilen bu etap aşagynda meseläniň giňişleýin derňewi geçirilýär, ony çözmegiň mümkin bolan usullaryna seredilýär we soňunda modelirlemäniň ikinji etabynda ulanylýan, konseptual modeliniň M_k üleşleýin ýazgysy berilýär.

1.10. Konseptual modeliniň ynamlylygyny barlamak .

Konseptual model M_k ýazgy edilenden soň , ulgamy modelirlemäniň indiki etabyňa geçmezden öňürti moeeliňň käbir konseptualynyň ynamlylygyny barlamak gerekdir. Konseptual modeliniň ynamlylygyny barlamak gaty çylşyrymly. Sebäbi onuň gurluş prosesi ewristiki bolup durýar we şeýle model abstraktly terminde we düşünjede ýazylýar. Modeli barlamaklygyň usullarynyň birisi – modeli derňemeklige , kabul edilen approksimasiýalara gaýdyp gelmäge we ahyrynda modelirlenilýän ulgamda gidýän hakyky proseslere ýene-de seretmeklige mümkinçilik beriji , ters geçişli operasiýanyň ulanylmagydyr. Konseptual modeliniň M_k ynamlylygyny barlamak özüne goşmasydyr;

- a) Modeliniň pikirini barlamak ;

- b) Başdaky habaryň ygtybarlygyny bahalandyrmak ;
- c) Modelirleme meselesini goýmaklyga seretmek;
- d) Kabul edilen approksimasiýany derňemek.

Konseptual modelin M_k diňe ymykly barlagyndan soň modelin maşynly amala aşyrylmagy etabyňa geçmeklik gerekdir, sebäbi modeldäki ýalňyşlyklar modelirlemäň ygtybarly netijelerini almaga mümkinçilik berýär.

1.11. Birinji etap boýunça tehniki dokumentleriň düzülişi.

Konseptual modeli gurmagyň we onuň formalizasiýasynyň etabynyň soňunda etap boýunça hasabat düzülýär, ýagny ol özüne goşýar:

- a) Ulgamy S modelirlemeginiň meselesi giňişleýin goýmak;
- b) Ulgamy modelirlemek meselesi derňemek;
- c) Ulgamyň täsirlenmesi bahalandyrmagyň ölçegleri;
- d) Modeli gurnamakda kabul edilen gipotezler we çak edilmeler;
- e) Parametrler we ulgamyň üýtgewli modelleri;
- f) Obstraktly terminlerde we düşünjede modelin ýazgysy;
- g) Ulgamy S modelirlemeginiň garaşylýan netijeleriniň ýazgysy.

Tehniki dokumentleriň düzülmegi – ulgamy S modelirlemegi üstünlikli geçirmeginiň hökmany şertidir, sebäbi uly ulgamyň modelini we onuň maşynly amala aşyrylmagynyň işlenilip düzülmegi prosesine dürli etaplarda dürli hünärmenler gatnaşýar we dokumentler modelirleme usullary bilen goýulan meseläni çözmekde olaryň täsirli özara gatnaşygyny üpjün etmegiň serişdesi bolup durýar.

§3.3. Modelin algoritmizasiýasy we onuň maşynly amala aşyrylmasy.

Modelirlemäň ikinji etabynda – modelin algoritmizasiýasy we onuň matematiki amala aşyrylmagy etabynda – birinji etapda getirilen, matematiki model, takyk maşynly modele beýan edilýär. Bu etap özünde ulgamy S modelirlemek prosesiniň maşynly modeli görnüsinde matematiki shemalaryň we pikirleriň amala aşyrylmagyna ugrukdyryllan, tejribe işiniň etabyny saklaýar.

Modelin algoritmizasiýasynyň we maşynly amala aşyrylmagynyň etap aşaklaryna seretmezden öňürti, modelirleýji algoritmleri gurmagyň we olary bermeginiň görnüşlerini esasy esaslarynda saklanarys [9,42,57].

Ulgamy funksionirmek prosesine onuň ýagdaýynyň yzygiderli çalyşmasy ýaly

$$z = z(z_1(t), z_2(t), \dots, z_r(t))$$

R – çäkli giňişlikde seretmeklik mümkin. Derňelýän ulgamy S funksionirleme prosesini modelirlemek meselesiniň, esasynda ulgamy funksionirmek prosesiniň gyzyklandyrylýan häsiýetnamasynyň hasaplanylmasyny geçirmek mümkin bolan, funksiýasynyň z gurulmagy bolup durýanlygy aýdyňdyr. Munuň üçin funksiýany z üýtgewliler, parametrler we wagt bilen baglanyşdyryjy, gatnaşyklar, şeýle-de $t=t_0$ wagt pursatynda

$$z^0 = z(z_1(t), z_2(t), \dots, z_r(t))$$

başlangyç şertler bolmalysdyr.

Tötänleýin faktorlar ýok bolan, käbir determenirlenen ulgamyň S_w funksionirlmek prosesine seredeliň, ýagny şeýle ulgamyň ýagdaýyna wektoryny (2.3) den $z=\Phi(z^0, x, t)$ ýaly kesgitlemek mümkin. Onda prosesiniň t_0 t_j Δt wagty pursatyndaky ýagdaýy mälim bolan başlangyç şertler boýunça matematiki modeliň gatnaşygundan kesgitlenip biliner. Munuň üçin modeliň Z gatnaşygyny $z_1(\tau)$ ähmiýet boýunça $z_1(t+\Delta t)$, $z_2(t+\Delta t)$, ..., $z_R(t+\Delta t)$, hasaplamak amatly bolar ýaly görnüşe özgerdiş, $i=1, R$, bu ýerde $\tau \leq t$. Başlangyç pursatda t_0 wagty görkezýän, ulgamly wagtyň hasaplaýjysyny gurnars. Bu pursat üçin $z_i(t_0)=z_i - \Delta t$ wagty interwalyny goşarys, onda hasaplaýjy $t_1=t_0 + \Delta t$ görkezzer $z_i(t_0+\Delta t)$ ähmiýeti hasaplarýs. Soňra $t_2= t_1 + \Delta t$ we ş.m. wagty pursatlaryna geçeris. Eger Δt ädimi ýeterlikli az bolsa, onda şeýle ýol bilen takmynyň ähmiýeti almak mümkin.

Tötänleýin faktorlara täsirini ýetiriji, stohastiki ulgamy S_R funksionirlmek prosesini seredeliň, ýagny ýagdaýyň wektory (2.3) gatnaşyk bilen kesgitlenilýär. Funksiýanyň şeýle ulgamy üçin $\tau \leq t$ wagty pursatyndaky z prosesiniň ýagdaýyny we modeliň gatnaşygyny diňe $t+\Delta t$ wagty pursatynda $z_1(t+\Delta t)$ üçin ähtimallyklary peýdalanmaklyk üçin kesgitleýärler. Umymy ýagdaýda başlangyç şert z^0 hem ähtimallyklar degişli paýlanylmasy bilen, tötänleýin bolup biler. Şol wagtda modelirleýji algoritmiň düzülişi stohastiki ulgam üçin esasan oňki ýaly bolup galýar. Diňe $z_i(t + \Delta t)$ ýagdaýyň ýerine mümkin bolan ýagdaýlar üçin ähtimallyklaryň peýdalanmasyny hasaplamak gerekdir. Goý ulgamlaryň wagtyň hasaplaýjysy t_0 wagty görkezsi. Ähtimallyklaryň berilen paýlanmasy bilen degişlilikde z_i^0 saýlanylýar. Soňra paýlanylyşdan salgylanyp, $z_i(t_0+\Delta t)$ ýagdaý emele gelýär we ş.m. tä wagtyň berilen interwalynda tötänleýin köp çakli prosesiniň $z_i(t)$ mümkin bolan amala aşyrylanda birisi gurulýança [8]

Modelirleýji algoritmleýn gurulmagynyň seredilen esasy “ Δt esas ” diýilip atlandyrylýar. Bu Δt wagtyň berilen interwalynyň üstünden ulgamy S funksionirlenemek prosesiniň yzygiderli ýagdaýyny kesgitlemäge mümkinçilik beriji, has hemmetaraplaýyn esasyr. Ýöne maşynly wagtyň harajatlarynyň nukdaý nazary bilen ol kä halatda tygşytly däl bolup durýar.

Käbir ulgamlary funksionirlmek prosesine seredilmede olar üçin ýagdaýlaryň iki görnüşiniň mahsusdygyny ýüze çykarmak mümkindir:

- a) Aýratyn, diňe wäagtyň käbir pursatlarynda ulgamy funksionirlmek prosesine mahsus bolan
- b) Prosesiniň ähli galan wagtlarynda bolmagyndaky, esasy däl.

Aýratyn ýagdaý, $z_i(t)$ ýagdaýyň funksiýasynyň wagtyň bu pursatlarynda böküş arkaly üýtgeýänligindäki ýagdaý bilen häsiýetlidir, $z_i(t)$ koordinatyň üýtgemegi aýratyn ýagdaýlarynyň arasynda birsydyrgyn we üznüksiz bolup geçýär ýa-da düýbünden bolup geçmeýär. Şeýlelik bilen, ulgamy S modelirlemege gözegçilik etmek bilen $z_i(t)$ funksiýany gurmak üçin gerek bolan, habary almak mümkin. Ulgamlaryň ýazgy edilen görnüşini üçin “aýratyn ýagdaýlaryň esasy” boýunça modelirleýji algoritmleýn gurulup biliner. Z ýagdaýyň bökme görnüşli üýtgemegini z ýaly, “aýratyn ýagdaýlaryň esasy” bolsa “ z esas” ýaly belleýäris.

Meselem, massaly hyzmat ediş ulgamy (Q – shema) üçin aýratyn ýagdaýlar hökmünde islegleriň esbapda hyzmat edilşe gelmegi pursatlaryndaky we kanallar

bilen islelere hyzmat edilşe gelmegi pursatlaryndaky we kanallar bilen islelere hyzmat etmek tamamlanan pursatdaky ýagdaý saýlanyp biliner.

Şeýle aýratyn ýagdaýly ulgamlary funksionirmek pursatynyň häsiýetiniň aýratyn ýagdaý baradaky habar boýunça bahalanýanlygyny, aýratyn däl ýagdaýlara bolsa modelirmekde seredilmeýändigini belläp geçmeklik gerekdir. “Esas z” ulgamlaryň giden hatary üçin “At esas” bilen deňeşdirilende modelirleýji algoritmleriň amala aşyrylmagyna maşynly wagtyň harajatlaryny düýpli kemeltmäge mümkinçilik berýär. “z esas” amala aşyryjy, modelirleýji algoritmi gurmaklyk pikiri, “At esas” üçin seredilenden, diňe ulgamyň S indiki aýratyn ýagdaýyna gabat gelýän, t_0 wagty kesgitlemek prosedurasyny özüne goşýanlygy bilen tapawutlanýýar. Uly ulgamlary funksionirmek prosesini derňemeklik üçin seredilen esaslaryň hersiniň artykmaçlygyny özüne goşýan, modelirleýji algoritmi gurmagyň toplumlaşdyrylan esasy ulanmaklyk oňalydyr.

Ulgamy funksionirmek prosesiniň we maşynly meýilnamanyň modelleriniň oýlanşykly düzülişini bermegiň amatly görnüşi shema bolup durýar. Modelirlemäniň dürli etaplarynda modelirleýji algoritmleriniň baýlaşdyrylan we oýlanşykly shemalary, şeýle-de meýilnamalaryň shemalary düzülýär.

Modelirleýji algoritmiň baýlaşdyrylan shemasy haýsydyr bir anyklaýjy üleşler bolmasyzdan ulgamy Modelirlemede hereketiň umumy tertibini berýär. Baýlaşdyrylan shema, modelirlemäniň nobatdaky ädimde nämäni ýerine ýetirmelidiginiň gerekdigini görkezýär, meselem tötänleýin sanlaryň datçigine ýüzlenmek.

Modelirleýji algoritmiň üleşleýin shemasy baýlaşdyrylan shemada ýok bolan, anyklanylmany saklaýar. Üleşleýin shema diňe bir, ulgamy modelirlemegiň nobatdaky ädimde nämäniň ýerine ýetirmelidigini görkezýär.

Modelirleýji algoritmiň oýlanşykly shemasy ulgamy S funksionirmek prosesiniň modeliň oýlanşykly düzülişini özünde saklaýar. Oýlanşykly shema modelirleme meselesini çözmek bilen baglanyşykly, oýlanşykly operasiýalaryň görkezýär.

Meýilnamalaryň shemasy takyk matematiki üpjün edilşe ulanmakly modelirleýji algoritmiň meýilnamaly amala aşyrylmagynyň tertibini şöhlelendirýär. Meýilnamalaryp shemasy modelirleýji algoritmiň oýlanşykly shemasynyň interperetasiýasyny özünde saklaýar, ýagny takyk algoritmiki diliň bazasynda meýilnamanyň işläp düzüjisi tarapyndan. Bu shemalaryň arasynda tapawut, oýlanşykly shemanyň ulgamy funksionirmek prosesiniň modeliniň oýlanşykly düzülişini şöhlelendirýändigini, meýilnamaň shemasynyň bolsa modelirlemäň takyk meýilnamasy tehniki serişdelerini ulanmakly modeliň maşynly amala aşyrylmagynyň oýlanşygyny şöhlelendirýändiginde durýar.

Her etap aşaklarynyň meselelerine we olary çözmekligiň usullaryna aýratyn üns bermek bilen, ulgamyň modeliniň algoritmizasiýasynda we onuň maşynly amala aşyrylmagynda ýerine ýetirilen, etap aşaklaryna seredeliň.

2.1. Modeliň oýlanşykly shemasyny gurmak.

Bloky esas boýunça modeli gurmaklyk maslahat berilýär, ýagny standarty bloklaryň käbir toplumlary görnüşinde. Şeýle bloklardan ulgamyň S modelini gurmaklyk onuň ulanyş priosesinde aýratynam maşynly sazlamak etabyda, zerur bolan maýyşgaklygy üpjün edýär. Bloky modeli gurmaklykda ulgamy funksionirleme prosesini aýry ýeterlikli awtonom proses aşaklaryna bölmek geçirilýär. Şeýlelikde, model, aşaklaryna funksional bölünýär, ýagny olaryň hersi öz nobatynda ýenede has ownuk elementlere bölünip biliner. Şeýle modelleriň bloklary iki görnüşde bolýarlar: esasy we kömekçi. Her bir esasy blok modelirleýji ulgamda orna eýe bolan, käbir hakyky proses aşagyna gabat gelýär, kömekçi blok bolsa özlerinde diňe maşynly modeluiň esasy bölegini saklaýarlar, olar modelirlenilýän ulgamyň funksiýasyny saklamaýarlar we diňe maşynly amala aşyrylma, modelirlemäň netijelerini bellige almak we işläp bejermek üçin gerekdir.

2.2. Matematiki gatnaşyklary almak.

Modeliň oýlanşykly shemasyny gurmaýyň etap aşagyny ýerine ýetirmek bilen şol bir wagtda, anyk funksiýalar görnüşinde eger mümkin bolsa matematiki gatnaşyklary almak hem zerurdyr. Bu etap aşagy konseptual modeli gurmaýyň etabynda mümkin bolan matematiki gatnaşyklaryň anyk bolmadyk ýumuşyna gabat gelýär. Birinji etabyň ýerine ýetirilmeginde şeýle matematiki gatnaşyklaryň takyk görnüşi baradaky habar bolman hem biler, ikinji etapda bolsa eýýäm bu gatnaşyklary almak gerekdir. Maşynly modeliň M_m shemasy konseptual modeline goýulan doly şöhlelendirilişi özünde saklamalydyr we eýe bolmalydyr:

- a) Modeliň ähli bloklaryna olaryň atlary bilen ýazylşyna;
- b) Bellenilişin we bloklaryň bellenilişiniň ýeke täk ulgamyna;
- c) Ulgamy funksionirmek prosesiniň modweliniň pikiriniň şöhlelendirilişine ;
- d) Anyk görnüşde matematiki gatnaşyklaryň ýumuşyna.

Şeýlelik bilen umumy ýagdaýda ulgamyň gurulan maşynly modeli M_M toplumlaşdyrylan häsiýete eýe bolar, ýagny haçanda prosesin bölegi ulgamda meňzeş ýazylanda, meňzeş imitasion ýakynlaşmany şöhlelendirilen, beýleki blok bolsa degişli algoritmler bilen imitirlenilýär.

2.3. Ulgamyň modeliniň ygtybarlygyny barlamak.

Bu barlag, modeli amala aşyrmak etabynda ýerine ýetirilýän, barlaglaryň birinjisi bolup durýar. Sebäbi model özünde tä modeliň ygtybarlygy subut edilýänçe hakyky ulgamy S funksionirmek prosesiniň takmyny ýazgysyny saklaýar, onuň kömegi bilen hakyky ulgamy S hakyky synagy geçirmekde alynyp bilinjekler bilen gabat gelýän netijeleri alyp bolar diýip tassykalamak bolmaz. Şonuň üçinem modeliň ygtybarlygyny kesgitlemegi ulgamyň modelirlemekdäki iň wajyp meserleleriniň biri hasaplamak mümkin. Bu meseläniň çazılmeginden modelirleme usuly bilen alynan netijelere ynamlylyk derejesi baglydyr. Sredilýän etap aşagynda modeliň barlanylmasy, ulgamyň modeliniň oýlanşykly shemasynyň we ulanylýan matematiki gatnaşyklarynyň birinji etapda görnüşe

getirilen, modeliň pikirini nähili şöhlelendirýär diýilen soraga jogap bermelidir. Şol wagtda barlanylýar:

- a) Goýulan meseläni çözmekligiň mümkinçiligi;
- b) Oýlanşykly shemada pikiriniň şöhlelendirilmeginiň takyklygy;
- c) Modeliň oýlanşykly shemasynyň dolulygy;
- d) Ulanylýan matematiki gatnaşyklaryň dogrylygy;

Diňe haçanda işläp düzüji degişli barlagyň ýoly bilen bu ýagdaýlaryň dogrulygyna göz ýetirenden soň, EHM-da modeli amala aşyrmak boýunça geljekdäki işler üçin ýaramly, ulgamyň modeliniň paýhasly shemasy bardyr diýip hasaplamak mümkin.

2.4. Modelirleme üçin hasaplaýyş serişdelerini saýlamak.

Bu etap aşagynda ulgamyň S modelini amala aşyrmaklyk üçin haýsy hasaplaýjy maşynyň ulanylmagynyň maksada laýykdygyny gutarnykly çözmek gerekdir. Umuman hasaplaýyş serişdeleriniň saýlawy öňki etap aşaklarynda geçirilip biliner, ýöne seredilýän etap aşagy soňky bolup durýar, haçanda bu saýlaw gutarnykly edilen bolmagynda sebäbi gapma garşylykly ýagdaýda modeli amala aşyrmak boýunça soňky işleri geçirmekde kynçylyk döreýär. Hemmetaraplaýyn EHM saýlamak baradaky sorag indiki talaplary üpjün etmekden durýar:

- a) Gerek bolan meýilnamasy we tehniki serişdeleriň bolmagy;
- b) Modeli işläp düzüji üçin saýlanan EHM elýeterligi;
- c) Modeliň amala aşyrylmagynyň ähli etaplarynyň üpjün edilmesi;
- d) Netijeleri öz wagtynda almagyň mümkinçiligi.

2.5. Meýilnamalaşdyrma boýunça işleri ýerine ýetirmegiň meýilnamasynyň düzülməsi.

Modeli meýilnamalaşdyrmakda şeýle meýilnama, meýilnamaň göwrümini bahalandyrmagy we onuň düzülmesine zähmet harajatlarynyň hasaba almak bilen kömek bermelidir. Meýilnama hemmetaraplaýyn EHM ulanmakda indikileri özüne goşmalydyr;

- a) Modeli meýilnamalaşdymagyň dilini saýlamak;
- b) EHM-iň we modelirleme üçin gerek bolan gurallaryň görnüşlerini görkezmek;
- c) Gerek bolan operatiw daşky ýatkeşligiň takmyny göwrümini bahalandyrmak;
- d) Modelirlemä maşynly wagtyň takmyny harajatlary;
- e) Meýilnamalaşdyrma perforasiýa we EHM-da meýilnamany sazlamak wagtyň göz önünde tutlýan harajatlary.

2.6. Meýilnamalaryň shemalaryny gurnamak.

Modeliň oýlanşykly shemasynyň bolmagy meýilnamalaryň shemalaryny gurnamakda mümkinçilik berýär ýagny, ol indikileri şöhlelendirmelidir:

- a) Modeliň bloklara blok aşaklaryna bölünmegi;
- b) Modeli meýilnamalaşdyrmagyň aýratynlyklary;
- c) Gerek bolan üýtgemeleriň geçirilmegi ;
- d) Meýilnamany testirlemegiň mümkinçilikleri
- e) Maşynly wagtyň harajatlaryny bahalandyrmak;
- f) Girişi we çykyşy berilenleriň berilmeleriniň görnüşleri.

Meýilnamalaryň shemalaryny gurnamaklyk özünde modelli maşyny amala aşyrmagyň etabynda esasy meseleleriň birini saklaýar. Şol pursatda esasy üns modeliň amala aşyrylmagy üçin saýlanan diliň aýratynlyklaryna berilemelidir: umumy bellenişli algoritmiki dil (meselem, ALGOL, FORTRAN, PL11) ýa-da modelirleme üçin dil (meselem, SIMULA, SIMSCRIPT, GPSS).

2.7. Meýilnamalaryň shemalarynyň ygtybarlygyny barlamak.

Bu barlag ulgamyň maşynly amala aşyrylmagy etabynda ikinji bolup durýar. Elbetde geljekde meýilnamalaşdyrma alynyp baryljak meýilnamaň shemasynda ýalňyşlyklaryň göýberilmänligine ynam bomazdan, modeliň amala aşyrylmasy boýunça işleri dowam etdirmegiň manysynyň ýoklugy aýdyňdyr , ýagny ol ýalňyşlyklar oýlanşykly shemany , yz ýanyndan bolsa modelirleme obýektiniň özüni barabar däl edilip biliner. Şol wagtda meýilnamaň shemasyna berilen, her operasiýanyň, modeliň oýlanşykly shemasynda oňa meňzeş operasiýalaryň gabat gelnişi barlanylýar.

2.8. Modeli meýilnamalaşdyrmagy geçirmek.

Modeliň oýlanşykly shemalarynyň ähli operasiýalarynyň şöhlelendirýän, meýilnamalaryň ýeterlikli giňişleýin shemasynda, modeli meýilnamalaşdyrmaga başlamaklyk mümkin. Eger meýilnamalaryň barabar shemasy bar bolsa , onda meýilnamalaşdyrma özünde diňe meýilnamaçy üçin işlemegi özünde saklaýar, ýagny gapdaldan hiç hili kömek bolmazdan. Modelirlemäň amaly meýilnamalarynyň bukjalarynyň ulanylmagynda takyk obýekti modelirlemek üçin iş meýilnamalaryň göniden göni operasiýasy geçirilýär.

2.9. Meýilnamalaryň ygtybarlygyny barlamak

Bu modeliň amala aşyrylmagynda etabynda iň soňky barlagdyr, ýagny geçmeklik gerekdir:

- a) Meýilnamalaryň başdaky çatga ters öwürmek bilen;
 - b) Dürli tekstli meseleleri çözmekde meýilnamalaryň aýry böleklerini barlamak;
 - c) Meýilnamalaryň ähli böleklerini birleşdirmek we ulgamyň S wariantyny modelirlemegiň gözegçilik mysalynda onuň tutuşlygyna barlamak bilen.
- Bu etap aşagynda modelirlemä maşynly wagtyň harajatlary bahalandyrmagy barlamak hem zerur . Şeýlede amala aşyrylmagyň mukdaryndan maşynly wagtyň harajatlarynyň baglylygynyň ýeterlikli ýönekeý meňzeş аппроксимациясы almak hem peýdalydyr, bu modeliň işläp düzülişine

modelirleme netijeleriniň takyklygyna we ynamlylygyna bolan talaplary dogry görnüşe getirmäge mümkinçilik berer.

2.10. Ikinji etap boýunça tehniki dokumentleri düzmek.

Modeliň maşynly amala aşyrylmagynyň etabyny tamamlamak üçin tehniki dokumentleri düzmek gerekdir, ýagny indikilerden ybarat bolan:

- a) Modeliň oýlanşykly shemasy we onuň ýazgysy ;
- b) Meýilnamanyň we kabul edilen belgilenişiň barabar shemasy;
- c) Meýilnamalaryň doly teksti
- d) Girişi we çykyşy ululyklaryň düşündiriş ýazgysy bilen düzümi ;
- e) Meýilnamaly işlemek boýunça görkezme;
- f) EHM talap edilýän baýlyklaryny görkezmekli modelirlemä maşynly wagtyň harajatyny bahalandyrmak.

Şeýlelik bilen, bu etapda ulgamy S modelirlemäň shemasy işlenilip düzülýär, onuň algoritmizasiýasy we hasaplaýyş tehnikasynyň takyk meýilnamasy tehniki serişdelerini ulanmaklyk bilen meýilnamalaşdyrylmagy geçirilýär, ýagny ulgamyň S oňaly düzülişlerini, parametrlerini we algoritmlerini gözlemek üçin ýada ulgamy S funksionirmek prosesiniň häsiýetnamasyny bahalandyrmak boýunça modelirlemegiň gerek bolan netijelerini almak üçin işlemeklik öňde durmagyndaky, maşynly model M_M gurulýar.

§ 3.4. Modelirlemäniň netijelerini almak we interpretirmek.

Eger modelirlenýän ulgamyň S häsiýetnamasy wagtyň käbir berilen pursatynda $g(t)$ kriteriýasynyň ähmiýeti, meselem modeli funksionirmek döwrüniň sounda $t=R\Delta t=\tau$ kesgitlenilýän bolsa, onda işläp bejermeklik modelleri kowmagyň N netijesinde alynan, $g=i(t)$, $i=1, N$ garaşsyz amala aşyrylmagy boýunça n -çäkli wektoryň $g(t)$ paýlanmasynyň bahasyna getirýär.

Eger modelirlenilýän ulgamda käbir wagtyň geçmegi bilen $t_0=R_0\Delta t$ işiniň başynda stasionarly rezim ornaşdyrylsa, onda ol barada $[t_0, \tau]$ interwally we ergodiki, $g(t)$ kriteriýanyň bir ýeterlikli uzyn amala aşyrylmagy $g(t)$ boýunça gürrüň etmek bolar. Seredilen shema üçin bu ($n=1$) orta sikiliň aradan aýrylmagyny we $j \geq R_0$ bolmagynda $g(i\Delta t)$ ähmiýeti işläp bejermäge başlamaga mümkinçilik beriji, operatoryň goşulýanlygyny aşladýar.

Modelirmek netijelerini statistiki işläp bejermegiň tejribede ulanylýan usullarynyň beýleki bir aýratynlygy blokly gurluşly modelleriň kömegi bilen ulgamy funksionirmek prosesini derňemek bilen baglanyşyklydyr. Bu ýagdaýda köplenç modeliň aýry bloklarynyň aýry modelirlenmesini ulanmaly bolýar, haçanda girişi täsiriň imitsiýasy bir blok üçin modeliň beýleki blogynda öňünden alynan, kriteriýanyň bahasynyň esasynda geçirilende. Agry modelirlemede ýygnaýjyda kriteriýalaryň amala aşyrylmagynda göniden göni ýazgysy ýa-da bu täsirlenmeleriň imitasiýasy üçin tötänleýin sanlaryň generatorlaryň sanyny indiki

ulanmakly modelirlemäň netijeleriniň statistiki işlenip bejerilmeginiň esasynda alynan , olaryň appreksimasiýasy orna eýe bolup biler.

Ulgamy modulirlemegiň soňky , üçinji etabynda geçmezden öňürti , onuň üstünlikli geçirilmegi üçin indiki esasy etap aşaklarynyň ýerine ýetirilmegine getirilýän , hereketleriniň takyk meýilnamasyna eýe bolmak gerekdir.

3.1. Ulgamyň modeli bilen maşynly synagy meýilnamalaşdyrmak.

EHM – da işçi hasaplamalaryň ýerine ýetirilmeginden öňürti , ulgamyň modulirlenilmesi geçirilmeli bolan , üýtgewlikleriň we parametrleriň toplumyny görkezmek bilen synagy geçirmegiň meýilnamasy düzülen bolmalydyr. Maşynly synagyň meýilnamalaşdyrylmagyny, maşyň baýlyklaryň kiçi harajatlarynda modelirlemäniň obýekti barada zerur bolan habaryň uly göwrüminiň netijesinde bermek däbe öwrülendir. Şol wagtda maşynly synagyň strategiki we taktiki meýilnamalaşdyrylmasy tapawutlandyrylýarlar. Synagyň strategiki meýilnamalaşdyrylmasynda modelirlemäň öňünde goýulan maksada ýetmek üçin synagyň oňaly meýilnamasyny gurmak meselesi goýulýar. Maşynly synagyň taktiki meýilnamalaşdyrylmagy strategiki meýilnamalaşdyrylmagynda berilen, zerur bolanlaryň köplüğinden her bir takyk synagyň oňaly amala aşyrylmagy maksatlaryndan durýar. Maşynly synagyň has täsirli meýilnamasyny almak üçin statistiki usullary ulanmaklyk gerekdir. [5,22,24].

3.2. Hasaplaýyş serişdelerine bolan talaplary kesgitlemek.

Modeliň meýilnamasy we ulgamyň S modeli bilen maşynly synagy geçirmegiň meýilnamasy düzülen soň, EHM – da işçi hasaplamalara başlamak mümkin ýagny ol özüne goşýar:

- a) Başdaky berilenleriň toplumyny taýýarlamak;
- b) EHM girizmek üçin başdaky berilenleri taýýarlamak;
- c) Girizmek üçin taýýarlanan başdaky berilenleri barlamak;
- d) EHM hasaplamalary girizmek ;
- e) Çykyjy berilenleri ýagny modelirlemäniň netijelerini almak.

Maşynly modelirlemäni geçirmeklige iki etapda geçirmek maksada laşykdyr: gözegçi soňra bolsa işçi hasaplamalar. Üstesinde gözegçi hasaplamalar maşynly modeli M_M barlamak we başdaky berilenleriň üýtgemegine netijeleriň duýgurlygyny kesgitlemek üçin ýerine ýetirilýär.

3.4. Ulgamy modelirlemek netijelerini derňemek.

EHM hasaplamalaryň alynan çykyan berilenleri täsirli derňemeklik üçin işçi hasaplamalar bilen näme etmelidigini we olaryň nädip interpretirlemegi bilmak zerurdyr. Bu meseleler ulgamy S modelirlemegiň iki sany birinji etabynda öňünden geçirilýän derňewiň esasynda çözülip biliner. Model bilen maşynly synagy meýilnamalaşdyrmak çykyan berilenleriň gerek bolan mukdaryny

çykarmaga we olary derňemegiň usulyny kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Şol wagtda çap edilmä diňe geljekdäki derňew üçin gerek bolan netijeleriň çykmagy zerurdyr. Şeýle-de modelirlemeginiň netijelerini işläp bejermegiň we bu netijeleriň has anyk görnüşde berilmeginiň nukdaý nazary bilen EHM mümkinçiliklerini doly ulanmaklyk gerekdir. EHM – den netijeleri çykarmakdan öňürti statistiki häsiýetnamalary hasaplamak maşynyň ulanylmasyň täsirini ýokarlandyrýar we çykýan habarlaryň işlenilip bejermesiniň az bolmagyna getirýär.

3.5. Modelirleme netijelerini bermek .

Öň bellenişli geçilişi ýaly modelirlemäň üçünji etabynda modelirlemäň gutarnykly netijeleriniň jedwelçeler, shemalar, diagrammalar görnüşinde berilemegine üns bermek gerekdir. Her bir takyk ýagdaýda has ýakyny bolan görnüş saýlamak maksada laýykdyr, sebäbi bu olaryň müşderi tarapyndan geljekde ulanylmagyna düýpli täsir edýär. Ýagdaýlaryň aglabasynda has ýönekeý görnüş jedwelçeli görnüş bolup durýar. Modelirlemäň dialogly režiminde olaryň netijelerini operativ şöhlelendirilmeginiň oňaly serişdesi display bolup durýar.

3.6. Modelirleme netijeleriniň interperetasiýasy

Modelirlemäniň netijelerini alyp we derňäp, olary modelirlenýän obýekte, ýagny ulgama gatnaşyk boýunça interperetirmek gerekdir. Bu etap aşagynyň esasy mazmuny – model bilen maşynly synagyň netijesinde alynan hallara geçmekdir.

3.7. Modelirlemäň netijelerini çykarmak we maslahatlary bermek.

Bu etap aşagynyň geçirilmegi öňki ikinji etap bilen berk baglansyklydyr. Modelirlemäň netijelerini çykarmakda alynan netijeleriniň gabat gelmeginiň baş aýratynlyklary bellenişlidir, gipoteza we netijeleriň esasynda netije çykarmaklyklydyr. Bularyň barysy modelirleme netijelerini tejribe taýdan ulanmak boýunça maslahatlary almaga mümkinçilik berýär.

3.8. Üçinji etap boýunça tehnik dokumentleriň düzülişi.

Bu dokumentler indikileri özlerine goşmalydyrlar:

- a) Maşynly synagy geçirmegiň meýilnamasy;
- b) Modelirleme üçin başdaky berilenleriň toplumu;
- c) Ulgamy modelirlemegiň netijeleri;
- d) Modelirleme netijeleriniň derňewi we bahasy;
- e) Modelirlemäň netijeleri boýunça alynan netijeler;

Maşynly modeli geljekde ösdürmegiň ýollaryny görkezmek we ony goşmaklygyň mümkin bolan oblastlary.

EHM –da takyk ulgamy S modelirmek boýunça dokumentleriň doly toplumy üç sany seredilen etaplaryň hersi boýunça tehniki dokumentleri saklamalydyr.

Şeýlelik bilen ulgamy S modelirmek prosesi modelirmäň agzalyp geçilen etaplarynyň ýerine ýetirilmeginden durýar. Konseptual modeli gurnamak etabynda modelirlenýän obýektiň derňewi geçirilýän zerur bolan apporsimasiýalar kesgitlenilýän we ikinji etapda meýilnamalaryň shemalarynyň yzygiderligi gurulmagy ýoly bilen maşynly modele özgerýän, modeliň baýlaşdyrylan shemasy gurulýar. Modelirmäň iň soňky etabynda EHM -da işçi hasaplamalary geçirilýär. Ulgamy S modelirmäň netijelerini alýarlar we interpretirleýärler.

Etaplaryň we etap aşaklarynyň seredilen yzygiderligi ulgamyň S modelini gurmaklyga we amala aşyrmaklyga has umumy ýakynlaşmanyň şöhlelendirýär. Geljekde modelirmäň has wajyp düzüji prosesinde saklanarys.

IV BÖLÜM

Ulgamyň EHM-de statistiki modelirlenilmesini gurnamak

§4.1. Ulgamyň statistiki modelirlenilme usulynyň umumy häsýetnamasy.

Maşyn modellerini gurmakda we amala aşyrmakda ulgamy dermegiň we taslamagyň etabynda tötänleýin sanlary ulanmaklyga, ýagny ähtimallyklaryň berlen paýlanmasy bilen käbir tötänleýin ullulyklaryň mümkin bolan ähmiýetine esaslanýan statistiki synaglaryň usuly giňden ulanylýar. Statistiki modelirleme özünde modelirlenilýän ulgamda bolup geçýän, proses baradaky statiki berilenleri EHM kömegi bilen almagyň usulyny saklaýar.

Daşky sredanyň täsiriniň E hasaby bilen modelirlenilýän ulgamyň häsýetlerini bahalandyrmagyň bildirilýän gyzyklanmasyny almaklyk üçin statistiki berilenler işlenilip bejerilýär we matematiki statistika usullaryny ulanmaklyk bilen klassifisirlenilýär [20,24]

Şeýlelik bilen statistiki modelirleme usulynyň manysy, derňelýän ulgamyň S funksionirleme prosesi üçin tötänleýin giriji täsirlenmeleriň we daşky sredanyň täsiriniň hasaby bilen ulgamyň elementleriniň özlerini alyp barşyny täsirini imitirleýji, käbir modelirleýji algoritmi gurmaklykda we EHM meýilnamaly – tehniki serişdelerini ulanmaklyk bu algoritmik amala aşyrmasynda jemlenýär.

Statistiki modelirleme usulyny , ulanmaklygyň iki oblastyny tapawutlandyrýarlar:

- 1) Stohastiki ulgamy öwrenmeklik üçin
- 2) Determenirlenen meseleleri çözmeklik üçin

Statistiki modelirleme usuly bilen determenirlenen meselesini çözmeklik üçin ulanylýan esasy pikir , dementirlenen meseläni käbir stohastiki ulgamyň ekwiwalentli shemasy bilen çalyşmaklyk bolup durýar, soňkynyň çykyjy häsiýetnamalary dementirlenen meseläni çözmegiň netijesi bilen gabat gelýär. Elbetde , çalyşylmada meseläni takyk çözmegiň ýerine takmyny çözügüt alynýar we ýalňyşlyk synaglaryň sanynyň ulanmagy bilen kemelýär.

Ulgamy S statistiki modelirlemegiň netijesinde statistiki işlenilip bejerilmesi hakyky obýektiň özüni, alyp barşy ýa-da wagtyň erkin pursatlaryndaky prosess barada maglumat almaga mümkinçilik berýär, funksiýasynyň ýa-da gözlenilýän ululygyň hususy ähmiýetleriniň seriýasy emele gelýär. Eger amala aşyрмаň mukdary N ýeterlikli ýokary bolsa, onda ulgamy modelirlemegiň alynan netijeleri statistiki durnuklylyga eýe bolýarlar we ýeterlikli takyklyk bilen ulgamy S funksionirmek prosessiniň gözlenilýän häsiýetnamalarynyň bahasy hökmünde kabul edilip biliner.

§4.2. Emeli tötänleýin sanlar we olaryň maşynly generasiýasynyň proseduralary.

Ulgamy statistiki modelirmekde esasy meseleleriň birisi stohastiki täsirlenmeleri hasaba almak bolup durýar. EHM-da modelirlenýän algoritmiň amala aşyrylmagynda ulgamy S funksionirmek prosesiniň häsiýetnamasyna statistiki durnukly bahany almak üçin ulanylýan, tötänleýin sanlaryň mukdary, modelirleme netijeleriniň zerur bolan takyklygy we ynamlylygyndan , bahalandyrylýan häsiýetnamaryň görnüşinden, modelirleme obýektiniň klassyndan baglylykda ýeterlikli giň çäklerde aýlanýar. EHM –da statiki modelirleme usuly üçin operasiýalary köp sany häsiýetlidir, muňa degişlilikde bolsa maşynly wagtyň uly bölegi tötänleýin sanlar bilen täsirlenmä harçlanylýar. Mundan başga-da, statistiki modelirlemäň netijeleri tötänleýin sanlaryň başdaky (bazaly) yzygiderlikleriň hilinden düýpli baglydyr. Şonuň üçinem tötänleýin sanlaryň yzygiderlikleriniň talap edilýän hilde gärnüşe getirilmeginiň ýönekeý we ykdysady usullarynyň bolmagy ulgamy maşynly modelirlenmesini tejribe taýdan ulanmaklyk mümkinçiligini köplenç kesgitleýär. [9,12,38]

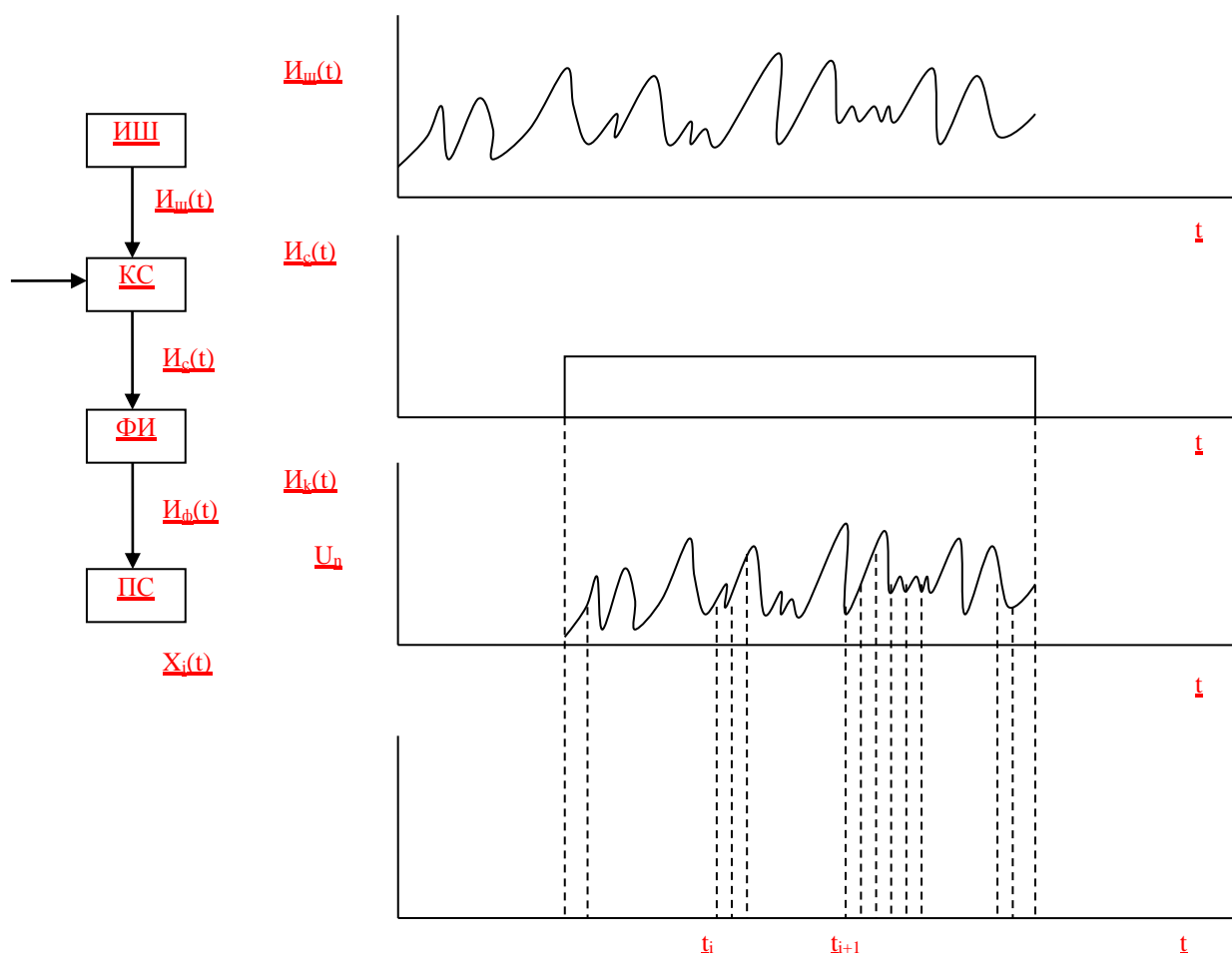
EHM-de ulgamy statistiki modelirmekde tötänleýin sanlaryň yzygiderliliklerini almagyň mümkinçiliklerini we aýratynlyklaryna seredeliň Tejribede tötänleýin sanlaryň generasiýasynyň üç sany esasy usuly ulanylýar; apparatly (fiziki) jedwelçeli (faýlly) we algaritmiki (meýilnamaly). Apparatly usul. Generasiýanyň bu usulynda tötänleýin sanlar ýörite elektronly goşmaça enjamly – EHM daşky gurulmalaryň biri hökmünde gulluk edýän, tötänleýin sanlaryň generatory bilen işlenilip çykarylýar. Şeýlelik bilen generasiýanyň bu usulynyň amala aşyrylmasy tötänleýin sanlaryň işläp çykarma boýunça EHM boýunça hasaplaýyş operasiýalaryny talap etmeýär, diňe daşky gurulma ýüzlenme operasiýaly zerurdyr. Sanlaryň şeýle generatorlarynyň esasynda ýatan, fiziki täsirlenme hökmünde, köplenç elektronly we ýarymgeçirijili abzallardaky sesler, radioişjeň elementleriniň dargama hadysalary we ş.m.

ulanylýar. Ýarymgeçirijili abzallarda sesiň täsirine meselem esaslanan, goşmaça enjamlardan tötänleýin sanlary almagyň esasyňa seredeliň.

Tötänleýin sanlaryň apparatly generatorlarynyň düzülişli shemasy 4.8, a suratda getirilendir.

Bu ýerde: ИШ sesiň çeňmesi;
 КС-аçarly shema;
 ФИ-impulslary görnüşe getiriji;
 ПС-gaýtadan hasaplama shemasy.

ИШ shemada sesleriň güýçlendirilmesini 4.8, b suratda wagtlaýyn diagrammada görkezilen, tötänleýin prosess bolup durýan, ИШ (t) güşçlenme bolýar. Üstesinede КС kömegi bilen (0,t) wagt interwalynda görnüşe getirilen, $U_k(t)$ sesli amala aňyrylmaň kesimi, taşlandylaryň tötänleýin sanyny saklaýar. $U_k(t)$ güýçlenmäniň bosagaly U_{Π} bilen deňleşdirilmesi ФИ çykalgasynda $U_{\phi}(t)$ impulslaryň seriýasyny görnüşe getirmäge mümkinçilik berýär. Onda ПС çykalgasynda tötänleýin sanlaryň yzygiderligi $X_i(t)$ alynyp biliner. Meselem, masştablaşdyrma geçirsekwe interwalyň uzynlygyny birlik üçin (0,t) kabul etsek, onda wagt interwalynyň ähmiýeti $\Delta t_i = t_{i+1} - t_i$ goňşy impulslaryň $U_{\phi}(t)$ arasynda tötänleýin sanlar $X_i \in (0,1)$ bolar. Tötänleýin sanlaryň apparatly generatorlarynyň beýleki shemaly çözgütleriň bolmagy hem ahmaldyr [12,42] ýöne tötänleýin sanlary almagyň apparatly usuly EHM- da ulgamy S modelirleme wagtynda yzygiderligiň hiline göniden – göni kepil geçmäge, şeýlede modelirlemede sanlaryň birmeňzeş yzygiderligini gaýtadan almaga mümkinçilik bermeýär.



Surat 4.8. Tötänleýin sanlary almagyň apparatly usuly .

Jedwelçeli usul. Eger jedwelçe görnüşinde ýazgy edilen, tötänleýin sanlary, olardan öňünden degişli faýllary görnüşe getirip, EHM daşky ýa-da operatiw ýatkeşligine ýerleşdirsek, onda bu usul jedwelçeli diýilip atlandyrylýar. Ýöne EHM – da ulgamy modelirlemede tötänleýin , sanlary almagyň bu usulyny, jedwelçeleriň degerlikli uly bolmadyk göwrümlerinde we haçanda saklanyş üçin operariw ýatkeşligi ulanmak mümkin bolanda sanlaryň degişli faýlynda ulanmaklyk oňaýlydyr. Statistiki modelirleme prosesinde köplenç halatda ýüzlenişde daşky ýatkeşlikde faýly saklamaklyk oňaýly dälidir. Sebäbi daşky ýygnaýja ýüzlenmäň zerurlygy sebäpli daşky ýygnaýja ýüzlenmäň zerurlygy sebäpli ulgamy S modelirlemekde maşynly wagtyň harajatynyň düýpli ulalmagyna getirýär. Faýllary gurnamagyň döwürleýin usullarynyň bolmagy hem ahmaldyr , ýagny ol haçanda operatiw ýatkeşlige bölekleýin yzygider ýazylanda. Bu daşky ýatkeşlige ýüzlenmäň wagtyny kemeldýär, ýöne ulgamy S funksionirlemek prosesini modelirlemek üçin ulanyp bolýan , operatiw ýatkeşligiň göwrümini kemeldýär.

Algoritmiki usuly

Tötänleýin sanlaryň yzygiderliklerini almagyň usuly ýörite algoritmeleriniň we olaryň meýilnamalaryny amala aşyryjylaryň kömegi bilen EHM-da tötänleýin sanlary görnüşe getirmeklige esaslanandyr. Her bir tötänleýin san EHM-da ulgamy modelirlemekde zerurlyklaryň döremeginiň çägi boýunça degişli meýilnamalaryň kömegi bilen hasaplanylýar.

Jedwelçe 4.1.

Usul	Artyklygy	Kemçiligi
Apparatly	Sanlaryň ähtiýaçlygy çäklenmedik. Hasaplaýjy maşynly operasiýalar az harçlanylýar Maşynyň ýatkeşliginde ýer tutmaýar	Yzygiderli barlamak gerek bolýar. Yzygiderligi döredip bolmaýar ýörite gurulmalar ulanylýar. Durnuklylygy üpjün etmek boýunça çäreler zerur
Jedwelçeli	Bir gezek barlamak talap edilýär. Yzygiderliligi däretmek mümkin	Sanlaryň ätiýaçlygy çäklenen. Operatiw ýatkeşlikde köp ýeri tutýar ýa-da daşky ýatkeşlige ýüzlenmä wagt gerek
Algoritmiki	Bir gezek barlamak talap	Sanlaryň yzygiderliginiň

	edilýär Sanlaryň yzygiderligini köp gezek döretmek mümkin Maşynyň ýatkeşliginde az ýer tutýar Daşky gurulmalar ulanylmaýar.	ähtiýaçlygy onuň döwri bilen çäklenen Maşynly wagta düýpli harajatlar
--	--	--

Üç sany agzalyp geçilen usullarynyň artyklylygy we kemçiligi deňeşdirmeklik üçin 4.1. jedwelçede berilendir.

Bu jedwelçeden görnüşi ýaly, tötänleýin sanlary almagyň algoritmiki usuly hemmetaraplaýyn EHM – da ulgamy modelirlemekde tejribede has oňaýlydyr.

EHM – da ulgamy modelirlemekde islendik çylşyrymlykly tötänleýin täsirlemeleriň meýilnamasy imitasiýasy, käbir standartly prosesleri generirlemeklige we olaryň indiki funksional özgerdilmesine getirilýär. Düýpli aýdylanda, bazaly höküminde takyk ulgamy S modelirlemek ýagdaýynda islendik amatly prosess kabul edilip biliner. Ýöne bazaly prosess diskretli modelirlemekde $\{i\}=0,1,\dots,n$

tötänleýin sanlaryň deňölçeqli paýlanan $(0,1)$ interwalda amala aşyrylmasyny özünde saklaýar,

$\{X_i\}=X_0,X_1,\dots,X_n$

sanlaryň yzygiderligi, ýa-da – statistiki terminde - ululyklaryň ähmiýetiniň $(0,1)$ interwalda deňölçeqli paýlanan baş toplumyndan gaýtadan saýlamak bolup durýar.

Üznüksiz tötänleýin ululyk (a,b) interwalda deňölçeqli paýlanylşa eýedir, eger onuň dyklylyk (surat 4.9, a) we paýlanyş (surat 4.9, b)) funksiýalary deňişlilikde aşakdaky görnüşe eýe bolsalar.

$$f(x) = \begin{cases} 1/(b-a), & a < x \leq b \\ 0, & x < a, x > b; \end{cases}$$

$$F(x) = \begin{cases} (x-a)/(b-a), & a \leq x \leq b \\ 1, & x > b \end{cases}$$

Tötänleýin ululygyň X ähmiýeti kabul edýän, sanly häsiýetnamasyny kesgitleýäris: matematiki garaşylma, dispersiýa we orta kwadratly gyşarma deňişlilikde:

$$M[\xi] = \int_a^b xf(x)dx = \int_b^a xdx/(b-a) = (a+b)/2;$$

$$D[\xi] = \int_a^b (x - M[\xi])^2 f(x) dx = (b - a)^2 / 12$$

$$0\xi = +\sqrt{D[\xi]} = (b - a) / 2\sqrt{3}$$

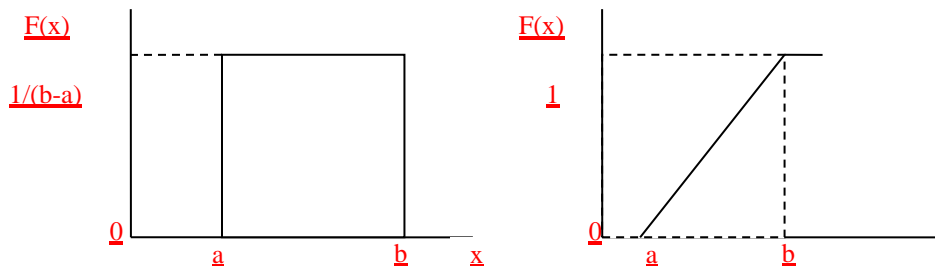
EHM-de ulgamy modelirlemekde interwalyň araçäkleri $a=0$ we $b=1$ bolanda, $(0,1)$ interwaldaky tötänleýin sanlar bilen iş salyşmaly bolýar. Şonuň üçinem deňölçegli paýlanylyşyň hususy ýagdaýyna seredeliň, haçanda dyklyzlyk funksiýasy we paýlanyş funksiýasy aşakdaky görnüşe eýe bolanda:

$$f(x) = \begin{cases} 1, 0 \leq x \leq 1, \\ 0, x < 0, x > 1; \end{cases}$$

$$F(x) = \begin{cases} 0, x < 0, \\ x, 0 \leq x \leq 1, \\ 1, x > 1 \end{cases}$$

Şeýle paýlanylyşy matematiki garaşylma $M[\xi]=1/2$ we dispersiýa $D[\xi]=1/12$ eýedir.

Bu paýlanylyşy EHM-da almaklyk talap edilýär. Ýöne ony sanly EHM-da almaklyk mümkin däl, sebäbi maşyn n – razýadly sanlar bilen operirleýär. Şonuň üçinem EHM-da $(0,1)$ interwally deňölçegli tötänleýin sanlaryň üznüksiz toplumynyň ýerine şol bir interwaldaky tötänleýin sanlaryň diskretli yzygiderligini 2^n ulanylýar. Şeýle yzygiderli paýlanmagyň kanunyny kwazideňölçegli paýlanma diýip atlandyrylýar.



Surat 4.9. Tötänleýin ululyklaryň deňölçegli paýlanmasy. $(0,1)$ interwalda kwazideňölçegli paýlanylyşa eýe bolan, tötänleýin ululyk ξ , $P_i = 1/2^n$, $i=0, 2^n-1$ Ähtimallykly $X_i = i(2^n-1)$ ähmiýeti kabul edýär.

Matematiki garaşylma we kwazideňölçegli tötänleýin ululygyň dispersiýasy deňşililikde aşakdaky görnüşe eýedir:

$$M[\xi] = \sum_{i=0}^{2^n-1} \frac{i}{2^n-1} \frac{1}{2^n} = \frac{1}{(2^n-1)2^n} \sum_{i=0}^{2^n-1} i = \frac{((2^n-1)2^n)}{(2^n-1)2^n \cdot 2} = \frac{1}{2};$$

$$D[\xi] = \sum_{i=0}^{2^n-1} \frac{1}{2^n} \left[\frac{i}{2^n-1} - \frac{1}{2} \right]^2 = \frac{1}{2^n} \sum_{i=0}^{2^n-1} \left(\frac{i^2}{(2^n-1)^2} - \frac{i}{2^n-1} + \frac{1}{4} \right)$$

Şeýlelikde, kwazideňölçegli tötänleýin ululygyň matematiki garaşylmasy $(0,1)$ interwaldaky deňölçegli tötänleýin yzygiderlikleriň matematiki garaşylmasy bilen gabat gelyär, dispersiýa bolsa ýeterlikli uly n bolmagynda birlige ýakyn, $(2^n+1)/(2^n-1)$ köpeldiji bilen diňe tapawutlanýar.

EHM-da diňe sanlaryň gutarnykly köplügi bilen operasiýa geçirip bolýandygyna tötänleýin sanlaryň ajaýyp yzygiderligini almaklyk mümkin däl. Mundan başga-da, & tötänleýin ululygyň X ähmiýetini almaklyk üçin formulalar (algoritm) ulanylýar. Şonuň üçinem manysy boýunça determenirlenen bolup bolup durýan şeýle yzygiderlikleri, galp tötänleýin diýip atlandyryrlar [9,42]

EHM-da galp tötänleýin sanlaryň yzygiderliklerini almagyň takyk algoritmelerini ýazmaklyga geçmezden öňürti, ajaýyp generatorlaryň kanagatlandyrmaly bolan, talaplarynyň toplumyny görnüşe getireliň. Ajaýyp generatorlaryň kömegi bilen ajaýyp sanlaryň galp tötänleýin yzygiderlikleri bolmalydyrlar: kwazideňölçegli paýlanan sanlardan durmalydyr, statistiki garaşsyz sanlary saklamalydyr, dörediji bolmalydyr, gaýtalanmaýan sana eýe bolmalydyr, maşynly wagtyň az harajatlary bilen alynmalydyr, maşynly ýatkeşligiň kiçi göwrümlü eýelemelidir.

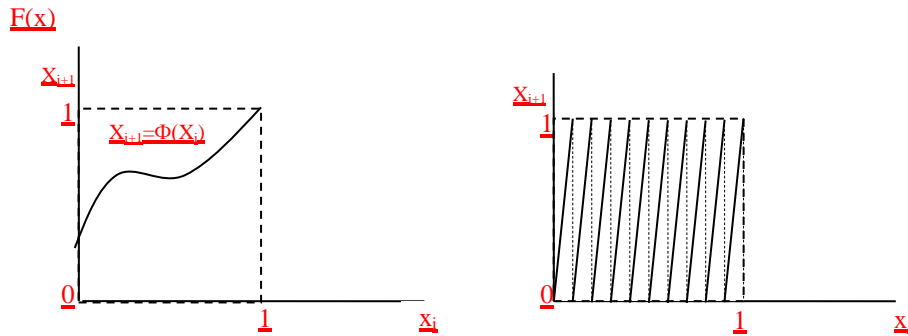
Tejribede EHM-da modelirlemekde galp tötänleýin sanlaryň yzygiderlikleriniň generasiýasy üçin has giňden ulanylşy, aňakdaky görnüşdäki algoritm eýe bolýarlar:

$$X_{i+1}=\Phi(X_i), \quad (4,9)$$

Ýagny başlangyç san X_0 we mydamalyk parametrler berilen, birinji tertipdäki rekurentli gatnaşygy özünde saklaýan[3.8]

Φ funksiýanyň görnüşine hilli talaplary kesgitleýäris. Meselem, 4.10, a suratda şekillendirilen (4.9) görnüşli funksiýanyň X_1, X_2, \dots galp tötänleýin sanlaryň gowy yzygiderligi döredip bilmejekdigini görkezmek ýeňildir. Hakykatdan-da, eger tötänleýin sanlaryň jedwelçesinden (jed. 4.2) meselem alynan, tötänleýin sanlar boýunça $(X_1, X_2), (X_3, X_4)$ koordinatly nokatlary gursaň, onda olar ýeke täk kwadratda deňölçegli paýlanarlar $0 \leq X_i \leq 1, 0 \leq X_{i+1} \leq 1, (X_1, \Phi(X_2)), (X_3, \Phi(X_4)) \dots$ sanlar boýunça gurulan degişli nokatlar bolsa, $X_{i+1}=\Phi(X_i)$ garşylyk bilen çäklenen, meýdanda ýerleşýärler.

Tötänleýin sanlaryň gowy yzygiderligini diňe shemasy ýeke täk kwadratynyň ýeterlikli berk dolandyryr, $X_{i+1}=\Phi(X_i)$ funksiýa döredip biler. Şeýle funksiýanyň mysaly, uly bütewi položitel A bolmagynda $X_{i+1}=D(AX_i)$ bolup biler, bu ýerde $D(u)=U-\Pi(u)-U$ sanyň drobly bölegi; $\Pi(u)$ -u sanyň bitewi bölegi, ýagny u geçmeýän, has bütewi san. Goý mysal üçin $A=10$ bolsun, onda $X_{i+1}=\Phi(X_i)$ funksiýa 4.10, b suratda görkezilen görnüşe eýe bolar. Getirilen şert diňe zerur bolup durýar, ýöne(4,9) gatnaşygyň galp tötänleýin sanlaryň gowy yzygiderligini döretmegi üçin ýeterliksizdir.



Surat 4.10 Φ funksiýanyň görnüşi:

a-kanagatlandyрмаýan ;

b-generasiýanyň talaplaryny kanagatlandyryjy .

Tejribede EHM-da ulgamy statistiki modelirlemekde ulanylşa eýe bolan , galp tötänleýin krawizodeňölçeqli paýlan sanlaryň yzygiderliklerini almagyň käbir proseduralaryna seredeliň.

Galp tötänleýin sanlary almak proseduralarynyň gadymylarynyň birisi , ortalaşdyrylan kwadratlaryň usuly diýip at alan proseduradyr.

Goý 1: $X_i=0$, a_1, a_2, \dots, a_{2n} kiçi , 2 – razrýadly san bar bolsun. Ony kwadrata bina edýäris : $X_i^2=0$, b_1, b_2, \dots, b_{2n} , soňra bolsa $X_{i+1}=0$, $b_{n+1}, b_{n+2}, \dots, b_{3n}$ orta $2n$ - razrýadlary alýarys, ýagny galp tötänleýin yzygiderlikleriň nobatdaky sany bolup durjak. Meselem , eger başlangyç san $X_0=0.2152$, onda $(X_0)^2=0.04631104$, ýagny $X_1=0.6311$, soňra $(X_1)^2=0.39828721$, ýagny $X_2=0.8287$ we ş.m.

Bu usulyň kemçiligi – yzygiderlikleriň sanlarynyň arasynda korrelyasiýanyň bolmagy, ýagdaýlaryň hataryndan bolsa tötänlik düýbinden bolman hem biler.

Meselem, eger $X_0=0.4500$, onda $(X_0)^2=0.20250000$, $X_1=0.2500$, $(X_1)^2=0.06250000$, $X_2=0.2500$, $(X_2)^2=0.06250000$, $X_3=0.2500$ we ş.m. Mundan başgada , käbir i^* bolmagynda yzygiderlikleriniň döremegini görmek bolar, ýagny $X_i = 0$ $i \geq i^*$ bolmagynda. Bu ortalaşdyrylan kwadratlar usulyny ulanmak mümkinçiligini düýpli çäklendirýär.

EHM-da ulgamy modelirlemekde , esasynda bäsdeşligiň esasy düşüňjesi ýatan , arifmetiki operasiýalary özünde saklaýan , galp tötänleýin yzygiderlikleriň generasiýasynyň bäsdeş proseduralary giň gerime eýe boldular. Iki sany α we β bütewi sanlar m modul boýunça bäsdeş , bu ýerde m – bütewi san , onda $\alpha - \beta$ diňe m bölünse $\alpha - \beta$ ýaly bütewi san bolup biler , bu $\alpha - \beta = Rm$, ýagny eger $\alpha - \beta$ tapawudy m bölünse we eger α we β sanlar m sanyň absolýut ululygyna bölmekden birmeňzeş galyndylary berse . Meselem , $1984 = 4 \pmod{10}$, $5008 = 8 \pmod{10^3}$ we ş.m.

Bäsdeş proseduralar arassa determenirlenen bolup durýarlar, sebäbi rekurrentli gatnaşyk görnüşinde ýazylyrlar, haçanda (4,9) funksiýa aşakdaky görnüşe eýe bolanda

$$X_{i+1} = \lambda X_i + \mu \pmod{M}, \quad (4.9)$$

Bu ýerde X_i , λ , μ , M – otrisatel däl bitewi sanlar.

(4,10) rekurrentli gatnaşy açýarys:

$$\begin{aligned}
X_1 &= \lambda x_0 + \mu \pmod{M} \\
X_2 &= \lambda X_1 + \mu = \lambda^2 x_0 + (\lambda^2 + \lambda + 1)\mu = \lambda^3 x_0 + (\lambda^3 - 1)\mu / (\lambda - 1) \pmod{M}; \\
&\dots\dots\dots \\
X_i &= \lambda^i x_0 + (\lambda^i - 1)\mu / (\lambda - 1) \pmod{M} \quad (4.11)
\end{aligned}$$

Eger başlangyç ähmiýet X_0 , k]peldiji λ we additiwli konstant μ berilen bolsa, onda (4.11)

$$\{\lambda^i x_0 + \mu(\lambda^i - 1) / (\lambda - 1)\}$$

zyygiderlikleriň agzalaryna M bölmekdäki galyndylardan düzülen, $\{X_i\}$ bütewi sanlaryň zygiderligini kesgitleýär. Şeýlelik bilen, islendik $i \geq 1$ üçin $X_i < M$ deňsizlik adalatlydyr. $\{X_i\}$ zygiderlikleriň bütewi sanlary boýunça $(0,1)$ ýeke-täk interwaldan oňalyly sanlaryň $\{X_i\} = \{X_i / M\}$ zygiderligini gurmak mümkin.

Galp tötänleýin kwazideňölçeqli paýlanan sanlaryň zygiderligini almagyň bäsdeş prosedurasyny multipilikatiw ýa-da garyşan usul bilen amala aşyryp biliner.

Multipilikatiw usul. M geçmeýän, $\{X_i\}$ otrisatel däl bütewi sanlaryň zygiderligini berýär, formula boýunça

$$X_{i+1} = \lambda X_i \pmod{M}, \quad (4.12)$$

Ýagny bu (4.10) gatnaşygyň hususy ýagdaýy $M=0$ bolmagynda

Usulyň determenirlenmeginiň güýjinde döreýän zygiderlikler emele gelýär. Maşynly ýatkeşligiň talap edilýän göwrümi şol wagtda kiçidir, hasaplaýyş nukdaý nazary bilen bolsa iki bütewi sany döretmegiň zygiderli hasaplamasy, ýagny häzirki zaman EHM bilen çsallt amala aşyrylan operasiýanyň ýerine ýetirmegi zerurdur.

Maşynly amala aşyрма üçin $M=p$ wersiýa amatlydyr, bu ýerde p – hasaplaýyş ulgamynda sanlaryň sany, EHM –da kabul edilen ($p=2$ goşa we $p=10$ onluk maşyn üçin); & - maşynly sözde urgularyň sany. Onda M bölmekden galyndynyň hasaplanylmasy bölünýäniň kiçi razrýadlaryny & bölmeklige getirilýär, $X_i \in (0,1)$ interwaldan oňalyly droba bütewi X_i den çepe ikilem ýa-da onluk otury goýmaklyk arkaly amala aşyrylýar.

Ikilenen maşyn $M = 2$ üçin zygiderligi gurmagyň algoritmi indiki operasiýalary ýerine ýetirmeklikde jemlenýär [38,62]:

- 1) X_0 hökmünde erkin jüp bolmadyk sany saýlamaly ;
- 2) $\Lambda = 8t \pm 3$ koeffisienti hasaplamaly, bu ýerde t – islendik položitel san;
- 3) 2 köp bolmadyk razrýadlary aňladýar, λX_0 döreýşi tapmaly ;
- 4) X_1 zygiderligiň birinji agzasy hökmünde & kiçi razrýadlary almaly, galanlary bolsa taşlamaly ;
- 5) $X_1 = X_1 / 2^\&$ droby $(0,1)$ interwaldan kesgitlemeli ;
- 6) $X_0 = X_1$ dakmaly ;
- 7) Kp.3 gaýdyp gelmeli.

Garyşan usul. M geçmeýän (X_i) otrisatel däl bütewi sanlaryň zygiderligini hasaplamaga mümkinçilik berýär, formula boýunça

$$X_{i+1} = \lambda X_i + M$$

Ýagny multiplikatiw usuldan tapawutlylykda $M=0$ hasaplama nukdaý nazary bilen garyşan usul multiplikatiw usuldan gaşmaklygyň bir operasiýasy bilen çylşyrymlydyr, ýöne şol wagtda goşmaça parametri saýlap almak mümkinçiligi alynýan sanlaryň mümkin bolan ýalňyşlygyny kemeltmäge mümkinçilik berýär.

Şeýle generatoryň takyk wersiýasynyň hilini diňe degişli maşynly synagyň kömegibilen bahalandyrmak mümkin.

Häzirki wagtda hemmetaraplaýyn EHM standartly meýilnamalarynyň ähli kitaphanalary deňölçegli paýlanan tötänleýin sanlaryň yzygiderligini hasaplamak üçin bäsleşikli prosedura esaslanandyr.

§4.3. Tötänleýin täsirlenmeleri modelirlmek

Ulgamy S imitasion modelirleme usuly bilen , köplenjem EHM-da statistiki modelirleme usuly bilen modelirlmekde, ulgama tötänleýin faktorlaryň we täsirlemşnmeleriň hasabyna düýpli üns berilýär. Olaryň görnüşe gelmegi üçin tötänleýin wakalar , diskretli we üznüksiz ululyklar, wektorlar, proseduralar ulanylýar. EHM-da agzalyp geçilenlerden islendik tebigatly tötänleýin obýektleriň amala aşyrylmasynyň görnüşe getirilmesi , tötänleýin sanlaryň yzygiderlikleriniň generasiýasynda we özgerdilmesinde jemlenýär. $(0,1)$ interwalda deňölçegli paýlanylşa eýe bolan , galp tötänleýin sanlaryň bazaly yzygiderlikleriniň generasiýasy meselesinie 4.2-de seredilipdi , şonuň üçin hem modelirlenilýän ulgama S täsirlemeleriň imitasiýasy üçin $\{y_i\}$ yzygiderlige $\{x_i\}$ tötänleýin sanlaryň yzygiderlikleriniň özgermesi meselesinde saklaýarys.

Bu meseleler tejribede EHM-da ulgamy imitasion modelirlmekde örän wajypdyr, sebäbi operasiýalaryň düýpli mukdary bar, diýmek EHM wagt baýlyklary tötänleýin sanlar bilen täsire harçlanylýar. Şeýlelik bilen tötänleýin sanlaryň yzygiderlikleriniň takyk ulgamyny modelirlmek üçin gerek bolan , görnüşe getirme algoritmleriniň we meýilnamalarynyň , täsirli usullarynyň , bolmagy köplenç [8.12.38.62] ulgamlary derňemek we taslamak üçin maşynly imitasiýanyň tejribe taýdan ulanylma mümkinçiligini kesgitleýär.

Ulgamy statiki modelirlmekde ýönekeý tötänleýin obýekt tötänleýin waka bolup durýar. Olary modelirlmegiň aýratynlyklaryna seredeliň . Goý tötänleýin X_i san ýagny $(0,1)$ interwalda deňölçegli paýlanan & tötänleýin ululygyň mümkin bolan ähmiýeti bar bolsun. Berilen ähtimallyk p bilen gelýän , tötänleýin wakany A amala aşyrmak gerek. A , tötänleýin ululygyň & saýlanan ähmiýeti X_i deňsizligi kanagatlandyrýar diýilen wakadan kesgitleýäris.

$$X_i \leq p \quad (4.16)$$

Onda A wakanyň ähtimallygy

$$P(A) = \int_0^p dx = p$$

Bolar. A wakanyň gapma garşylygy $X_i^b > p$ bolmagyndan durýar. Onda $P(A) = 1 - p$

Bu ýagdaýda modelirleme prosedurasyny X_i ähmiýetleri saýlamakdan we olary p bilen deňeşdirmekden durýar. Şol wagtda, eger (4,16) şert ýerine ýetirilse, onda synagyň başy A waka bolup durýar.

Şeýlelikde wakalaryň tarapyna seretmeklik mümkin.

Goý A_1, A_2, \dots, A_s ähtimallyklar bilen deňişlilikde gelyän, wakalaryň doly topary bolsun. A_m tötänleýin ululygynyň & saýlanan ähmiýeti X_i deňsizligi kanagatlandyrylýan waka ýaly kesgitlenýär

$$L_{m-1} < X_i \leq L_m$$

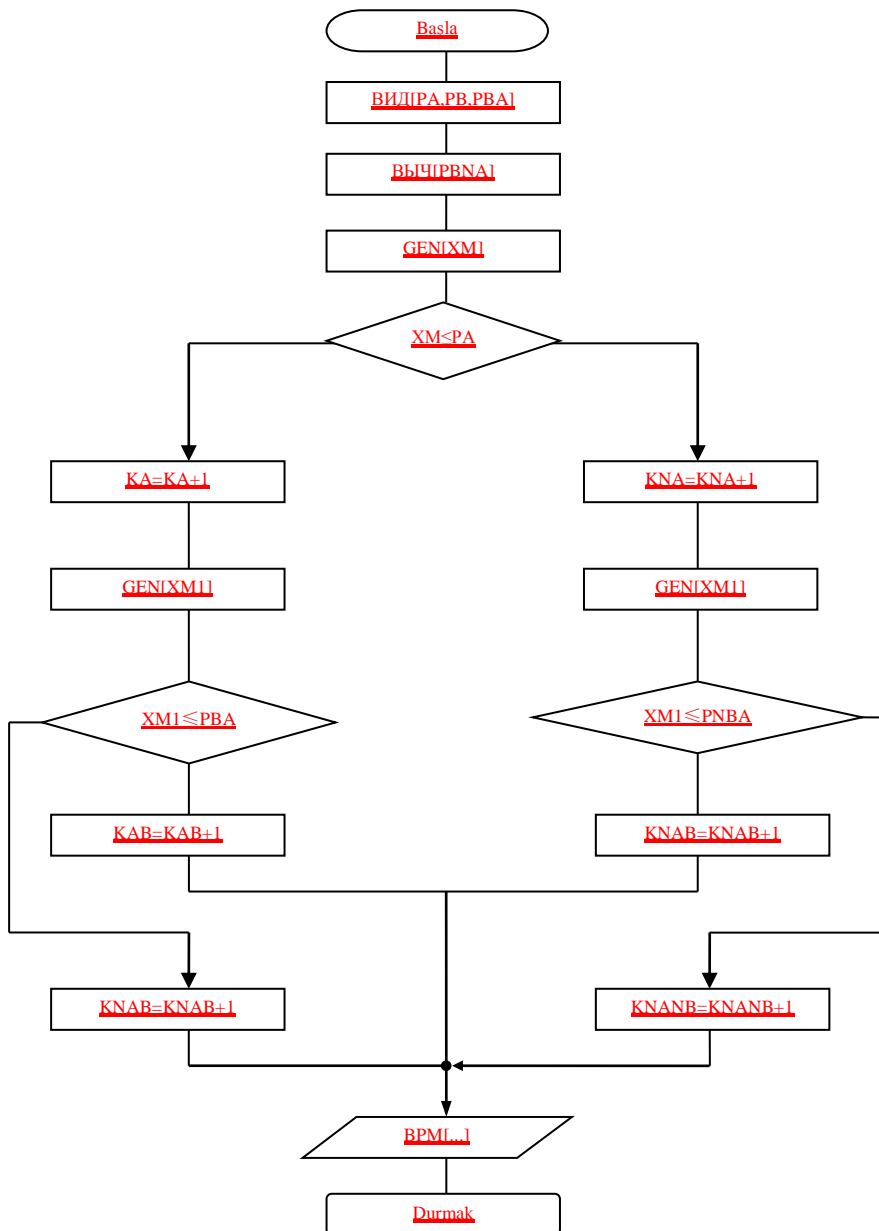
bu yerde $L_r = \sum_{i=1}^r P_i$

Onda

$$P(A_m) = \int_{L_{m-1}}^{L_m} dx = P_m$$

Synaglary modelirlemegiň prosedurasyny bu ýagdaýda tötänleýin sanlary X_i ähmiýetler bilen yzygiderli deňeşdirmekden durýar. Synagyň başy eger (4.17) şert ýerine ýetirilse A_m waka bolýar. Bu prosedurany P_1, P_2, \dots, P_n ähtimallyk bilen deňişlilikde biçe boýunça synagyň başyny kesgitlemek diýip atlandyrylýar.

Modelirlemäniň bu prosedurasyna synag üçin (0,1) interwalda deňölçepli paýlanylşy eýe bolan, tötänleýin sanlar X_i ulanylaýar diýilen çak edilmek bilen seredildi. EHM-da modelirlemekde kwazideňölçepli paýlanylşy galp tötänleýin sanlar ulanylýar, bu käbir ýalňyşlyklara getirýär. Ony bahalandyrylýar. Ulgamlary modelirlemekde köplenç gözlenilýännetije iki we köp ýänekeý wakalardan bagly bolan, çylşyrymly waka bolup durýar, synaglary amala aşyrmak gerekdir. Goý, meselem A we W garaşsyz wakalar P_A we P_B gelmegi ähtimallygyna eýe bolsunlar. Bilelikdäki synaglaryň mümkin bolan başlary bu ýagdaýda $P_A P_B$, $(1 - P_A) P_B$, $P_A (1 - P_B)$, $(1 - P_A) (1 - P_B)$ ähtimallyklar bilen AB, AB, AB, AB wakalary bolar.



Surat 4.13. Bagly bolan wakada modelirleýji algoritmik shemasy.

Bilelikdäki synaglary modelirlmek üçin proseduranyň iki wariantyny ulanmaklyk mümkin:

1. (4.16) Şerti yzygidserli barlamak ;
2. (4.7) meňzeşlikde , degişli ähtimallyklar bilen bije boýunça AB,AB,AB,AB başdakylardan birisini kesgitlemek .

Birinji wariant iki sany X_i we (4.16) Şertli barlamak üçin deňeşdirilmäni talap edýär . Ikinji wariantda X_i bir sanam ýeterlik bolar, ýöne deňeşdirilme köp talap edilip biliner. Modelirleýji algoritmi gurmaklygyň amatlylygynyň we EHM ýaçeýkalarynyň we operasiýalarynyň mukdarynyň tygşytlanmasynyň nukdaý nazary bilen birinji wariant has üns bererliklidir.

Indi bolsa haçanda A we W wakalar garaşly bolup durýar we P_A we P_B ähtimallyklar bilen gelýän , ýagdaýa seredeliň. $P(B/A)$ üstünden A waka bolup

geçdi diýilen şertde W wakanyň gelmeginiň şertli ähtimallygyny belleýäris. Şol wagtda $P(B/A)$ şertli ähtimallyk berildi diýip hasap edýäris.

Modelleri gurmaklygyň wariantlarynyň birine seredeliň. Tötänleýin sanlaryň $\{X_i\}$ yzygiderliginden nobatdaky X_m san çykarylýar we $X_m < P_A$ deňsizligiň adalatlygy barlanylýar. Eger bu deňsizlik adalatly bolsa, ondaa A waka geldi. W waka bilen baglanşykly, synag üçin $P(B/A)$ ähtimallyk ulanylýar. Sanlaryň $\{X_i\}$ toplumdan nobatdaky X_{m+1} san alynýar we $X_{m+1} \leq P(B/A)$ şert barlanylýar. Bu deňsizligiň ýerine ýetirilýänliginden ýa-da ýetirilmeyändiginden baglylykda, synagyň başlangyjy AB ýada AB bolup durýar.

Eger $X_m < p_A$ deňsizlik ýerine ýetirilse, onda A waka geldi. Şonuň üçinem W waka bilen baglanşykly, synag üçin ähtimallygy kesgitlemek zerurdyr

$$P(B/A) = [P(B) - P(A)P(B/A)] / (1 - P(A))$$

$\{X_i\}$ toplumdan X_{m+1} sany saýlap alýarys $X_{m+1} \leq P(B/A)$ deňsizligiň adalatlylygyny barlaýarys. Onuň ýerine ýetirilýärmi ýa-da ýetirilmeyänliginden baglylykda, AB ýa-da AB synaglaryň başlangyçlaryny alýarys.

Modeliň bu wariantyny amala aşyrmaklyk üçin algoritmiň oýlanşykly shemasy 4.13 syratda görkezilendir. Bu ýerde Görnüş [.....] - başdaky berilenleri girizmek prosedurasy;

GEN [....] – deňölçegli paýlanan tötänleýin sanlaryň generatory; $XM \equiv X_m$;

$XM1 \equiv X_{m+1}$ $P_A \equiv P_A$;

$PB \equiv P_B$;

$PBA \equiv P(B/A)$;

$PBNA \equiv P(B/A)$;

KA, KNA, KAB, KANB, KNAB, KNANB-A, A, AB, AB, AB, AB wakalaryň deňişlilikdäki sany;

BPM[...]-modelirleme netijelerini bermek prosedurasy.

Meselem, P-shemalarda prosesleriň görnüşe gelmegi üçin gulluk edýän, markowsaiý zynjyrlaryň EHM-da modelirlenilmesiniň aýratynlyklaryna seredeliň. Ýönekeý birmeňzeş markowskiý zynjyr geçişleriň matrisalary biln kesgitlenilýär.

$$P = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1R} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2R} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ P_{R1} & P_{R2} & \dots & P_{RR} \end{pmatrix}, \quad 0 \leq p_{ij} \leq 1,$$

Bu ýerde P_{ij} z_j ýagdaýa geçmegiň ähtimallygy.

Geçişleriň matrisasy P markowskiý prosesi doly ýazgy edýär.

Şeýle matrisa stohastiki bolup durýar, ýagny her setiriň elementleriniň bahasy birlige deň ýagny

$$\sum_{j=1}^R P_{ij} = 1; i = 1, R$$

$P_i(n)$ üstünden , $i=1, R$ ähtimallygy ulgam n geçişlerden soň z_i ýagdaýda bolar diýip belläris. Kesgetlemek boýunça

$$\sum_{i=1}^R P_i(n) = 1$$

Wakalaýyn ýakynlaşmany ulanmak bilen, markowskiý zynjyry modelirlmä indiki ýagdaýda barmak bolar. Goý synaglaryň mümkin bolan başlangyçlary A_1, A_2, \dots, A_R wakalar bolsun. Ähtimallyk P_{ij} - bu şu synagda geçen synagyň başlangyçy A waka bolupdy diýilen şertde A wakanyň gelmeginiň şertli ähtimallygy . Makowaň şeýle zynjyrynyň modelirlenilmesi P_{ij} ähtimallyk bilen bije boýunça A_j wakanyň yzygiderli saýlanmasynda durýar.

Ilki $P_i(0), P_2(0), \dots, P_R(0)$ başdaky ähtimallyklar bilen berilýän, başlangyç ýagdaý z_0 saýlanylýar. Munuň üçin $\{X_i\}$ sanlaryň yzygiderliginden X_m san saýlanylýar we P_i hökmünde $P_i(0), P_2(0), \dots, P_R(0)$ ähmiýetler ulanylýan, (4.17)-den i_j bilen deňeşdirilýär. Şeýlelikde (4.17) deňsizlik adalatly bolup durýan, m_0 belgi saýlanylýar. Onda zynjyryň bu amala aşyrylmasynyň başlangyç wakaly A_{m_0} bolar . Soňra P_i hökmünde P_{m_0j} ulanylýan, i_j bilen deňeşdirilýän, X_{m+1} indiki tötänleýin san saýlanylýar. M_i belgi kesgitlenilýär we zynjyryň bu amala aşyrylmasynyň indiki wakasy A_m , ş.m. bolar. Her bir M_i belgiň diňe bir nobatdaky A_{m_i} wakany kesgitlemän, eýsem nobatdaky m_{i+1} belgini saýlamak üçin $P_{m_i1}, P_{m_i2}, \dots, P_{m_iR}$ ähtimallyklaryň paýlanmasynyň hem kesgitlenýänligi aýdyňdyr.

Üstesine ergodiki markowskiý zynjyrlar üçin başlangyç ähtimallyklarynyň täsiri synaglaryň belgisiniň ösmegi bilen çalt kemelýär. $P_i(n)$ ähtimallyklaryň çäkli paýlanylşy $i=1, R$ başlangyç şertlerden $P_i(0)$ bagly bolmadyk , dürli markowskiý prosess ergodiki diýilip atlandyrylýar. Şonuň üçinem modelirmekde

$$P_1(0) = P_2(0) = \dots = P_R(0) = 1/R$$

diýip kabul etmek mümkin.

Meselem , birmeňzeş däl markowskiý zynjyrlary zynjyrlary modelirmek üçin , has çylşyrymly algoritmleri şuňa meňzeşlikde gurmak mümkin [42]

Tötänleýin obýektleriniň amala aşyrylmasynyň modelirlenmesiniň seredilen usullary stohastiki ulgamlary görnüşe getirmek prosesiniň modellerinde amala aşyrylmany görnüşe getirmegiň has mahsus bolan proseduralary barada umumy oýlanmalary berýär, ýöne hemmetaraplaýyn EHM-da statistiki modelirmekde tejribede ulanylýan , ähli usullary anyk susmaýar [9,24,38]

Başdaky materiallar bilen paýlamagyň berilen kanuny bilen tötänleýin ululyklaryň mümkin bolan ähmiýetiniň görnüşe getirilmesi üçin (0.1) interwalda deňölçegli paýlanylşa eýe bolan, tötänleýin sanlaryň bazaly yzygiderligi $\{X_i\}$ gulluk edýär. Başga söz bilen aýdylanda , tötänleýin sanlar X_i (0,1) interwalda deňölçegli paýlanylşa eýe bolan, tötänleýin ululyklaryň mümkin bolan ähmiýeti &

ýaly , paýlanyş kanuny berilen , tötänleýin ululygyň & mümkin bolan ähmiýetine Y_i özgerdilib bilinerler [9]

Diskretli tötänleýin ululyklary almaklygyň ýagdaýy üçin özgerdilmän aýratynlyklaryna seredeliň. Diskretli tötänleýin ululyk η , ähtimallyklaryň differensially paýlanmasyny düzüji $P_1, P_2, \dots, P_j, \dots$ ähtimallyklar bilen $y_1 \leq y_2 \leq \dots \leq y_i \leq \dots$ ähmiýetleri kabul edýär.

$$P(\eta=y) = P_1 P_2 \dots P_j \dots \quad (4.18)$$

Şol wagtda paýlanylşyň integraly funksiýasy

$$F_\eta(y) = P(\eta \leq y) = \sum_{j=1}^m p_j \quad y_m \leq y \leq y_{m+1}$$

$$m=1, 2, \dots,$$

$$F_\eta(y)=0; \quad y < y_1 \quad (4.19)$$

Diskretli tötänleýin ululyklary almaklyk üçin [12,42] ters funksiýa usulyny ulanmaklyk mümkin . Eger $\xi - (0,1)$ interwalda deňölçegli paýlanan tötänleýin ululyk bolsa , onda gözlenilýän tötänleýin ululyk η özgerdilmän kömeginde alynýar:

$$\eta = F_\eta^{-1}(\xi), \quad (4.20)$$

bu ýerde $F_\eta^{-1} - F_\eta$ ters bolan funksiýa.

(4.19) we (4.20) boýunça hasaplamak algoritmi indiki hereketleriň ýerine ýetirilmeginde jemlenýär:

eger $X_i < P_1$, onda $\eta=y_1$, başgaça,
 eger $X_i < P_1 + P_2$, onda $\eta=y_2$, başgaça,

.....

$$\text{eger } X_i < \sum_{j=1}^m P_j, \text{ onda } \eta=y_m, \text{ başgaça,} \quad (4.21)$$

.....

$$(4.12) \text{ boýunça hasaplamakda deňeşdirme sikilleriniň orta sany } \mu = \sum_{j=1}^{\infty} j P_j$$

Tejribede EHM –da ulgamy modelirlemekde giň gerime eýe blýan, paýlanylşyň berilen kanuny bilen diskretli tötänleýin ululyklary almagyň algoritmeleriniň we meýilnamalarynyň beýleki mysallaryny hem getirmek mümkin.

EHM-da üznüksiz tötänleýin ululyklarynyň generasiýasynyň aýratynlyklaryna seredeliň. Üznüksiz tötänleýin ululyk η paýlanmaň integraly funksiýasy bilen berilen

$$F_\eta(y) = P(\eta \leq y) = \int_{-\infty}^y f_\eta(Y) dy,$$

Bu ýerde $f\eta(y)$ – ähtimallyklaryň dykyzlygy .

Diskretli ululyklar ýaly paýlanmaň berilen kanuny bilen üznüksiz tötänleýin ululygy almaklyk üçin ters funksiýasynyň usulyndan peýdalanmak mümkin. $F\eta(y)=\xi$ deňlemä degişlilikde η çözmeklik bilen alynan , $\eta=F\eta^{-1}(\xi)$ bir belgli monotonally funksiýa $(0,1)$ interwalda deňölçeqli paýlanan ξ ululygy $f\eta(y)$ talap edilýän dykyzlyk bilen özgerdýär.

Hakykatdan-da , eger tötänleýin ululyk η $f\eta(y)$ paýlanyş dykyzlygyna eýe bolsa , onda tötänleýin ululygyň paýlanylşy

$$\xi = \int_0^1 f\eta(y)dy$$

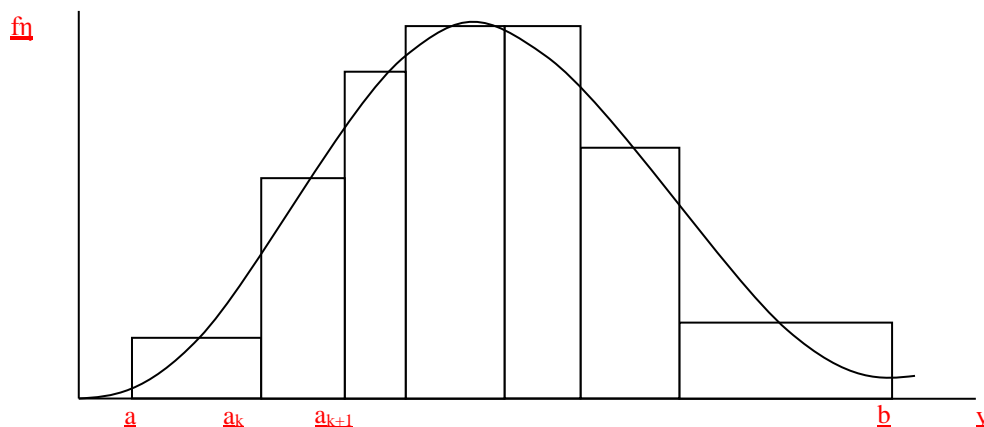
$(0,1)$ interwalda deňölçeqli bolup durýar [9,18]. Şunuň esasynda indiki netijäni çykarmak mümkin . $f\eta(y)$ dykyzlyk funksiýasyna eýe bolan . $\{y_i\}$ tötänleýin sanlaryň yzygiderligine degişli bolan sany almaklyk üçin y_i degişli deňlemäni çözmeklik gerekdir

$$\int_{-\infty}^{y_i} f\eta(y)dy = x_i \quad (4.22)$$

$(0,1)$ interwalda deňölçeqli paýlanylşa eýe bolan , tötänleýin sanlaryň esasynda paýlanmaň berilen kanuny bilen üznüksiz tötänleýin sanlaryň ters funksiýa usuly bilen almagyň käbir mysallaryna seredeliň .

(4.22) gatnaşygy ulanmagyň beýleki mysallaryny hem getirmek mümkin ýöne paýlanmaň berilen kanuny bilen tötänleýin sanlaryň almagyň bu usuly EHM-da ulgamy modelirlenmäge tejribede ulnmagyň çäklendirilen sferasyna eýedir, bu indiki ýagdaýlar bilen düşündirilýär:

1. modelirlenmäge tejribe meselelerinde gabat gelýän, paýlanmaň köp kanunlary üçin (4.22) integral alynmaýar, ýagny çözülişin sanly usulyna ýüzlenmeli bolýar, bu her bir tötänleýin sany almaklyga mşynly wagty harajatlaryny ulaldýar;
2. hat-da haçanda (4.22) integral gutarnykly görnüşde alynýan ýagdaýlar üçin hem köp başdaky operasiýalary saklaýan EHM standartly meýilnama aşagynyň kömegi bilen ýerine ýetirilýär, kök çykarmak logorifmirleme hereketlerini saklaýjy formulalar emele gelýärler. Bu hem her bir tötänleýin sany almaklyga mşynly wagtyň harajatlaryny gönümel ulaldýar.



Surat 4.14 Dykzlyk funksiýasynyň bölekleyin approksimasiýasy

Şonuň üçin hem ulgamlary modelirmek tejribesinde köplenç tötänleýin sanlary özgertmegiň takmyny usullaryna ýüzlenýärler, ýagny olary indiki görnüşde klassifisirlemek mümkin

1. hemmetaraplaýyn usullar ýagny bu usullaryň kömeginde islendik görnüşli paýlanyş kanuny bilen tötänleýin sanlary almak mümkin
2. paýlanmaň takyk kanuny bilen tötänleýin sanlary almak üçin ýaramly hemmetaraplaýyn bolmadyk usullar [9,18,32]

Dykzlyk funksiýasynyň bölekleyin apporoksimaýasyna esaslanan , tötänleýin sanlary almagyň takymyny hemmetaraplaýyn usulyna seredeliň. Goý mümkin bolan ähmiýeti (a,b) interwalda ýatan , $F_n(y)$ dykzlyk funksiýaly $\{Y_i\}$ tötänleýin sanlaryň yzygiderligini almaklyk talap edilýän bolsun. $F_n(y)$ bölekleyin mydamalyk fuksiýa görnüşinde goýýarys, ýagny (a,b) interwaly m interwallara 4.14 suratda görkezilşi ýaly bölýäris , we $f_n(y)$ her interwalda mydamalyk hasaplaýarys. Onda tötänleýin usuly η , $\eta = a_R + \eta_R^*$ görnüşinde bölmek mümkin , Bu ýerde

A_R – R -nji interwalyň çep araçägininiň absissasy ;

η_R – R -nji interwalyň içinde mümkin bolan ähmiýeti deňölçegli ýerleşdirýän , tötänleýin ululyk , ýagny a_R / a_{R+1} her uçastokda ululyk η_R deňölçegli paýlan hasaplanylýar. $F_n(y)$ tejribe maksatlary üçin has amatly usul bilen apporoksimirlemek üçin (a,b) interwallara bölmek maksadasa laýykdyk, ýagny tötänleýin ululygyň η islendik interwalda (a_R, a_{R+1}) düşmek ähtimallygy mydamalyk bolar ýaly edip, ýagny R interwalyň belgisinden bagly bolmaz ýaly . Şeýlelik bilen , a_R hasaplamak üçin indiki gatnaşyklardan peýdalanýarys:

$$\int_{a_R}^{a_{R+1}} f\eta(y)dy \quad (4.23)$$

Tötänleýin sanlary almagyň bu usulynyň maşynly amala aşyrylmagynyň algoritmi indiki hereketleriň yzygiderli ýerine ýetirilmeginden durýar:

1. $(0,1)$ interwlda tötänleýin deňölçegli paýlanan san X_i generirlenenýär.
2. Bu sanyň kömegi bilen tötänleýin ýagdaýda (a_R, a_{R+1}) interwal saýlanylýar;
3. X_{i+1} san generirlenýär we ony (a_R, a_{R+1}) interwala getirmek maksady bilen masştaablaşdyrýar, ýagny (a_R, a_{R+1}) X_{i+1} koeffisientine köpeldilýär;
4. paýlanmaň talap edýän kanuny bilen $y_i = a_R + (a_{R+1} - a_R) X_{i+1}$ tötänleýin san hasaplanylýar.

Tötänleýin sanyň X_i kömegi bilen (a_R, a_{R+1}) interwaly saýlamagyň has giňişleýin prosesine seredeliň. Bu maksatlar üçin, sanlary (a,b) interwala getirmeklik üçin (4.23) gatnaşykdan kesgitlenen, masştaablaşdyrma koeffisiýentiniň ähmiýetini we R interwallaryň belgisini öňünden içinde ýerleşdirip, jedwelçäni gurmaklyk maksada laýykdyr. Generatoradan tötänleýin sany X_i almak bilen, bu jedwelçäniň kömeginde çep araçägiň a_R absissini we masştaablaşdyrma koeffisiýentini $(a_{R+1} - a_R)$ dessine kesgitleýäris.

Tötänleýin sanlary özgertmäniň bu takmyny usulynyň gowy tarapy: EHM – da amala aşyrmada her bir tötänleýin sany almaklyk üçin operasiýalaryň uly bolmadyk mukdary talap edilýär, sebäbi (4.23) masştaablaşdyrmak operasiýasy modelirlemeden önürti diňe bir gezek ýerine ýetirilýär, we operasiýalaryň mukdary approssimasiýanyň takyklygyndan, ýagny m interwallaryň mukdaryndan bagly dälir.

Ähtimallyklar nazarýetiniň çäkli nazarýetiniň esasynda $\{y_i\}$ paýlanmagyň berilen kanuny bilen yzygiderligine deňölçegli paýlanan tötänleýin sanlaryň $\{X_i\}$ yzygiderliklerini özgertmegiň usullaryna seredeliň. Şeýle usullar paýlanmagyň takyk kanuny bilen sanlaryň yzygiderliklerini almaklyga takmynlaşdyrylandyr, ýagny hemmetaraplaýyn dälirler [38,42]

V BÖLÜM

Ulgamy modelirlemegiň meýilnamaly we tehniki serişdeleri.

§5.1. Ulgamy modelirlemek we meýilnamalaşdyrmak dilleri.

Häzirki zaman hemmetaraplaýyn EHM ulanylmaly imitasion modelleriň amala aşyrylmagyň we olaryň kömegi bilen ulgamy funksionirlemek prosesleriniň häsiýetnamasyny derňemegiň kuwwatly serişdesi bolup durýar. Meýilnamaly amala aşyrylýan modelde ulgamyň islendik derňewiniň üstünligi ýa-da şowsuzlygy

ilkinji nobatda modelirleýji algoritmiň shemasynyň dogrulygyndan baglydyr, meýilnamaň ösüşi bolsa diňe EHM tehniki häsiýetnamalaryndan baglydyr, ýagny modelirleme üçin ulanylýan. EHM-da modeli amala aşyrmakda modelirleme dilini dogry saýlamak meselesi uly ähmiýete eýedir.

Ulgamy modelirlemekde algoritmiki diller, modelleriň işlenilip düzülmeginiň, maşynly amala aşyrylmagyň we modelleriň häsiýetnamasyny derňewiniň kömekçi apparaty bolup gulluk edýär. Modelirlemäniň her dili hadysalaryň giň klasyny ýazgy etmek üçin düşünjäh kesgitli düzülişini şöhlelendirmelidir. Ulgamy funksionirmek prosesiniň modelirleme meselisini çözmek üçin takyk dili saýlamak bilen, derňewçi abstraksiýanyň ymykly işlenilip düzülen ulgamyny gytyýarlykda alýar, ýagny oňa derňelýän ulgamyň funksionirleme prosesiniň formalizasiýaly üçin esasy beriji. Modelirleme diliniň meselesi takmynlaşmasynyň ýokary derejesi, modelleri meýilnamalaşdyrmagy, ujypsly ýönekeýleşdirýär, onda ýörite seredilen modelirleme netijelerini ýygnamak, işläp bejermek we netije çykarmak mümkinçilikleri modelleri M_m imitasion synagyň mümkin bolan başdaky berilenlerini çalt we giňişleýin derňemäge mümkinçilik berýär.

Modelirleme dilleriniň hilini häsiýetlendiriji, esasy pursatlar bolup durýar: ulgamy funksionirmek prosesiniň ýazgy edilmesiniň oňalylygy, modelirlemäh başdaky berilenlerini girizmek we modeliň düzülişlerini, algoritmelerini we parametrlerini barabarlaşdyrmagyň amatlylygy, modelirleme netijeleriniň derňemeginiň we çykarmagyň täsirliligi, modelirleýji meýilnamalaryň işiniň sazanylmasy we gözegçiliginiň ýönekeýligi, dili kabul etmegiň we ulanylmagyň elýeterliligi. Modelirlemäniň gelejekgi dilleri maşynly imitasiýanyň shemaly we dialogly ulgamlarynyň dörediliş oblastyndaky ösüş bilen, şeýle-de toparlaýyn ulanyşly habarlar-hasaplaýyş ulgamyny modelirlemek maksatlaryna meseleli-takmyny ulgamlaryň ösüşi bilen kesgitlenilýär.

Algoritmiki diller we olaryň EHM-da amala aşyrylmagy we ylaýtada modelirleme dileri bilen baglanyşykly, esasy düşünelere seredeliň.

Meýilnamalaşdyrylma dili özünde EHM-da aňladylýan, simwollaryň we EHM-da amala aşyryp boljak, bellenilişli operasiýalaryň toplumyny özünde saklaýar. Pes dereje meýilnamasy göniden göni degişli elementar hereket bilen kodda ýazylan, maşynyň esasy dili bolýar. Indiki derejäni hasaplaýjy maşynyň awtokody eýeleýär. Awtokodda meýilnama maşynly koda ýörite meýilnamaly-assembleri öz gerdilýän, mnemoniki simwollardan düzülýär.

Kompýuter diýlip, ýokary derejedäki algoritmiki dilde ýazylan we olary maşynyň esasy dilinde meýilnamalary ýa-da soňky ýagdaýda ýene-de bir gezek assembleriň kömegi bilen görkezilýän, awtokoda özgerdiji, instruksiýany kabul ediji, meýilnama aydylýar.

Interpretator diýilip, giriji diliň instruksiýasyny kabul edip, dessine degişli operasiýalary ýerine ýetirýän, meýilnamalara aýdylýar. Görkezilme interpretatoryň dilinde ýazylan, meýilnamanyň işiniň tutuş wagtyň dowamynda bolup geçýär. Bu kompilyasiýadan tapawutlylykda assemblerleme özünde teksi giriji dilden maşynyň obýektli diline tejime etmegiň bir gezekleýin aktlaryny saklaýar, şondan soň alynan meýilnamalar translýatora gaýtadan ýüzlenmesizden ýerine ýetirilýär.

Maşynly kodda ýa-da assembleriň dilinde düzülen, meýinama, takyk EHM spesifikasiýasyny mydama şöhlelendirýär. Şeýle meýilnamanyň instruksiýasy kesgitli maşynly operasiýalara gabat gelýär we, yz ýanynda diňe özleri üçin niýetlenilen EHM-da mana eýedirler. Şonuň üçin hem şeýle diller maşynly-takmyny diller diýilip atlandyrylýar.

Interpretatoryň we kompilyatoryň dilleriniň köpüsi proseduraly-takmyny diler hökmünde klafissirmek mümkin. Bu diller, EHM elementar hereketlerini ýazgy ediji we meseleleri dillerden hil taýdan tapawutlanýarlar. Ähli proseduraly-takmyny diller meseleleriň kesgitli klassy üçin niýetlenendir, özünde bu klassadaky mahsus bolan meseleleri çözmegiň usullary görnüşde getirmek üçin amatly, instruksiýalary goşýar. Degişli algoritmler hiç hili EHM bilen baglanyşykly bolmadyk, bellenişde meýilnamalaşdyrylýar.

Modelirleme dili özünde spesifikasi görnüşlere eýe bolan, proseduraly-takmyny dili saklaýar. Modelirlemäniň esasy dilleri kesgitli klassy ulgamyň funksionirleme prosesini öwrenmeklige imitasion ýakynlaşmaň meýilnamaly üpjün edilmesi hökümünde işlenilip düzüldi.

Umumy bellenişli diller we imitasion modelirleme dilleriniň ulgamyň funksionirleme prosesiniň modelirlemesiniň aýratynlyklaryna we kemçiliklerine seredeliň. IMD ulanmagyň maksadalaýyklygy indiki iki esasy sebäpden durýar: 1) modelirleýji algoritmleriň maşynly amala aşyrylmagyna düýpli rol oýnaýan, ulgamyň modelini meýilnamalaşdyrmagyň amatlylygy; 2) meýilnamalaşdyran maşynly synaga derňewi umumy ugryny saýlamak we ulgamyň modelini gurmak tapgyrynda gerek bolan, ulgam klassyna diliň konseptual ugury. Ulgamy modelirmek tejribesi hut IMD ulanylmagynyň çykşyrymly hakyky obýektleri synag taýdan derňemek usuly ýaly imitasiýanyň üstünligini köplenç kesgitlenýänligini görkezýär.

Modelirleme dilleri modelirlenýän ulgamy imitasiýanyň esasy düşüňjeleriniň bazasyna işlenilip düzülen, terminde ýazgy etmäge mümkinçilik berýär. Bu düşüňjeler takyk kesgitlenýänçä we IMD görnüşde getirýänçä, imitasion meseleleri ýazgy etmegiň ýeke täk usullary yokdy, olarsyz imitasion synaglary goýmak oblastynda dürli işlenilip düzülmeleriň arasynda aragatnaşyk bolmandy. Modelirlemäň ýokary derejeli dilleri maşynly modeli M_m işläp düzüjini we müşdeir aragatnaşyk etmegiň amatly serişdesi bolup durýar.

IMD agzalyp geçilen artykmaçlaryna garamazdan, häzirki wagtda modelirleme hemmetaraplaýyn we proseduraly-takmyny dillerden doly ýüz öwürmegiň garşysyna tehniki we ulanylyş häsiýeti esasy argumentler öňe süýşirilýär. IMD ulanmagyň garşysyna tehniki garşy belmä: iş meýilnamalaryň täsirlilik meseleleri, olary sazlamagyň mümkinçilikleri we ş.m. Ulanyş kemçilikleri hökmünde bar bolan IMD boýunça dokumentleriň ýetmezçiligi ýatlanylýar, degişli görkezmeleriň özbaşdak häsiýeti, ýalňyşlygy düzetmegiň özbaşdak häsiýeti, ýalňyşlygy düzetmegiň ýalňyşlygy ýatlanylýar. Ýöne häzirki wagtda islendik klassly meseläni çözmekde täsirli bolup biljek, UBD ýöklügyny belläp geçmeklik gerekdir.

IMD düýpli kemçilikleri, FORTRAN, ALGOL we PL/1 ýaly giňden ulanylýar UBD tapawutlylukda modelirleme dilleriniň aýry guramalar tarapyndan

işlenilip düzülyänliginde döreyär. Değişli translyator ýaramaz ýazgy edilendir we ulgamy modelirmek meselesini çözmekde ulanyş üçin ýaramaz enjamlaşdyrlandyr, şonuň üçinem IMD üstünligine garamazdan olaryň tejribede ulanylmagyndan takyk ýagdaýlaryň hataryna ýüz öwürmeli bolýar.

Modelirleme ulgamyny islendik diliniň bazasyna döretmekde prosesiniň modele sinhronizasiýany baradaky meseläni çözmek gerekdir, sebäbi ulgamda gidýän wagtyň her pursatynda birnäçe wakalaryň işlenilip bejermeginiň gerek bolmaly mümkin. Bu modelirleme monitorynyň esasy meselesi bolup durýar, ýagny indiki funksiýalary ýerine ýetirýän: prosesler bilen dolandyrmak we baýlyklar bilen dolandyrmak.

Häzirki wagta çenli modelirleme dillerini işläp düzmeklige iki sany dürli ugur emele geldi: üznüksiz we diskretli, ulgamly modelirmegiň derňeýän usuly bilen esasy aýratynlyklary şöhlelendiriji. Şonuň üçinem IMD iki özbaşdak topara bölünýär, ýagny imitasiýany iki görnüşde gabat gelýän, biri-birinden üzňe ösýän: üznüksiz we diskretli prosesleriň imitasiýasy üçin.

Üznüksiz prosesleri modelirmek üçin diňe bir AWU däl-de eýsem EHM hem ulanylyp biliner, soňky değişli meýilnamalaşdyrylma dürli üznüksiz prosesleri imitirleýär. Şol wagtda EHM ulanylşa uly ygtybarlyga eýedir we netijeleriň ýokary takyklygyny almaga mümkinçilik berýär, bu modelirleme dilleriniň işlenilip düzülmesine getirdi. Modelirleýji algoritmiň berilen shemasy ulgama seredilýän differensial deňlemeler bilen bilelikde özgerdilýär. Bu ýagdaýda modelirleme käbir standartly ädimde usuly ulanmaklykda bu deňlemeleriň sanly çözülmelerini gözlemeklige getirilýär.

EHM – da üznüksiz ulgamy modelirmek diliniň mysaly, modelirlenýän ulgamy gutarnykly tapawudy DYNAMO bolup durýan, deňleme görnüşinde goýmak ýoludyr, ýagny onuň üçin deňlemäni t we $t+dt$ wagat pursatlarynda funksiýalaryň ähmiýetiniň arasynda we $t+dt/2$ wagat pursatynda olaryň köpeltmek hasylynyň ähmiýetleriniň arasynda gatnaşygy ornaşdyrýarlar. Bu ýagdaýda modelirleme manysy boýunça özünde differensial deňlemeleriň berilen ulgamyny ädimleýin çözmegi saklaýar.

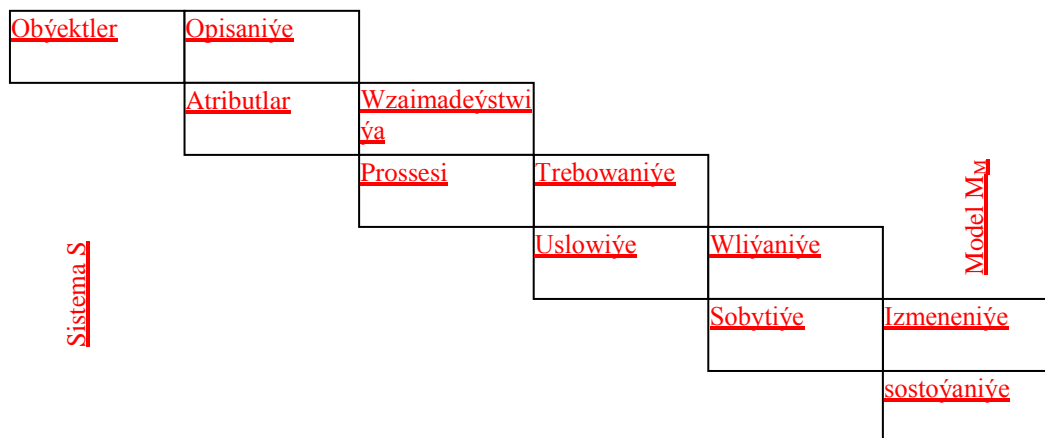
Hemmetaraplaýyn EHM – diskretli görnüşdäki guralmadyr, şonuň üçinem derňeýän uldamy S funksionirmek prosesiniň diskretli approksimasiýasyny üpjün etmelidir. Hakyky ulgamyň funksionirleme prosesinde üznüksiz üýtgame EHM – da amala aşyrylýan, diskretli modelde şöhlelendirilýär, ýagny diskretli wakalaryň käbir yzygiderligi bilen, we şeýle modeller diskretli wakalaryň modelleri diýilip atlandyrylýar. Diskretli modelde şöhlenendirilýän, aýry wakalar hakykata ýakynlaşmagyň uly derejesi bilen kesgitlenilýär, bu şeýle diskretli modelleriň ulgamda S gidýän hakyky prosesler bilen barabarlygyny üpjün edýär.

IMD binagärliги, ýagny diliň elementleriniň özara gatnaşyklarynyň konsepsiýasy çylşyrymly ulgam ýaly we ulgamdan S onuň maşynly modele M_M geçmek tilsimatyny indiki görnüşde bermek mümkin:

1. modelirleme obýektleri diliň käbir atributlarynyň kömegi bilen ýazylýar;
2. atributlar modelirlenýän ulgamda hakykat ýüzünde gidýän hadysalar bilen barabar prosesler bilen özara gatnaşykda bolýarlar

3. prosesler paýhasly esasy we wagt boýunça bu prosesleriň özara gatnaşygynyň yzygiderligini kesgitleýji takyk şertleri talap edýär;
4. şert modellerleme obýektiniň içinde orna eýe bolan , we daşky sreda bilen özara gatnaşykdaky wakalara täsirini ýetirýär;
5. wakalar ulgamyň modeliniň ýagdaýyny giňişlikde we wagt boýunça üýtgetýär.

IMD binagärçilik mahsus bolan shemasy we ulgamy modelirmekde onuň ulanyş tilsimaty 5.1. suratda görkezilendir



Sur 5.1. IMD binagärçiliginiň mahsus bolan shemasy we onuň ulanylyş tilsimaty.

Ýagdaýlaryň aglabasynda maşynly modelleriň kömegi bilen wagtyň kesgitli kesiminde ulgamyň S häsiýetnamasyny we özüni alyp barşy derňelýär, şonuň üçinem ulgamyň modelini döretmekde we modeliň meýilnamalaşdyrylmagy dilini paýlamakda has wajyp meseleleriň biri iki funksiýanyň amala aşyrylmagy bolup durýar:

1. ulgamyň ýagdaýynyň wagtlaýyn koordinatalarynyň düzedilmesi;
2. ulgamdaky wakalaryň we dürli bloklaryň ylalaşygynyň üpjün edilmegi.

Şeýlelik bilen, modeliň M_m funksionirlemesi emeli wagtda gitmelidir, derňelýän ulgamda işiň talap edilýän paýhasynda wakanyň döredilmegini üpjün etmek bilen . Şol wagtda hakyky ulgamyň elementleriniň şol bir wagtda funksionirlenilýändigini, maşynly modeliň komponentleriniň bolsa yzygiderlilikde hereket edýändigini hasaba almak gerekdir, sebäbi EHM kömeginde amala aşyrylýar. Modelirleme obýektiniň dürli böleklerinde wakanyň şol bir wagtda döremegine, onda sebäpli wagtlaýyn aragatnaşyklaryň barabardygyny saklamak üçin IMD ulgamyň modeliniň elementleriniň hereketiniň sinchronizasiýasy üçin wagtyň ýumuşy “mehanizimini” döretmek gerekdir.

Öň bellenilip geçilişi ýaly, wagtyň ýumuşyna iki sany ugur bardyr: mydamalyk we üýtgewli wagt intewallary, modelirleýji algoritmleri amala

aşyrmagyň iki esasy gabat gelyän, ýagny “esas Δt ” we “esas bz”. Bu usullarynyň hersiniň ulgamda S hakyky wakalary barabar şöhlendirmek we modelirlemä maşynly baýlyklaryň harajatlary nukdaýnazarlar bilen öz artykmaçlyklary bardyr. “esas Δt ” ulanmakda haka yzygiderli işlenilip bejerilýän we wagt her gezek indiki wakanyň başlanmagyna çenli süýşýär. “esas Δt ” boýunça gurulan , modelde wakalaryň işlenilip bejerilmesi toparlar bukjalar ýa-da köp wakalar boýunça bolup geçýär. Şol wagtda Δt saýlawy prosesiniň gidişine we modelirlemäniň netijelerine düýpli täsir edýär we eger Δt nädogry berilen bolsa, onda netijeler ygtybarsyz bolup biler , sebäbi wakalarynyň ählisi modelirlemäniň her interwalynyň ýokarky araçäğine gabat gelyän, nokatda döreyärler. “esas bz ” ulanylmasynda modele wakalaryň şol bir wagtda işlenilip düzülmegi , haçanda bu wakalaryň hakyky ulgamda şol bir wagtda döremeginde orna eýedir. Bu Δt interwalyň soňunda wakalaryň düzedilmesine olaryň işlenilip bejermesinde emeli girizmegiň zerurlygyndan goşmaga mümkinçilik berýär.

“ Δt esas” esas boýunça modelirlemekde gowy approksimasiýasiýa ýemek üçin Δt iki şol bir wagtda bolmadyk wakalar şol bir wagt interwalında düşmez ýaly az bolmalydyr. Ýöne Δt kiçelmegi modelirlemä maşynly wagtyň harajatlarynyň ulalmagyna getirýär, sebäbi uýyly bölek “sagatlaryň” düzedilmesine we interwallaryň köpüsünde bolmanam biljek wakalaryň yzarlanmagyna harçlanylýa. Şol wagtda Δt hat-da güýçli gysylmagynda – da iki şol bir wagtda bolmadyk wakalarynyň şol bir wagt interwalyna Δt düşüp biler, bu bolsa olaryň şol bi wagtdalygy ýalan görkezmäni berýär.

Maşynly modeli M_M we şoňa degişlilikde IMD gurmak esasynda saýlamak üçin bilmek gerekdir: modeliniň maksady we bellenilişi modelirlemäniň netijelerini talap edýän takyklygy ; şol ýada beýleki bir esasy ulanmakda maşynly wagtyň harajatlaryny ; Δt we bz esas boýunça gurulan modeli amala aşyrmak üçin maşynly ýatkeşligiň zerur bolan göwrümini modeli meýilnamalaşdyrmagyň we onuň sazlanylmagynyň zähmetsygymyny .

Şeýlelik bilen, ulgamyň modellerini işläp düzmekde spesifiki kynçylyklaryň giden hatary döreyär, şonuň üçinem IMD düşünjeleri UBD gabat gelmeýän, meýilnamaly serişdeleriň toplumyna seredilmelidir.

Birleşdirmek.

Hakyky ulgamda S parallel gedýän prosesler yzygiderli işleýän EHM kömegi bilen berilýär. Modelirleme dilleri bu kynçylyklary wagt boýunça ýönekeýleşdirilen wakalary bermek üçin ulanylýan, ulgamy wagt düşünjesini girizmek ýoly bilen ýaňil geçmäge mümkinçilik berýär.

Ölçeg.

Modelirlenýän ulgamlaryň aglabasy özlerini alyp barmagyň çylşyrymly düzülişine we algoritmlerine eýedir, olaryň modelleri bolsa göwrümi boýunça ulydyr. Şonuň üçinem ýatkeşligiň dinamiki paýlanmagyny ulanýarlar, haçanda ulgamyň modeliniň komponentleri EHM operatiw ýatkeşliginde peýda bolanda ýa-da ony nobatdaky ýagdaýdan baglylykda taşlap gidende. EHM-de modeliniň M_M amala aşyrylmagynyň wajyp obýekti bu ýagdaýda onuň gurluşynyň bloklylygy, ýagny modeli bloklara, blok aşaklaryna bölmeklik mümkinçiligi bolup durýar.

Üýtgame.

Dinamiki ulgamlar hereket bilen baglanşyklydyr we prosesiniň ösüşi bilen häsiýetlendirýärler, şonuň netijesinde ulgamlaryň giňişlik konfigurasiýasy wagt boýunça üýtgemä sezewar bolýar. Şonuň üçinem ähli IMD-de modelirlenilýän ulgamyň S funksionirleme prosesiniň ýagdaýynyň üýtgemegini şöhlelendiriji, ýazgylaryňp işlenilip bejermesine seredilýär.

Özarabaglanşyk.

Ulgamy S funksionirlenmek prosesiniň modelinde M_M dürli wakalary tamamlamak üçin gerek bolan şert modeliň komponentleriniň arasynda özara gatnaşyklarynyň uly mukdarynyň bolmagy sebäpli has çylşyrymly bolup biler. Bu mesele bilen baglanşykly kynçylyklary çözmek üçin IMD aglabasyna degişli oýlanşykly mümkinçilikleri we köplik teoriýasynyň düşünjesini goşýar.

Stohastikilik.

Tötänleýin wakalary we prosesleri modelirmek üçin esasynda paýlanylşyň degişli kanunlary bilen tötänleýin ululyklar bilen imitirlenýän modele stohastiki täsirlenmäni almak mümkin bolan berilen interwalda kwazideňölçeqli paýlanan, galp tötänleýin sanlaryň yzygiderliginiň generasiýasynyň ýörite meýilnamalaryny ulanýarlar.

Derňew.

Maşynly modelirleme usuly bilen çözülýän, soraglara tejribe gatnaşygynda gowy we amatly jogap almak üçin ulgamyň S modelini funksionirlemek prosesiniň statistiki häsiýetnamalaryny almak gerekdir. Şonuň üçinem modelirleme dillerindemodelirleme netijeleriniň statistiki işlenilip bejeriliş we derňewi usullaryna seredilýär.

§5.2. Imitasion modelirleme dilleriniň deňeşdirilýän derňewi.

Ulgamy maşynly modelirmek oblastynda degerlikli uly bolmadyk möhletiniň içinde derňemekligiň esasy täze usulyna we hasaplaýyş tehnikaýy serişdeleriniň ösmegine we ilkinji nobatda ýöriteleşdirilen IMD mukdarynyň ulalmagynda aňladylamakly ösüşe bolan zerurlyga esaslanan üýtgeşiklik bolup geçdi. Üstesinde bu proses awunogörnüşli häsiýete eýedir we häzirki wagta çenli birnäçe onlarça ösen IMD hasaba alynýar, şonuň üçinem IMD bu köp görnüşliligine düşünmek we takyk ulgamy S modelirmek üçin has täsirli dili saýlamaklyk örän wajypdyr [38,62,64,65].

Surat 5.3. Ulgamyň modellerini meýilnamalaşdyrmak üçin dilleriň klassifikasiýasy.

Öň bellenenilip geçilişi ýaly ulgamy S modelirmek üçin hasaplamalary geçirmeginiň üç usulu amatlydyr, ýagny onuň esasynda sanly, analogly, gibridli hasaplaýyş teknikasyny ulanmaklyk ýatandyr. Meýilnamalaşdyrmak dilleriniň ulanylmagynyň nukdaý nazary bilen ulgamy modelirmek usullaryna seredeliň. Şol wagtda bu paragrafda hasaplamaň arassa analogly usullaryna seredilmäni goýbereliň, sebäbi olar meýilnamaly amala aşyrylýar, elektriki zynjyry düzülmesi ýoly bilen amala aşyrylýar, ýagny meýilnamalaşdyrmak dili gerek bolmadyk

halatynda şol sebäp bilen amala aşyrylýar, ýagny meýilnamalaşdyrmak dili gerek bolmadyk halatynda . Şol sebäp bilen hasaplamaň gibriddli usulynda IMD ulanylmagynda seretmeris. Onda ulgamyň modelini meýilnamalaşdyrmak üçin dilleriň klassifikasiýasy 5.3 suratda getirilen görnüşe eýe bolar.

Ulgamy modelirmek üçin hemmetaraplaýyn we proseduraly – takmyny UBD we ýöriteleşdirilen IMD ulanylýar. Şol wagtda UBD modeliň meýilnamaçy işläp düzmek sazlamak we ulanmak maýyşgaklygynyň manysynda uly mümkinçilikleri berýär. Ýöne maýyşgaklygynyň manysynda uly mümkinçilikleri berýär.. ýöne maýyşgaklyga modeli meýilnamalaşdyrmaklyga harçlanylýan uly güýçleriň bahasy bilen ýetilýär, sebäbi operasiýalary ýerine ýetirmegi gurnamak, Ulgamy wagtyň hasabaty we hasaplamaň gidişine gözegçilik etmek düýpli çylşyrymlaşýar.

Bar bolan IMD matematiki shemanyň üç görnüşine gabat gelýän, üç sany esasy toparlara bölmek mümkin: üznüksiz diskretli we toplumly. Her toparyň dilleri ulgamyň S olaryň maşynly modeliniň M_M döredilmegine degişli bermek üçin niýetlenendir.

Käbir IMD seredilýän klassifikasiýasynyň esasynda ulgamlaýyn wagty görnüşe getirmek esasy ýatandyr. Sebäbi „ulgamlaýyn sagatlar” diňe modele ulgamly wagty hereketlendirmek üçin niýetlenen eýsem ulogamyň modeline dürli wakalaryň we operasiýanyň sinhronizasiýasy üçin hem niýetlenendir, onda modelirmek şol ýa-da beýleki bir takyk dilini kesgitli görnüşe degişli etmekde „ulgamly sagatlaryň” mehanizmleriniň görnüşini bilen hasaplaşman bolmaz.

Ulgamy S üznüksiz berilmegi deňlemeleriň düzülmegine getirilýär ýagny onuň kömegi bilen endogenli we ekzogenli üýtgewli modelleriň arasynda aragatnawşyk ornaşdyrylýar.

IMD üçünji topary özlerini alyp barşy prosesslewr bilen kesgitlenilýän umumy ýazgy edilýär. Bu ýagdaýda prosesiniň aşagynda diýilip wakalaryň yzygiderligine düşündirilýär, ýagny olaryň arasynda aragatnawşyk ýörite gatnaşyklaryň toplumynyň kömegi bilen ornaşdyrylýar. Dinamika toplumyny prosesiniň meýilnamasy düzýän dolandyrylýan meýilnamalardan üznelikde goýulandyr. Prosesleriň diliniň mysaly – ALGOL diliniň giňelmegi bolup durýan SIMULA dilidir. SIMULA dilinde modelirlenýän ulgamyň bölünýän, elementleriň formalizasiýasy üçin prosesiniň düşüňjesini ulanmakly modelirlenýän ulgamyň S blokly berilmesi amala aşyrylýar. Proses onuň düzülişini häsýetlendiriji we funksionirleme meýilnamasy alamatlaryň toplumy bilen berilýär. Her prosesiň funksionirlenmesi ulgamly wagtda gidýän, etaplara bölünýär. SIMULA dilinde ulgamly wagtda proses bilen parallel operirlemek düşüňjesine baş rol berilýär. Ýörite dilli serişdeler prosesleri ýönekeýleşdirip köpeltmekli manulýasiýa üçin seredilendir. APSS görnüşli IMD aýry görnüşlere bölünip biliner ýogsa olary prosesleriň dilleri toparyna esasy degişli etmek mümkin. GPSS dili obýektleriň giňişleýin hereketini ýazgy etmek üçin ulanylýan interpreeleýji diller ulgamyny özünde saklaýar. Şeýle dinamiki obýektler GPSS dilinde tranzaktlar diýilip atlandyrylýar we akym elementlerini özünde saklaýar. Imitasiýa prosesinde tranzaktorlar „döredilýär” we „ýok edilýär”. Olaryň hersiniň funksiýasyny modeliň üstünden hereket ýaly bermek mümkin. Diliň funksional aparaty

modeliň paýhasyny ýazgy ediji , bloklary emele getirýär. EHM üçin berilenler dolandyryjy wekesgitleýji kartalaryň bukjalary görnüşinde taýýarlanylýar, ýagny olaryň standartly simwollaryndan ýygňalan, modeliň shemasy boýunça düzülýärler , Döredilen GPSS – interperetasiýa režimde işleýän meýiolnama, tranzaktlary blokdan bloga geçirýär we generirleýär. Tranzaktyň her geçişi ulgamly wagtyň kesgitli pursatyna ýazgy edilýär.

Biziň ýurdumyzda modelirleme usulynyň esasynda ulgamy derňemegiň we taslamagyň tejribemesesini çözmek üçin modelirlemäň täsirli ulgamlary döredildi: CJЭНГ – diskretli ulgamy modelirlemek üçin meýilnamalaşdyрма ulgamy; HEDUC – üznüksiz we diskretli prosessler modelirlemek ulgamy we beýlekiler.

Modelirleme üçin takyk ulgamyň S ulanylmagynyň täsirini derňemekde dilleriň birnäçe wajyp häsiýetlerini bölýärler: diliň termininde derňelýän ulgamyň özüni alyp baryşynyň düzüşini we algoritmini ýazgy etmegiň mümkinçiligi ; modeli gurmak üçin onuň maşynly amala aşyrylmagynyň we modelirleme netijeleriniň işlenilip bejerilmesiniň ulanylmagynyň ýönekeýligi. Şol wagtda elbetde IMD toparynyň uly mukdary modelirleme meýilnamalaryny ýazmakda gowy mümkinçilikleri üpjün edýär, ýöne toparyň sanynyň ulalmagy bilen bilelikde IMD ulanmagyň kynçylyklary hem ösýär, şonuň üçinem toparlaryň kiçi mukdarynda uly çetelige eýe bolan dillere müşderi ünsini berýär.

Bu oýlanmalaryndan salgylanyp, giň klassly ulgamy modelirlemekde dürli dilleri deňeşdirmek üçin synag bahalary geçirildi. Bahalaryň netijeleri 5.1. jedwelçä salynandyr. Diller özleriniň täsirini kemeltmek tertibinde berilendir.

Jedwelçe 5.1.

Diliň mümkinçilikleri	Ulanylşyň ýönekeýligi	Ulanyjynyň makul bilmeği
SIMULA	GPSS	SIMSCRIPT
SIMSCRIPT	SIMSCRIPT	GPSS
GPSS	SIMULAR	SIMULAR
PL/1	PL/1	FORTTRAN
FORTTRAN	FORTTRAN	PL/1

IMD agzalyp geçilen aýratynlyklary ulgamyň modeli bilen imitasion synagy geçirmek üçin şol ýa-da beýleki bir dili saýlamak mümkinçiligini köplenç kesgitleýär. Üstesinde her bir takyk ýagdaýda modelirleme dilini saýlamaklyga onuň tejribe taýdan amala aşyrylmagynyň köp faktorlary täsirini ýetirýär. IMD saýlamak meselesine häzirki zaman hemmetaraplaýyn EHM ulanmakly ulgamy modelirlemek prosessiniň awtomatlaşdyrylmagynda çözülýän, meseleleriň toplumynyň biri ýaly seretmek gerekdir.

Dilleriň klassifikasiýasyna esaslanyp we täsirlilik bahasyndan salgylanyp takyk ulgamy S maşynly modelirlemek meselesini çözmeklik üçin dili saýlamagyň usulyna seretmek mümkindir. Şeýle usuly degişli habarlar bilen çözgüt agajy

görnüşinde bermek mümkindir. Çözügüt agajyndan peýdalanmazdan öňürti, maşynly modeliň düzüjisine birinji etabyň ähli etap aşaklaryny ýetire ýetirmek gerekdir. Çözügüt agajynyň şol ýada beýleki gutarnykly shema blogynyň gelmegi onda görkezilen tehniki serişdelere we dillere has giňişleýin seretmegiň gerekdigini aňladýar üstesinede bu ýerde görkezmeklik üçin diňe ulgamy modelirlemekde has köp ulanylýan dilleriň mysaly getirilendir.

§5.3. Ulgamy modelirlemegiň amaly meýilnamalarynyň bukjalary.

Maşynly modelirlemek usuly ulgamlary we taslamagyň takyk meselelerini çözmek üçin tejribä has çuňňur girýär, dürli sferalarda meseleleriň giň gerime eýe bolar. Bu meseleleri çözmeklige dürli klassifikasiýaly hünärmenleriň köpüsi çekilýär. Şonuň üçinem şeýle ulanyjylar üçin bu zähmet sygymly prosesi awtomatlaşdyrmaga mümkinçilik beriji EHM bilen iş salyşmak we taýýarlamagyň ýörite serişdeleri işlenilip düzülmelidir.

Şeýlelikde, modelirlemegiň awtomatlaşdyrylan ulgamyny döretmek meselesi döreýär, ýagny ulanyjy tarapyndan proseduralaryň indiki toplumynyň ýerine ýetirilmeginiň täsirliligini ýokarlandyrmaly bolan görnüşli matematiki shemalara modelirlenýän ulgamyň elementlerine özgertmek we býalňyşlyk shemalaryny gurmak; ulgamyň S modelirlenme netijelerini işläp bejermek we derňemek ; Ulgamy s modelirlemek prosesinde ulanyjy bilen interaktiw zežiminiň amala aşyrylmagy.

Häzirki zaman hemmetaraplaýyn EHM üçin şeýle ASM amala meýilnamalarynyň bukjalary görnüşinde amala aşyrmak maksadalaýykdyr, ýagny EHM-da modelirlenýän ulgamyň tutuş prosesini dolandyryjy operasýon ulgamy modelirleme meýilnamalarynyň bukjalary (MMB) görnüşinde.

Ulgamy modelirlemek prosesiniň meselesini çözmeklige göz önünde tutulan MMB diýilip modelli synagy alyp barmakly dolandyryş awtomatizasiýasyny üpjün ediji we ulgamy s funksionirlemek prosesinde modelirlemegiň funksional tamamlan algoritmini amala aşyrmak üçin niýetlenen, dokumentleriň we meýilnamaly serişdeleriň toplumyna düşünilýär.

Şeýle kesgitlemäniň manysy, modelli maşynly synaglary geçirmek üçin MMB taýýar meýilnamalaryň toplumy bolup durýanlygyndan özüde ulgamyň netijelerini işläp bejermekde we maşynly synagda modeli gurmakda kesgitli funksiýalaryň awtomatizasiýasy üçin gulluk edýän, modelirlemäň işçi meýilnamalarynyň talaplaryny kanagatlandyryjy serişdeleriň toplumyny özüde saklaýanlygyndan durýar. MMB meýilnamasy serişdelerine meýilnamaly modulyň toplumy degişlidir, ýagny olardan berilen algoritm boýunça ulanyjynyň talaplary bilen degişlilikde berilen obýektiň modelirlemegiň takyk işçi meýilnamasy alynýar. MMB düzümine şeýle-de özüde EHM superwizorynyň analogyny saklaýjy dolandyryjy meýilnama girýär, ýörite meýilnama ulanyjydan meýilnamanyň talap edilýän modifikasiýasy baradaky habary alýar, standartly modullaryň toplumyndan modelli maşynly synagy amala aşyrmaklyga taýýar bolan, tamamlanan işçi meýilnamalary görnüşe getirýär. MMB generasiýanyň şeýle prosesi onuň takyk şertde ulanylmagynyň takyk şertlerinde dürli obýektleri

modelirlemegin awtomatizasiýasynyň meselelerini çözmekde uýjyly maýyşgaklygy döredýär. Modelirlemäň işçi modelleriniň generasiýanyň iki dürli görnüşlerini tapawutlandyrýarlar :

Statistiki we dinamiki

Statistiki generasiýada aýry modullardan ulanyjy üçin takyk obýekti derňemekde gerek bolan modelirlemäň işçi meýilnamasy görnüşe getirilýär. Şol wagtda habary – girizmek – çykarmagyň gerek bolan gurulmasy kesgitlenilýär, generasiýanyň ýörite dilinde işlenilip düzülýän meýilnamalaryň gerek bolan häsiýetnamalary ýazylýar. Şeýle görnüşde döredilen modelirleme meýilnamasy ir wariantly bolup durýar we ulgamy modelirlemek prosesine üýtgetmeler girizmegiň gerek bolan halatynda täze generasiýanyň geçirilmegi gerek bolar.

Dinamiki generasiýada ulgamy modelirlemegin işçi meýilnamalarynyň ähli wariantlary barada gürrüň edilýär, ýagny ulanyja modeli bilen maşynly synagda gerek bolmagy ahmal bolr. Modelirlemäň takyk meselesini çözmekde bu çykarylmada talap edilýän meýilnama wariantyny kesgitleýji, ýörite parametriki karta girizilýär. Bukjaň monitoryna gerek bolan modullary ýygnaýarlar we olary modelirleme meselesini çözmeklik üçin EHM operatiw ýatkeşligine ýerleşdirýärler. Maşynly synagy geçirmeginiň şerti dinamiki generasiýada has maýyşgak bolup durýar ýöne şol wagtda modelirlemä maşynly baýlyklaryň harajatlary ulalýar.

MMB göwresine girýän meýilnamaly modullary ulanmakdan başgada ulanyjy modelirlemäň öz hususy meýilnamasyna ulanyjynyň nokadynda goşulmagy mümkinçiligine eýedir. MMB bar bolan modullaryny hususlara çalyşmak mümkinçiligi hem bardyr, bu bolsa ulgamyň dürli wariantlaryny modelirlemek mümkinçiligini ýene-de has giňeldýär.

Şeýlelik bilen, MMB meýilnamaly serişdeleri özüne üç sany hili birleşdirýär.:

1. modelirlemäň geçirilmegi boýunça algoritmiki çözgüdi we tamamlanan maşynly amala aşyrylma çenli ýerine ýetirilen ulgamy modelirlemeginiň netijelerini işläp bejermekligi saklaýar;
2. modelirlemäň işçi meýilnamalarynyň generasiýalarynyň etabynda ulanyjy tarapyndan berilýän bukjaň takyk maşynly synaglarynyň parametrlerini awtomatiki sazlamak mehanizmine eýedir;
3. modelirlemäň generirlenýän MMB işçi meýilnamalaryny ulanyjy bloklar bilen dolandyrmaga mümkinçilik berýär.

MMB meýilnamasy serişdelerden başgada dokumentleriň toplumyny saklaýar, ýagny MMB işçi meýilnamalary işläp düzmek üçin gowy dokumentleşdirilen ulgam bolup durýar. Bu dokumentler bolmasyzdan MMB ulanylmagy täsirsizdir. MMB dokumentleriniň düzümine bukja işläp düşünjeleriniň dokumentleri bolup durýar we modelirlemäň takyk meselelerini çözmekde bukjany ulanmaklyk üçin gerek bolan, ulanylýan taslama dokumentleri girýär.

Modelirlemäň işçi meýilnamalaryny generasiýa taýýarlamagyň manyly pursaty – zerur bolan tehniki bazany üpjün etmekdir, ýagny MMB konfigurasiýasynyň funksional amala aşyrylmagy üçin gerek bolan tehniki

serişdeleri saýlamakdyr. Bu diňe bir EHM görnüşini we operasion ulgamyň ulanylýan ugruny saýlamak däl-de eýsem ýatkeşlik göwrümlerini, ýygnaýyş serişdelerini saýlamak we habary özgertmek we bermekdir. Her bukjanyň ýazgysynda tehniki serişdeleriniň kiçi konfigurasiýasy görkezilýär, ýagny onuň işi üçin gerek bolan. Şol wagtda kesgitleýji parametrlar bolup durýarlar: EHM operatiw ýatkeşliginiň göwrümi, magnit lentalarynda we disklerde ýygnaýjylaryň mukdary habary girizmek çykarmak serişdeleriniň gerek bolan toplumu. Tehniki serişdeleriniň kiçi konfigurasiýasy MMB kanagatlanarly işini üpjün edýär. Operatiw we döwürleýin ýatkeşligiň käbir ulaldylmasy şeýle-de goşmaça periferiýli serişdeleriniň ulanylamagy operatiwligi ýokarlandyrýar we modelirleme mümkinçiliklerini giňeldýär. Ýöne şol wagtda ASM tehniki serişdelerine harajatlar ulalýar.

MMB düzülişli meýilnamalarynyň indiki toplumlaryna bölmek mümkin: modelirmek obýekti barada berilenler bazasynyň görnüşine getirilmegi (OBB) ; maşynly synag barada berilenler bazasyny görnüşe getirmek (SBB); obýekti funksionirmek prosesini modelirmek ; MMB mümkinçiliklerini giňeltmek; MMB işiniň dürli režimlerini gurnamak.

OBB görnüşe getirmegiň meýilnamasynyň toplumu ASM modelirlenýän obýekt baradaky maglumat döretmek boýunça ähli işleri amala aşyrýar. Üstesine OBB –de bu maglumatlar ASM kabul edilen standartly görnüşde saklanýar. Obýekt baradaky habar maşynyny modelirmek prosesinde täze maglumatlaryň alynmak çägi boýunça düzetmek mümkin. OBB görnüşe getirmeklik üçin indiki meýilnamalar gerek bolýar: obýekt barada berilenleri girizmek; girizilen habary düzetmek; standartly görnüşe öwürmek; girizmek prosedurasynyň dispeçerizasiýasy ; OBB görnüşe getirmegi.

SBB görnüşe getirmek meýilnamalarynyň toplumyny işiniň netijesini ASM –de berilenler bazasy görnüşe gelýär, ýagny obýekte maşynly modeli takyk synaglary geçmek üçin ýeterlikli bolan maglumatlar. Maşynly synagy geçirmek üçin habar OBB – den alynýar we synagyň meýilnamasy bilen deňişlilikde faktorlar, reaksiýalar, bahalar kriteriýalary bilen doldurýarlar. SBB görnüşe getirilmegi; maşynly synag barada girizilen habaryň düzüldilmesi; habaryň arhiwden daşky we operatiw ýatkeşlikde (EHM) ýerleşmegi.

Obýekti funksionirmek prosesini modelirmek meýilnamalarynyň toplumu modelirlenmäh öňde goýulan meselesini çözmegiň göniden-göni amala aşyrylýar, ýagny maşynly synaglary alyp barmagyň meýilnamasyny, olary EHM – da gurnamagy we döwürleýin berilenleriniň we synag netijeleriniň işlenilip bejerilmesini, ulanyjy bilen özara gatnaşygyny amala aşyrýar. Modelirleme meselelerini çözmeklik üçin indiki meýilnamalar talap edilýär: maşynly synag bilen dolandyrmak; synagyň strategiýasyny we onuň dispeçeriýasyny amala aşyrmak ; hasaplamany gurnamaklygy we modeliň modullarynyň özara gatnaşygyny goşmak bilen özara gatnaşygyň dürli režimlerinde ulgamy modelirmek netijelerini işläp bejermek we bermek.

MMB mümkinçiliklerini giňeltmegiň meýilnamalarynyň toplumu ulanyjyny dürli gaýtadan gurulmada modelirlenmäh täze meýilnamalarynyň generasiýa serişdeleri bilen üpjün etmekdir, ýagny modelirlenmäh dürli meselelerini

çözmekde döreyän. Şol wagtda bukjaň bazaly dili hökmünde umumy bellenilişi algoritmiki dili hökmünde umumy bellenilişi algoritmiki dil (FORTRAN, ALGOL, PL (1 we ş.m.)) ýa-da imitasim modelirleme dili (SIMSCRIPT, SIMULA, GPSS we ş.m.) saýlanyp biliner.

MMB işiniň dürli režimlerini gurnamak meýilnamalarynyň toplumy MMB funksionirlmek prosessiniň dispetçeriýasy boýunça esasy işden başgada onuň ulanyjy bilen dialog režimde iňini gurnamaklygy aşladylýandyr. Şeýle-de bukja bilen topaärlaýyn ulanmaklygy režimi hem üpjün etmek gerekdir, bu ASM mümkinçiliklerini we täsirlenmesini düýpli giňeldýär.

§5.4. Dialogy ulgam we modelirleme berilenleriniň banky.

Dürli klassly ulgamlary modelirlemegiň mümkinçiliklerini giňeltmek hasaplaýyş tehnikasynyň we aragatnaşyk tehnikasynyň serişdeleriniň ösmegi bilen üznüksiz baglanşyklydyr. Modelirleme maksatlary üçin özüne uly EHM – dan merkezi hasaplaýyş toplumy we onuň bilen baglanşykly teleişläp bejerme reziminde işleýän , abonentli punktlaryndan aýrylan kiçi maşynly toplumlardan aragatnaşyk kanallaryna goşujy , toparlaýyn goşujykly iýerarhiki köp maşynly habarlar – hasaplaýyş ulgamlaryň ulanylmagy ösüşi ugur bolup durýar.

Uly ulgamlary döretmekde olaryň komponentleri dürli toparlar bilen işlenilip düzülýär , ýagny aýry ornuň aşagynyň derňewinde we sintezinde modelirleme serişdelerini ulanýar. Şol wagtda işläp düzüjilere modelirlemäň toparlaýyn we özbaşdak serişdelerine elýeterlik gerekdir. Şeýlelik bilen , toparlaýyn ulanyşly modelirlemäň dialogly ulgamyny döretmegiň ýüze çykýar , ýagny olar üçin indiki aýratynlyklar häsiýetlidir :

Bir ulgamyň 9 işlenip düzülmegi bilen meşhullanýan , köp ulanyjylaryň şol bir wagtdaky işiniň mümkinçiligi; ulanyjynyň modelirleme ulgamynyň meýilnamasy – tehniki baýlyklaryna , berilenler bankyny we modelirlemäň amaly meýilnamalarynyň bukjalaryny goşmak bilen , elýeterliligi; Sanly we analogly hasaplaýyş maşynlaryny , fiziki modelirleme gurulmalaryny , hakyky ulgamyň elementlerini goşmak bilen , dürli hasaplaýyş maşynlar we gurulmalar bilen işiň dialogly rezimlerini üpjün etmek; ASM işlerini dispetçerlemek we ulanyjlara modelirlemegiň dialogly ulgamy bilen işlemegi öwretmekligi goşmak bilen , dürli hyzmatlara bermek.

Maşynly modelirlemek oblastynda iň bir ösen ugurlaryň biri – bar bolan ASM maşynly shema we dialogly serişdeler bilen enjamlaşdyrmakdyr. Inter işjeň shemaly modelirleme ulgamlary üznüksiz shemalart görnüşinde görnüşe getirilýän , ulgamy derňemegiň täsirini düýpli ýokarlandyryp biler , ýagny haçanda ulanyja displeýe ulgamyň modeliniň çykyjy häsiýetnamalary berilende we çykalgada täze hem – de köne çözügütleri buferizasiýa kömegi bilen wizual deňeşdirmek mümkinçiligi bolýar.

Şol ýa-da beýleki IMD ulanylamsy , ulanyjynyň önünde dürli öwrenip , modelirlenýän ulgama gerek bolan görnüşde bermäge başaryanlygyny göz önünde tutýar. IMD dialogly üpjün edilmesi ulanyjynyň zähmetini düýpli ýeňilleşdirýär. Ulanýjynyň ulgamy Smodelirlemegiň maşynly meýilnamasy bilen özara gatnaşygy

meýilnamaly generatoryň , ýagny modeliň M ýazgysyny ýönekeý görnüşde kabul ediji weimitasiýon modelirlemäň dilinde ýa-da hemmetaraplaýyn algoritmiki ekwiwalentli meýilnamany dörediji , ýörite meýilnamalaryň kömegi bilen amala aşyrylýar.

ASM gelejekdäki ösüşi modulirleme berilenleri bazasyny döwrebap we täsirli gurnamaklygy, ýagny ulgamy modelirlemegi üpjün etmek üçin bejilenler bankynyň döredilmegini talap edýär. Modelirleme berilenleriniň banky diýilip, özünde OBB we SBB toplumyny, bu bazalary alyp barmagy we görnüşe getirmegiň meýilnamasy we tehniki serişdelerini, banky funksionirlemegi üpjün ediji, hünärmentler toparyny saklaýan, guramaçylykly – meýilnamaly-tehniki ulgama düşünilýär. ASM berilenleriniň bankynyň düzüşi 5.7 suratda berilendir. Surat 5.6. Meýilnamaly generatoryň kömegi bilen maşynly modeli gurmagyň shemasy.

Modelirleme berilenleriniň banky özüne indiki düzülişli elementleri goşýar: habarlar fondy – modelirleme berilenleriniň toplumy gurnalan, ýagny synagyň we obýekt berilenleriniň bazasy; berilenler banky bilen dolandyrmaklyk üçin ýöriteleşdirilen matematiki üpjün edilme; modelirleme obýekti we maşynly synag baradaky berilenler bilen ýazgy etmek we manipulirlmek üçin habarlar dilleri; berilenler bankynyň administratory; berilenler bankynyň kadaly funksionirlmesi üçin zerur bolan, sorag-jogap we gulluk berilenleri; berilenler bankynyň tehniki serişdeleri [31, 40, 60]. Modelirleme berilenleriniň bazasy ulgamyny modelini gurnamak we maşynly amala aşyrmak üçin gerek bolan, saklanylýan berilenleriniň esasy operasion – oýlanşykly toplumy bolup durýar. Ol özünde dürli toplumlara degişli, berilenleriň arasyndaky özara gatnaşyklary häsiýetlendiriji, çylşyrymly düzülişli aragatnaşyklaryň massiwini saklaýar. Ýönekeý düzülişli berilenleri saklamaklyk üçin sanynda modelirleme prosedurasynyň meýilnamalarynyň kitaphanalary bolup biljek, häsiýetleri ýazgy etmegiň adaty massiwleri ulanylýar.

Surat 5.7. Modelirlemäň awtomatlaşdyrylan ulgamynyň berilenler bankynyň düzüşi.

Ulanyjylar modelirlemäň berilenler bazasy bilen dialogly režimde ýörite dilleriň toplumynyň kömegi bilen özara gatnaşykda bolýarlar. Ulanyjylaryň berilenler bazasyna ýüzlenmegi üçin talaplaryň habarlar dili gerekdir. Berilenler bazasynyň shemalaryny ýazgy etmek üçin berilenleri ýazmagyň dili ulanylýar. Berilenler bankynyň işiniň umumy dolandyrylmasy operasion ulgamynyň ýumuşlary bilen dolandyrmak diliniň kömegi bilen ýa-da ýörite bu maksatnamalar üçin döredilen dolandyryş diliniň kömegi bilen amala aşyrylýar.

Berilenler bankynyň matematiki üpjün edilmesi özünde, ýumuşyň dilleriniň kompilyatorlaryny we interpretatorlaryny, manipulyatory, şeýle-de berilenler bankynyň administratorynyň we manipulyatoryň serwisli meýilnamalarynyň toplumyny saklaýjy, berilenler bazasy bilen dolandyrmak ulgamyny (BBDU) saklaýar. BBDU ýadrosy – manipulyator, ýagny onuň funksiýasyna ulgamynyň komponentleri bilen dolandyrmak, olaryň özara gatnaşygyny gurnamak we operasion ulgam we bankyň administratory bilen aragatnaşyklary amala aşyrmak, berilenleriň bütewiligine gözegçiligi we gorawy hem-de ş.m. ýerine ýetirmek girýär.

Berilenler bankynyň administratory bankyň ähli işiniň daşky koordinasiýasyny amala aşyrýar we formalizasiýa tabyn bolmadyk, operasiýalary ýerine ýetirýär. Onuň funksiýasyna berilenler bazasyny döretmek, ulanyjylaryň talaplary bilen ylalaşmak, bozulmada kaddyna getirilme bilen dolandyrmak, berilenler bazasy bilen işiň täsirlenmesini bahalandyrmak we üpjün etmek, berilenler bazasynyň ýüksizligi bilen dolandyrmak, bankyň gurnalması, BBDU generasiýasy we ösüşi girýär.

Serwisli meýilnamalar berilenler bazasynyň üstünde esasy operasiýalary amala aşyrylýar, ylaýta-da: hilleşdirme, berilenleri saýlamak, täsirlenme, goşmaçalyk we berilenler bazasyny üýtgetmek, jogaplary redaktirlemek.

Modulirlleme berilenleriniň bankynyň indiki görnüşde funksionirleýärler (sur. 5.7). konseptual modeli gurmak prosessinde ýa-da maşynly modeli işlemekde banka gelen talap, talabyň sintaksiçeski we oýlanşykly gözegçiliginden durýan, önüdenişläp bejermek etabyndan geçýär. Şol wagtda oýlanşykly gözegçilik özüne ulanyjynyň parolynyň barlygyny we modelirlleme meselesinde ýol bererlikli däl alamatlarynyň ýoklugyny goşýar. Ýalňyşlyk ýüze çykarylan halatynda talap gelejekgi işlenilip bejerilmä kabul edilmeýär, ýalňyşlyk baradaky habar çapa berilýär. Indiki etap – talaplaryň interpretasiýasy – talabyň görnüşini aňlamak: modelirlleme obýekti barada, işçi massiwleriň görnüşe getirilmegi, OBB we SBB üýtgemegi ýa-da doldurylmagy baradaky habarlaryň berilmegi.

Gözleg ýazgylary bilen degişlilikde EHM ýatkeşliginde işçi oblata ýüzlenme we obýekt we synaglar boýunça gözlenilýän berilenleriň ýa-da bazada berilenleriň düzedilmesiniň saýlawy bolup geçýär. Bazada tapylian berilenlere gözegçilik edilýär we derňelýär, soňra bolsa çapa beriläýn, ulanyjynyň jogaplary redaktirlenilýär. Şeýlelik bilen, berilenler bankynda bar bolan, modelirlleme berilenleriniň bazasy, ASM ýeke täk habarlar üpjün edilmesini döreýär, ýagny onda dürli obýektleriň modellerini gurmak üçin gerek bolan habar, maşynly synaglaryň bütewi spektrini geçirmek we meýilnamalaşdyrmak üçin gerek bolan habar saklanylýar. Üstesinende, berilenler banklarynyň amala aşyrylmagy üçin hemmetaraplaýyn EHM ulanylýanlygyna garamazdan, modelirlleme serişdelei höküminde şeýle-de AWM we GWK ulanylyp biliner.

VI BÖLÜM

Ulgamyň komponenti bilen maşyn synaglaryny meýilnamalaşdyrmak.

§6.1. Synaglary meýilnamaşdyrmagyň usullary.

Ulgamyň S modeli bilen maşynly synag, onyň derňewinde we taslamasynda seredilýän obýektiň funksionirlemek prosessiniň häsiýetnemesy barada habary almak maksady bilen geçirilýär. Bu habar häsiýetnemeny derňemek üçin we berlen çäklendirmelerde olaryň oňaýlaşdyrmagy üçin, ýagny ulgamyň S parametrleri,

algoritmeleri we düzüliş sintezi üçin alynyp biliner. EHM-da ulgamy modelirlemegiň goýylan maksatlaryndan baglylykda maşynly model M_M bilen imitasion synagy gurnamaklygyň dürli ugurlary bardyr. Maöynly synaglary meýilnamalaşdyrmagyň esasy meselesi

-baýlyklara bolan çäklendirmelerde derňelýän ulgam baradaky zerur bolan habary almakdyr. Maşynly synaglary meýilnamalaşdyrmakda çözülýän, meseleleriň sanyna, modelirlenilmä maöynly wagyň hrajatlaryny kemeltmek modelirleme netijeleriniň takyklygyny uloltmak modelleriniň barabarlygyny barlamak we ş.m. degişlidir [24,38,47,62,66].

Modelli M_M maöynly synaglaryň täsiri synagyňmeýilnamasyny saýlamakdan düýpli baglydy. Sebäbi hut şol meýilnama EHM-hasaplamany geçirmegiň tertibini we göwrümini, ugamu S modelirlemegiň netijeleriniň ýygnaýş we statistiki islenilip bejeriliş usullaryny kesgitleýär. Öonuň üçinam modeli M_M maşynly signallary meýilnamalaşdyrmakda esasy mesele indiki ýagdaýda dönrüoe getirilär: modelirleýji algoritm görnüşinde berilen, modelirleme obýekti barada habary almak, maöynly baýlyklaryň kiçi we çäklendirilen baýlyklarynda modelirleme prosesini amala aşyrmaklyga.

Şeýlelikde, maşynly modelirlemede diňe bir ulgamyň S modeliniň M_M özini meýilnamalaşdyrmak we taslamak oňaýly bolman, eýsem onuň ulanyş prosessi, ýagny EHM meýinamaly-tehniki serişdeleri ulanmakly synaglary onuň bilen geçirmeklik hem oňaýlydyr.

Häzirki wagta çenli fizikada, biologiýada we ş. m. Şeýle synaglaryň täsirini ýokorlandyrmaga mümkinçilik beriji, ýeterlikli kuwwatly usullar işlenilip düzülen, synaglary meýilnamalaşdyrmagyň nazaryýeti düzüldi. Ýöne bu netijeleriň modeli M_M maşynly synaglaryň oblastyna geçirilmegi diňe ulgamda EHM modelirlemegiň spesifikasiýanyň hasaby bilen orna eýe bolup biler. EHM synagly modelirlemegiňmaksatlarynyň we hakyky synagy geçirmegiň maksatlaryň gabat gelýänligine garamazdan, synaglaryň bu görnüşleriniň arasynda tapawut bardyr, öonuň üçinem synagy meýilnamalaşdyrmak üçin indikiler has wajyp ähmiýete eýedirler:

- 1) ulgamyň modeli M_M bilen EHM synag şertlerini gaýtalamagyň ýönökeýligi;
- 2) model M_M bilen onuň arasyny, kesmekligi we täzelenmesini goşmak bilen synagy dolandyrmagyň mümkinçiligi;
- 3) synagy geçirmegiň şertini üýtgemegiň ýeňilligi;
- 4) modelirleme prosesindenokatlaryň yzygiderliginiň arasynda düzedişin bolmagy;
- 5) modelirleme interwalyny kesgilemek bilen baglanşykly kynçylyklar (O, T).

Maşynly signallary hakyky synaglardan artykmaçlygy derňelýänmodeliň ulgamy bilen synagyň şertini doly döretmegiň mümkinçiligi bolup durýar. Iki alternaiwleri birmeňzeş şertlerde deňeşdirmek mümkin, muňa, meselem her alternatiw üçin tötänleýin sanlaryň şol bir yzygiderligini saýlamak arkaly ýetilýär. Hakyky synaglaryň öňünde düýpli üstünligi maşynly synaglaryň arasyny kesmegiň we täzelemegiň ýönökeýligi bolup durýar, bu bolsa hakyky obýekt bilen synaglarda amala aşyryp bolmaşan, meýilnamanyňzygiderli we ewristiki

usullaryna ulanmaga mümkinçilik berýär. Maşynly model M_M bilen işlemekde netijeleri derňemek we onuň gelejekdäki gidişi barada çözügütli kabul etmek üçin gerek bolan wagtda synaglaryň arasyňy kesmek mydama mümkindir.

Maşynly synaglaryň kemçiligi, çykýan yzygiderlilikde düzedilişň bolmagy bilen baglanşykly, kynçylygyň dörenmegi bolup durýar. Synaglary meýilnamalaşdyrmagyň bar bolan usullarynyň köpüsünde şgözegçiligiň garaşsyzlygy göz önünde tutulýanlygy sebäpliç onda bu usullary köpüsini maşynly synaglarda düzetmän bolmagynda göniden göni ulanmaklyk bolmaýar.

Synaglary meýilnamalaşdyrmak nazaryetiniň esasy düşüňjesine seredeliň. Synaglary meýilnamalaşdyrmagyň matematiki usullarynyň synagy geçirmek prosessiniň kibernetiki berilmegine esaslananlygy bilen baglylykda, soňkynyň has ýakyn bolan modeli, “gara guty” diýilip atlandyrylýan abstraktly çetgy bolup durýar. Şeýle kibernetiki ugurda girişi we çykyjy üýtgewlileri tapawutlandyrýarla: $x_1, x_2, \dots, x_R; y_1, y_2, \dots, y_L$. Her bir üýtgewlileriň geçirilýän synagda hähili rol oýnaýandygyna garamazdan, ol ýa-ha faktor, ýa-da reaksiýa bolup biler. Goý, meselem, diňe iki üýtgewli x we y orna eýe bolsun. Onda eger synagyň maksady-üýtgewli x -iň üýtgewli y täsirini öwrenmek bolsa, onda x -faktor, y bolsa-reaksiýadyr. Ulgamy S maşynly modelirmek M_M synaglarynda faktor ekzogenli ýa-da dolandyryjy üýtgewlibolup durýar. Meselem, agrogatiw ulgamda (A -shema) faktor girişi we dolandyryjy habarlar, reaksiýa-çykyjy bolup durýar.

Her faktor x_i , $L=1,R$ synagda dereje diýilip atlandyrylýan, birnäçe ähmiýetlerinden birini kabul edip biler. Faktorlaryň derejeleriň bellige alynan toplumy seredilýän ulgamyň mümkin bolan ýagdaýlarynyň birisini kesgitleýär. Bu toplum şol bir wagtyň özünde, mümkin bolan synaglaryň birini geçirmekligi özünde saklaýar.

Faktorlaryň derejeleriniň her bir alynan toplumyna faktorly giňişlik diýilip atlandyrylýan, köp ölçegli giňişlikde kesgitli nokat gabat gelýär. Synaglar faktorly giňişligiň ähli nokatlarynda amala aşyryp bilinmez, diňe degişli ýol berilýän oblastda, meselem, 6.1 suratda x_1 we x_2 iki faktorlaryň ýagdaýlary üçin görkezilişi ýaly (tekizlik $x, 0, x_2$).

Ulgamyň reaksiýasynyň we faktorlaryň derejeleriniň arasynda has kesgitli aragatnaşyk bardyr, ýagny ony indiki gatnaşykda bermek mümkin:

$$y_t = \psi_t(x_1, x_2, \dots, x_R), t = \overline{1, m},$$

Funksiýa ψ_t , ýagny reaksiýany faktorlar bilen baglanşdyryjy, reaksiýanyň funksiýalaryna gabat gelýän, geometriki görnüşi bolsa, -reaksiýanyň üsti diýip atlandyryýarlar.

Derňewçä baglylygyň görnüşi önünden belli däl, şonuň üçinem takmyny gatnaşygy ulanýarlar:

$$\approx y_t = u_t(x_1, x_2, \dots, x_R), t = \overline{1, m}$$

Baglylyk synagyň berlenleri boýunça tapylýar. Soňkyny, giriji üýtgewlileriň ýörite görnüşe getirilen düzgünleri boýunça üýtgedip, baýlyklaryň kiçi harajatlaryna, ulgamyň matematiki modellerini gurmak we onuň häsiýetnemeleryny bahalandyrmak bilen goýmak gerekdir.

Reaksiýanyň üstüniň geometriki berilişi.

Synaglary meýilnamalaşdyrmakda faktorlaryň esasy häsiýetlerini kesgitlemek gerekdir. Synaglary geçirmekde faktorlar dolandyrylýan we dolandyrylmaýan bolup bilerler, gýzegçilik edilýän we edilmeýän, öwrenilýän we ýwrenilmeýän, mukdarly we mukdarsyz, bellige alynýan we tötänleýin bolup bilerler.

Faktor dolandyrylýan atlandyrylýan, eger onuň derejeleri synag prosesinde derňewçi tarapyndan maksada okgynly saýlanylsa. Modeliň maşynly amala aşyrylmasynda, dürli faktorlaryň ýol bererlikli “Çäklerinde üýtgeşikligi dolandyrmak arkaly çäzgül kabul edýär”

Faktor gözegçilik edilýän diýilip atlandyrylýa, eger onuň ähmiýetine gözegçilik edilse we ýazga alynsa. Adatça modeli maşynly M_M synagda gözegçilik edilen faktorlar dolandyryşly bilen gabat gelýär, sebäbi faktora gözegçilik etmän ony dolandyrmak oňaýly däldir. Ýöne dolandyryşly faktora hem gözegçilik edip bolýar meselem, takyk ulgamy taslamaklyk etabynda daşky sredanyň E berilen täsirleri bilen dolandyrmak bolmaýar, ýöne olara maşynly synagda gözegçilik mümkin. Gözegçilik edilýän dolanşyksyz faktorlar, baglanşykly geçýän adyny aldylar. Adatça modeli maşynly synagda baglanşykly geçýän faktorlaryň sany ýokorydyr, şonuň üçinem olardan diňe derňewçini gyzyklandyrýan reaksiýa has düýpli täsir edýänlerini hasaba almak oňaýlydyr.

Faktor öwrenilýäne degişlidir, eger ol ulgama kömek etmek maksatlary üçin dälde, ulgamyň häsiýetini öwrenmek üçin goşulan bolsa.

Faktor mukdarlaýyn bolar, eger onuň ähmiýeti-reaksiýa täsir ediji sanly ululyk bolsa, ýogsa garşylykly ýagdaýda faktor hilli diýilip atlandyrylýar. Meselem, köpçülikleýin hyzmat çapgysyna görnüşinde, görnüşe gelýän ulgamyň modeline, mukdarlaýyn faktor zaýawkalaryň giriji akymalarynyň depginligi, hyzmat edilişi akymalarynyň depginlilikligi ýygnaýjylaryň sygymy, hyzmat ediji kanallaryň mukdary we ş.m. bolup durýar, hilli faktorlar bolsa-nobata goýmak düzgüni, nobatdan saýlamak, kanallar arkaly zaýawkalara hyzmat etmek bolup durýar. Hilli faktorlara mukdarlydan tapawutlylykda sanly şkala gabat gelmeýär. Ýöne olar üçin şertli tertipli şkalany gurmak mümkin, ýagny onuň kömegi bilen, hilli faktorlaryň şertini we hakyky hataryň sanlarynyň arasynda gabat gelmäni ornaşdyrmak bilen, kodlaşdyrylmak geçirilýär. Faktor bellige alynan diýilip atlandyrylýar, eger synagda synagçyny gyzyklandyrýan faktoryň ähmiýetleri derňelýä bolsa, eger synagçy faktoryň gyzyklandyrýan ähmiýetleriniň toplumyndan käbir tötänleýin saýlawly diňe derňeýän bolsa, onda faktor tötänleýin diýilip atlandyrylýar. Tötänleýin faktorlaryň esasynda faktorlaryň synagda derňelmedik ähmiýetleri barada ähtimallykly netijeler çykarylyp biliner.

Modeli maşynly M_M synaglarda derňelýän ulgamda ulonylýan gözegçilik edilýän we edilmeýän faktorlar bolmaýar. Daşky sredanyň täsiri hökmünde, ýagny

dolandyrylýan we dolandyrylmaýan faktorlar hökmünde, maşynly imitasion modelde stohastiki ekzogenli üýtgewliler çykyş edýär. Eger imitasion model görnüşe getirilmedik bolsa, onda ähli faktorlar kesgitlenilen we bu synagyň geçirilýän döwründe goşmaça faktorlary girizmak bolmaýar. Öň bellenişli geçilişi ýaly, her faktor dereje diýilip atlandyryýar, bir ýa-da birnäçe ähmiýetlerden synagy kabul edip biler. üstüninde faktor, eger özüniň derejesi synagçy tarapyndan maksada ugrukdyrylyp saýlansa dolandyryşly bolar. Faktory doly kesgitlemek üçin, kömeginde onuň takyk derejeleri ornaşdyrylýan, operasiýalaryň yzygiderligini görkezmek gerekdir, faktorlaryň şeýle kesgitlenilmesi

Operasion diýilip atlandyrylýar we faktora düşünmegiň birmeňzeş manysyny üpjün edýär. faktorlara bildirilýän esasy talaplar, faktorlary dolandyrmagyň talaby we obýekte göniden göni täsir etmek talap bolup durýar. faktoryň dolanşygy diýilip, synagyň tutuş dowamynda faktoryň saýlanan derejesini saýlamak we ornaşdyrmak mümkinçiligine aýdylýar. Obýekte göniden göni täsir etmek talaby, faktor bilen dolandyrmagyň kynlygy bilen baglylykda uly ähmiýete eýedir, ýagny ol beýleki faktorlaryň funksiýalary bolup durýan bolsa.

Synagy meýilnamalaşdyrmakda adaty şol bir wagtyň özünde birnäçe faktorlar üýtgeýär. Faktorlaryň toplumyna bildirilýän, talaplary kesgitleýän. Olardan esasyly-bileleşdirmek we garaşsyzlyk. Faktorlaryň bileleşigi olaryň ähli toplumlarynyň amala aşyryp bilýänlygyny, garaşsyzlyk bolsa beýlekileriň derejesinden garaşsyzlykda islendik derejede faktory ornaşdyrmak mümkinçiligine gebet gelýänligini aňladýar.

Modelli maşynly synagy meýilnamalaşdyrmakda derňelýän ulgamyň funksionirleme prosessiniň käbir häsiýetnemesyny bahalandyrmak üçin synagçy gözlenilýän häsiýetneme bilen funksional gatnaşykda bolan, faktorlaryň täsirini ýüze çykarmaga täsir etjek şerti döretmäge çalyşýar. Munuň üçin gerekdir: gözlenilýän häsiýetneme täsir ediji, X_i , $i=1, R$ faktorlary almagy, we funksional baglylygy ýazmaly; X_i min $\div X_i$ max faktorlaryň üýtgame diopozony ornaşdyrmaly; synag geçirmeli bolan $\{X_1, X_2, \dots, X_R\}$ faktory giňişligiň nokatlarynyň koordinatlaryny kesgitlemeli; amala aşyrylmalaryň gerek bolan sanyny we olaryň synagdaky tertibini bahalandyrmaly.

Derňeliş obýektiniň, ulgamy S maşynly modelirmek prosessiniň häsiýetnemesyny dürli usullaryň kömegi bilen ýazmak mümkin. Takyk modeli saýlamak üçin barabarlyk. Saklanyş ýönekeýlik ýaly onuň aýratynlyklaryny görnüşe getirmek zerurdyr. Modeli meýilnamalaşdyrmagyň mazmuny, onuň eýýäm mälim bolan köp faktlary düşündirmek ukybydyr. Ýönekeýlik-meýilnamalaşdyrmak modeliniň baş üstünlikleriniň biridir, ol EHM-da synagy amala aşyrmaklykda aňladylýar.

Synaglary adatdan daşary meýilnamalaşdyrmak üçin algebra polinomlary görnüşündäki modeller giň gerime eýe boldular. Diýeliň, X_i min $\div X_i$ max, $i=1, R$ çäklenen, faktorly giňişligiň G belli bir ýere jemlenen oslastyny synag etmek üçin getirilen käbir reaksiýa h mukdarlaýyn faktorlaryň X_i , $i=1, R$ täsiri öwrenilýän bolsun diýeliň, $\psi(X_1, X_2, \dots, X_R)$ reaksiýanyň funksiýasyny takyklygyň käbir derejesi bilen d derejesi polinoma görnüşinde R üýtgewlilerden bermek mümkin bolsun

$$h = \tilde{b}_0 + \sum_{1 \leq i < R} \tilde{b}_i x_i + \sum_{1 \leq i < j < R} \tilde{b}_{ij} x_i x_j + \dots + \sum_{i_1, i_2, \dots, i_R} \tilde{b}_{i_1, i_2, \dots, i_R} x_1^{i_1} x_2^{i_2} \dots x_R^{i_R}, \sum i_j = d,$$

C^{R+d} koeffisiýentleri saklaýan (6.1) gatnaşyk indiki ýaly bolup biliner

$$h = \vec{f}(\vec{x}) \vec{B},$$

Bu ýere $\vec{f}(\vec{x})$ – başdaky polinom bilen girýän, $f_a(\vec{x})$, $a=0, R$ elementli wektor; \vec{B} - koeffisientleriň wektory, ýagny deňşilikde aşaky görnüşe eýe nolan:

$$\vec{f}(\vec{x}) = \|f_0(\vec{x}), f_1(\vec{x}), \dots, f_{R'}(\vec{x})\|, R' = C^{R+d-1},$$

$$\vec{x} = \|1, \dots, 1; x_1, \dots, x_R; x_1^2, \dots, x_R^2;$$

$$x_1 x_2, \dots, x_{R-1} x_R; \dots; x_i^j, \dots, x_R^d; x_i^{d-1} x_2, \dots, x_{R-(d-1)} \dots x_{R-1} x_R\|;$$

$$\vec{B} = \|\tilde{b}_0; \tilde{b}_1, \dots, \tilde{b}_R; \tilde{b}_{11}, \dots, \tilde{b}_{RR}; \tilde{b}_{12}, \dots, \tilde{b}_{(R-1)R}; \dots; \tilde{b}_{1\dots 1}, \dots, \tilde{b}_{R\dots R};$$

$$\tilde{b}_{1\dots 12, \dots}, \tilde{b}_{[R-(d-1)] \dots (R-1)R}\|$$

Fiktiw üýtgewlini $x_0 = 1$, şeýlede üýtgewlini girizýäris

$$x_{R+1} = x_1, x_{R+2} = x_2, \dots, x_{2R+1} = x_R^2,$$

$$x_{2R+2} = x_1 x_2, \dots, x_{R'} = x_R^{-(d-1)} \dots x_{R-1} x_R$$

Onda indiki görnüşli birmeňzeş liniýaly deňleme ýaly ýazylar

$$h = \vec{f}(\vec{x}) \vec{B} = \sum_{a=0}^{R'} \tilde{b}_a f_a(\vec{x}) = \sum_{a=0}^{R'} \tilde{b}_a x_a,$$

koeffisientleri bahalandyrmak üçin liniýaly regressiýanyň usullaryny ulanmak mümkin [5,22,26].

$$h = \tilde{b}_0 + \sum_{i=1}^R \tilde{b}_i \tilde{x}_i + \sum_{i=1}^R \tilde{b}_{ii} x_i^2 + \sum_{i \neq j}^R \tilde{b}_{ij} x_i x_j$$

Reaksiýanyň funksiýasy faktorlardan has çylşyrymly baglylyga eýe bolup biler. Bu ýagdaýda olaryň käbirini liniýaly görnüşe getirmek başardýar. Şeýle modeller multiplikatiw regressionly, eksponensiýaly bolup durýar [38,62].

Eger meýilnamalaşdyрмаň modeli saýlanan bolsa, ýagny (x_1, x_2, \dots, x_R)

Funksiýanyň görnüşi saýlanan bolsa we onuň deňlemesi ýazylanbolsa, onda derňemek üçin getirilen faktory giňişligiň G oblastyny meýilnamalaşdyrmaly we bu deňlemäniň konstantynyň sanly ähmiýetini bahalandyrmak üçin synag geçirmeli bolýar. () ýa-da () polina bilen kesgitlemä degişli, $C^d R+d$ koeffisiýentleri saklaýan bolsa, onda synagyň meýilnamasy hiç bolmanda, $N \geq C^d R+d$ dürli synag nokatlaryny saklamalydyr:

$$D = \begin{vmatrix} \mathbf{x}_1 & \mathbf{x}_{21} & \cdots & \mathbf{x}_{R1} \\ \mathbf{x}_{12} & \mathbf{x}_{22} & \cdots & \mathbf{x}_{R2} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \mathbf{x}_{IN} & \mathbf{x}_{2N} & \cdots & \mathbf{x}_{RN} \end{vmatrix}$$

Bu ýerde \mathbf{x}_{iN} - N -synagda i -üýtgewliniň kabul edýän, ähmiýeti, $i=1, R$, $N=1..N$.

Synag etmek üçin getirilen, faktorly giňişlik oblastynyň N nokadynda synagy amala aşyrmaklyk bilen, gözegçilik wektoryny alarys, indiki görnüşe eýe bolan:

$$\vec{y} = \begin{vmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_N \end{vmatrix}$$

Bu ýerde y_u - reaksiýa, $\vec{x}_u = \|\mathbf{x}_{1u}, \mathbf{x}_{2u}, \dots, \mathbf{x}_{Ru}\|$, $u = \overline{1, N}$ meýilnemeniň degişliu-nokadynda.

Dolandyrylmaýan giriji üýtgewlileriň we parametrleriň ujypsyz täsirinde dolandyrylýan üýtgewlileriň girizilýän päsgelçilikleri bilen deňeşdirilende synagyň meýilnamalaşdyrylmagynda dogry indiki model göz önünde tutylýar:

$$y_u = h_u + l_u = u_u(\vec{x}) + l_u = b_0 x_{04} + b_1 x_{1u} + \dots + b_R x_{Ru} + b_{R+1} x_{R+14} + \dots + b_{R'} x_{R'u}, R' = C_{R+d-1}^b, U = \overline{1, iN},$$

Bu ýerde l_u - synagyň ýalňyşlygy, $D[l_u] = \sigma_l^2 = \text{const}$ myamalyk dispersaly we $M[l_u] = 0$ matematiki garaşmakly garaşsyz kadaly paýlanan tötänleýin ululyk göz önünde tutylýar.

$u = \overline{1, N}$ meýilnemeň ähli nokatlary üçin meňzeş gatnaşyklary ýazyp, meýilnamalaşdyрмаň matrisasyny alarys

$$\begin{vmatrix} \mathbf{x}_{01} & \mathbf{x}_{11} & \mathbf{x}_{21} & \cdots & \mathbf{x}_{R1} & \mathbf{x}_{R+11} & \cdots & \mathbf{x}_{R'1} \\ \mathbf{x}_{02} & \mathbf{x}_{12} & \mathbf{x}_{22} & \cdots & \mathbf{x}_{R2} & \mathbf{x}_{R+12} & \cdots & \mathbf{x}_{R'2} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \mathbf{x}_{0N} & \mathbf{x}_{1N} & \mathbf{x}_{2N} & \cdots & \mathbf{x}_{RN} & \mathbf{x}_{R+1N} & \cdots & \mathbf{x}_{R'N}^e \end{vmatrix}$$

$NX (R'+1)$ ölçegli.

Reaksiýanyň üstüniň liniýaly ýakynlaşmasy üçin synagy meýilnamalaşdyrmagyň aýratynlyklaryna seredeliň. Üstesinede meýilnamanyň gurluşy faktorly giňişligiň belli bir ýere jemlenen oblastynyň saýlawyna ugrukdyrylan, formal däl hereketleriň, hhataryny geçirmeklige sebäp bolýar.

Ilki derňelýän obýektiň häsiýetinden salgylanylyp berilýän, faktorlary kesgitlemek oblastynyň X_i min we X_i max araçäklerini saýlamak gerekdir. Meselem, temperatura ýaly, üýtgewli, termobar synaglatrynda absolýut noldan pes we termobarokamera ýasalan, materialyň eremek temperaturasyndan ýokary düýbinden bolup bilmez.oblast G kesgitlenenden soň esasy derejäni X_{i0} we $X_i, i=\overline{1,R}$ barabar interwallary saýlamak ýoly bilen synagy meýilnamalaşdyrmak üçin belli bir ýere jemlenen oblast aşagyny tapmak gerekdir. Başdaky nokat X_{i0} höküminde ulgam S baradaky aprior habaryň derňewiniň esasynda kesgitlenen, has gowy şertlere gabat gelýäni saýlaýarlar. Nstesinede bu nokat X_i min we X_i max faktorlary kesgitlemek oblastynyň araçäklerine ýakyn ýatmaly däl. Δ X_i özgertmek interwalyny saýlamaklyga aşakdan we ýakardan tebigy çäklenmeler üstlenýär.

Meýilnamalaşdyрмаň saýlanan modeliniň çäginde algebra polimonlarynyň görnüşinde özünde synagyň merkezini saklaýan, X_{i0} başdaky nokada degişlilikde birnäçe derejede q $X_i, i=\overline{1,R}$ faktorlaryň hersini özgertmeklik arkaly synagyň meýilnamasy gurulýar.

Faktorlarynyň derejeleriniň ähli mümkin bolan hasaplanylmasy amala aşyrylýan, synag, doly faktorly synag (DFS) diýilip atlandyrylýar. Eger meýilnamalaşdyрмаň saýlanan modeli özünde diňe polinomaň liniýasy çlenleri we olaryň döredijiligini goşýan bolsa, onda modeliň koeffisientlerini bahalandyrmak üçin ähli faktorly iki derejede, ýagny $q=2$ özgertmeklik bilen synagyň meýilnamasy ulanylýar. Şeýle meýilnamalar $Q 2^R$ görnüşli meýilnama diýilip atlandyrylýar, bu ýerde $N=2^R$ -mümkin bolan synaglaryň sany.

Liniýaly modelleriň koeffisiýentlerini almak üçin synagy meýilnamalaşdyrmagyň başlangyç etabi iki derejede faktorlary özgertmeklige esaslanandyr: aşky X_{iN} we ýokory X_{iB} , $X_{i0}, i=\overline{1,R}$ esasy derejä degişlilikde simetriki ýerleşen. Geometriki interpretasiýa 6.2, a suratda görkezilendir. Her faktor diňe iki ähmiýeti $x_{iN} = x_{i0} - x_i$ we $x_{iB} = x_{i0} + x_i$

Kabul edýänliginde, onda her synagynyň şertleriniň ýazgysyny ýönekeýleşdirmek we standartaziýasy üçin faktorlaryü oklary bolýunça masştaby aşaky dereje-1, ýokorky-+1, esasy bolsa – nola gabat geler ýaly saýlanylýar. Muňa görnüşü

özgertmeklik bilen ýeňil ýetilýär $\tilde{x}_i = (x_i - x_{i0}) x_i, i = \overline{1,R}$, bu ýerde

$\tilde{x}_i - i - ji$ faktoryň kodlaşdyrylan ähmiýeti; Xi-faktoryň hakyky ähmiýeti;

x_{io} -nolly dereje; $X_i = (x_{iB} - x_{iH}) / 2$ -faktory özgertme interwaly.

Sur 6.2. 2^2 görnüşlidoly faktorly synagyň geometriki interpretasiýasy: a-masştablaşdyrmasyndan : b-oklow boýunça masştablaşdyrma.

Surat. 6.3. 2^3 görnüşli dolyfaktorly synagyň geometriki interpretasiýasy. 2^2 görnüşli DFS üçin nokatlaryň ýerleşşi 6.1,a, şeýlede 6.2,1 suratlarda görkezilendir. Her bir kwadrat synag nokady üçin faktorlaryň derejeleriniň toplumyny ýazmak bilen, 2^2 görnüşli doly faktorly synagyň meýilnamasyny D alarys:

Synagyň belgisi 1 2 3 4

\tilde{x}_1 -1 +1 -1 +1

\tilde{x}_2 -1 -1 +1 +1

Setirleriň bellenilşi . . . (1) a b ab.

Üstünde meýilnamalary setirleriň şertleýin harply bellenilişiniň kömegi bilen gysgaldyp ýazmak mümkin. Munuň üçin faktoryň tertipli belgisi latyn alfawitiň setirli harplaryna degişlilikde goýulýar: $x_1 \rightarrow a \mid x_2 \rightarrow b$ we ş.m. soňra meýilnama her bir setiri üçin diňe ýokorky derejede bolan, faktorlar üçin latyn harplary ýazylyar; ähli faktorlar bilen synag aşaky derejede (1) ýaly bellenilýär. Meýinamanyň ýazgysy harply bellenişde soňky setirde görkezilendir.

Erkin çleni b_0 bahalandyrmak we $b_{12}, b_{13}, \dots, b_{123, \dots}$ özara gatnaşyklarynyň täsirlerini kesgitlemek üçin D synagyň meýilnamasyny X meýilnamalaşdyrmaň matrisasyna çenli degişli “fiktiwli üýtgewli” bilen goşmak arkaly giňeldýärler: ýeketäk sütün \tilde{x}_0 we $\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \bar{x}_1, \tilde{x}_3, \dots, \bar{x}_1 \tilde{x}_2 \tilde{x}_3, \dots$, döredijilikleriň sütünleri, meselem. 2^3 görnüşli DFS üçin. 6.1 jedwelçede görkezilşi ýaly.

Jedwelçe 6.1

2^2 we 2^3 görnüşli synaglaryňseredilen meýilnamalaryndan görnüşi ýaly, DFS-de synaglaryň mukdary synagyň meýilnamasynyň liniýaly modeliniň kesgitlenilýän koeffisientleriniň sanyndan uýjyly öňe geçýär, ýagny DFS uly artykmaçlyga eýedir we şonuň üçinem olaryň mukdaryny azaltmak barada mesele döreýär.

Ýaýly faktorly synag diýilip atlandyrylýan, meýilnamalarynyň gurluşyna seredeliň. Goý 2^2 görnüşli ýönekeý doly faktorly synag bar bolsun. Meýilnamalaşdyрмаň matrisasynda ulanmak bilen, ýagny getirilen, koeffisientleri hasaplamak mümkin we netijeleri deňleme görnüşinde bermek mümkin:

$$y = b_0 + b_1 \tilde{x}_1 + b_2 \tilde{x}_2 + b_{12} \tilde{x}_1 \tilde{x}_2$$

Jedwelçe 6.2

Synaglaryň belgisi	\tilde{x}_0	Meýilnama DFS			$\tilde{x}_1 \tilde{x}_2$	$\tilde{x}_1 \tilde{x}_2$	$\tilde{x}_2 \tilde{x}_3$	$\tilde{x}_1 \tilde{x}_2 \tilde{x}_3$	Reaksiýa y
		\tilde{x}_1	\tilde{x}_2	\tilde{x}_3					
1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	y ₁
2	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	y ₂
3	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	y ₃
4	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	y ₄
5	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	y ₅
6	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	y ₆
7	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	y ₇
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	y ₈

Eger saýlanan interwalda prosessiniň derejesini özgertmegi liniýy bilen ýazmak mümkin bolsa onda b_0, b_1 we b_2 üç sany koeffisienti kesgitlemek ýeterliklidir. Şeýlelik bilen synaglaryň sanyny kiçeltmek üçin ulonmak mümkin bolan, erkinligiň bir derejesi galýar. Liniýaly ýakynlaşmada $b_{12} \rightarrow 0$ we wektor-

sütün $\tilde{x}_1 \tilde{x}_2$ täze faktor \tilde{x}_3 üçin ulanmak mümkin. Bu faktory $\tilde{x}_1 \tilde{x}_2$ özara gatnaşygynyň üstünde goýarys. Bu ýagdaýda aýry bahalar, ýagny 2^R görnüşli DFS orna eýe bolan, eýýäm bolmaz we bahalar indiki ýagdaýda garyşýar

$$\tilde{b}_1 \rightarrow B_1 + B_{23}, \tilde{b}_2 \rightarrow B_2 + B_{13}, \tilde{b}_3 \rightarrow B_3 + B_{12}$$

Liniýaly modelli postulirlemede ähli jübüt gatnaşyklary almaýarlar. Şeýlelik bilen, sekiz synagyň ýerine 2^3 görnüşli doly faktorly synagda diňe dördüsini geçirmek gerek drobly faktorly synagyň alynyp barylýş düzgüni indiki ýaly görnüşe

getirilýär: synaglaryň sanyny gysgaltmak üçin täze faktora, ünsden düşürmek mümkin bolan, özara gatnaşyga degişli matrisanyň wektor sütüniniň ähmiýeti dakylýar.

Synaglary geçirmekde dört synagdan üç faktory täsirini bahalandyrmak üçin 2^3 görnüşli DFS ýarymy ulanylýar. Eger X_3 we X_1 X_2 deňeşdirsek onda ikinji “ýarymreplikany” almak mümkin. Drobly replikany almaklyk üçin 2^{R-d} şrtli bellenilişden peýdalanylýar. Meselem, “ýarymreplika” 2^6 dan 2^{6-1} görnüşinde, “dörtlemreplika” bolsa- 2^{6-2} görnüşde ýazylýar.

2^R görnüşli simmetriki iki derejeli meýilnamalardan başgada synaglary meýilnamalaşdyrmakda faktorlary 3,4,...,m derejede özgerdilyän $3^R, 4^R, ..., m^R$ meýilnama ýaly bellenilyän, köp derejeli meýilnamalar hem ulanylýar. Faktorlary dürli derejelerde özgerdilyän, köp derejeli simmetriki däl meýilnamalar dürli usullar bilen gurulýar: 2^R görnüşli doly we drobly faktory meýilnamalary toplumlaşdyrmak bilen, simmetriki meýilnamalary simmetriki dällere özgertmek usuly bilen we ş.m. seredeliň meýilnamalar köp faktorly synag üçin regressiw derňewli meýilnamalary adyny göterýär.

Jedwelçe 6.3

Haçanda meýilnamalaşdyrma modeli dispersion derňew usuly arkaly derňelse, dispersion derňewli meýilnamalary ulanylýarlar. Eger synagyň goýulmasynda şertleri ähli mümkin bolan toplumlary ulanylsa, onda dispersion

Synaglaryň belgisi	$\tilde{x}_3 = \tilde{x}_1 \tilde{x}_2$				Synaglaryň belgisi	$\tilde{x}_3 = -\tilde{x}_1 \tilde{x}_2$			
	\tilde{x}_1	\tilde{x}_2	\tilde{x}_3	$\tilde{x}_1 \tilde{x}_2 \tilde{x}_3$		\tilde{x}_1	\tilde{x}_2	\tilde{x}_3	$\tilde{x}_1 \tilde{x}_2 \tilde{x}_3$
1	+1	+1	+1	+1	1	+1	+1	+1	-1
2	-1	-1	+1	+1	2	-1	+1	-1	-1
3	+1	-1	-1	+1	3	+1	-1	-1	-1
4	-1	+1	-1	+1	4	-1	-1	+1	-1

derňewi doly klassifikasiýasy barada gürrüň edýärler. Eger wariýantlary ýygnaýmagyň gysgaltmasy geçirilse-bu dispersion derňewiň doly däl klassifikasiýasy. Yygnaýmagyň gysgaldylmasy tötänleýin ýagdaýda ýa-da käbir düzgünler bilen degişlilikde geçirilip biliner. Köplenç şeýle meýilnamalar höküminde blokly meýilnamalar we latyn kwadratly görnüşli meýilnamalar ulanylýar S maşynly modeli M_M bilen synaglary meýilnamalaşdyrma bilen g]niden g]ni baglanýkly, meseleleri seredilmesine geçvqris.

§6.2. Ulgamyň modeli bilen maşynly synaglary strategiki meýilnamalaşdyrmak.

Ulgamyň modelleri bilen maşynly synaglary meýilnamalaşdyrmak meselesine ulgamly ugury ulanmak bilen, iki sany düziji meýilnamalaşdyrmany bölmek mümkin: strategiki we meýilnamalaşdyrma [62].

Strategiki meýilnamalaşdyrma, synagçynyň gol astynda bolan, baýlyklara çäklendirmeleriň hasaby bilen, EHM-da amala aşyrylan, modeliň M_M kömegi bilen ulgam S barada zerur bolan habary almak meselesini çözmek maksadyny özünde jemleýä. Strategiki meýilnamalaşdyrma öz manysy boýunça ulgamy S döretmekdäki daşky taslama meňzeşdir, ýöne bu ýerde obýekt hökmünde ulgamy modelirleme prosessi çykyş edýär.

Taktiki meýilnamalaşdyrma synag meýilnamasy tarapyndan seredilen, maşynly modeliň M_M synagynyň her seriýasyny geçirmek usulyňy kesgitlemegi özünde saklaýar. Taktiki meýilnamalaşdyrma üçin ulgamy S içki taslamakly meňzeşlige eýedir, ýöne ýene-de obýekt hökmünde modeli M_M işlemek prosessine seredeliň.

Ulgamyň modelleri bilen maşynly synaglary strategiki meýilnamalaşdyrma, modelirlenilýän obýekti funksionirlemegiň aýratynlyklary, synagyň netijelerini işläp bejermek we modeli maşynly amala aşyrmagyň aýratynlyklary bilen özara baglanyşkly, meseleleriňgiden hatary döreýär. Bulara ilkinji nobatda indiki meseleler degişlidir: maşynly synagyň meýilnamasyny gurnamak: faktorlaryň uly mukdarynyň bolmagy; reaksiýanyň köp komponentli funksiýalary; maşynly synagyň netijeleriniň stohastiki gabat gelmagi; synagy geçirmekligemaşynly baýlyklaryň çäklendirilmesi.

Maşynly synaglaryň stohastiki meýilnamalaşdyrylmasynda döreýä bu meseleleriň manysyna we olary çözmegiň mümkin bolan usullaryna seredeliň synagyň meýilnamasyny gurnamakda ulgamyň S modeli M_M bilen maşynly synaglary geçirmegiň maksady, ulgamy funksionirlemegiň öwrenilýän prosesiniň aýratynlyklaryny ýüze çykmak üçin faktorlardan reaksiýanyň baglylygyny almak, ýa-da reaksiýanyň ekremal ähmiýetini üpjün edýän, faktorlarynyň ähmiýetiniň toplumyny toplamak bolup durýanlygyny ýatdan çykarmak bolmaz. Başga söz bilen aýdylanda, synagça maşynly modeliň bazasynda derňewiň meselesini ýa-da ulgamyň sinteziniň meselesini çekmek gerekdir [24,38,66].

Doly faktory meýilnamany amala aşyrmakda maşynly synaglaryň arasyndaky tapawut şol ýa-da beýleki maksada ýetmeklik üçin süpürilýär, sebäbi oňaly sintez doly faktorly derňewde alynyn, wariantlardan birini saýlamaklyga getirýänligi aýdyňdyr. Ýöne bu ýagdaýda doly faktorly synag wariantlaryň doly barlanyp çykylmasyna ekwiwalentlidir, bu maşynly baýlyklaryň harajatlarynyň nukdaýnazary bilen oňaysyzdyr. Faktorlaryň derejeleriniňoňaly toplumyny has täsirli tapmaklyk üçin reaksiýanyň lomaýlygyny kesgitlemegiň saýlawly usulyndan peýdalanmak mümkin. Yzygiderli saýlawyň usullary özüne geçýär: faktorly usul, bir faktoryň usuly, çäkli derňewiň usuly, has gyssagly göýberiş usuly. Şol ýa-da beýleki usulyň saýlawyny modelirlenýä ulgam S baradaky apriorly hasabyň esasynda geçirmek oňalydyr.

Maşynly synaglaryň strategiki meýilnamalaşdyrmagyň beýleki spetifikasi meselesi-faktorlaryň uly mukdarynyň bolmagydyr. Bu EHM imitasionly modelleri amala aşyrmagyň esasy meseleleriniň biridir, sebäbi faktorly derňewde faktorlaryň toplumynyň mukdarynyň synagyň ähli faktorlarynyň ähmiýetiniň sanynyň kşpeltmek hasylyns deňdigi mälimdir. Meselem, eger faktoryň sany $R=10$ we her faktoryň iki ähmiýeti bar bolsa, ýagny $q_i = 2$, onda doly faktorly derňew $2^R = 2^{10} = 1024$ modelirleme kombinasiýalaryny talap eder. Eger faktorlar X_i , $i = \overline{1, R}$ mukdarlavyn, reaksiva y bolsa kqbir funksivaly faktorlar bilen baglansykly bolsa, onda synagyň netijelerini işläp bejermegiň usuly höküminde regressionly derňewiň saýlanylyp biliner. Haçanda modelirlemede doly faktorly derňew gerek bolsa, onda Faktorlaryň uly mukdarynyň meselesini çözülmän hem biler. doly faktorlaryň üstünligi, eger faktoryň mukdary uly bolmasa, ulgamyň reaksiýasynyň tutuş üstüni şöhlelendirmek mümkinçiligini onuň berýänligi bolup durýar. Bu usulyň täsiri reaksiýanyň üstüniň tebigatyndan düýpli baglydyr.

Hat-da ýeterlikli ýönekeý modelleriň öwrenmegiň doly faktorly meýilnamalarynyň maňynly wagtyň uly harajatlaryna getirýänligi sebäpli, onda nokatlaryňkiçi sanyny talap ediji, doly däl faktorly meýilnamalary gunamaly bolýar. Bu ýagdaýda oňaly ugur-reaksiýanyň üstünden salgylanyp, synagyň meýilnamasyny gurnamakdyr, bu faktorly meýilnamalar bilen deňeşdirlende alynýan habaryň mukdarynyň degişli ýitgisi bolmasuzdan synagyň göwrümini kemeltmäge mümkinçilik berýär. Reaksiýanyň üsti usullary maşynly modeli M_M iň birinji synaglaryndan käbir netijeleri çykarmaga mümkinçilik berýär. Eger maşynly synagyň gelejekde geçirilmegi ykdysady taýdan amatsyzybolsa, onda ony islendik pursatda tamamlamak mümkin.

VII BÖLÜM

Ulgamlaryň modelirlemegiň işläp taýýarlanylşy we netijelerniň derňewi.

§7.1. EHM-de ulgamlaryň modelirlemegiň fiksasiýanyň aýratynlyklary we netijelerniň statiki işläp taýýarlanylşy.

Maşyn eksperiment taslama edilenden soň, onuň netijelerniň effektiv işläp taýýarlamagy we görkezmegi gurnamak üçin çäre görmeli. Modeliň eksperimentiň netijelerniň statiki işläp taýýarlanylşynyň meselesi strategiki we taktiki taslamasy bilen berk baglansykly. Modelirlemäniň işläp taýýarlanylşynyň usuly matematiki statistikanyň düzümine bir bölüm bolup girýar.

Işläp taýýarlanylşynyň usullaryndan saýlamak üçin S-ulgamly modeliň maşyn eksperimentiň üç aýratynlygny hasaba almaly:

1. EHM-da S-ulgamyň modelirlemegiň seljermek mümkinçilik berýär we ulgamyň funksionirleme prosesiniň mukdarly häsiýetnamasyny berýär. Ýöne modelirlemäniň aralyk netijelerni saklamak meselesini kynlaşdyrýar. Bu meseläni çözmek üçin modelirlemäniň bahalaryny hasaplamak wagtynda rekkurent işläp taýýarlanan algoritmleri ulanylmaly. Hem-de seljerişiň uly göwrümlü EHM-de asimptotiki formulalary ulanyp ýönekeý hasaplamalary geçirmek üçin mümkinçilik berýär.

2. EHM-de S-ulgamyň modelirlemegi – bu ulgamyň funksionirleme prosesiniň aprior häsiýetnamasyna görä gözegçilik geçirmek üçin ýagdaý yok. Şonuň üçin ýerleşdirmek pursadynyň bahalaryny giňden ulanylýar.

3. M_m modeliň maşyn blok konstruksiýasy we bloklaryň aýry gözegçilik girişi üýtgemeleri bir bölek modeli, çykyş üýtgemeleri başga bölek modeliň bahalaryna görä imitasiýa programma bilen baglansykly. Eger modelirlemäni EHM-de ulanjak bolsak, emma daşky geçiriş serişdelerde ýazylan üýtgemeleri ulanyp bolmasa, onda bu üýtgeýänleri olary imitirmek görnüşinde algoritmi gurnamak üçin ulanylýar.

Ýerleşdirmek baha usulyny ýerine ýetirmek programmasy we usulyň birnäçe pursadynda uly göwrümlü seljerilişini (N ýerine ýetiriliş sany) seredeliň. Matematiki garaşmagy we tötänleýin ε ölçegini dispersiýa şeýle görnüşde:

$$\mu_{\varepsilon} = M[\varepsilon] = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx;$$

$$\sigma_{\varepsilon}^2 = D[\varepsilon] = M[(x - \mu_{\varepsilon})^2] = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu_{\varepsilon})^2 f(x)dx,$$

bu ýerde $f(x)$ – x bahany alýan tötänleýin ε ölçegini ýerleşdirmiş dykzlygy.

Stohastiki S-ulgam modeli bilen imitasioneksperiment geçirilende, bu pursatlary kesgitläp bolanok, sebäbi ýerleşdirmiş dykzlygy apriori belli däl. Şonuň üçin modelirlenmäniň işläp taýýarlanylşyň N ahyrky realizasiýa sany käbir pursat bahalaryny kesgitleýär. Garaşsyz gözehçilik ε tötänleýin ölçegini bahalaryň deregine ulanylýar:

$$\bar{x} = \tilde{\mu}_{\varepsilon} = (1/N) \sum_{i=1}^N x_i;$$

$$S_b^2 = \tilde{\sigma}_{\varepsilon}^2 = (1/N) \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2,$$

bu ýerde \bar{x} we S_b^2 – seljeriş orta baha we seljeriş dispersiýa, $\tilde{\mu}_{\varepsilon}$ we $\tilde{\sigma}_{\varepsilon}$ üstünde \square belgisi – bu seljeriş pursady, matematiki garaşmagy $\tilde{\mu}_{\varepsilon}$ we dispersiýa $\tilde{\sigma}_{\varepsilon}$ bahasynyň deregine ulanylýar.

Modelirlenmäniň statiki taýýarlanylşyna görä şeýle talap edilýär:

1. Matematiki garaşmagyň kesgitlenen parametriň bahasyna deňligi $M[g\square]=g$, bu ýerde $g\square$ - g (parametriň) üýtgeýäniň bahasy.
2. Bahalaýyn effektivligi $M [(g\square - g)^2] \leq M [(g\square_1 - g)^2]$, bu ýerde $g\square_1$ – seredilýän baha, $g\square_2$ – başga bir baha.
3. Bahanyň gurpulylygy $N \rightarrow \infty$ degişli parametra $\lim_{N \rightarrow \infty} P\{|\tilde{g} - g| \geq \varepsilon\} = 0$, $\varepsilon > 0$ ýa-da Çebyşewyň deňdäldigine görä $\lim_{\infty} M [(g\square - g)^2] = 0$

Seljeriş orta bahany \bar{x} görnüşinde alýar. Seljeriş \bar{x} orta bahanyň matematiki garaşmagy:

$$M[\bar{x}] = M[(1/N) \sum_{i=1}^N x_i] = (1/N) M[\sum_{i=1}^N x_i] = (1/N)(N\mu_\varepsilon) = \mu_\varepsilon,$$

görkezilýär we $\bar{\mu}_\varepsilon = x$ bolýar. x_i bahany garaşsyzlygna görä ýalňyşlygyň orta kwadraty bolar:

$$M[(\bar{x} - \mu_\varepsilon)^2] = M\left[(1/N) \sum_{i=1}^N (x_i - \mu_\varepsilon)^2\right] = (1/N^2) M\left[\sum_{i=1}^N (x_i - \mu_\varepsilon)^2\right] = (1/N^2)(N\sigma_\varepsilon^2) = \sigma_\varepsilon^2 / N, \text{ şonuň}$$

üçinem $\tilde{\mu}_\varepsilon = x$ gurply baha.

S_b^2 seljeriş dispersiýanyň bahasyna seredeliň. Seljeriş dispersiýanyň matematiki garaşmagyna seredeliň.

$$M[S_b^2] = M\left[(1/N) \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2\right] = (1/N) M\left[\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2\right],$$

şonuň üçin

$$\sum_{i=1}^N (x_i - x)^2 = \sum_{i=1}^N (x_i - \mu_\varepsilon)^2 - N(\bar{x} - \mu_\varepsilon)^2;$$

$$M[(x_i - \mu_\varepsilon)^2] = \sigma_\varepsilon^2;$$

$$M[(x_i - \mu_\varepsilon)^2] = \sigma_\varepsilon^2 / N,$$

$$M[S_b^2] = (N\sigma_\varepsilon^2 - \sigma_\varepsilon^2) / N = (N-1)\sigma_\varepsilon^2 / N,$$

şeydibem $\tilde{\sigma}_\varepsilon^2 = S_b^2$ üýtgedilen baha bolýar.

Üýtgedilmedik dispersiýanyň σ_ε^2 bahasyny seljeriş dispersiýany sanaňda tapyp bolýar:

$$S = \tilde{\sigma}_\varepsilon^2 = \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 / (N-1).$$

S-ulgamyň modelirlenmegiň işläp taýýarlanan netijesi statikiusula seredeliň. EHM-de modelirlän wagtynda kyn ulgamda köp N realizasiýa bolup geçýär we ulgamyň funksionirlemesi barada uly göwrümlü maglumat ýygnaýlyr. Hasaplamak prosesiniň dowamynda başlangyç häsiýetnamasy boýunça netijeleriň işläp taýýarlanşy we funksiýany gurnaýan, hem-de ş-ulgamyň fuksioirleme prosesi barada maglumaty ýatda saklamaýar. Modelirlenäniň prosesinde S-ulgamyň tötänleýin faktorlary hasaba alynsa, onda modelirlenäniň netijelerinde tötänleýin bahalar ýüze çykýar. Başlangyç häsiýetnamasy kesgitlemek üçin orta baha, dispersiýa, korrelýasion pursady hasaplamaly.

A wakanyň mümkinçiligi başlangyç ölçeginde ulanylýar. $p=P(A)$ başlangyç mümkinçiliginiň deregine m/N wakanyň gelmek aralygy ulanylýar, bu ýerde m -A wakanyň bolmagynyň san ýagdaýy, N -realizasiýanyň sany. EHM-iň huşunda mümkinçilik bahany almak üçin netijeleriň işläp taýýarlanşynda m sany ýygnamak ýeterlik (eger N baha berlen bolsa).

Modelirlämäniň netijelerini işläp taýýarlanýan pursatynda tötänleýin ölçegiň mümkin aňlatmanyň bahasyny tapmak bolar (ýerleşdirmek kanuna görä). Mümkin aňlatmaň aralygynda η tötänleýin ölçeg n interwala bölünýär. Soňra bu interwalyň m_k , $k=\bar{1}, \bar{n}$ tötänleýin ölçegleň dogry düşenleň mukdaryny ýygnaýar. Tötänleýin üýtgeýäniň dogry düşmek mümkinçiligi k nomeriň bahasy bolup çykýar we m_k/N ölçeg üçin ulanylýar. Şonuň üçin modelirlämäniň netijelerini işläp taýýarlamak üçin EHM-e n öýjükli huş ýeterlik.

η tötänleýin üýtgeýäniň orta bahasyny tapmak üçin y_k , $k=\bar{1}, \bar{n}$ tötänleýin üýtgeýäniň mümkin aňlatmalaryň jemini ýygnamaly we şonuň üçin

$$\bar{y} = (1/N) \sum_{k=1}^N y_k; \quad M[\bar{y}] = M[\eta] = \mu_\eta;$$

$$D[\bar{y}] = D[\eta]/N = \sigma_\eta^2/N$$

Modelirlämäniň netijeleri işläp taýýarlamak üçin tötänleýin η sanyň dispersiýa bahasyny aşakdaky formula üsti bilen tapmak bolar:

$$S_b^2 = \sum_{k=1}^N (y_k - \bar{y})^2 / N$$

Bu formula boýunça dispersiýanyň takyk netijesni tapyp bolmaz, sebäbi \bar{y} üýtgeýäniň orta bahasy y_k üýtgeýäniň ýygnaýjy prosesinde üýtgeýär. Şonuň üçin y_k üýtgeýäni üçin hemme N bahalaryny ýatda saklamaly bolýarys. Modelirlämäniň netijelerini rasional fiksirmek üçin dispersiýanyň bahasyny aşakdaky formula üsti bilen hasaplap bolar:

$$D[\eta] = \sigma_\eta^2 = \left[\sum_{k=1}^N y_k^2 - \left(\sum_{k=1}^N y_k \right)^2 / N \right] / (N-1)$$

Şonuň üçin dispersiýany hasaplamak üçin diňe y_k we y_k^2 üýtgeýänleriň jemini hasaplamak ýeterlik.

Tötänleýin ε we η üýtgeýänler üçin x_k we y_k korrelýasion pursadynyň üsti bilen:

$$k_{\varepsilon\eta} = \left[\sum_{k=1}^N (x_k - \bar{x})(y_k - \bar{y}) \right] / N \quad \text{ýa-da}$$

$$k_{\varepsilon\eta} = \left(\sum_{k=1}^N x_k y_k - (1/N) \sum_{k=1}^N x_k \sum_{k=1}^N y_k \right) / (N-1)$$

Soňra bu aňlatma modelirlämäniň prosesinde iň uly san ölçegini ýatda saklamak üsti bilen hasaplanýar.

Eger ş-ulgamyň modelirlemeginde onuň başlangyç häsiýetleri matematiki garaşmagy we $y(t)$ tötänleýin prosesiniň korrelyasion funksiýa bolýan bolsa, onda bu ululyklaryň bahasyny tapmak üçin görkezilen interwal bölünýär we onuň ädimi Δt deň bolýar, hem-de $y_k(t)$ prosesiniň ölçeglerini ýygnaýar we $t=t_m=m\Delta t$ wagt pursadyny fiksirleýär.

Bu modelirlämäniň işläp taýýarlanşynyň netijeleriniň matematiki garaşmagy we korrelyasion funksiýany şeýle görkezip bolar:

$$\bar{y}(t_m) = \sum_{k=1}^N y_k(t_m) / N;$$

$$\tilde{B}(u, z) = \sum_{k=1}^N (y_k(u) - \bar{y}(u))(y_k(z) - \bar{y}(z)) / (N-1),$$

bu ýerde u we z t_m ölçegini geçýärler.

Maşyn resurslaryň işlerini azaltmak üçin aralyk netijeleri şeýle aňlatmada görkezip bolar:

$$\tilde{B}(u, z) = \left(\sum_{k=1}^N y_k(u) y_k(z) - (1/N) \sum_{k=1}^N y_k(u) \sum_{k=1}^N y_k(z) \right) / (N-1)$$

Modelirlämäniň netijeleriniň fiksirleýşi we işläp taýýarlanşy ergodiki häsiýeti stasionar tötänleýin prosesler bilen baglansykly. Goý, $y(t)$ prosesi seredeliň. Ýokarda görkezilen aňlatmalar şeýle kanuna getirýär: ortaça wagt bahasy mukdary boýunça orta baha deň. Başlangyç häsiýetnamalary kesgitlemek üçin $y(t)$ prosesden ýeke bir realizasiýa saýlanylýar we modelirlämäniň netijelerini doly fiksirleýär. Bu prosesiniň matematiki garaşmagy we korrelyasion formula şeýle görkezilýär:

$$\bar{y} = \lim_{T \rightarrow \infty} (1/T) \int_0^T y(t) dt;$$

$$\tilde{B}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} [1/(T - \tau)] \int_0^{T-\tau} y(t) y(t + \tau) dt - \bar{y}^2$$

Tejribede bolsa S-ulgamyň EHM-de modelirlände (0,T) interwal çäkli bolýar we $y(t)$ ölçegi t_m wagt pursadynyň ahyrky ýazylşynda kesgitlep bolar. Modelirlämäniň netijeleri işlenilende \bar{y} we $B(\tau)$ bahalary almak üçin aşakdaky formula ulanylýar:

$$\bar{y} = (\Delta t / T) \sum_{m=1}^{T / \Delta t} y(t_m);$$

$$B(\tau) = [\Delta t / (T - \tau)] \sum_{m=1}^{(T-\tau) / \Delta t} y(t_m) y(t_m + \tau) - \bar{y}^2,$$

Maşyn eksperimentiň dowamynda M_m modeliň netijeleri bilen işlenilende şeýle meseleler ýüze çykýar: tötänleýin ululygy ýerleşdirýän empiriki kanuny kesgitlemek, orta bahalary we dispersiýanyň üýtgeýänlerini deňeşdirmek we ş.m. Matematiki statikada bu meseleler statiki gipotezalary barlaýarlar.

Tötänleýin ululygy ýerleşdirýän empiriki kanuny kesgitlemek üçin N realizasiýanyň köp sanyny talap edýär. Bu ýagdaýda maşyn eksperimentiň üsti bilen $F_3(y)$ ýerleşdirmek saýlawjy ölçegini tapmaly we H_0 nul gipotezany öňe çykarýar. H_0 gipotezany Kolmogorow, Pirson, Smirnow we ş.m.-leriň statiki kriteriý rugsady bilen barlaýarlar.

Gipotezalary kesgitlemek üçin ýa-da ret üçin nazary we empiriki ýerleşdirmek derejesini häsiýetlendirýän tötänleýin U ululygy saýlamaly. Bu ýönekeý ululygyň ýerleşdirmek kanuny tötänleýin η ululygyň ýerleşdirmek kanunyna we S-ulgamyň statistiki modelirlemesinde n realizasiýanyň sanyna bagly. Eger nazary we empiriki ýerleşdirişleriň $P\{U_T \geq U\}$ nädogrýsynyň mümkinçiligi uly bolsa, onda H_0 gipoteza ret edilenok. $F(y)$ (ýa-da $f(y)$) nazary ýerleşdiriş görnüşi $F_3(y)$ grafıklar (gistohrammalar) üsti bilen geçirilýär we ekrana ýa-da çapa çykýar.

S-ulgamy EHM-de modelirlmek üçin birnäçe rugsat kriteriýalary seredeliň.

Kolmogorowyň rugsat kriteriýasy. U ýerleşdiriş ululygynyň $D = \max |F_3(y) - F(y)|$ çäginini saýlamak kanuny üstii bilen döredilen. Kolmogorowyň nazarynda şeýle netije çykýar: $\delta = D\sqrt{N}$, $N \rightarrow \infty$ we ýerleşdirmek funksiýasy:

$$F(z) = P\{\delta < z\} = \sum_{k=-\infty}^{\infty} (-1)^k e^{-2k^2 z^2}, z > 0$$

Eger eksperimentiň dowamynda δ ululygy tablisadaky görkezilen γ ululygyň derejesinden kiçi bolsa, onda H_0 gipoteza kabul edilýar, tersine H_0 gipoteza ret edilýar.

Pirsonyň rugsat kriteriýasy. U ululygyň aýratynlyklary ýerleşdiriş çägi diýlip hasap edilýär we: $\chi^2 = \sum_{i=1}^d (m_i - Np_i)^2 / (Np_i)$, bu ýerde m_i – η ululygyň tötänleýin ölçegleriň mukdaryny (i podinterwalda), p_i – i podinterwalyň η ululygyň düşmegiň mümkinçiligi, d – maşyn eksperimentiň interwaly podinterwalyň bölünşiniň mukdary.

S-ulgamyň funksionirlemek prosesiniň başlangyç häsiýetnamalary seredildi we M_m model bilen geçirilen maşyn eksperiment ýönekeý bolsada, eýsem işlenilen ulgamlary modelirlemek netijeleri has hem köp onuň gözegçiliginde we taslamasynda ulanylýar.

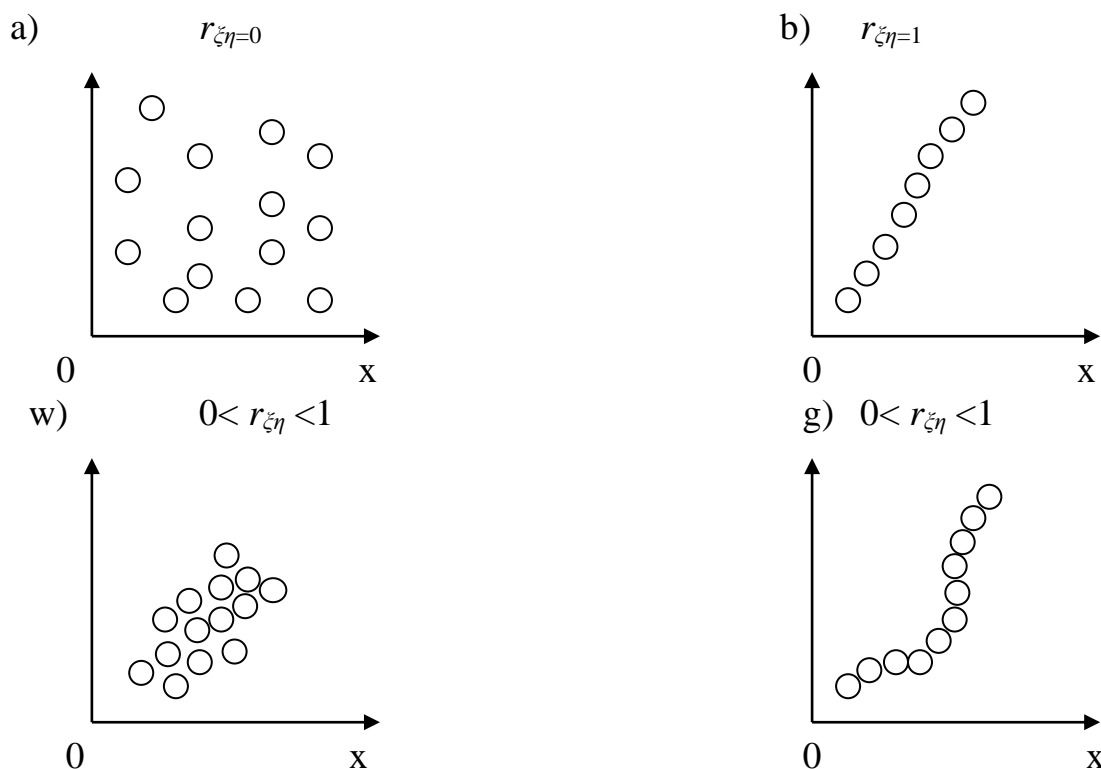
§7.2. Ulgamlary modelirlemek netijeleri derňemek we interpretirlemek (üýtgetmek).

S-ulgamy EHM-de modelirlemek wagtynda fiksirlemek mümkinçiligi we üýtgeýanleriň (parametrleriň) statistiki işlenilşi berlen ululyklaryň arasynda baglansykly obýekt derňewi geçirmek rugsat berýär. Bu meseläni çözmek üçin gözegçiligi maksadyndan we modelirlemek wagtynda alynýan häsiýetnamalardan bagly dürli usullar bar. Ulgamlary modelirlemek netijelerini derňemek üçin korrelýasion, regression we dispersion usullary sereliň.

Korrelýasion derňewi üsti bilen gözegçi S-ulgamyň modelirlemek fiksirleýşiniň dowamynda iki we ondan gowrak tötänleýin ululyklaryň arasynda baglansygy hasaplap biler. Modelirlemegiň korrelýasion derňewi η ululygyň ýerleşdirilşi \bar{y} orta bahasyna görä korrelýasion baglansygynyň kuwwadyny görkezýär. Bu baglansyklaryň bardygyny we onuň darlygyny korrelýasion derňewde şeýle görkezip bolýar: $y=M [\eta / \zeta = x]$ we seredilýän ululyklaryň

arasyndaky göni baglanşyk bar bolsa we olaryň bileleşik ýerleşdirilşi korrelýasion koeffisienti üsti bilen geçirilse, onda

$r_{\xi\eta} = M[\xi - M[\xi]]M[\eta - M[\eta]] / \sqrt{D[\xi]D[\eta]} = M[\xi - \mu_\xi]M[\eta - \mu_\eta] / (\sigma_\eta\sigma_\xi)$ ikinji garyşyk merkezi pursady orta kwadrat aýratynlyklarna (näszlyklarna) bölünende, tükeniksiz ululygy getirýär. Ýöne bu ululyk tötänleýin üýtgeýänleriň bahasyna görä inwariant bolýar.



Surat 1: Korrelýasion üýtgeýänleriň dürli pursatlary.

S-ulgamynyň işlenilen modelirmek netijelerini takyk bolar ýaly $r_{\xi\eta}$ baha $w = \ln [(1 + r_{\xi\eta}) / (1 - r_{\xi\eta})] / 2$ koeffisientini girizmek, we w baha bolsa gauss zerleşdirilişine görä bahaly we dispersiýaly bolýar:

$$\mu_w = \ln[(1 + r_{\xi\eta}) / (1 - r_{\xi\eta})] / 2, \sigma_w^2 = 1 / (N - 3)$$

Modelirmek wagtynda N -realizasiýanyň sany korrelýasion koeffisientiň bahasyna täsir etmez ýaly, $0 \leq r_{\xi\eta} \leq 1$ deňligiň we M_m modeliň üýtgeýänleriniň statistiki korrelýasion baglanşyk bardygyny subut etmeli. Buny H_0 gipotezaň üsti bilen barlap bolar: $r_{\xi\eta}=0$. Eger derňewiň dowamynda H_0 gipoteza ret edilýän bolsa, onda korrelýasion baglanşygy statistiki wajyp diýip hasap edýärler. w koeffisientiniň saýlanan ýerleşdirilşi $r_{\xi\eta}=0$ bolanda, ol gauss ýerleşdiriş bolýar we

orta nul $\mu_w = 0$, dispersiýa bolsa $\sigma_w^2 = (N-3)^{-1}$. Şonuň üçin H_0 gipotezany kabul etmekligi aşakdaky deňdäldigi bilen kesgitlenýär:

$$-z_{\alpha/2} \leq \sqrt{N-3} \ln[(1+r_{\xi\eta})/(1-r_{\xi\eta})]/2 \leq z_{\alpha/2}$$

bu ýerde $z_{\alpha/2}$ – gauss ýeleşdirilşinden bagly. Eger $r_{\xi\eta}$ görkezilen interwaldan daşary ýerleşse, onda modeliň γ derejesiniň üýtgeýänlerde korrelýasion baglansyk bardygyny aňladýar.

S-ulgamyň modelirlemek netijesiniň derňewinde iki üýtgeýänleriň arasynda berk baglansyk bolan bolsada, olaryň arasyndaky bileleşik hereket edilşi bolmaz. Käbir ýagdaýda ξ we η üýtgeýänler stohastiki baglansykly, emma S-ulgamy üçin olar garaşsyz ululyklar. Şonuň üçin korrelýasion derňew maşyn modeliň seredilýän tötänleýin üýtgeýänleriň arasynda baglansyk goýýar we şol baglansygyň berkligini barlaýar.

Regressiw derňew. S-ulgam bilen geçirilýän maşyn eksperimentiň dowamynda berlenleriň sanawyna görä täze model gurmaga mümkinçilik berýär. egressiw derňew iň gowy geljekki maglumaty berýär, sebäbi ol täze dikeldilýän modeliň we eksperimentiň üsti bilen berlenleriň arasynda funksiýanyň ýalňyşlyklary peseldýär. Regression derňewinde şeýle funksiýa ýalňyşlyklaryň kwadratynyň jemi bolup durýar.

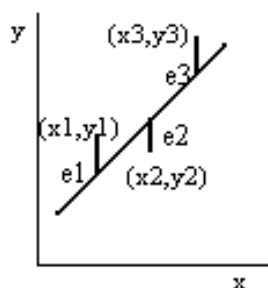
Mysal üçin, gönükdirilen regressiw modeli gurmak üçin regressiw derňewiň netijeleriniň aýratynlyklary görelin. Suratyň a bölümünde (x,y) nokatlar görkezilen, $i=\overline{1,N}$, maşyn eksperimentde bolup çykýar. Maşyn eksperimentiň model netijelerini grafiki şekilde göni çyzyk görnüşinde bolup bilýar. $\hat{y} = \varphi(x) = b_0 + b_1x$, bu ýerde \hat{y} - regression modeliň ululygy.

b_0 we b_1 koeffisientleriň bahalaryny almak üçin ýalňyşlyklaryň kwadratynyň jemi minimum bolmaly. Suratda e_i ýalňyş bolup çykyş edýär, sebäbi $i=\overline{1,N}$ her eksperimental nokat üçin wertikal dikliginde şol nokatdan regres liniýa çenli $\hat{y} = \varphi(x)$ aralyk ýaly kesgitlenýär.

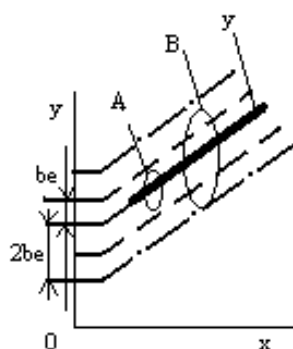
$\hat{y} = \varphi(x) = b_0 + b_1 x_1$, $i=\overline{1,N}$ ýaly belläli. Onda ýalňyşlyklaryň aňlatmasy şeýle görnüşde bolar: $e_i = \hat{y}_i - y_i = b_0 - b_1 x_1 - y_i$, funksiýasy bolsa $F_0 = \sum_{i=1}^N (b_0 + b_1 x_i - y_i)^2$.

F_0 funksiýa minimum bolanda b_0 we b_1 tapmak üçin matematiki derňewiň ýönekeý usullary ulanylýar. Minimumyň şerti $\partial F_0 / \partial b_0 = 0; \partial F_0 / \partial b_1 = 0$ bolýar.

a)



b)



Surat 2: Gönükdirilen regressiw modeliň gurluşy.

F_0 deffierensirleýäris:

$$\partial F_0 / \partial b_0 = \partial \sum_{i=1}^N (b_0 + b_1 x_i - y_i)^2 / \partial b_0 = 2 \left(N b_0 + b_1 \sum_{i=1}^N x_i - \sum_{i=1}^N y_i \right) = 0;$$

$$\partial F_0 / \partial b_1 = \partial \sum_{i=1}^N (b_0 + b_1 x_i - y_i)^2 / \partial b_1 = 2 b_0 \sum_{i=1}^N x_i + 2 b_1 \sum_{i=1}^N x_i^2 - 2 \sum_{i=1}^N x_i y_i = 0.$$

Bu iki gönükdirilen algebriki deňlikleriň ulgamyny çözmekde, b_0 we b_1 bahalaryny tapyp bolar. Matrisa görnüşde:

$$\begin{bmatrix} N \sum_{i=1}^N x_i \\ \sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N x_i^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^N y_i \\ \sum_{i=1}^N x_i y_i \end{bmatrix}.$$

Bu deňlemäni hasaplamyzda, biz şeýle netijä gelýäris:

$$b_0 = \left(\sum_{i=1}^N y_i \sum_{i=1}^N x_i^2 - \sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N x_i y_i \right) / \left[N \sum_{i=1}^N x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N x_i \right)^2 \right];$$

$$b_1 = \left(\sum_{i=1}^N x_i y_i - \sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N y_i \right) / \left[N \sum_{i=1}^N x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N x_i \right)^2 \right];$$

bu ýerde N – ulgamlary modelirmek dowamynda realizasiýanyň sany.

b_0 we b_1 tapmak üçin EHM-de minimum huş göwrümini ulanýarys. Regression modelde ýönekeý ýalňyşlaryň görnüşi bolup orta kwadratiki çykýar:

$$\sigma_e = \left[\left(\sum_{i=1}^N e_i^2 \right) / (N - 2) \right]^{1/2} = \left[\left(\sum_{i=1}^N (b_0 - b_1 x_i - y_i)^2 \right) / (N - 2) \right]^{1/2}$$

Modelirlmegiň netijeleri işlenilende we derňew edilende orta seljerişi deňeşdirmek meselesi ýüze çykýar. Eger şeýle barlagyň netijesinde matematiki garaşma we tötänleýin üýtgeýänleriň $\{y^{(1)}, y^{(2)}, \dots, y^{(n)}\}$ az tapawutlanýan bolsa, onda bu statistiki materially birjynsly (odnorodnyý) diýip hasap edip bolýar. Bu ýagdaýda hemme berlenleri bir birlige jemlemäge mümkinçilik berýar we M_m seredilýan modeli barada köpräk maglumaty bilmek kömek berýär. Bu ýagdaý üçin dispersion derňew ulanylýar.

§7.3. Ulgamlaryň sintezinde modelirleme netijesinde

alynana netijeleriň üstünde işlemegiň aýratynlyklary

Maşyn M modeliň bazasynda S ulgamyň sintezinde effektivligi bahalandyryjy saýlanan kriteriý we berilen gyraky şertler esasynda goýlan optimal warianty saýlamak meselesi ulgamyň dürli wariantlaryň funksionirleme prosesiniň häsiýetleriniň derňewi netijesinde çözülýär, olaryň deňeşdirilmesi we amatly warianty tapmak netijesinde çözülýär. In amatly warianty tapmak işi ähli maşyn eksperimentleriň netijesinde alynan netijeleri derňemekden ýada ýörite optimal warianty tapyp bertiji ýörite proseduralar esasynda alynan netijeleri derňemekden ýaly ýollaryna baglanyşyksyz esasy operasiýa hökmünde ulgam wariantlarynyň effektivligini bahalandyryjy statiki kriteriýalaryň deňeşdirmesi esasynda bolýar.

Bäsleşik edýän S ulgamyň wariantlary öz strukturasy, özüni alyp baryjy algoritmleri, üýtgeýän ululyklary bilen tapawutlanýandygyny göz önümizde tutup köp wariantynyň bardygyny subut edip bolýar. Şu sebäpli S ulgamyň optimal wariantynyň sintezinde hökmany modelirleme netijesinde alynýan her wariant

edilýän serişdeleriň çykdaýjysyny minimum ýagdaýa getirmeli. Şu aýratynlyklardan ugur alyp ulgamyň sintezinde her wariantynyň modelirleme netijeleriniň derňewini we üstünden işlemesini awtonom dälde, golaý arabaglanyşykda duýmaly. Diýmek M maşyn modeliň eksperimenti planlaşdyrylmasdynda eýýam S ulgamyň optimal wariantynyň sintez meselesi goýlan bolmaly.

Öňki bapda bellöp geçilen, ýagny S1 we S2 ulgamlaryň deňeşdirilýän wariantlaryň çykyjy häsiýetnamalarynyň statiki baglanyşygy orta bahalaryň takyklygyny kesgitlemekde, ähtimallyklaryň we polojitel korrerirlenen q1 we q2 kriteriýalary anyklamakda peýda berýar. Q1 we q2 kriteriýalaryň arasyndaky korrelýasiýa

$$\vec{v}_1 = (v_1, \dots, v_k, v_{k+1}^{(1)}, \dots, v_n^{(1)}), \vec{v}_2 = (v_1, \dots, v_k, v_{k+1}^{(2)}, \dots, v_m^{(2)}),$$

S1 we S2 ulgamlara täsir ediji daşky sredanyň täsirini kesgitleýän wektorlar we olar $\vec{v} = (v_1, \dots, v_k)$, umumy ýygnaýjylary bar, şol ýagdaýda

$v_{k+1}^{(1)}, \dots, v_n^{(1)}$ we $v_{k+1}^{(2)}, \dots, v_m^{(2)}$ ýygnaýjylar bir birinden garaşsyz. Eger

$\vec{v} = (v_1, \dots, v_k)$ üsti bilen $\vec{v} = (v_1, \dots, v_k)$ ýygnaýjylaryň fiksirlenen bahasyny kesgitlesek, onda q1 we q2-iň orta bahalary $\mu_1(\vec{v}) = M[q_1 / \vec{v}], \mu_2(\vec{v}) = M[q_2 / \vec{v}]$, bolar, diýmek $\vec{v} = (v_1, \dots, v_k)$ olar üýtgeýän ulylyklaryň funksiýalary bolýarlar.

q1 we q2 kriteriýalaryň bahalary:

$$\mu_1 = M[q_1] = \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} \mu_1(\vec{v}) f(\vec{v}) d\vec{v};$$

$$\mu_2 = M[q_2] = \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} \mu_2(\vec{v}) f(\vec{v}) d\vec{v};$$

görnüşe eýe bolan ýagdaýynda immitasion eksperimentleriň modelirlemesi netijesinde alynan netijeleriniň üstünde işläşiniň aýratynlyklaryna göz aýlaly, bu ýerde:

$$\overrightarrow{dv} = dv_1, \dots, dv_k; f(\vec{v}) = f_k(v_1, \dots, v_k) \quad -v_1, \dots, v_2 \quad \text{ýygnaýjylaryň}$$

ähtimallyklarynyň bilelikdäki ýygnylygy. Kowarasiýa,

$$B_{12} = B[q_1, q_2] = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \mu_1(\vec{v}) \mu_2(\vec{v}) f(\vec{v}) d\vec{v} - \mu_1 \mu_2$$

Kowarasiýanyň otrisateldäldiginiň ýeterlik şerti deňsizligiň ýerine ýetmesine getirýär.

$$[\mu_1(\vec{z}) - \mu_1(\vec{u})][\mu_2(\vec{z}) - \mu_2(\vec{u})] \geq 0$$

Wektor argumentleriň islendik bahalary üçin $\vec{z} = (z_1, \dots, z_k), \vec{u} = (u_1, \dots, u_k)$.

$$\int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} f(\vec{v}) d\vec{v} = 1 \quad \text{nazara tutulsa}$$

$$B_{12} = \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} \mu_1(\vec{v}) \mu_2(\vec{v}) f(\vec{v}) d\vec{v} - \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} \mu_1(\vec{v}) f(\vec{v}) d\vec{v} \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} \mu_2(\vec{v}) f(\vec{v}) d\vec{v} =$$

$$0,5 \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} f(\vec{z}) f(\vec{u}) [\mu_1(\vec{u}) \mu_2(\vec{u}) - \mu_1(\vec{z}) \mu_2(\vec{u}) + \mu_1(\vec{z}) \mu_2(\vec{z}) - \mu_1(\vec{u}) \mu_2(\vec{z})] d\vec{z} d\vec{u} =$$

$$0,5 \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} f(\vec{z}) f(\vec{u}) \times [\mu_1(\vec{z}) - \mu_1(\vec{u})][\mu_2(\vec{z}) - \mu_2(\vec{u})] d\vec{z} d\vec{u} \text{ tapylýar. Ähli } v \text{ üçin } f(\vec{v}) \geq 0$$

bolanlygy sebäpli $B_{12} \geq 0$ alarys.

S1 we S2 wariantly ulgamlar üçin A1 we A2 wakalaryň ähtimallyklary üçin şertli bahalar $\mu_1(\vec{v}) = P(A_1 / \vec{v}); \mu_2(\vec{v}) = P(A_2 / \vec{v})$, bu ýerde $P(A_i / \vec{v})$ – şertli ähtimallyk. $i=1,2$

Onda kowarasiýanyň otrisateldälliginiň ýeterlik şerti aşakdaky görnüşinde ýazylýar: $P(A_1 / \vec{z}) - P(A_2 / \vec{u})[P(A_2 / \vec{z}) - P(A_2 / \vec{u})] \geq 0$,

bu v wektor argumentine görä $P(A_1 / \vec{v})$ we $P(A_2 / \vec{v})$ ähtimallyklaryň deň tertipleşdirilmegine gabat gelýär.

Deň tertipleşdirilen monoton ösýän we monoton akemelýan $\mu_1(v)$ we $\mu_2(v)$ funksiýalardyr.

Mysal:

Maşynda statiki modelirlemäniň üsti bilen S1 we S2 ulgam wariantlaryň modelirleme netijelerini deňeşdirlemeli. A1 we A2 wakalar berilen T wagtda S1

we S2 ulkgamlaryň kynçylyksyz işlemegine degişli. Berilen temperatura boýunça B bölümiň kemçiliksiz işlemesiniň ähtimallygy $P(B_i/v) = e^{-\lambda_i(v)T}$, $i = \overline{1,4}$, bu ýerde $\lambda_i(v)$ - temperaturanyň ýokarlanmagy funksiýasynyň ret etmek intensiwligi. Şeýdip $P(B_i/v)$ funksiýasy deň kemelme tertipleşdirilen funksiýalar bolýarlar. Aýdyp bolýar, ýagny $P(A_1/v) = \{1 - [1 - P(B_1/v)][1 - P(B_2/v)]\} \{1 - [1 - P(B_3/v)][1 - P(B_4/v)]\}$, $P(A_2/v) = 1 - [1 - P(B_1/v)P(B_3/v)][1 - P(B_2/v)P(B_4/v)]$ funksiýalar meňzeş tertipleşdirilen we temperatura ýokarlandygyça kemelýär. S1 we S2 ulgam wariantlaryň eksperimentlerinde we modelirleme netijesinde $P(A_1)$ we $P(A_2)$ ähtimallyklaryň ýokary takyklygyny gazanyp bolýar.

Tizlenme, temperatura, basyş ýaly ululyklarda hem şu mysaly getirip bolýar. Haçanda E daşky sredanyň täsirinde garaşsyz komponentler bolmasa, $V_1 = V_2 = v$, orta şerhler $\mu_1(v) = M[q_1/\bar{v}]$, $\mu_2(\bar{v}) = M[q_2/\bar{v}]$ tötän täsirlerden kriteriýleriniň determinirlenen baglanyşyga girilýär $q_1 = f_1(\bar{v})$, $q_2 = f_2(\bar{v})$.

Bu ýagdaýda deň tertipleşdirilmede ýertler has berk bolýar. B_{12} položitel korrelýasiýa we onuň bilen baglanyşykly aýratyynlyklar berilýär haçanda S_1 ulgam warianty has gowy (erbet) S_2 -warianta görä. S_1 we S_2 ulgam wariantlary üçin $C = A_1\bar{A}_2$ ýa-da $D = \bar{A}_1A_2$ ýagdaýlar mümkindiňe B_i bölümleriň işlemeýän ýagdaýynda. $I=1,4$. $B_i\bar{B}_i$ üsti bilen B_i we B_j bloklaryň näsazlyklarynyň situasiýasyny belläp ýagdaýlaryň arasyndaky aşakdaky deňlemäni alyp bolýar.

$$\bar{B}_1\bar{B}_2 \rightarrow B, \bar{B}_1\bar{B}_3 \rightarrow A; \bar{B}_1\bar{B}_4 \rightarrow C, \bar{B}_2\bar{B}_3 \rightarrow C; \bar{B}_2\bar{B}_4 \rightarrow A, \bar{B}_3\bar{B}_4 \rightarrow B.$$

deň tertipleşdirmäniň şertleri ýeterlik bolýar, ýöne korrelýasiýanyň optriseteldälligi üçin zerur däl boluýar. Şu sebäpli immitasion eksperimentinde käbir şertleriň bozulmagy taýlsa, onda ähtimallyklaryň we orta bahalaryň deňeşdirme prosesine has üns bermeli bolýar. Mysal üçin ähtimallyk deňeşdirilende we $\Delta p = p_1 - p_2$, p_A we p_D , $p_2 = p_A + p_D$, $p_1 = p_2 + \Delta p$, $p_C = p_D + \Delta p$ bahalar berilende hökmany bahalary hasaplamaly we korrelýasiýanyň koofisiýentini hasaplamaly.

$$R_{12} = (p_A - p_1 p_2) / \sqrt{p_1(1 - p_1)p_2(1 - p_2)};$$

$\gamma = N_H / N_3 = [p_1(1 - p_1) + p_2(1 - p_2)] / [p_C + p_D - (p_C - p_D)^2]$, nirede N_h we N_3 berilen takyklygy gazanmak üçin berilen wyborka göwrümi.

Şeýlelikde bagly synlaryň ulanylmasy modelirlеме üçin sarp edýän maşyn wagtyny azaltmaga getirýär. Sinteziň ulgamynda bu garalan wariantlaryň deňeşdirmesi we olaryň korrelýasiýasy deňeşdirilmesi formal bolýar. S ulgamynyň funksionirlеме prosesiniň modfelirlеме netijesinde alynan häsiýetleriniň absolýut bahalarynyň üstünde işleýşiniň bahalandyrmak mümkinçiligine garaly. Goý S_2 wariantyň derňewinde analiti usulyň kömegi bilen q_2 kriteriýiň m_2 orta bahasy kesgitlenilen diýeli. Onda μ_1 orta bahasy dispersiýa eýedir.

$$D[\bar{\mu}_1'] = D[\bar{d}] = (D[\tilde{\mu}_1] + D[\tilde{\mu}_2]) / \gamma_\mu = (1 + \alpha) D[\tilde{\mu}_1] / \gamma_\mu,$$

bu ýerde γ_μ -utuş koofisiýenti. Ol $d = \mu_2 - \mu_1$ tapawutda alynýar. $\alpha = D[\tilde{\mu}_2] / D[\tilde{\mu}_1]$, $\tilde{\mu}_1'$ bahasy, has dogrusy $\tilde{\mu}_2'$, eger $(1 + \alpha) / \gamma_\mu < 1$.

t_{12} bilen belläp $\tilde{\mu}_1'$ bahany almak üçin sarp edilýän maşyn wagtyny N sarpda ulaldýarlar, ol μ_1 awtonom bahalandyrmak üçin zerur. Şu sebäpli eger-de $(1 + \alpha)t_{12} / (\gamma_\mu t_1) < 1$ bolanda immitasiýa berilen maşyn wagtynda utup bolýar.

$$q_1 \text{ we } q_2 \text{ dargadylan kriteriýalar üçin dispersiýanyň bahasy } \tilde{D}' = D_2 + \Delta \tilde{D}.$$

Eger $(1 + \alpha) / t_{12} / (\gamma_D t_1) < 1$ bolanda immitasion modelirovaniýe bolan utuşy gazanyp bolýar, nirede γ_D -utuş koofisiýenti, ol $\Delta \tilde{D}$ dispersiýalaryň tapawudynyň bahasynda alynýar.

S-ulgamyň taslama tapkyrynda S_1 we S_2 modelirlenýän ulgamlaryň deňeşdirme wariantlaryny optimizasiýa algoritmlerinde ulanyp bolýar. M model bilen geçirilýän S-ulgamyň sintezinde ululyklarynyň wariasiýasinda duýjylyk derňewi atly mesele ýüze çykýar. Maşyn M modeliniň duýujylygynyň derňewi hökmünde modelirlеме netijeleriniň durnuklylygy göz önüne gelýär, has takyklygy S-ulgamyň funksionirlеме prosesiniň häsiýetleriniň immitasiýa prosesiniň netijesinde alynşy. Bu ýerde $\vec{\Delta h} = (\Delta h_1, \dots, \Delta h_n)$ maşyn modeliň ululyklarynyň $\vec{h} = (h_1, \dots, h_n)$ hakyky bahalaryň gatnaşygy göz önüne tutulýar. Düýülyjylyk derňewi M model gurnalanda metodiki ýalňyşlary deňeşdmäge mümkinçilik

berýär. $\Delta \vec{h}$ sähel gyşarmalara $q(\vec{h})$ häsiýetnamalaryň üýgеме degişlidir, olary amaly hasaplamalarda $\Delta q = \vec{q}'(\vec{h})\Delta \vec{h} + r_0$ ululyk bilen bahalandyryp bolýar, bu ýerde $\vec{q}'(\vec{h}) = (\partial q(\vec{h})/\partial h_1, \dots, \partial q(\vec{h})/\partial h_n)$ - wariasiýa görä ikinji derejeli galyndy, ol çözüdiň takyklygy üçin niýetlenen. H_{hom} ululyklaraň nominal parametrleriň nokatlaryna $\vec{q}'(\vec{h})$ önüm degişli. Eger $\vec{h}_{\text{HOM}} = \vec{h}^*$ bosa, bu ýerde \vec{h}^* , $\vec{q}'(\vec{h})$ görä ulgamyň optimal parametrleri, onda $\vec{q}'(\vec{h}_{\text{HOM}}) = 0$ we hökmany ikinji önümi $\vec{q}''(\vec{h}_{\text{HOM}})$ ulanyp bahalandyrmaly. Şeýdip $\vec{q}'(\vec{h})$, $\vec{q}''(\vec{h})$ önümler M maşyn modeliň parametrleriniň üýtgemegine düşüjykygyny häsiýetlendirýärler.

$q(\vec{h})$ höşniýetleriň $\Delta \vec{h}$ kiçi wariasiýalardaky uly gyşarmalar M modeliň durnuksyzlygy barada habar berýär. $\vec{q}(\vec{h})$ görkezijiler üçin $q(\vec{h})$ bahalary almaklykda dürli \vec{h} -de daşky täsirleriň baglanyşykly realizasiýalaryna syn ýeňil bolýar.

$\vec{q}'(\vec{h})$ we $\vec{q}''(\vec{h})$ önümleriň bahalaryny käbir ýagdaýda has amatly hasaplamalar bilen çalyşyp bolýar. Şeýdip M modeliň maşyn eksperimentiň netijeleri S-ulgamyň modelirlеме maksatlar bilen üstünden işlenilýär. Maşyn modeliň esasynda S-ulgamyň sintezi geçirilende derňelýän wariantlaryň synlaryny gurnamaly, şu sebäpli optimizasiýanyň her ädiminde model bilen işlemeklik ýeçilleşer.

VIII BÖLÜM

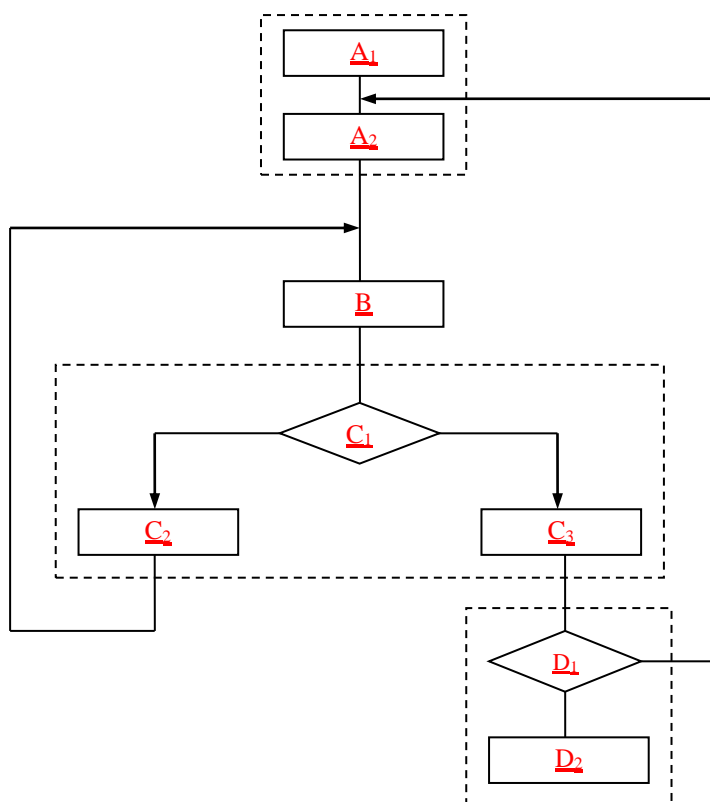
Bir şekildäki matematiki shemalary ulanmakly modelirlmek.

§ 8.1. Ulgamy funksionirmek prosesleriniň blokly iyerarhiki modelleri.

Islendik seredilen bir şekildäki matematiki shemalary maşynda amala aşyrmakda (D, F, P, Q, A – shema) analitiki, imitasim ýa-da toplumly ugurlary ulanmakda modeliniň M_m bloklarynyň özara gatnaşygy baradaky meseläni çözmek gerekdir. Ulgamyň maşynly modeline $M_m \{m_i\}$, $i = \overline{1, n}$ toplumu ýaly seredeliň. Modeliniň her blogyny olaryň bolýan mümkin bolan ýagdaýlarynyň $\{z_o\}$ gutrnykly toplum bilen häsiýetlendirmek mümkin. Goý, seredilýän wagtyň interwalynyň dowamynda, modeli eltmegiň wagtynda, blok t_i ($i \leq T$) wagtyň pursatynda tizligini üýtgetsin, bu ýerde j – wagt pursatynyň belgisi. Ylaýtada blogyň ýagdaýyny çalyşmak wagtynyň pursatlaryny şertleýin üç topara bölmek mümkin:

- 1) Bu blogyna gabat gelýän, ulgamyň S böleginiň içki häsiýetleri bilen baglanşykly, tötänleýin pursatlar;
- 2) Beýleki bloklaryň ýagdaýlarynyň üýtgemegi bilen baglanşykly, tötänleýin pursatlar;
- 3) Modeliniň blogyny funksionirmegiň berlen gün tertibi bilen baglanşykly, determinirlenen pursatlar [42,57].

Modeliniň ýagdaýlarynyň M_m çalyşma pursatlary $t^{(R)} \leq T$ bitewlikde $\{m_i\}$ bloklaryň ýagdaýlarynyň, ýagny $\{t_i(j)\} \in \{t^R\}$, $i=1, m$ üýtgemegiň ähli pursatlary diýip hasaplaýs. m_1 , m_2 , we m_3 üç blokly model üçin mysal: 3.1 suratda görkezilendir.



Surat1: modelirleýän algoritmiň ulaldylan shemasy

Şol wagtda $t_i(j)$ we t^r pursatlar ulgamly wagtyň pursatlary bolup durýar, ýagny maşynly wagtyň pursatlary bilen däl-de, modelirlenýän ulgamyň funksionirleme wagty bolup durýar. Diskretli waka wagtynda modeliň ýagdaýynyň köp pursatly üýtgemegi diňe ulgamly wagtynda modelirlemede mümkindir.

Modelirlemede m_i , $i=\overline{1,n}$ modeliň her bolgy üçin blogyň täze ýagdaýa nobatdaky geçiş pursatyny $t_i(j)$ we bu ýagdaýyň belgisini bellige almak gerekdir, ýagny şol wagtda ýagdaýlaryň aglabasyny emele getirmek bilen. Bu aglaba ulgamyň modeliniň funksionirleme prosesindäki ähli üýtgemeler bellige alynýar. Modelirlemenin başynda ýagdaýyň massiwine başlangyç şert bilen berlen, başdaky ýagdaýlar girizilen bolmalydyr.

Modeliň M_m maşynly amala aşyrmagynda onuň meňzeş fuksiolaryna eýe bolan bloklary, aýry meýilnamaly modullar görnüşinde berilip bilinerler. Her bir şeýle modulyň işi ähli birmeňzeş bloklaryň işini imiterleýär. Umumy ýagdaýda modeliň bloklarynyň sanynda n maşynly modullaryň $i \leq n$ toplumyny almak muümkin. Şeýlelikde modeliň her blogyna ýa-da elementine käbir modul ýa-da sany modeliň bloklarynyň sanyndan geçmeli däl, “standartly meýilnama aşagy” gabat gelýär.

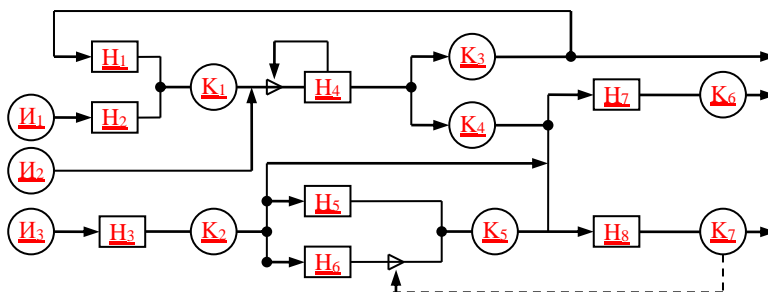
Diskretli wakaly ulgam üçin, blokly esas boýunça gurulan, modelirleýji algoritmiň bir şekilindäki ýönekeýleşdirilen shemasy, 8.2 suratda getirilendir. Bu shema indiki ýönekeýleşdirilen modullary saklaýar: A – iki modul aşagyny saklaýan, ýagdaýlaryň başlangyç ähmiýetiň ýumuşynyň moduly (A_1 – modelirleýän wariantyň başlangyç ýagdaýynyň ýumuşy üçin we A_2 – modeliň bir gezekgi eltmesi üçin başlangyç ýagdaýyň ýumuşy üçin); B-min $t_i(j)$ ýagdaýy çalyşmagyň kiçi wagty bilen m_i , $i=\overline{1,n}$ model blogynyň saklaýjy we ýagdaýyň

massiwine seretmegi amala aşyryjy, ýagdaýyň çalyşmasynyň nobatdaky pursatyny kesgitlemek moduly; C – üç modul aşagyny saklaýan, oylanşkly gaytadan ulaşdyrmak moduly(C₁-modeliň blogynyň i belgisi boyunça ýa-da T wagty boyunça oylanşkly geçiş üçin, ýagny eltmäni tamamlamak baradaky meseläni çözmeklik üçin;)

§ 8.2. Q-Shema ulanmakly ulagam funksionirmek prosessiniň formolizasiýasynyň aýratynlyklary.

Q-shema görnüşinde amala aşyrylýan, üznüksiz stohastiki ugur ulgamyny modirillemekde ulanyşyň aýratynlyklary we köpçilikleýin hyzmat edilmän esasy düşinjeli § 2.5-de berilendir. Käbir ulgamy S-funksionirmek prosesiniň hakyky ýazgysy üçin Q-shemanyň ulanylyş mümkinçiliklerine seredeliň. Şeýle ulgamlaryň işinde häsiýetli ýagdaý-hyzmat edişe talaplaryň döremegi we wagtyň tötänleýin pursatlarynda hyzmat edilişi tamamlama, ýagny olary funksionirmek prosessiniň stohastiki häsiýeti. Umumy ýagdaýda ulgama S-daşky sredadan E-talaplaryň geliş pursatlary giriji akymy emele getirýar, hyzmat edşiň tamamlanmagynyň pursatlary bolsa hyzmat edilen talaplaryň çykyjy akymyny emele getirýär. [15,39,49,57].

Q-shemaň kömegi bilen haýsydyr bir hakyky ulgamy görnüşe getirmek bilen, şeýle ulgamyň düzülişini gurmak gerekdir. Q-shemaň düzüliş elementleri hökümünde üç görnüşdäki elementlere serederis: U-çeşmeler; H-ýygnaýjylar; K-talaplara hyzmat etmek kanallary.



Surat2: Q-shemaň ulgamlaryň strukturasyny

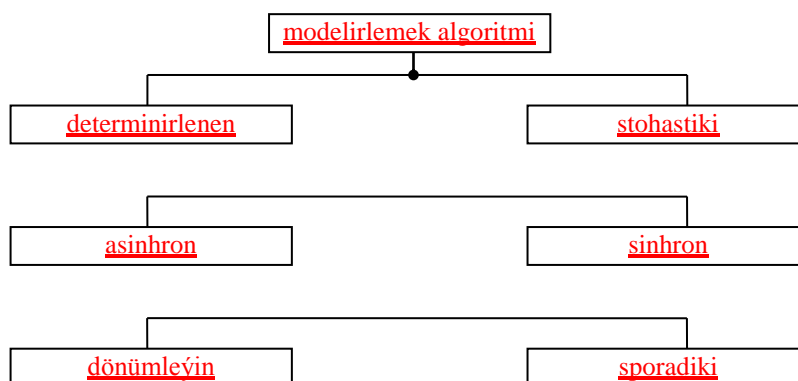
Q-shema görnüşinde berlen, ulgamyň S-düzülişiniň mysaly 8.4-suratda getirilendir. Q-shemada talaplaryň hereketini şöhlelendiriji, aragatnaşykdan başgada, dürli dolandyryjy aragatnaşyklar barada aýtmak bolar. Şeýle gatnaşykmalaryň mysaly ediji dürli gabalyşy bolup durýar: “klaponlar” üçbuçlyklar görnüşinde şekillendirilen, dolandyryjy aragatnaşyklar bolsa-punktirlenen liniýalar bilen. Kanalyň giriş boýunça blokirlenmesi, bu kanalyň talaplaryň giriji akymyndan ýazyňlygyny aňladýar, çykalga boýunça blokirlenmesi bolsa, blokirlýji kanal bilen hyzmat edilen talabyň bu kanalda blokirlenmüni aýyrmak pursatyna çenli galýanlygyny körkezýär. Hyzmat edilen talaplaryň çykyjy akymalarynyň gapdaly bilen ýiten talaplaryň akymy barada gürrüň etmek mümkin.

Ýokarda bellenip geçilişi ýaly,Q-shemany berlen hasaplamak mümkin, eger indikiler kesgitlenilen bolsa: wakalaryň akymly (talaplaryň giriji akymly we

her H we X üçin hyzmatb ediliş akymlyry); ulgamyň S -düzülişi (fazalaryň sany L %, hyzmat ediliş kanallaryň sany L^a , ýygnaýjylaryň sany L^a); ulgamy funksionirmek algoritmleri.

Wakalaryň akymyny iýmitleýji meýilnamaly generatorlaryň gurnalmagy we maşynly amala aşyrmagy meselelerine H -başgada seredilipdi, şonuň üçinem H -ýygnaýjylar we K -kanallar ýaly, Q -shemalaryň elementleriniň funksionirleme prosesiniň modelirleýji algoritmini guramagyň aýratynlylarynda has giňişleýin saklanyp geçeris.

Modelirleýji algoritm ulgamy S -funksionirmek prosesini barabar şöhlendirmelidir we şol bir wagtda modelin maşynly M -amala aşyrylmagynda kynçylyk döretmeli däldir. Şol wagtda modelirleýji algoritm indiki esasy talaplara jogap bermelidir: düzilişe degişlilikde hemmetaraplaýynlyga, funksionirleme algoritmlarına wäe ulgamyň S -parametrlerine eýe bolmalydyr; ulgamyň elementleriniň gerek bolan sanynyň şol bir wagtdaky we garşsyz işini öpjin etmelidir; maşynly synagy amala aşyrmaklyk üçin EHM-baýlyklarynyň amatly harajatlaryna eýe bolmalydyr; ýeterlikli awtonomly oýlanyşykly bölümlere bölmegi geçmelidir; rekkurentli düzginiň ýerine üterilişine seredip geçmelidir – wagt pursatynda bolup geýän, haka $t_R - 1 < t_R$ wagt pursatynda bolup geçen, modelirlemeden soň diňe modelirlenip bilner.



Surat3: Q -shemanyň gurluş algotmleriniň görnüşleri

Şol wagtda giriji akymyň bir talabynyň döremeginiň wagtyň käbir pursatynda t_i Q -shemaň elementlerinden birinden kop bolmadyk ýagdaýynyň üýtgemegine getirip biljekdigini göz önünde tutmak gerekdir, pursada t_i talaplara hyzmat etmegiň tamamlanmagy bolsa käbir kanalda birnäçe elementleriň ýagdaýynyň şol wagtda yzygiderli üýtgemegine getirip biler.

Modelirleýji algoritmleri gurmagyň iki sany esasyň barlygy mälimdir: “esas Δt ” we “esas δt ”. “esas Δt ” boýunça Q -shemanyň modelirleýji algoritmini gurmakda, barabar ulgamy gurmak üçin goňşy wakalaryň arasynda wagtyň kiçi interwalyny kesgitlemek geredir $\Delta t = \min \{U_i\}$ we modelirmekäň ädimi Δt deň diýip kabul etmeli. “ δt esas” boýunça gurlan modelirleýji algoritmlerde, yagny

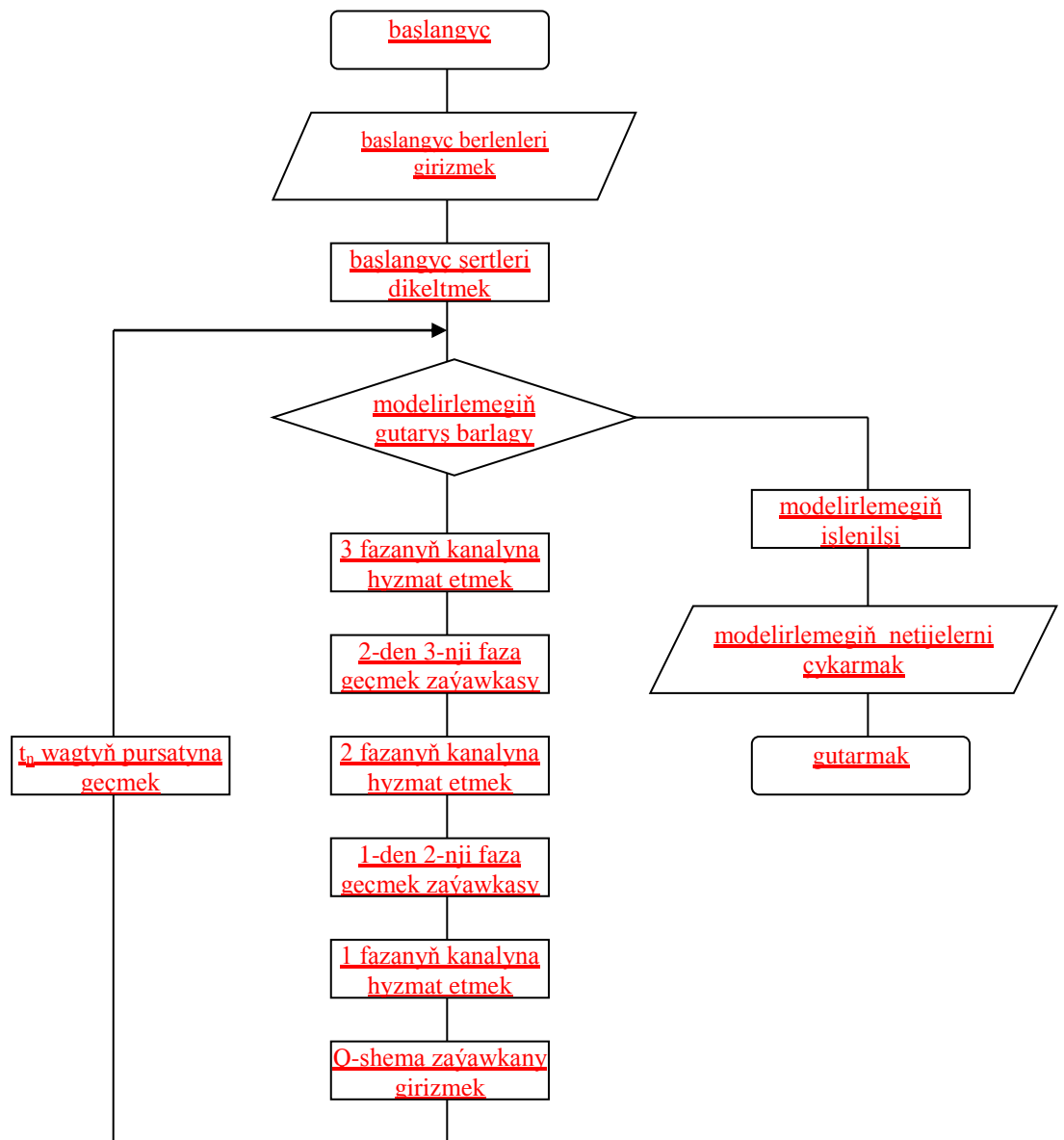
tötünleýin ädimli algaritmelerde, Q-shemanyň elementlerine diňe aýratyn ýagdaýlaryň pursatynda seredilýär. Şol wagtda ädimiň dowamlylygy $\Delta t = \text{var}$ we ulgamyň S öz aýratynlyklaryndan we daşky sredanyň E täsirinden baglydyr. Tötänleýin üdimli modelirleýji algaritmeler sinhronly we asinhronly usulda amala aşyrylyp bilner. Sinhronly usulda Q-shemaň elementleriniň belgisi alyp baryjy höküminde saýlanylýar we şol modellemäň tutuş prosessi sinhronizlenilýär. Modelirleýji algaritmi gurmagyň asinhromly usulda alyp baryjy element ulanylmaýar modelirlemäň nobatdaky ädimine bolsa U, H we K elementleriň köpüsiniň islendik aýratyn ýagdaýy gabat gelip biler. Şol wagtda Q-çatygyň elementlerine seredilme, her bir aýratyn ýagdaýda ähli elementlere döwürleýin ýa-da sporadiki seredip bolar ýaly edilip gurnalandyr.

Q-shemaň modelirleýji algaritmelerini gurmagyň mümkin bolan usullarynyň klassifikasiýasy 8.5-suratda getirilendir.

Modelirleýji algaritmeleriň agzalyp geçile dürli görnüşleriniň gurnalmagynyň we amala aşyrmagyň aýratynlyklaryna ulagamyň takyk wariantyny modelirlemekde has giňişleýin serediler.

§ 8.3. Q-shemaň modelirleýji algaritmeleriň guramagy we amala aşyrylmagy.

Häzirki zaman EHM-matematiki üpjün edilmeli we baýlyklar mümkinçiligi, SIMULA, SIM, SCRIPT, GPSS we ş.m. imitasion modelirlemäň ýöriteleşdirilen dilleriniň, ýa-da ALGOL, FORTRAN, PLII we ş.m. umumy bellenişi algaritmiki dilleriň bazasynda döredilen, amaly meýilnamalaryň bukjalaryny ulanmakly, Q-çatygy görnüşinde görnüşe getirilýän dürli ulgamlary modelirlemüni ýeterlikli täsirli geçirmäge mümkinçilik berýär. Ýöne modelirleme awtomatizasiýany bu şertlerini ulanmazdan öňürti modelirleýji algaritmeleri gurmagyň we amala aşyrmagyň prosesiniň manysyna çuňňur düşünmeli.



Surat4: Q-shemanyň determinirlenen modelirlenýän algoritmiň ulaldylan shemasy

EHM-da Q-shemanyň funksionirlemegiň prosesiniň imitasiýasy üçin ýagdaýlaryň massiwini gurmak zerurdyr. Bu massiwda bolmalydyr: $K_{R,i}$ kanallara we nobatdaky talaba hyzmat etmegiň $t_{R,i}$, $j = \overline{1, L_{R^k}}$ tamamlanyş wagtyna gabat gelýär nobatdaky ähmiýeti $Z_{R,i}$ ýatlamak üçin massiw aşagy K ; $H_i, i=1,2$ ýygnaýjylara gabat gelýän, nobatdaky ähmiýeti Z_i ýatlamak üçin massiw aşagy H , massiw aşagy U , ýagny çeşmeden U nobatdaky talabyň t_m geliş wagty ýazylýar.

Her bir elementar kanal $K_{R,j}$ bilen hyzmat etmek prosesini modelirlemegiň prosedurasy indikilerde jemlenýär. Paýlanyş kanaly bilen tötänleýin sanly generatory ýüzlenmek arkaly, hyzmat edilmän wagtyň dowamlylygy alynýar we hyzmat edilmän $t_{R,j}$ tamamlanyş wagty hasaplanylýar, soňra $Z_{R,j}=1$ ýagdaý billige alynýar; $Z_{R,j}=0$ boşamagynda; $K_{R,i}$ blokirlеме ýagdaýynda $Z_{R,j}=2$ ýazgy edilýär. H_i talabyň gelmeginde onuň mazmunynda birlik goşulýar, ýagny $Z_i=Z_i+1$, H_i

talabyň gitmeginde bolsa hyzmat edilmä birlik hasaplanylýar, ýagny $Z_i = Z_{i-1}$, $i=1,2$.

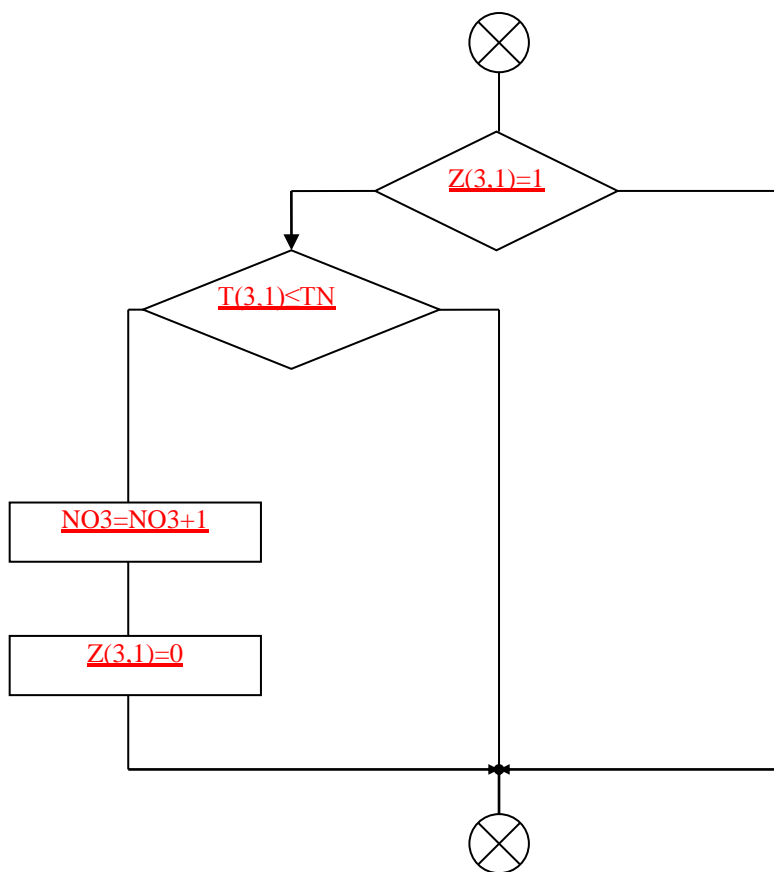
Q-çatgyň determinirlenen modelirleýji algoritmleriň ýönekeýleşdirilen shemasy 8.7 suratda berilendir. Mydamalyk ädimiň Δt bolmagynyň spesifikasiýasy awtonomly blok görnüşinde ulgamly wagtyň “sagatlaryny” ýazgy etmäge mümkinçilik berýär. Bu blok ulgamly wagty, ýagdaýyny $t_n = t_{n-1} + \Delta t$ hasaplamak üçin gulluk edýär. Q-shemany modelirlemekde saklanyş wagtyny kesgitlemek üçin degişli şertleriň barlagy geçirilýär (blok 3). Kömekçi bloklaryň işi – başdaky berilenleri girizmek 1, başlangyç şertleri ornaşdyrmak, modelirleme netijelerini işläp bejermek 11 we çykarmak 12 – EHM-de hasaplamagyň algoritmlerinde ulanylýan, meňzeş bloklardan tapawutlanýar. Şonuň üçinem modelirleýji algoritmiň işiniň determinirlenen ulgamyny spesifikasiýasyny şöhlelendirýän bölegine has üleşleýin saklanyp geçeris. Bu bloklaryň algoritmleriň üleşleýin shemalary 8.8, a-e suratda getirilendir. Q-shema modelirleýji algoritmleriň bu we indiki shemalarynda indiki bellenişler kabul edilendir: $ZN(i) \equiv Z_i$, $Z(K,J) \equiv Z_{R,j}$, $TM \equiv t_m$, $TN \equiv t_n$, $T(K,J) \equiv t_{R,j}$, $LO(i) \equiv L_i$, $PO \equiv P$, $NOI \equiv N_i$, $NO3 \equiv N_3$, $NO \equiv N$.

$K_{R,j}$ kanallar bilen talaplara hyzmat etmek prosedurasy, paýlanyş kanuny bilen bu kanala gabat gelýan, tötänleýin sanlaryň generatoryna ýüzlenmäge mümkinçilik bereji, $WORK(K(K,J))$ meýilnamalaryň generatorizasiýasynyň U çeşme bilen prosedurasy bilen Q-shemada nobatdaky geliş pursatyny kesgitleýji $D(TM)$ meýilnama aşagy görnüşde ýazgy edilip bilner.

Käbir $K_{R,j}$ kanalda talaplara hyzmat etmegiň tamamlanmagyň t_n wagtynyň pursatynda ulgamda talaplaryň gapma-garşylykly hereketiniň ugrunda ulgamyň elementleriniň ýagdaýlaryny üýtgemegi bölünmegi prosesine getirip biler, şonuň üçinem ähli H we K ulgamlara modelirlemekde seredilmelidir.

Işe göýberlinden başdaky berlenler girizilenden we başlangyç şertler ornaşdyrylandan soň ulgamy modelirlemegiň tamamlanyş şertleri barlanýar. Soňra Q-çatgyň 3-nji fazasynyň $K_{3,1}$ kanallar bilen talaplaryň hyzmat ediliş imitasiýasynyň geçirilýär. Eger $K_{3,1}$ hyzmat ediliş tamamlanan ulgamdan çykyş bellige alynýar, we $K_{3,1}$ kanalyň (operator 4.4) boşadylmasy geçirilýär.

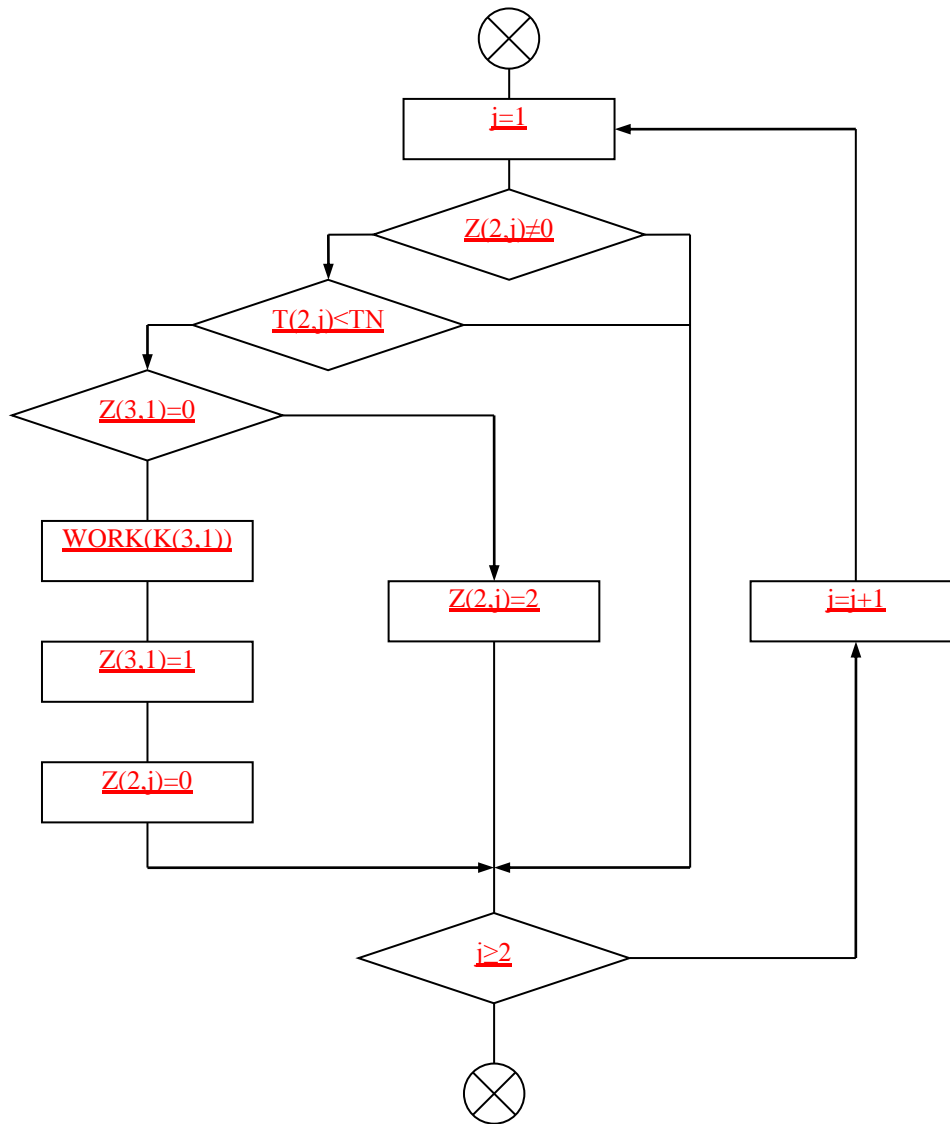
Soňra Q-catgyň 2-nji fazasynyň kanallarynyň işini modelirlemäge geçirmeklik amala aşyrylyar. Şol wagtda bu fazalaryň kanallarynyň yzygiderli seredilmesi geçirilýär. Soňra $K_{3,1}$ kanalda hyzmat edilse garaşýan, talaplaryň ikinji fazasynyň kanalynda barlagy ýa-da ýoklugy kesgitlenilýär. Eger t_n wagt pursatynda $K_{3,1}$ -de hyzmat edilişi talap edýän, talaplar bar bolsa onda talaplaryň birisi düzgünli hyzmat edilişi bilen degişlilikde saýlanylýar we onuň $K_{3,1}$ hyzmat edilşi imitirlenilýär, 3-nji fazanyň kanalyň eýeligi bellige alynýar we 2-fazanyň kanalyň boşadylmasy bellige alynýar. Eger kanal 3,1 eyelenen bolsa, onda 2-fazanyň kanalyň blokirowkalybellige alynýar.



Surat5: Algoritmeleriň shemasy

Soňra ýygnaýjyda we kanallaryň hersi üçin yzygiderli 2-fazanyň kanallarynda talaplara hyzmat ediliş prosesindäki özarz gatnaşyk imitirlenilýär. Soňra eger H2 ýygnaýjyda talaplar we 2-nji fazanyň erkin kanallarybar bolsa, onda erkin kanallaryň birisinden hyzmat ediliş we H2 ýygnaýjyda ýeriň boşadylmagy imitirlenilýär.

Soňra 1-nji fazanyň takyk kanalyňyň we 2-nji faza ýygnaýjysynyň özara gatnaşygy imitirlenilýär. K1,j üçin hyzmat edilişi talap edýän, ondaky talaplaryň barlygy barlanylýar. Eger 2-fazanyň erkin kanallary bolmasa, ýöne ýygnaýjyda boş ýer bar bolsa, onda H2talabyň ýazgysy we 1-nji fazanyň takyk kanalyň boşamagy modirlenilýär. Eger H2 boş ýer ýok bolsa, onda 1-nji fazanyň kanalyňyň blokirowkaly bellige alynýar. 2-nji fazanyň boş kanallarynyň bolmagynda talaplara hyzmat ediliş amala aşyrylýar we 2-njifazanyň kanalyňyň birisiniň eýeligi belige alynýar we 1-njifazanyň kanallarynyň birisiniň boşamagy bellige alynýar. Soňra 7.3 we 7.4 operatorlar gaýtalanýar, sebäbi 1-nji fazadan 2-nji şol bir wagtda iki talap ýerleşip biler. 7.13 we 7.14 operatorlaryň üçinji ýerine ýetirilsinde dolandyryş “Howwa” şerti boýunça indiki bloga geçirilip biliner.



Surat6: Algoritmleini shemasy

Soňra ýygnaýjyda we 1-nji fazanyň kanalynda talaplara hyzmat etmek prosesinde özara gatnaşyk imitirlenilýär. Hi ýygnaýjydan talaplara $K_{i,j}$ kanallar bilen hyzmat etmek mümkinçiligi we zerurlygy barlanylýar. Eger H_i talaplar bar we $K_{i,j}$ -den biri boş bolsa, onda 1-fazada talaplara hyzmat edilme imitirlenilýär, takyk kanalyň eýelenmegi we H_i bir ýeriň boşamagy bellige alynýar.

Soňra Uçeşmäniň we 1-nji fazaänyň H_i ýygnaýjysynyň, bu fazanyň kanallarynyň eýelenmeginiň hasaby bilen özara gatnaşygy imitirlenilýär. 9 blokda döwürleriň kömekçi operatorlary 9.2, 9.6 - 9.9 operatorlar bolup durýar. Eger t_n – e U-dentalap gelse, onda ol boş kanalyň bolmagynda $K_{i,j}$ hyzmat edilip biliner, H_1 ýeriň bolmagynda nobat goýulandyr. Şundan soň Q -çatga t_m çeşmeden nobatdaky talabyň gelmeginiň wagty kesgitlenilýär we dolandyrylyş 10 bloga geçirilýär, ýagny ol nobatdaky ädimiň t_n pursatyny kesgitleýär.

Soňra dolandyrylyş ýene-de 3 bloga geçirilýär, ýagny ol gerek bolan stasisikanyň toplumynda modilirleme netijeleriniň işlenilip bejerilmesini we berilmesine geçirýär, soňra modelirlemäniň saklanmasyny geçirýär.

Düzülişi 8.6 suratda “esas $\bar{\sigma}_z$ ” boyunca getirilen, şol Q-shemaň modelirleýji algoritiminiň gurluşynyň aýratynlyklaryna seredeliň. Ilki sinhronly modilirleýji algoritimi gurarys, üstesinde kesgitleniş üçin sinhronirleýji element hökminde çeşme U kabul ederis, ýagny $t_n=t_m$. t_n pursatda, ýagny modilirlemäň n -ji ädiminde, Q-shemaň 1-nji fazasynyň girelgesine U-den nobgatdaky talap gelýär. t_{n-1} pursatdan t_n pursada çenli Q-shemada H_1 we K_1 ýagdaýlaryň üýtgemegiň bolup geçmegi mümkin, eger (t_{n-1}, t_n) interwalda $K_{1,j}$ hyzmat etmek tamamlansa, ýa-da $K_{2,j}$ başlap bilse. Bu üýtgemeleri bu faza t_n talaplaryň gelmeginden öň modelirlemeli. Bu Q-çatygnyň galan fazalary üçin adalatydyr: R-j faza (R-1)-ji fazada talaplaryň gelmegine çenli R-j fazanyň ýagdaýynyň ähli üýtgemelerini modelirlemek gerekdir.

$K_{R,j}^*$ kanal bilen, hyzmat etmäh tamamlanmagynyň kiçi wagtyna eýe bolan durýan:

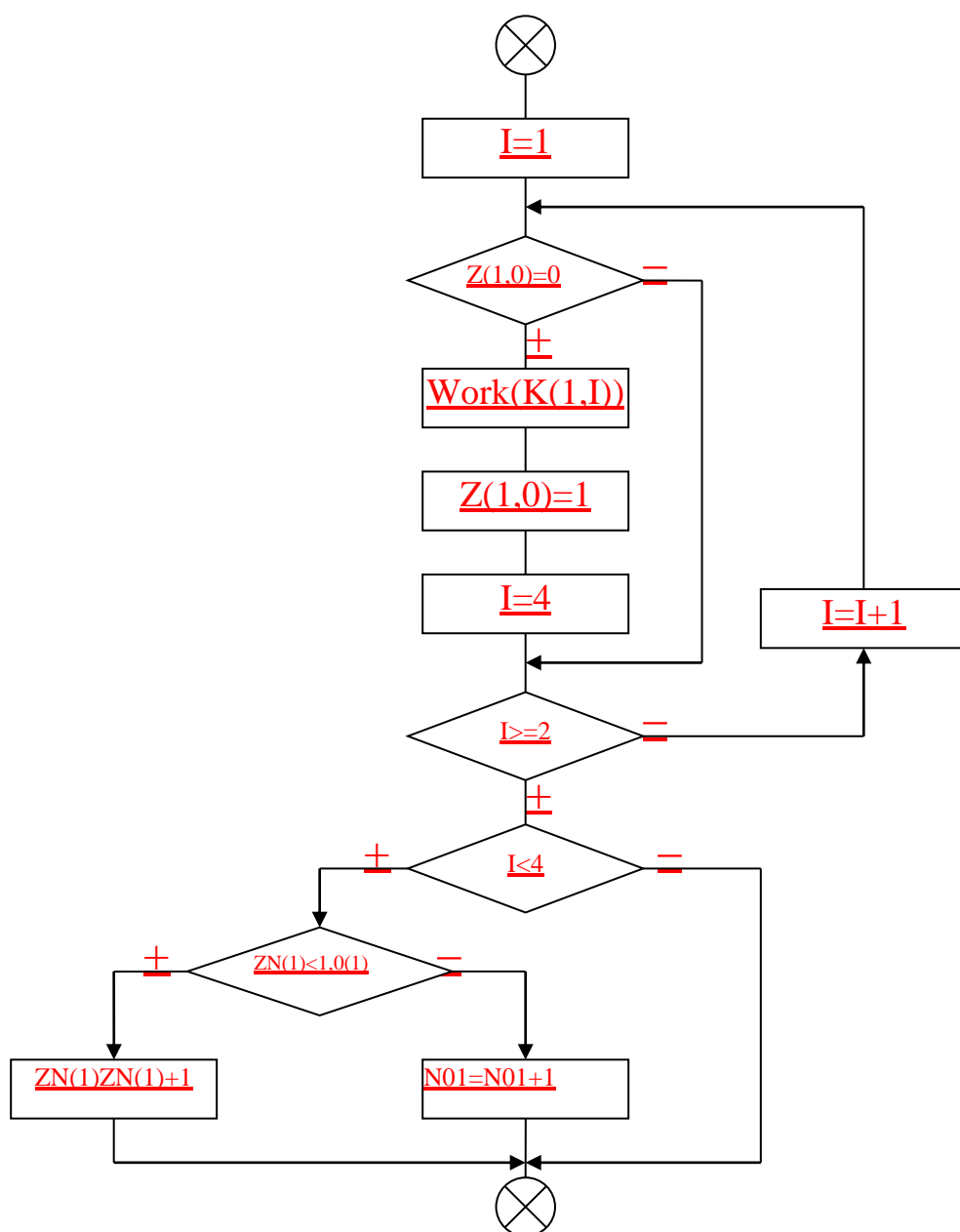
$$t_{R,j}^* = \min t_{r,j}, \text{ bu ýerde } t_{r,j} = \begin{cases} tr,i, & \text{eger } Z_{R,j} = 1, \\ 0, & \text{eger } Z_{R,j}(t_n - 1) = 2. \end{cases}$$

Sinhronly modilirleýji algoritimiň ýönekeýleşdirilen shemasy 8.10 suratda berilendir. Bu shemalaryň bloklarynyň köpüsiniň işi determinirlenen modelirlirleýji algoritmiň üleşleýin seredilen shemasyňa meňzeşdir. Şonuň üçinem diňe sinhronirleýji elementiniň özara gatnaşygynda has giňişleýin saklanarys, ýagny U çeşmede, Q-shemaň galan bölegine 6 blogyň işinde serederis.

Bu shemada kömekçi 6.1, 6.5 -6.8 operatorlar bolup durýar. 1-nji fazanyň baş kanallarynyň barlygy barlanýar. Eger $K_{1,j}$ 1-fazanyň kallarynyň arasynda boş bar bolsa, onda olardan birisi saýlamaýar we hyzmat ediş imitirlenilýär, ýagny bu kanalda hyzmat edişini tamamlanyş wagty kesgitlenýär, soňra onuň täze ýagdaýy bellige alynýar we indiki ädime geçmeklik amala aşyrylýar. Eger bir fazanyň iki kanaly hem eýelenen bolsa, onda bu fazanyň ýygnaýjasynda boş ýeri barlygy barlanylýar. Eger boş ýer bar bolsa, onda H_1 talabyň ýazgysy imitirlenilýär garşylykly ýagdaýda talabyň ýitgisi bellige alynýar.

Sinhronlydan eýeriji elementiniň ýoklugy bilen tapawutlanýan, asinhronly modilirleýji algoritimi gurmagyň aýratynlyklaryna seredeliň. Üstesinde modilirlemäň nobgatdaky ädimine aýratyn ýagdaý, ýagny islendik kanal bilen talaplardan bir hyzmat edilişini gutaryş pursaty gabat gelýär. Modilirleýji algoritimi gurmagyň şeýle esasy ulanmakda Q-shemaň elementleriniň ýagdaýynyň ütgäýiş prosesine ulgamdaky talaplaryň hereketine gapma garşy ugurdaky ugurda seretmek maksada laýykdyr. Muny modilirlemäň her ädiminde Q-shemaň ähli elementlerine döwürleýin seretmek bilen etmek mümkin. Şeýle asinhronly döwürleýin modilirleýji algoritimi Q-shemaň elementleriniň ýagdaýyna seretme meýilnamasynda 8.7 suratda getirilen determinirlenen modilirleýji algoritme barabardyr. Tapawut diňe ulgamly wagtyň hasabatynyň indiki ýagdaýda geçirilýändiginde jemlenýär.

$$t_n = \min (\min_{r,i} t_{r,i}; \min_m t_m),$$



Surat 7: Algoritmiň shemasy

Ýagny nobgatdakyädimiň wagty Q-gatgynyň ähli fazalarynyň ähli kanallaryna başlan hyzmat edilişiniň tamamlanmagynyň kiçi wagtyndan kesgitlenilýär. Görkezilen sebäpleriniň güjünde Q-shemaň asinhronly döwürleýini modilirleýji algoritmiň seredilmede giňişleýini saklanmaysy, diňe 8.13 suratda. Getirilen ýönekeýleşdirilen gatga serederis.

Asinhronly sporadiki modelirleýji algoritiminde döwürlerden tapawutlykda ulgamly wagtyň her pursaty üçin t_n diňe Q-shemaň wagtyň bu pursatynda öz ýagdaýyny üýtgedýän, elementlerine seredulýär. Ulgamda talaplaryň hereketiniň gapma garşylykly ugruna bolan ugurda Q-shemaň elementleriniň ýagdaýynyň üýtgemeginiň ýaýraýsprocessini modilirlemek üçin, kanallaryň boşamagy ýagdaýynda blokirlime zynjyryny yzarlamak gerekdir. Haçanda bu zynjyryň modilirlemäniň bir ädimi üçin seredilmegi ýagdaýyna seredeliň.

“Esas öz” amala aşyryji, asinhronly apordiki modelirleýji algoritmiň ýönekeýleşdirilen shemasy 8.15 suratda görkezilendir. Geçen shemalarda ýok bolan bloga 3 giňişleýini seredeliň. Blok 3 Q-shemaň haýsydyr bir elementiniň

ýagdaýynyň üýtgemeginiň ýakyn bolon pursatyna çenli wagtlaýyn interwaly kesgitlemek üçin gulluk edýär. (U,H ýa-da K) Ulgamlaýyn wagt

$$t_n = \min (\min_{R,j} t_{R,j}; t_m)$$

R,j

- bu k_R ; kanalyň boşamagynyň kiçi wagty ýa-da U çeşmeden täze talabyň gelmegine çenli wagt. K_R ; kanalyň boşamagynyň kiçi wagtyňyň gezegi 3.1-3.12 operatoryň kömegi bilen amala aşyrylýar. ýakyn bolan habaryň amala aşyrylyş pursadynda ýagdaýyň hereketi 3.15 we 3.16 operatorlar bilen amala aşyrylýar. şeýlelik bilen, 3 $t_m=0$ blogyň işiniň netijesinde, eger ýakyn bolan waka U çeşmeden we $t_{R,i}=0$ gelýän bolsa we R hem-de j kesgitlenen bolsa we R-ji kanaly boşan bolsa.

Köp fazaly köp kanally Q-shemaň modilirlemäň seredilen algaritmeleri, elbetde, özüniň baýlygy boýunça tejribede ulgamyň derňewi sintezi üçin ulanylýan Q-shemaň ähli dürli görnüşlerini gursap almaýar. Ýöne modelirlemäň bu takyk myssalry şeýle ulgamyň modilidleýji algoritmlerini gurnamagyň baş esaslary bilen üleşleýin tanyşmaga mümkinçilik berýär. Üstesinde bu esaslar modelirlenýän ulgamyň S görnişine we çylşyrymlylygyna warýantlydyrlar.

Ulgamyň warýantlaryny derňemekde maşynly modelleriň M_m çylşyrymlaşmasy meýilnamasynda indiki madifikasiýalara seretmek mümkin:

1. Birnäçe görnüşde talaplaryň akymynyň bolmagy. Bu ýagdaýda talaplaryň birnäçe çeşmelerne eýe bolmak gerekdir we haçanda seredilýän Q-çatrygyň ýagdaýlary we kanallary şol ýa-da beýleki akyma talaplaryň degişlilik alamtyny bellige almak gerekdir.
2. Talaplary ýygnaýja nobata goýmakda birinjiligiň bolmagy. Talaplaryň birinjilik klasynda baglylykda haçanda bir klasly talaplar ýygnaýjyda ýazgy boýunça birinjiligi eýe bolan ýagdaýa seretmek mümkin. Bu faktor talaplaryň alamtalary her alamtalary her ýygnaýjy üçin bellige almagy ýoly bilen degişli Q-çatrygy modelirlenýän algoritminde hasaba alynyp biliner.
3. Kanallara hyzmat etmeklige talaplary saýlamakda birinjiligiň bolmagy. Kanala gatnaşyk boýunça absolýutly we degişli birinjilikli talaplara seredilip biliner. Absolýut birinjilikli talaplar nobatdan ýygnaýja saýlamakda kanaldan birinjiligi has pes klasly talaplary çykarýar, ýagny olar şol wagtda ýene-de ýygnaýja gelýärler ýa-da ýiten hasaplanylýanlar, degişli birinjilikli talaplar bolsa öňki talaplaryň kanallarynyň hyzmat edilşiniň tamamlanmagna garaşýar. Bu aýratynlyklar kanaly boşatmagyň wagtyny kesgitlemekde we ony eýelemekde bäsdeşleri saýlamakda birinjilikli Q-shemalary modelirleýji algoritmlerde hasaba alynýar. Eger absolýut birinjilikleriň bolmagy talaplaryň ýitmesine getirse, onda ýitirilýän talaplary bellige almagy gurnamak gerekdir.
4. Talaplaryň ulgama geliş wagty boýunça çäklenme. Bu ýagdaýda ýygnaýjada talaplara garamagynyň wagty boýunça, kanallar talaplardan talaplara hyzmat etmegiň wagty boýunça çäklenmeler mümkindir. Üstünde bu çäklenmelere her faza we bitewlikde her çatga ulanyşda seredilip bilner. Şol wagtda Q-shema aýratyn ýagdaýy hökmünde diňe bir talaplaryň geliş pursatyna we talaplara hyzmat etmegiň tamamlanyş pursatlarna seretmän, eýsem Q-çatga

talaplaryň gelmeginiň ýol berilýän wagtyňyň tamamlanmagy pursatlarna hem seretmek gerekdir.

5. Ulgamyň elementleriň hataryndan çykmagy we olaryň geljekde kadyna getirmegi. Şeýle wakalar Q-shemada, degişde elementiniň hataryndan çykmak pursady ýygnaýjyda hyzmat edilmän başlanmagyna garaşýan ýa-da kanalda hyzmat edilişde bolan, talaplaryň ýitgisine getirilýän absolýut birinjilikli wakalaryň akymy ýaly seredilip bilner. Bu ýagdaýda Q-shema modelirleýji algoritiminde bozulmalaryň we kaddyna getirilmeginiň datçikleri bolmalydyr, şeýle-de işläp bejermek üçin operatorlar gatnaşmalydyr.

Seredilen modelirleýji algorimine we olaryň modifikasiýasynyň usullary ulgamyň giň klasyny modelirlemek üçin ulanyp bilner. Ýöne bu algoritmler maşynly wagtyň harajatlary we EHM ýatkeşliginiň gerek bolan döwri, amala aşyрмаň çylşyrymlylygy boýunça tapawutlananlar.

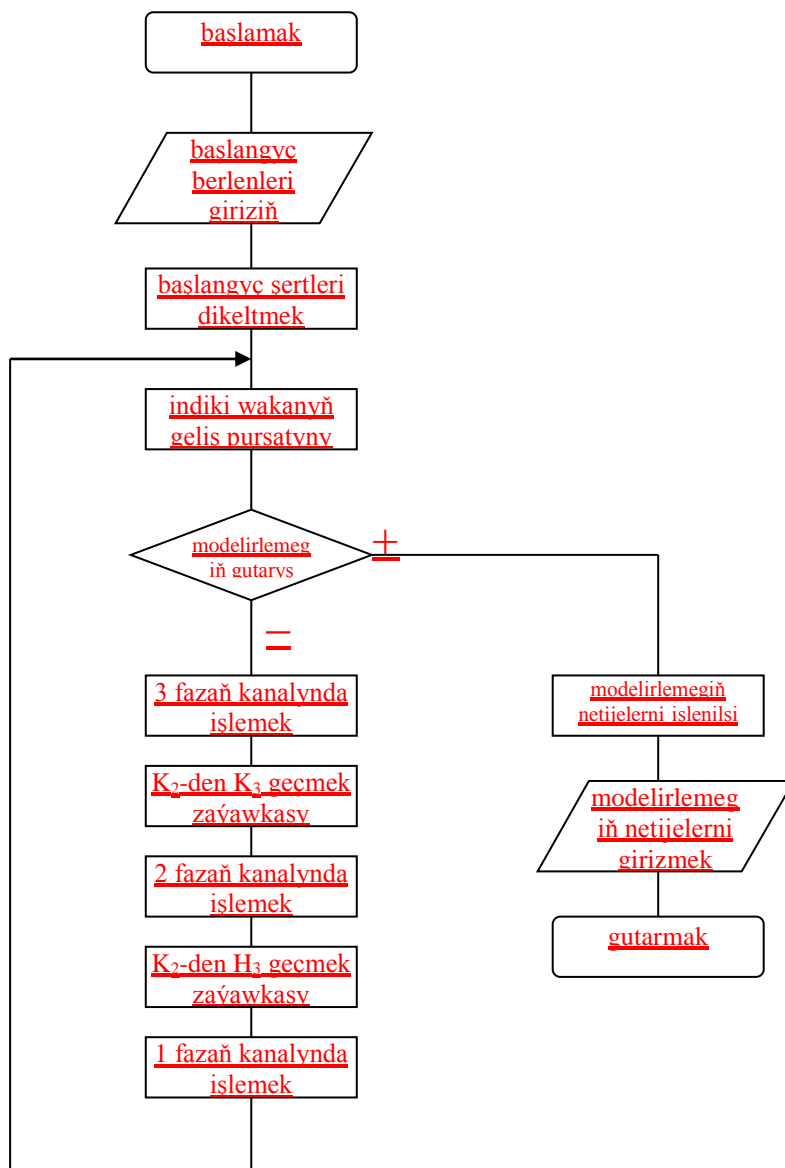
Gurluş esasyna agzalyp geçilen esaslar goýulan, Q-çatygyň dürli modelirleýji algoritmleri çylşyrymlylygyna gysgaça degerlikli baha bereliň. Determinirlenen we ashronly döwürli algoritmleri özlerniň gurluşlarynyň öýlanşygynyň nukdaý nazary bilen ýönekeýleşdirilen, sebäbi şol wagtda her ädimde Q-çatygyň ähli elementiniň rejelenmesi ulanylýar. Bu algoritmleriň maşynly amala aşyrmagy bilen modelirleme maşyn wagtyň harajatlarynyň ulgamynyň netijesinde kynçylyklar döredýär, sebäbi Q-shemany ähli elementlerini ýagdaýlaryna seredilýär. Modelirleme maşyn wagtyň harajatlary, elementleri wagtyň dürli ölçeglerinde funksionirlenýän, Q-çatygyň determinirlenen modelirleýji algoritmleri gurmakda düýpli ulalýar.

Stohastiki sinhronly algoritimde Q-çatygyň elementleriniň ýagdaýlaryň öňki üýtgemelerine seredilýär.

Asinhronly sporadiki algoritm modelirlemede diňe Q-çatygyň üýtgame ýagdaýy ulgamly wagtyň bu interwalynda ornuna eýe bolup biljek elementlerine seretmäge mümkinçilik berýär, bu bolsa modelirleýji algoritmleriň sinhronly algoritmler bilen deňeşdirilende käbir ýönekeýleşdirilmesine getirýär.

Imitasiýany geçirmeklige EHM operatirw ýatkeşligi üçin gerek bolan harajatlary blokly modelleriň gurnamagynda uýply kemelip bilerler, ýagny haçanda Q-çatygyň aýry bloklary prosedura görnüşinde amala aşyrlanda.

Häzirki wagta çenli Q-shemany modelirlemegiň uýply tejribesi toplumlydyr. Seredilen modelirleji algoritmler köp fazaly we köp kanally Q-çatygyň ähli mümkin bolan wariantlaryny düýpli şöhlendirmäge, şeýle-de ähli spentriň derňewini geçirmäge mümkinçilik berýär.



Surat 8: Q-shemanyň asinhron modelirlenen algoritmi

§ 8.4 A-shemanyň ulanmakly ulgamy funksionirmek prosesiniň formalizasiýasynyň aýratynlyklary.

A-çatygyň kömegi bilen amala aşyrylýan, baýlaşdyrylan agregatiw ugurly ulgamy modelirmekde ullanylaýan baýlaşdyrylan agregatiw ugurly ulanmaklygyň aýratynlyklary agregatiw ulgamyň esasy düşüňjesi §2.6-da berilendir. Dürli ulgamlary [9,10,19,51] funksionirmek prosesleriň formalizasiýasy üçin A-shemany ulanmagyň mümkinçiliklerinde saklanarys.

KLA görnüşinde hususy birmeňzeş matematiki shemalar görnüşinde berlen, ulgamy S funksionirmek prosesleriniň formalizasiýasynyň aýratynlyklarna seredeliň. Şol wagtda KLA görnüşinde hakyky ulgamlary funksionirmek prosesleriň formalizasiýasynyň berilmeginiň birmeňzeş däl bolup durlanlygy göz önünde tutmak gerekdir, sebäbi agregatlaryň ýagdaýlary birmeňzeş däl ýagdaýda saýlanyp bilner [9,19,51].

§ 8.5 A-shemanyň modelirleýji algoritmleriň guramasy we amala aşyrylmasy.

Agretatiw ugrynyň esasy artykmaçlygy, modelleri işläp düzüjileriň we ulanyjylaryň eline şol bir formal shemanç, ýagny A-çatygy berlendigine durýar. Bu modelirleýji algoritmleri döretmekde we olaryň EHM-de meýilnamalary amala aşyrmagynda, agregatiw ulgamynda ulgamaalaryň funksionirlemesiniň ýazgy ediji prosesleriň matematiki derňewleriň netijelerini ulanmaga mümkinçilik berýär. Häzirki wagtda matematiki üpjün edilmän işlenilip düzülmegi bardyr, soňkynyň esasynda agregatiw ugur goýulandyr. Ýöne şol wagtda ulanyjyda mydama konseptualdan formal modele geçmekde erkinlik galmalydyr. Şeýlelik bilen A-çatygyň esasynda gurlan, modeliň M görnüşinde käbir ulgamyň S funksionirleme prosesini köp wariantly bermegiň mümkinçiligi bardyr.

Şeýlelikde, A^E , A^K , A^H , A^P we A^C agregatlaryň toplumyny ulanmak bilen seredilýän ulgamyň funksionirmek prosesini ýazgy etmek mümkin. Has çylşyrymly ulgamaalaryň formalizasiýasy mümkinçiligi üçin obýektleriň (Q-çatygy) bu klasynyň çäklerinde, agzalyk geçilen agregatlaryň ýagdaýlaryň sanyny ulanmak gerekdir, ulgamyň beýleki klaslary üçin bolsa agregatlaryň toplumy giňeltmek gerek bolýar.

Şeýle ulgamyň modelirleýji algoritmleriň ýönekeýleşdirilen shemasy, A-shema görnüşinde 8.22 suratda getirilendir. Modelirlenmegiň esasynda bökülme pursatlarynda modeliň ýagdaýyna seretmek esasy, ýagny “esas öz” goýulandyr. Her bir aýratyn ýagdaýyň işlenip bejirelmesi 6 we 12 bloklar bilen ýerine ýetirilýär. Şol blogyň işi 8.23 suratda getirilen, shema bilen beýan edilýär, we agregatyň görnüşlerini saýlamaklyga (A^E , A^K , A^H , A^P we A^C) getirilýär, ýagny onuň üçin modelirlemede geljekki “hereket” amala aşyrylýar.

Ulgama S daşky sredanyň E täsirini beýan ediji, modelirleýji algoritmiň shemasy 8.24,a suratda görkezilendir. Şol wagtda daşky sredada signalyň gelmeginde ýa-da berileginde haýsy wakanyň ornuna eýe bolanlygy kesgitlenilýär, ýagny giriji akymyň A-çatyga talaby kesgitlenýär. Talabyň berilmegniň wagta gelende ol A-çatyga berilýär we talabyň geliş pursatynda arasynda wagt interwaly generirlenýär (blok 6,2,3). A K we A H agregatlaryň işini görkeziji, modelirleýji algoritmleriň shemasy, 8.24 b suratda deňişlilikde getirilendir. Bu shemalaryň işi 8.21,b,w suratda görkezilen, A k we A h agregatlaryň funksiýanirleme prosesiň ýazgysyna doly ngabat gelýär.

Agregatlaryň ýanaşyklygynyň kömekçi funksiýasyny ýerine yetiriji, A p we A_c algaritmlaryň shemasy 8.24, g, d suratda deňişlilikde görkezilendir. Olar A_e , A k we A h esasy agregatlaryň özara gatnaşygyny amala aşyaryar, ýagny A-shemada signallary çatmagyň düzgünleriniň hasaby bilen ýagdaýdan baglylykda olaryň arasynda signallary geçirmäge rugsat etmek ýa-da gadagan etmek bilen. Şol wagtyda shemada, A-shemada signallary çalyşmagyň bbu düzgünleriniň başdaky berlenlerini bermekdäki säwlikler bilen baglanşkly, ýalňyşlaryň testirlemesine seredilendir.

Takyk ulgamy S modelirlenmegiň seredilen mtsaldan görnüşi ýaly, agregatiw ugur, awtomatlaşdyrylan imitatsion ulgamyň gurulmagy, onuň içki we daşkymatimatiki we meýilnamaly üpçün edilmesiniň işlenilip düzülmegi

jemlenýän, fundament bolup durýar. Şol wagtda derňelýän obýektiň matimatiki modeliiniň standartly formulasy diňe bir modilirleýji algoritmleri imitirlemäge mümkinçilik berýän, eýsem meýilnamalaryň ýörite kitaphanalary görnişinde amala aşyrylan, modilirleme netijeleriniň derňewiniň we işlenilip bejerimesiniň standartly usullaryny hem ulgama mümkinçilik berýär.

Ulgamy modelirlemekde agregatiw ugrunyň ulanylmasy beýleki öz hemmetaraplaýyn ugurlar bilen deňeşdirilende, artykmaçlaryň giden hataryny berýär. Agregatiw ugur, modeliň modully düzlüşiniň we signallary çalşyrmagyň diskretli häsiýetiniň güjünde, modelirlenýän obýekt barada maglumatlary saklamak üçin EHM daşky ýatkeşligini ulanmak mümkinçiligini berýär, bu ujyply derijede modelirlenýän ulgamy funksionirlemäň prosessini bermegiň synasýgynda döreýän, çylşyrymlylyk boýunça çäklenmäni peseldýär. Şol wagta imitatsiýa meýilnamalaryň göwrümi, agregatlar we olaryň aragatnaşyklary barada maglumaty saklamak üçin gerek bolan, yatkeşligiň göwrümi we maşynly modeliň M_m amala aşyrylmasy üçin gerek bolan, operatsiýalaryny kesgitleýän, modelirlenilýän obýektiň çylşyrymlylygyndan az baglydyr. Şeýle imitatsion meýilnamalaryň olaryň awtonomly fazalanyşynby öňinden görmäge mümkinçilik berýänligi we köp gezekeleýin ulanyşly meýilnamalar bolup durýanlygy wajypdyr, bu ulgamy modelirlemek meselesini çözmegiň işjeňligi ýokarlandyrar. Şeýle sazlanan meýilnamaly modullaryň bolmagynda modelirlemä taýýarkyk wagty A-shema we başdaky birilenleriň ýumuşy görnişinde modilirlenýän ulgamyň S formatsiýasy wagtyna düýbinden gabat gelýär.

Agregatiw ugurda käbir kynçylyklar döreýär, meselem, müşderiniň imitatsion ulgam bilen gürünleşigini gurmak bilen baglanşkly, sebäbi modelirlenýän ulgamyň A-shema görnişinde berilmegi girýän berlenleri, degişli görnüşde düzülmegini göz önünde tutýar, yz ýanyndan, müşderi edil mmodul işläp düziji ýaly meselesini çözmek üçin agregatiw ulgamyň diline eýe bolmalydyr.

Ösüş ýollarynda agregatiw ugur maşynly synaglary awtomatlaşdyrmak üçin esas döredýär. Şeýle awtomatlaşdyrma, ulgamy S funksionirlemek prosessiniň formalizatsiýaly, modelirleme, meýilnamalaşdyrma we maşynly synaglary geçirmek üçin başdaky berlenleri taýýarlamak, modelirleme netijeleriniň interpretatsiýaly we işlenip bejerilmesi ýaly etaplary bölekleýin ýa-da duruşyna alyp biler. Modilirlemäni awtomatlaşdyrmak prosessi wagtyň geçmegi bilen we etaply bolar. Awtomatlaşdyrma meselelerini çözmeklik, modelemani, ASU taslamak we ulanmak sferasynda, habary ýygnamak we işläp bejermek ulgamynda, taslamany awtomatlaşdyrmak ulgamynda, ulmy derňewleriň we toplumlaýyn synaglaryň awtomatlaşdyrylmagy ulgamynda injener-ulgan tehnikiniň her günki işi üçin gural hökmünde ulanmagyň ösüş ýollaryny döredýär.

Şeýlelik bilen, bu başda Q-we A-shemalaryň mysalynda seredilen, bir şekildäki matimatiki shemalaryň ulanylmasy, takyk ulgamy S funksionirlemek prosessini görnüşe getirmäge, ýagny ulgamyň konspektuwal modelinden M_k onuň maşynly modeline M_m geçmeklige mümkinçilik berýär. Bir şekildäki matimatiki çakgylara takyk ulgamy modelirlemekde 9 başda serediler.

IX BÖLÜM

DAU-işläp düzmekde modelirleme usulyny ulanmak

§9.1 Ulgamyň modellerini gurmağyň we amala aşyrmak düzgünleriniň umumy esaslary.

Häzirki zamanda maşynly modelirlemek usuly, dürli DAU üpjün ediji we funksional ulgam aşagyny işläp düzmekde giňden ulanylýar. Şol wagtda, öň belleniş geçiş ýaly, obýektden garaşyzlykda modelirlemäňindiki etaplaryny bölmek mümkin:

- 1) Ulgamyň konseptual modelini gurmak we onuň formalizasiýasy;
- 2) Ulgamyň S modeliniň algoritmizasiýaly we onuň maşynly amala aşyrylmasy;
- 3) Maşynly modelirlemäň netijelerini almak we olaryň interpretasiýasy;

Modelirlemäň birinji etabynda model görnüşe getirilýär, onuň hakyky shemasy gurulýar we şeýle-de hasaplaýyş maşynynda ulgamy modelirlemegiň täsiri we maksada laýyklygy baradaky mesele çözülýär. Ikinji etapda birinji görnüşe getirilen, matematiki model maşynlyda beýan edilýär, ýagny modeliň algoritmizasiýasy, onuň bloklara oňaly bölünmesi we olaryň arasynda interfeýsi gurnamak meseleleri, şeýle-de maşynly synaglary geçirmekde netijeleriň zerur bolan takyklygyny we ynamlylygyny alamak meseleleri çözülýär. Üçünji imitasiýaly üçin, gerek bolan habary ýygnamak, onuň statistiki işlenip berilişi we modelirleme netijeleriniň interpretasiýasyüçin ulanylýar.

Şol wagtda modelirlemäň ähli etaplarynda ýazylyşdan maşynly modele Mm geçmegiň, modeliň böleklere bölünmesiniň, esasy we ikinji derejeli parametrleriň, ulgamyň häsiýetnamalarynyň, çözümleri kabul etmek mehanizmini we kabul edilen çözümiň hakykata gabat gelşini barlamagy gurşap alyjy, ýewristiki esaslarda gurulan, hakyky bolmadyk operasiýalar bolup durýandygyny hasaba almak gerekdir. Alynan netijeleri maşynly modelirlemäň metodologiýa oblastynda baýlaşdyrmak bilen, modelirlemäň ewristiki esaslaryny ulgamyň modellerini gurmaklygyny we olaryň maşynly amala aşyrylmasyynyň usullarynyň esasy düzgünleriniň toplumyna şertli bölmek mümkin.

Üstesinde düzgün gurulan maşynly modeliň eýe bolmaly, umumy häsiýetlerini almagyň takyk usullaryny berýär. Olary gurmağyň düzgünleriniň we amala aşyrmak usullarynyň ýeke tak ulgamy emele getirýänligini belläp geçmek gerekdir, ýagny olara aýrybaglanyşykly seredilme maşynly modelirlemäň metodologiýasy barada doly düşüňjani bermeýär.

Gurluşyň ýewristiki düzgünleriniň we maşynly modelleriň Mm amala aşyrylmasyynyň tejribe usullarynyň özara aragatnaşygynyň iýerarhiki düzülişi çataý görnüşinde (surat 9.1) şertleýin berilip bilner, ýagny ulgamy modelirlemekde ýerine ýetirilýän, hakyky däl hereketleriň zynjyryny berýär.

Suratda indiki bellenişler kabul edilen:

DÜZGÜŇ:

1. Modeliň takyklygyny we çylşyrymlygyny goýmaklyk;
2. Modelirlemäň we ýazgy etmäň ýalňyşlyklarynyň ölçeglilik;

3. Modeliň blokly berilmesini amal aşyrmak;
4. Modelleri takyk şertler üçin ýöriteleşdirmek;
5. Modeliň elementler toplumynyň ýeterlikliligi;
6. Derňewçi we ulanyjy üçin modeliň gowy bolmagy; USULLAR;
7. Bloklyň arasynda habaryň az çalyşylmasy;
8. Interpretasiýanyň kriteriýasy boýunça modeliň ýönekeýleşdirilmegi;
9. Kriteriýanyň modifikasiýasyndan blokly aýyrmak;
10. Bagly bolan täsirlenmeleri bagly däller bilen çalyşmak;
11. Şertli modellerde takyklygy barlamak;
12. Netijeleriň gabat gelşi boýunça takyklygy barlamak;
13. Girizilen bloklyň ekwiwalentligini barlamak;
14. Dürli çylşyrymlykly modelleri derňeşdirmek;
15. Ulgamyň wariantlarynyň parallel modelirlenmesi;

Shemada tutuş liniýalar bilen hususy, punktlary usullaryň we umumy düzgünleriň aragatnaşygy – degişli düzgüni ýa-da usuly ulanmak mümkinçiligi görkezilendir. Modelirlenmäh agzalyp geçilen usullaryna we düzgünlerine we olaryň özara aragatnaşygyny gysgaça seredeliň.

1. Modeliň takyklygyny we çylşyrymlylygyny goýmagyň düzgüni: garaşylýan takyklygyň we modelirleme netijeleriniň ynamlylygynyň we ulgamyň S modeliniň onuň maşynly amala aşyrylmagy nukdaý nazaryndan çylşyrymlylygynyň arasyndaky ylalaşygy häsiýetlendirýär.
2. Ulgamy modelirlenmegiň we ony ýazgy etmegiň ýalňyşlyklarynyň ölçeglilik düzgüni:

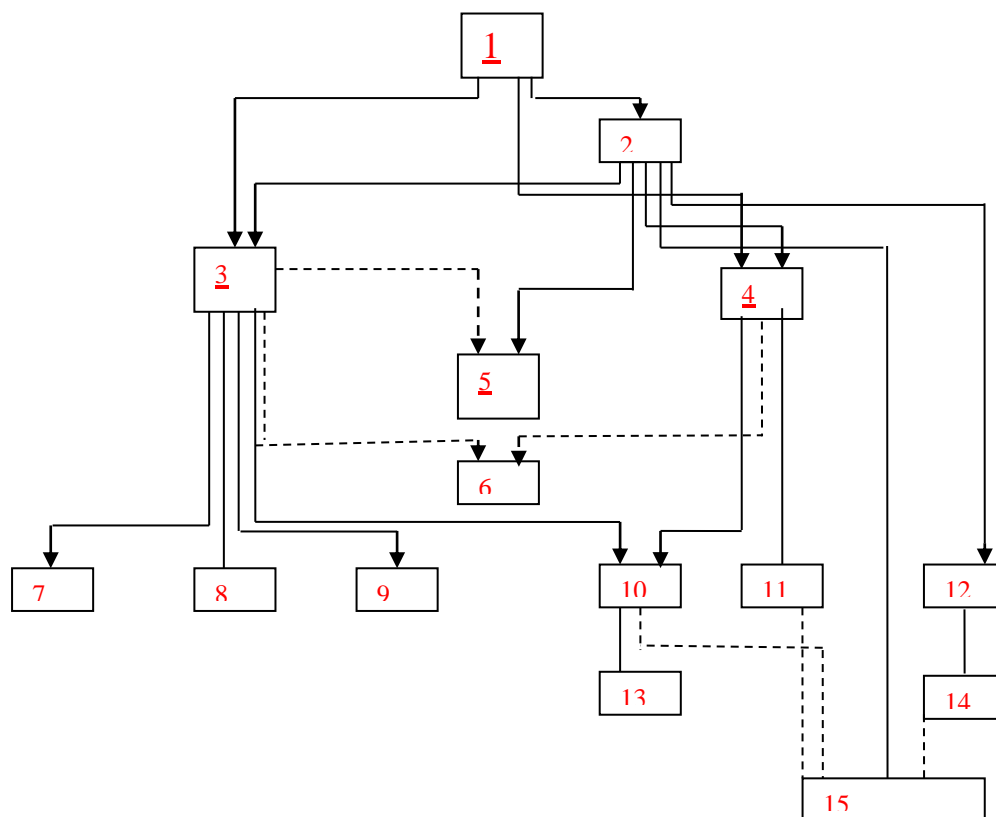
Manysy boýunça “takyk balansyny” saklaýar, ýagny ýagny indikiler bilen kesgitlenilýän: başdaky berilenleriň kesgitsizliginiň täsir ýumuşa ýazmagyň ýalňyşlygy bilen ulgama S ýazmak modeliň Mm adekwatly dälligi sebäpli modelirlenmäh yzygiderli ýalňyşlygynyň gabat gelişi bilen; modeliň bloklynyň takyklyklarynyň özara gabat gelişi bilen ; EHM-da modelirlenmäh yzygiderli ýalňyşlyklarynyň we modelirleme netijelerini bermegiň tötänleýin ýalňyşlyklarynyň gabat gelmegi bilen.

Ulgamyň S modeliniň çylşyrymlylygynyň, modeli Mm gurmaklygawagtyň harajatlary, onuň amala aşyrylmagyna maşynly wagtyň harajatlary we modelirleme üçin ulanylýan, takyk EHM ýatkeşlik göwrümi bilen häsiýetlenýänligini ýatdan çykarmak bolmaz. Üstesinde maşynly wagtyň harajatlarynda tutmaklygy modelleri Mm bloklara bölmegiň wariantlaryny deňeşdirerlikli bahalandyrmakda alýarlar. Bu ýerden bu düzgünleri amala aşyrmagyň indiki usullary, hut ulgamyň wariantlaryny parallel modelirmek usuly (15 usul) , ýagny funksionirlenmäh hiliniň degişli görkezijileriniň tapawudyny bahalandyrmak bilen derňelýän ulgamyň S bäsleşýän wariantlaryny parallel modelirmek mümkinçiligi gidýär.

1 we 2 düzgünleriň tejribe taýdan amala aşyrylmagy diňe modeliň wariantlarynyň ýeterlikli dürli görnüşliligini döretmäge mümkinçilik beriji, maýyşgak ulgamyň bolmagynda mümkindir, ýagny modeliň elementlerini – modelirlenmäh matematiki we meýilnamaly üpjün edilşinde modelirlenmäh we oňalylygynyň mahsus bolan prosedurasyny ýerine ýetirmek gerekdir.

Surat (9.1):

Maşynly modelleriň amala aşyrylmagy usullarynyň we gurmaklyk düzgünleriniň özara gatnaşygynyň shemasy.



Modelleri gurmaklyk kä halatlarda- adam tarapyndan çözülyän döredijilikli meselelerdir, ýagny onuň çözülmeginde, ýerine ýetirilmesi derňewçä we ulanyja modelirlemäň obýekti barada ilkinji göz önünde tutulmalary operirlemek mümkinçiligini berýän, derňewçi üçin modeliň gömüklilik düzgünlerine gözekçilik etmek gerekdir, bu bolsa köp ýalňyşlyklardan gaça durmaga mümkinçilik berýär we alynan netijeleri düşündirmegi ýönekeýleşdirýär.

Köplenç , modeliň Mm blokly gurlmasynyň zerurlygy, diňe bir onuň maşynly amala aşyrylmagynyň aýratynlyklary bilen däl-de, eýsem müşderiniň operasiýa geçmeklige öwreşen düşüňjesini saklamagyň amatlylygy bilen döreýär.

Ulgamyň S ýazgysyndan onuň maşynly modeline Mm geçmeklik, blokly modeli gurmaklyk ýoly bilen has oňaýlydyr, ýagny modeli blokly bermegi amala aşyrmagyň düzgünleriniň (düzgün 3) ýerine ýetirilmegi zerurdyr, şuna degişlilikde gerekdir: awtonomly modelirleme üçin amatly, bloklary we hakyky usullar bilen derňemeklige ýol beriji bloklary tapmaly; modelden blogy aýyrmak ýa-da ony ýönekeýleşdirilen ýazgy bilen çalyşmak bilen, bu blogyň çäklerinde ýazgyň düzülişini saklamak maksady bilen, bu algamyň S häsiýetnemesyny derňemeginiň meselesi üçin her blogyň düýpli ýa-da düýpli dälligi baradaky çözgüdi kabul etmeli.

Modeliň geljekde amala aşyrylmasynyň nukdaý nazary bilen bloklara bölünmegini, modeliň bloklarynyň arasyndaky aragatnaşyklarynyň sanyny azaltmak mümkinçiligi boýunça geçirmeklik maksada laýykdyr, ýagny bu ýerden bloklaryň arasyndaky habary az çallyşmak usuly gidýär.

Mundan başga-da, modelden bloklary aýyrmagyň ýol bererlikligi baradaky meseläni çözmekde interpretasiýanyň kriteriýasy boýunça (usul 8) modeli Mm ýönekeýleşdirmeginiň ususlyndan peýdalanmak maksada laýykdyr, ýagny modelirleme netijeleriniň interpretasiýasynyň kriteriýasyna az täsir edýän bloklar manysyz hasaplanýar we şunuň güýjünde modelden aýrylyp bilinerler. Şol sanda ulgamy modelirlemek prosesinde hem bloklary aýyrmagyň usullary bu bloklaryň ulgamyň galan blogy bilen özara gatnaşygynyň häsiýetinde baglylykda tapawutlanýarlar.

Ulgamyň S daşgy sreda bilen özara gatnaşygynyň ýazgysyny düzüji, gutarnykly bloklary aýyrmak bilen, muny modelirlemäň netijeleriniň interpretasiýasynyň kriteriýasynyň görnüşe getirilmeginde hasaba almak gerekdir, ýagny bu bloklaryň kriteriýa modifikasiýasýndan (usul 9) aýrylmak usulyna gabat gelýär.

Indi bolsa ulgamyň S derňelýän bölegine täsirlenmeni amala aşyryjy, blogyň çatylyş usulyna seredeliň. Şeýle blok awtonomly bolup durmaýar we ony ulgamyň derňelýän böleginden bagly bolmadyk, bir ekwiwalentli bilen çalyşyp bolmaýar. Ýöne ýagdaýlaryň hatarynda üýtgewlileriň üýtgeýiş diapazonyny görkezmek başardýar. Ýagny ulgamyň derňelýän böleginiň funksionirlenmesini berilen interwalynyň içinde üýtgewleriň dürli ähmiýetinde köp gezekleýin modelirlemek ýoly bilen öwrenmek mümkin.

Bu göz önünde tutulmalar garaşly täsirlenmeleriň garaşsyz täsirlenme bilen çalyşma usuly arkaly amala aşyrylýar (usul 10).

Užgamyň S modeliniň Mm amala aşyrylmagyny girýän täsirlenmeleriň ekwiwalentini saýlamagyň usuly baradaky meseläni goýmak ýoly bilen çözmeklik zerurdyr. (usul 13):

Giriji blok we ters gatnaşyk üzülmesinden ulgamyň derňelýän bölegi bilen emele gelýän, utgaşan konturyň ýönekeýleşdirilmegi; ähtimally ekwiwalenti onuň önünden derňelmeginiň esasynda gurmak ; ulgamyň derňelýän bölegine gatnaşyk boýunça in ýaraamaz täsirlenme bilen giriji blogy çalyşmak.

Şu wagta çenli diňe maşynly modeli kesişmeýän bölege düzülişli bölmekligi amala aşyryjy, bloklara seredilipdi, ýöne ulgamy funksionirlemeginiň dürli etaplaryny ýa-da režimlerini şöhlelendirýän, bloklara wagtlaýyn bölmekligi hem ulanmak mümkin, ýagny bu ýagdaýda olara ulgamyň kesişýän bölekleri girip biler. Ýagdaýlaryň hatarynda şertli model aşklaryny bölmeklik maşynly modeli Mm amala aşyrmakda ýönekeýleşdirmeni gazanmaklyga, modelirleme netijeleriniň taslanmasyny gysgaltmaga we şunuň bilen bilelikde kowulyp çykarylmalaryň talap edýän mukdaryny gysgaltmaga mümkinçilik berýär.

Şertli model aşaklarynyň shemasyny baýlaşdyrmak bilen, maşynly synaglary meýilnamalaşdyrmagyň aýratynlyklarynyň hasaby bilen gurulan, şertleýi model aşagynda alynan, hususy görkezijileriň toplumu boýunça bitewilikde ulgam barada gürrüň etmek mümkinçiligini beriji, we takyk şertlerde ulgamy S funksionirmek prosesiniň häsiýetiniň derňewi üçin niýetlenen. Hususy şertli model aşagynyň toplumyny ulanmagyň maksada laýyklygyny kesgitleýji. Takyk şertler (düzgün 4) üçin ýöriteleşdirmek düzüminiň görnüşe getirmek mümkin.

Üstesine-de ulgamyň doly modeliniň ýöriteleşdirmegi aýry ýagdaýlarda onuň ýönekeşleşdirilip blokly berilmesiniň takyklygyny barlamaga mümkinçilik berýär, bu ýerden şertli modellerde takyklygy barlamak usuly gidýär (usul 11). Şertli model aşaklary bir birinden garaşsyzlykda gurulýar, bu bolsa meselem birnäçe EHM-da, ähli model aşaklary bilen parallel maşynly synaglary ýerine ýetirmekli, derňewleri çaltlaşdyrmaga mümkinçilik berýär.

Ulgamy S modelirlemegiň dinamikasy modelleriň $\{M\}$ käbir giňişlik aşagyndaky hereketi ýaly kesgitlenip biliner. Üstesinede ulgamy derňemekde hereket modeliň çylşyrymlaşmatarapyna gidýär. Bu ýerden bolsa netijeleriň gabat gelmegi boýunça takyklygy barlamak usuly, ýagny çylşyrymlaşmasy ösýän modellerde alynýan modelirleme netijeleriniň takyklygyny barlamak gidýär.

Şeýle usul, hasaňlaýyş baýlyklarynyň çäklendirilmegi çäginde onuň çylşyrymlaşmasy we ösüşi tarapyna EHM amal aşyrylýan, ýönekeýleşdirilen modelden modelleriň $\{M\}$ giňişlik aşagynda “aşakdan-ýokary” hereket etmäge mümkinçilik berýär.

Şeýle hereketde modelleriň giňişlik aşagynda saklamak gerekdir, haçanda modelleriň tapawudy ujypsyz bolanda. Bu aýratynlyklar modelleriň dürli çylşyrymlaşmalar bilen deňeşdirilmek usuly arkaly amala aşyrylýarlar (usul 14).

Seredilen ýewristiki düzgünler we modelirlemäň usullary ulgamyň S modelini gurmaýyň we amala aşyrmagyň umumy shemasyny berýärler, ýöne maşynly modelirlemäň her etaby üçin takyk çözgütleri bermeýärler. Hat-da ulgamyň kesgitli klassyny derňemeklik üçin takyk meýilnamaly – tehniki üpjün edilme bilen işlemekde hem, meselem modelirleneniň amaly meýilnamalar bukjasy görnüşinde, modelirlenýän obýektiň görnüşe gelmeginiň, maşynly synaglary meýilnamalaşdyrmagyň we beýleki modelleriň giden hataryny önünden çözmeklik gerekdir.

§9.2. DAU üpjün ediji bölekulgam işläp düzmekde modelirleme

DAU habary işläp bejermek tilsimatynyň we çözgütleri kabul etmek nukdaý nazary bilen seredip, öz arasynda we daşky sreda bilen hem özara gatnaşykda bolýan, üpjün ediji ulgam aşaklaryndan durýan, dolanşygyň funksional shemasyny bölmeklik mümkin. Dürli derejeli DAU taslamakda, çözülýän meseleleriň baýlygyndan salgylanyp, habarlar, matematiki, meýilnamaly, tehniki we guramaçylykly üpjün edişli bölmeklik döp bolandyr.

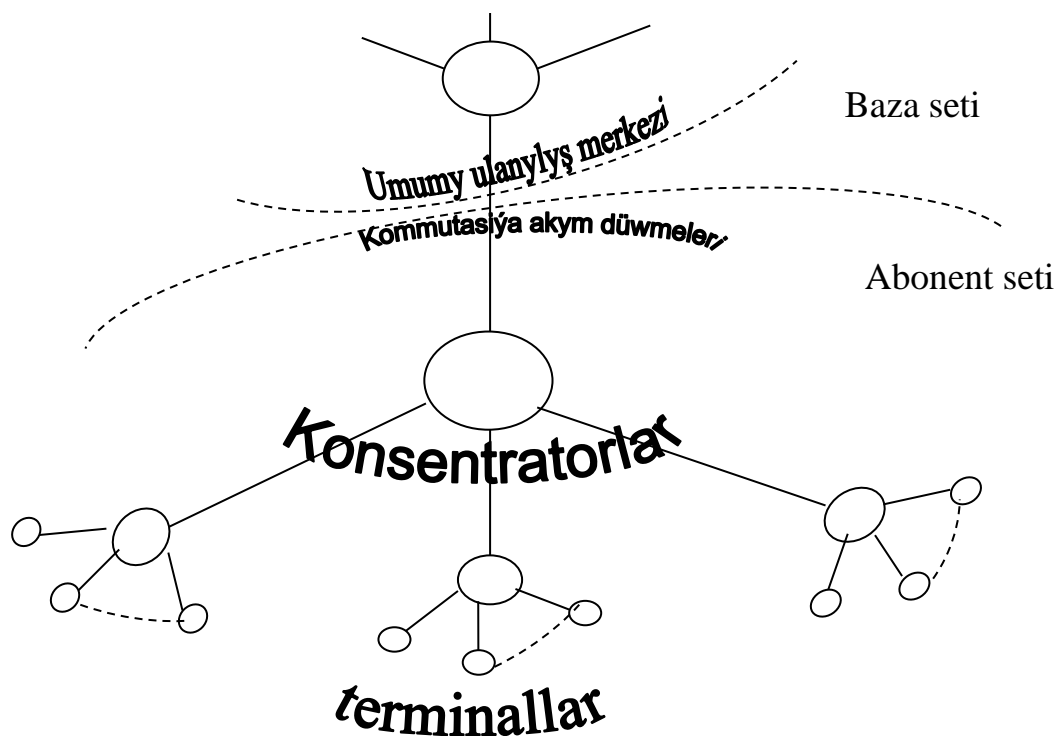
Tehniki üpjün ediliş- DAU esasy düzüji bölekleriniň birisidir, ýagny kömeginde dolanşygyň ykdysady-matematiki usullary amala aşyrylýan, material-tehniki bazadyr. DAU tehniki serişdeleriň toplumy özüne hasaplaýjy teknikanyň dürli görnüşli serişdelerini, habary ýygnamaklygy we geçirmekligi we şuna meňzeşler goşýar.

Üstesinede DAU dolandyryş obýektleriniň meýdanlaýyn üzňeligi, esasy meselesi onuň dörän ýerinde we habarlar – hasplaýyş merkezleriniň arasynda habary zerur bolan tizlik we ynamlylyk bilen çalyşmak bolan, habary geçirmegiň serişdeleriniň ulanylmagyny talap edýär.

DAU tehniki üpjün edilşini döretmek oblastynda has ösüşli ugur, habary işläp bermek we saklamak baýlyklaryny has täsirli ulanmaga mümkinçilik beriji, toparlaýyn ulanyşly habarlar- hasaplanýş şertleriniň gurulmagy bolup durýar. Şeýle setiň düzülişi shemasy 9.2 suratda görkezilendir. Bu ýerde müşderileriň we EHM setiniň arasynda habar çalyşmany üpjün ediji, terminal setiň we toparlaýyn ulanyşly merkezleriň arasynda habaryň çalyşylmasyny amala aşyryjy, bazaly setiň derejesi bölünendir. Setiň esasy düzülişi elementleri bolup durýarlar. Habarlaryň akymynyň kommunikasiýasyny we marşrutizasiýasyny goşmak bilen, setiň dolandyrylşy boýunça ähli operasiýalary amala aşyryjy, akymalaryň kommutasiýasynyň düwmeleri, giriji pes tizlikli kanallaryň çykyjy ýokary tizlikli kanallar bilen baglanyşygyny üpjün ediji, konsentratorlar; habary belli bir ýere jemläp işläp bejermek boýunça funksiýalara we set gaýlyklaryna müşderiniň elýeterlilikini gurnamak funksiýasyny ýerineetiriji, terminallar; talap edilýän hil bilen setiň düwmeleriniň arasynda habaryň çalyşmasyny amala aşyryjy, aragatnaşyk kanallary.

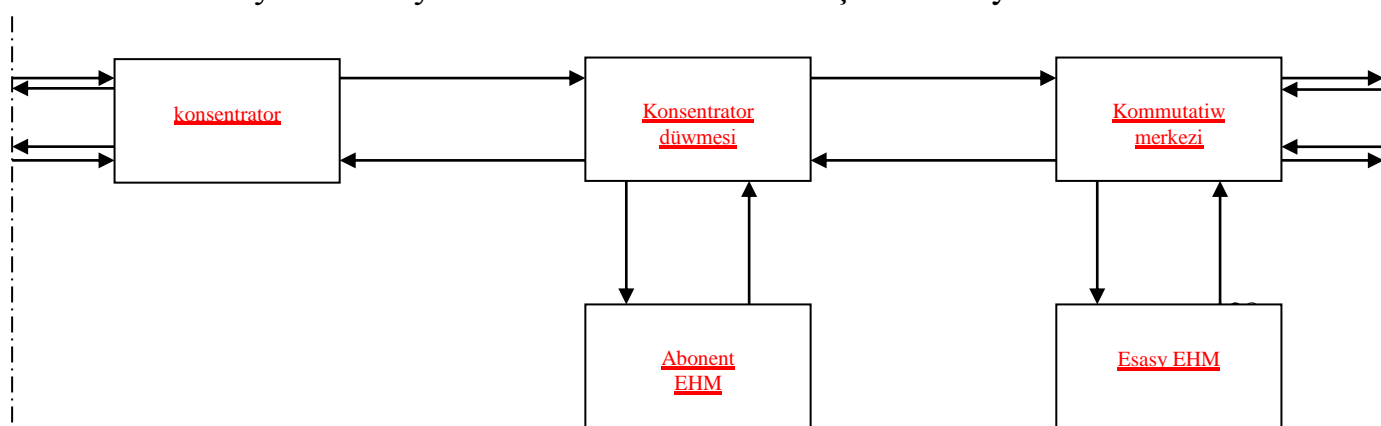
Surat 9.2

Toparlaýyn ulanyşly habarlar – hasaplaýyş setiniň düzülişi shemasy.



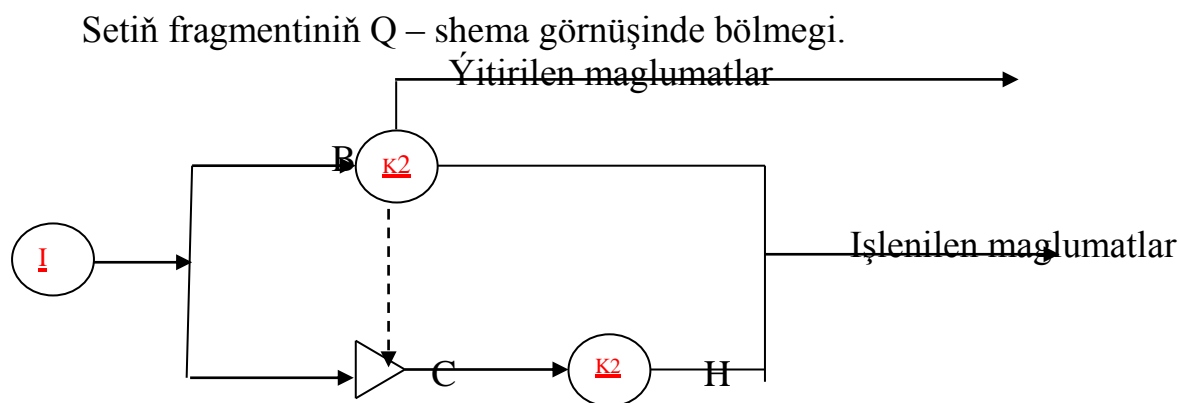
Surat 9.3

Terminally we bazaly setiň özara täsiriniň düzülişi shemasy.



Şeýle habarlar – hasaplaýyş setiniň özünüň terminally we bazaly bölekleri bilen özara hereketiň derejesinde fragment işine has giňişleýin seredeliň (9.3). İşlenilip bejerilmäni talap edýän, habar müşderileriň terminallaryndan 9 bit uzynlykly γ okgunly habar/c habar görnüşinde gelýär. Kommunikasiýa düwünine çatylan, abonent EHM, h bit/s öndüriljekli konsentratorlardan gelýän habary işläp bejerýär. EHM multipleksli kanallary her terminallar boýunça hyzmat edýär, EHM h bit/s tizlik bilen berilenleri geçirmek arkaly. Müşderileriň habarlaryny işläp bejermek üçin hasplanýş kuwwatynyň ýetmezçiliginde abonentli EHM aragatşygyň magistral kanalynyň we kommunikasiýa düwünleriniň üsti bilen C bit/c goýberiş ukyply n multipleksli kanallaryň bolmagynda H bit/c bahaly öndüriljilige eýe bolan, setiň ýokary derejeli EHM kommunikasiýa merkezlerine çatlyr. Şol wagtda kommunikasiýa prosesleri şol pursatda ýerine ýetirilýär diýilip çak edilýär.

DAU tehniki üpjün edilmesini taslamakda habary işläp bejermegiň orta wagty T_0 we diňe abonentli EHM bilen işlemek ýagdaýynda işiň ýerine ýetirilşinde bozulma ähtimallygyny P_{ot} bahalandyrmak zerurdyr, ýagny awtomatly režimde, we EHM – dan birisini toparlaýyn ulanyş setine çatmaklyk ýagdaýynda. Surat 9.4



Habarlar - hasaplaýyş setiniň bu fragmentiniň funksionirleme prosessi, hyzmat edilşiň iki sany parallel kanalyňa we blokirleme bilen dolandyrylýan, aragatnaşyga eýe bolan, Q- shema görnüşinde berilip biliner. Ýazgy edilen setiň fragmentiniň iş prosesini görnüşe giriji, şeýle Q shemanyň düzülişi 9.4 suratda berilendir. Bu ýerde U çeşmäň çykyjy akymyny K_1 we K_2 kanallaryň işinde hyzmat edilen habarlar we K_2 ýazdyrylmagynda ýiten habarlar düzýärler. Şeýle goýulyşda massaly hyzmat eilşiň nazayşetini ulanmakly analitiki usulda we meseläniň çözülmegi blokirleme mehanizminiň işiniň stohastiki häsiýeti sebäpli mümkin bolmaýar. Şonuň üçinem gyzyklandyryýan häsiýetnamalary bahalandyrmak üçin imitasion modelirleme usulyndan peýdalanýars.

Bu ýagdaýda ýazmak mümkin: endogenli üýtgewliler: T_0 – habara hyzmat etmegiň orta wagty ; P_{ot} - hyzmat edilişde bozulma ähtimallygy; ekzogenli üýtgewliler $\gamma_{\Sigma} = knq\gamma$

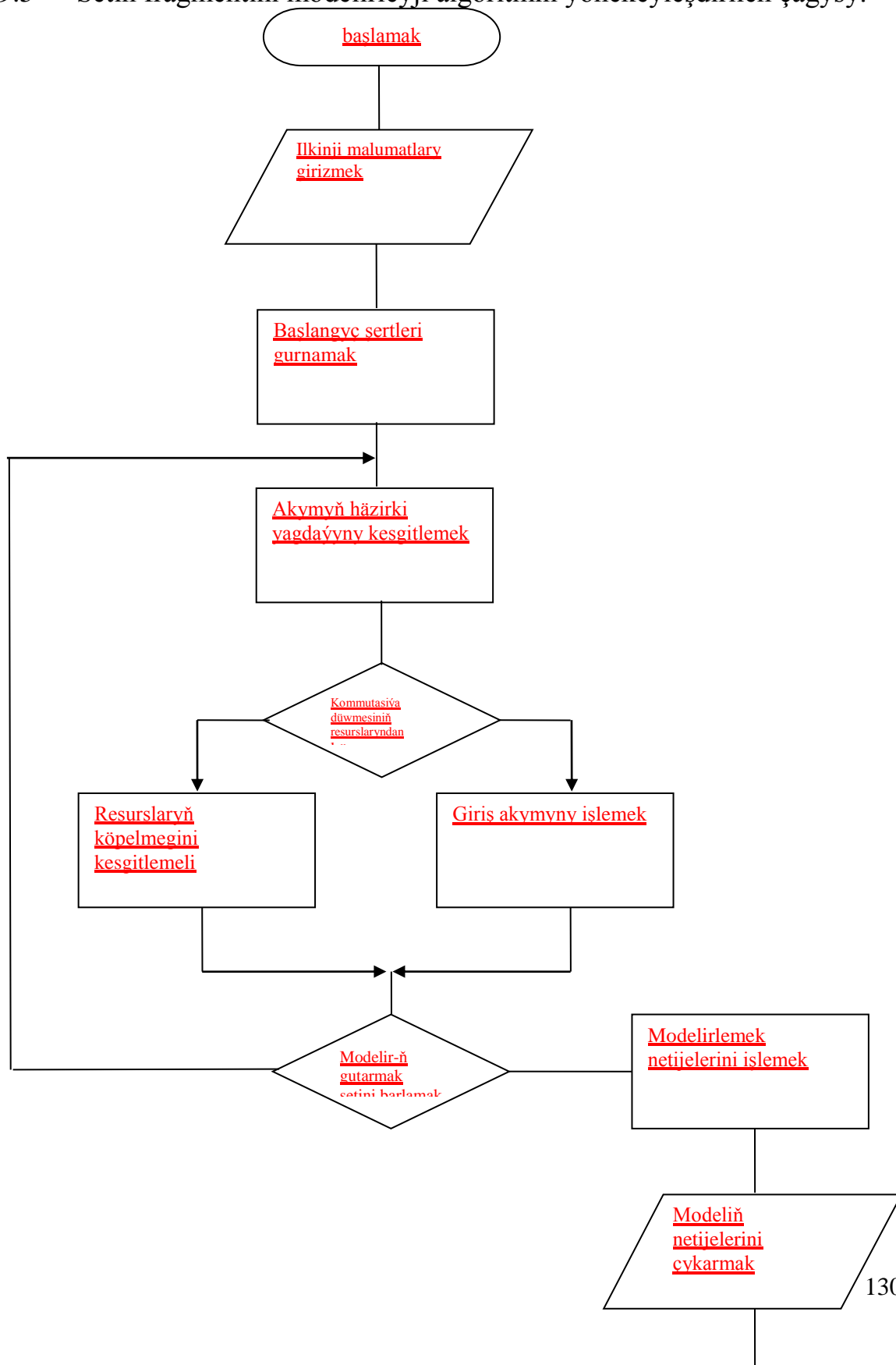
– habaryň girji akymyň okgunlylygy ; h- abonentli EHM öndürijiligi; H- setiň baş EHM bahaly öndürijiligi; B- EHM sektorly kanallaryň goýberiş ulkyby ; modeliň deňlemesi;

a) blokirlenen kanalyň bolmagynda $T_0 = 2B + q/h$; $P_{ot} = (\gamma_y - h)/h$ $\gamma_\Sigma > h$ bolm

b) K_1 we K_2 kanallaryň işinde $T_0 = 2q/B + q/h + h(2q/c + q/h) / (\gamma_\Sigma - 1)$, $P_{ot} = 0$.

Habarlar hasaplaýyş setiniň fragmentini funksionirlemek prosessini modelirleýji algoritmiň ýönekeýleşdirilen shemasy 9.5 suratda berilendir.

Surat 9.5 Setiň fragmentini modelirleýji algoritmiň ýönekeýleşdirilen çagysy.



Bu modelirleýji algoritmiň PL/1 dilde amala aşyrylmagynyň meýilnamasy 9.6 suratda getirilendir. Meýilnamada indiki bellenişler kabul edilen;

H – abonentli EHM öndürijiligi (k_1 kanal);

HH – baş EHM öndürijiligi (kanal k_2);

B – aragatnaşygyň abonentli kanalynyň goýberiş ukyby;

C – aragatnaşygyň magistrally kanalynyň goýberiş ukyby;

DL – terminal bilen habaryň bermegiň okgunlygy;

TN – abonentli EHM awtonomly işiniň wagty;

TN – abonentli we baş EHM bellikdäki işiniň wagty;

POT – awtonomly işlemekde hyzmat edilişde bozulma ähtimallygy;

TO – awtonomly işlemekde habara hyzmat etmegiň orta wagty;

POT1 – EHM bilen bilelikde işlemekdäki hyzmat edilişde bozulmaa ähtimallygy;

PO1 – EHM bilelikdäki işinde habara hyzmat etmegiň orta wagty;

Surat 9.6

Setiň fragmentiniň modelirleýji algoritminiň PLI 1 dilde amala aşyrylmagynyň meýilnamasy

NET: PROG OPTION (MAIN);

(DCL CV, W, TL, DL, M, N) EXT;

GET LIST (DL, H, B, HH, T, L, M, N);

PUT LIST (DL, H, B, HH, T, L, M, N);

DO M=S BY 5 TO 15;

TO K=36, F+2;

V=3.14159;

W=0.532402;

K=0; TP=0; TN=0;

DO WHILE (TO K>0);

CALL D(K, DT); CALL NUMB(K); F=K*DL;

IF F>1/H THEN TP=TP+DT; ELSE TN=TN+DT;

TO K=TO K-DT; END;

O=1 ./DL;

POT1 = 0

TO 1=2*Q/B+Q/H+TP*(2*Q/C+Q/HH)/(TP+TN);

TO=Q/H+2*Q/B;

POT =TP/(TP+TN);

PUT EDIT (POT, TO, POT1,TO1) (SKIP,4(E(11,4)));

END; END;

DIPROC (K,DT);

DOL (V,W,TL,DL,M,N) EXT;

```

T=V+W; V=W IF T>=4 THEN T=T-4; W=T;
DT=-LOG(T/4.)/((M*N-L)*TL+K*DL);
END; D;
NUMB; PROG (K);
DCL (V,W,DL,M,N) EXT;
IF T/4. <=TL/((N*M-K)*TL+K*DL) THEN K=K+1; ELSE K=K-1;
END; NET;

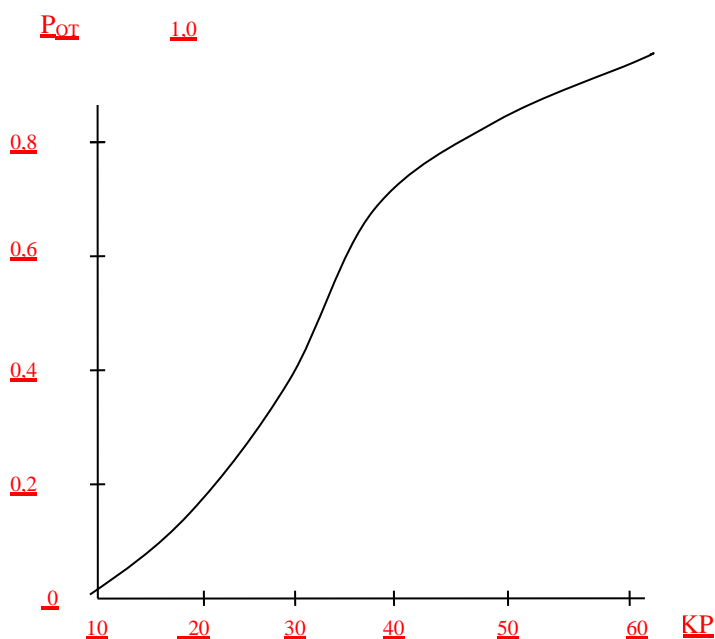
```

§9.3. DAU işiniñ funksional bölekulgam işläp düzmekde modelirleme

DAU işiniñ täsiri, bazasynda dolandyrylyş prosessi amala aşyrýan, modelleriň hilinden düýpli baglydyr. Dolandyrylyş obýektiniň çylşyrymllylygynyň güýjinde aýry böleklere onuň dekompozisiýasy geçirilýär, ýagny tehniki – ykdysady meýilnamalaşdyrma, önümçiligiň tehniki taýýarlygy, önümçiligi operatiw dolandymak we ş.m goşmak bilen funksional ylgam aşaklary bölünýär.

Surat 9.7

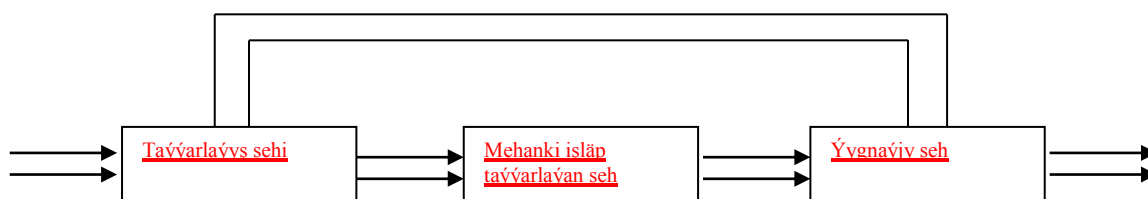
Setiň fragmentini modelirlemäň netijesi.



Esasy önümçilik bilen operatiw dolandymak ulgam aşagynyň funksional meseleleriniň birine seredeliň. Şeýle meseläniň hökümünde “Hakyky aňladyşda üleşleri tabşyrmak we almak meýilnamasynyň hasaplamasy” meselesini getirmek mümkin. Bu meseläniň EHM-da çözülmegi meýilnamalaşdyrmaň üleşleýin ulgamy bilen kärhanada kwartallar we aýlar boýunça hakyky aňlatmada sehlere 1 ýyla bölmekli üleşleri tabşyrmak meýilnamasynyň hasaplamasy boýunça alynan habary awtomatlaşdyrmaga doly mümkinçilik berýär. Üleşleri tabşyrmak we almak meýilnamalary ähli ýaşajy sehlere we tilsimatly marşrut boýunça kärhananyň sarp edijiler sehlere üçin hasaplanylýar. Bu meýilnamalaryň esasynda gaçyp bolmaýan içki önümçilik ýitgileriniň öwezini dolmak we işleriň üýtgemeginiň

meýilnamasynyň ululygynyň hasaby bilen düzedilen, önümiň harytky çykarylmagyna bolan üleşlerdäki zerurlygyň dolanan meýilnamasyny düzýärler. Surat 9.8

Diskretli önümçilik prosessinde önümiň hereketiniň düzülişi shemasy.



Diskretli häsiýetli önümçiligi barlap kärhanalarda änim hereketi prosessi taýýarlyk, mehaniki işläp bermek we ýygnaýyş tapgyrlaryndan dyrýar (surat 9.8). adatça taýýarlaýyş we ýygnaýyş tapgyrlary äzlerinde determinirlenen prosessleri saklaýarlar, mehaniki işläp bejerme önümçiligi bolsa stohastiki tebigata eýedir. Önümçiligiň mehaniki işläp bejeriş bölümi hakykat ýüzünde özünde, girelgesine taýýarlyk akymy girýän, çykalgasynda bolsa taýýar üleşleriň tapgyrynyň akymy bar bolan, “gara guty” görnüşli käbir kibernetiki ulgamy saklaýar. Tapgyrda standartly üleşleriň mukdary we çykarylyş wagty- tötänleýin ululyklardyr. Stohastikiligi ýylmamak we ýygnaýyşa gelýän, üleşleriň tapgyrynyň akymyna meýilnamaly döwrüň başlanmagyna çenli önünden ritmiki häsiýeti bermeklik üçin üleşleriň ähtiýaçlyklary ornaşdyrylýar.

Ähtiýaçlyklar diýilip taýýarlanylşyň dürli görnüşlerine, satyn alynýan toplumly önümlere, taýýar üleşlere we önümçilik prosessiniň dürli tapgyrlarynda işiň üzüksiz gidişini üpjün etmeklik üçin niýetlenen, beýleki önümlere düşünilýär. Adatça indiki ähtiýaçlyklary bölýärler: aýry liniýalarda ýa-da iş ýerlerinde işiň ýerine ýetiriliş wagtynyň doly bolmadyk ylalaşygy sebäpli döreýän toplumlaşdyrylýan önümleri we üleşleriň ähtiýaçlyklaryny özünde saklaýan, aýlawlylar; önünden görüp bolmaýan näsazlyklary aradan aýyrmaklyk üçin niýetlenen ähtiýaçlyklar.

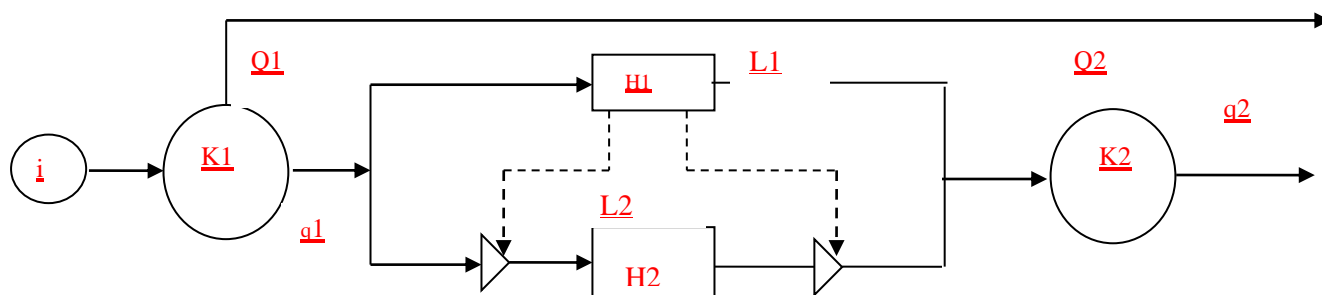
DAU esasy önümçiligi bilen operatiw dolanşygyň funksional ulgam esasynda üleşleriň ähtiýarçlyklarynyň oňaly ölçeglerini ölçeglerini kesgitlemek üçin kärhana tarapyndan esasynda analitiki ýa-da imitasion usuldan gurulan, model ýatan, degişli mesele çözülýär.

Aýlawly we ähtiýaçlandyрма ähtiýaçlyklarynyň üstünden 1 setiň we 2 setiň özara gatnaşygyny görkeziji, önümçilik prosessiniň fragmenti, düzülişi shema görnüşinde berilendir. (surat 9.9) Önümçilik prosesinde indiki ýagdaýalaryň bolmagy ahmaldyr.

1) Kadaly haçanda 1 sehden üleşler aýlawly ähtiýaçlyga (gatnaşyk 1) gelende, aýlawly ähtiýaçlykdan bolsa – ýygnaýyşa (gatnaşyk 3); ähtiýaçlandyрма ähtiýaçlygynda şaýlaryň doly ähtiýaçlygy bar; 2) Şikeslenme haçanda üleşler 1 sehden gelmeýän wagtynda, aýlawly ähtiýaçlyk bolsa harçlanan, 2 sehdeki ýygnaýyş bolsa diňe ähtiýaçlandyрма üpün edilýär (gatnaşyk 4). 3) Boluşly haçanda 1 sehden üleşleriň akymynyň ýok wagty, üleşleriň ähtiýaçlyklary bolsa aýlawly we ähtiýaçlandyрма ähtiýaçlyklarynda harçlanan, ýagny 2 setiň bozulmagy; 4) geçişli, haçanda aýlawly ähtiýaçlandyrmada üleşler bar bolanda we ol 1 sehden doldurylyp

durulanda (aragatnaşyk 1), üleşler ýygnaýşa gelärler(aragatnaşyk 3), mundan başga-da ähtiýaçlandyrma ähtiýaçlygyny toplumlaşdyrylmasy gidýär(aragatnaşyk 2).Surat 9.10

Q – shema görnüşinde önümçilik fragmentiniň berilmegi.



2 sehde üleşleriň geliş we sarp ediliş prosessini Q-shema görnüşinde görnüşe getirmek mümkin. (surat 10) Bu ýerde U-çeşme,; K-kanal; H- ýygnaýjy.

Şeýlelikde, ýygnaýş üçin önümi taýýarlamak prosessini, satyn alynýan toplumly önümleriň determinirlenen akymyny berýän, käbir u çeşme görnüşinde bermek mümkin. Geljekde satyn alynýan toplumly önümleriň determinirlenen akymlyry ýok diýip göz önünde tutalyň, sebäbi oňa umumy ýagdaýda stohastiki akymyň hucusy ýagdaýy ýoly seretmeklik mümkin. Onda U çykalgada hersi Q sagatlaryň üstünden gelýän, tapgyrda 9 üleşler birliginiň mukdary ýaly ýazylyan ýaly işlenilip berilse bolan üleşleriň akymyna eýe bolar.

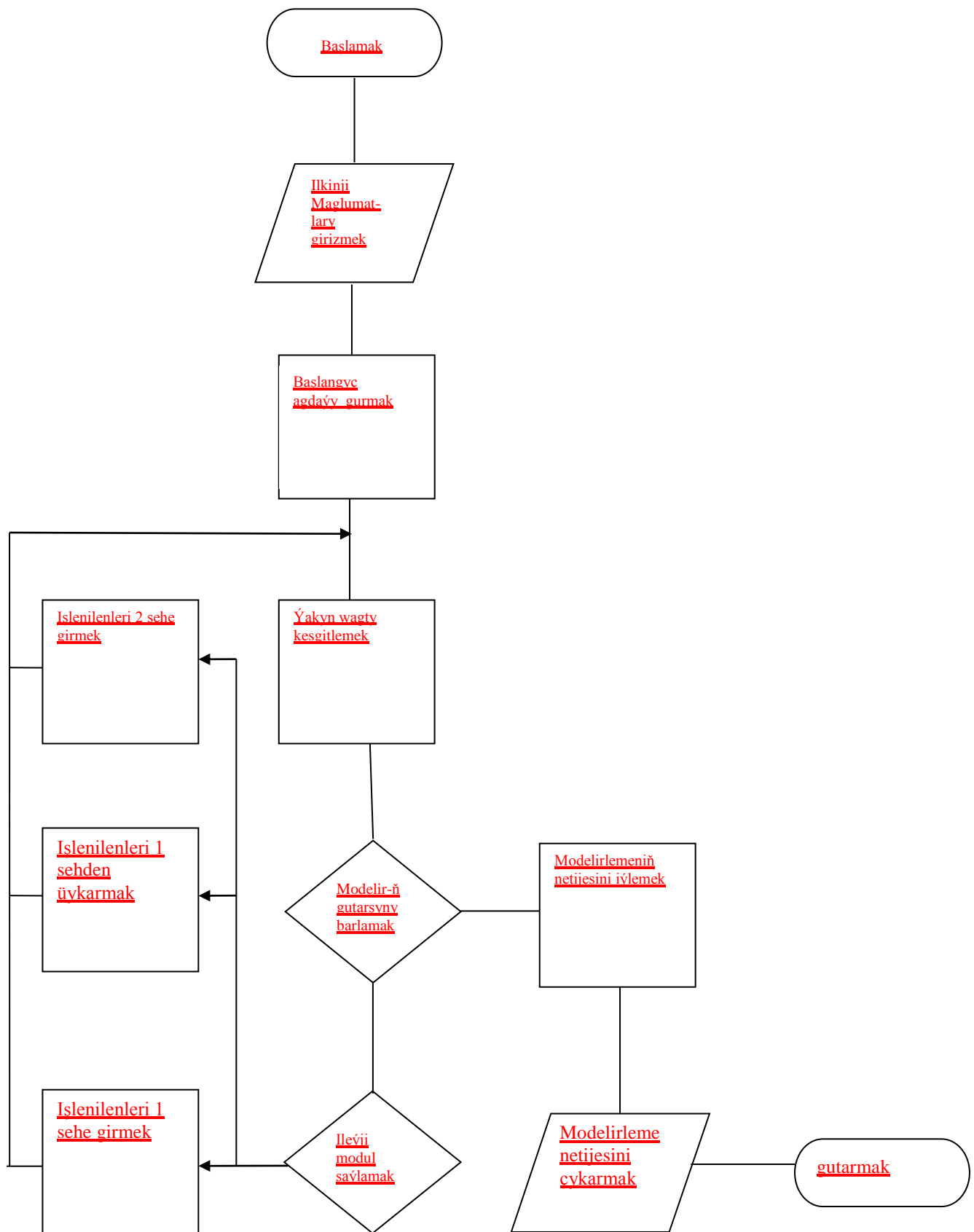
1 mehaniki işläp bejermesehinde aýlawly we ähtiýaçlandyrma ähtiýaçlyklarynyň bolmagynda işläp bejeriş prosessini $Q_{ob} = \text{const}$ işläp bejeriş wagty we $Q_{mp} = \text{var}$ operasion aralyk yzarlaýyş wagty kanal K_1 görnüşinde bermek mümkin, kanal k_1 terapyndan hyzmat ediliş wagty $Q_1 = Q_{ob} + Q_{mp}$. Şeýlede H_1 we H_2 iki sany ýygnaýjyny düzer. Üstesinde zaýalanmada q_b ýitginiň netijesinde çykarylýan üleşleriň mukdary q_1 tötänleýin bolup durýar.

Üleşler işlenilip bejerilende soň sygymy L , aýlawly ähtiýaçlanyşda $L_1 = Z_{ob}$ üleşleriň ähmiýetine gabat gelýän, H_1 ýygnaýja gelýärler. Ylaýyk ähmiýete L_1 ýetilende üleşler ähtiýaçlandyrma ähtiýaçlyga gabat gelýän, H_2 ýygnaýja gelýärler.

H_2 Yygnaýjynyň dolmagynda, ýagny L_2 ululyga ýetilenden soň, klapan onuň girelgesinde blokirlenýär. Üstesine H_1 ýygnaýjyda başlangyç ähmiýet L_1 meýilnamalaşdyrylýan döwürde K_1 kanaldan çykarylýan, üleşleriň bir tapgyryndaky ululyga deň, ähtiýaçlandyrma ähtiýaçlygynyň zerur bolan ähmiýeti $L_2 = Z_{ct}$ bolsa meseläni çözmegiň netijesinde bahalandyrylan bolmalydyr.

Surat 9.11

Önümçilik fragmentini modelirleýji algoritmiň ýönekeýleşdirilen shemasy.



2 ýygnaýyş sehinde önümi ýygnamak prosessini, $Q_2 = \text{const}$ wagt interwallarynyň üstünden $q_2 = \text{const}$ üleşleri sarp ediji, k2 kanal görüşiňde bermek mümkin. Aýlawly ätiýaçlandyrmada (ýugnaýjy h1) üleşleriň ýetmezçiliginde ýygnaýyş üçin zerurlyk, H_2 girelgesinde degişli klapany blokirlmek ýoly bilen ätiýaçlandyрма ätiýaçlygyndan (ýugnaýjy 2) ýerine ýetirilýär.

Aýlawly we ätiýaçlandyрма ätiýaçlygynda ýygnaýyş uçastogyna üleşleriň ýetmezçiliginde k2 kanaly k1 kanaldan üleşleriň gerek bolan gelýän portlaryna çenli saklaýarlar. Aýlawly ätiýaçlygyň gerek bolan ähmiýetini L1 saýlamak mümkinçiligi üçin L2 funksiya ýaly (kanal 2) ýagny P_{pr} ähtimallykly, ýygnaýyş uçastogynyň bozulma ähtimallygyny kesgitleýäris.

Şeýlelikde bu model blokirowkanyň bolmagy bilen we hyzmat edilşiň ikinji fazasynda iki sany parallel nobatly iki fazaly q- catgy bolup durýar. Şol wagtda geliş we işleglere hyzmat ediş akymlyary determinirlenen we stohastiki häsiýete eýedirler. Aýdylanlary hasaba almak bilen, analitik usulda P_{pr} ähtimallygyny almak anyk görnüşde mümkin däl, şonuň üçinem EHM imitasion modelirmek usulyndan peýdalanarys.

Q- shema görnüşinde önümçilik prosessiniň seredilýän modelleri üçin iki sany çykyjy akym orna eýedir; işlenilip bejerilen önümleriň akymy q_2 we zaýаланан şaýlaryň akymy q_b .

Üýtgewliler we model deňlemelerini indiki görnüşde bereliň: endogenli üýtgewliler P_{rp} 2 sehiň bozulmak ähtimallygy; ekzogenli üýtgewliler; Q 1 sehe üleşleriň toparyny goýbermegiň arasyndaky wagtyň interwaly; q-1sehe işlenilip bejerilse gelýän üleşleriň toparynyň ölçegi; $Q_1 = Q_{ob} + Q_{mp}$ – sehden üleşleri çykarmak pursatynyň arasyndaky wagty bu ýerde Q_{ob} – işlenilip bejerilşiň mydamalyk wagty;

Q_{mp} – operasion yzarlamaň arasyndaky wagty; $q_1 = q_b - 1$ sehiň çykarýan üleşleriniň sany; bu ýerde $q_b = q_{fb}$ – zaýаланан üleşleriň sany; F_b zaýаланан üleşleriň paýy, ýagny(0, F_b) deňölçegli paýаланан interwalda hasaplanylýar; Q2- 2 sehe üleşleri goýbermegiň arasyndaky wagtyň interwaly; q_2 – 2 seh üçin tapgyrdaky üleşleriň mukdary; Z_{ct} – ätiýaçlandyrmagy, ýagny ähmiýeti ýylyň başynda Z_{cto} ; Z_{ob} – aýlawly ätiýaçlyk , ýagny ähmiýeti ýylyň başynda Z_{ob0} ;

modeliň deňlemesi:

$$P_{pr} = T_{pr} / F_g$$

Bu ýerde F_g – wagtyň ýyllyk fondy; T_{pr} – 2 sehiň üleşler ýoklugy sebäpli, saklanmak wagty. Modelirmekäň interwaly üçin (0,T) wagtyň ýylylyk fonduny $T = F_g = 4080s$ kabul ederis.

Surat 9.12

Önümçilik fragmentini modelirmekäň netijesi.

CHIF IF1 : PROCEDURE OPTIONS (MAIN);

DCL (V, W, TOR, N1) EXT;


```

DCL ZN(2) FIXED, LO(2), LO(3), LABEL;
GET LIST (TZAP,TZA, DD, N1.N2, TOK, LO, TO, TOB, LN);
PUT (TZAP,TZA, DD, N1.N2, TOK, LO, TO, TOB, LN);
N=100;
DO TZAP=50. BY=20. TO 200.;
DO LZ=10 BY 10 TO 100;
V=3. 1415: W=.532402; ZN(1)=12; ZN(2)=30;
PPS=0;
ZN(2)=LZ;
DO J=1 TO N;
TO K=4080;
TS=0.; TP=0.; TRP=0; TNP=0;
CALL D(TO,TV); TV1=TZAP-TV;
NACH: TM=TV; I=2;
IF TNP<=0. & TP<TM THEN DO; I=3; TM TPI; END;
TV=TV-TM; TP=TP-TM;
TO K=TO K-TM ; IF TOK<0. THEN GO TO A;
IF TMP > 0 . THEN TPR=TPR+TM;
TS=TS+TM;
GO TO L(I);
L(2); CALL D(TO,TV2); CALL V(DD,IX); TV=TV2+TV1; TV1=TZAP-
TV2;
IF ZN(1)>=LN THEN IF ZN(2)<LO(2) THEN DO ;
ZN(2)=ZN(2)+IX; IF ZN(2)<LO(2) THEN DO ;
ZN(1)=ZN(1)+ZN(2)-LO(2); ZN(2)=LO(2); END; END;
ELSE ZN(1)=ZN(1)+IX; ELSE ZN(1)=ZN(1)+IX;
IF TNP>0. & ZN(1)+ZN(2)>=N2; THEN DO; TP=0;
TNP=0; END; GO TO NACH;
L(3) ; TP=TZA; IF ZN(1)=N2 THEN ZN(1)=ZN(1)-N2;
ELSE IF ZN(1)+ZN(2)>=N2 THEN DO;
ZN(2)=ZN(2)+ZN(1)- N2; ZN(1)=0; END; ELSE
IF TNP <=0 THFN TNP=0 .; GO TO NACH;
A: PP=TPR/TS;
PPS=PPS+TP;
END;
PUT EDIT ('СРЕДНЯЯ ВЕРОЯТНОСТЬ') (SKIP ,A);
PUT EDIT ('ПРИ ЗАГРУЗКЕ=' TZAP).
END; END;
END SHLE IF1;

```

Ähtiýaçlandyrma ähtiýaçlygyny, ýagny mehaniki işläp bejeriş (she 1) we ýygnaýş (seh 2) sehleriniň özara gatnaşygyny kesgitlemek meselesini çözmegiň derejesinde önüňçilik fragmentini modelirleýji algoritmiň ýönekeýleşdirilen shemasy 9.11 suratda berilendir.

Mysal 9.2. Bu modelirleýji algoritmiň PL/1 dilde amala aşyrylmagynyň meýilnamasy 9.12 suratda berilendir. Bu ýerde: TZAP – sehe goýbermegiň arasyndaky interwal; TO – 1 sehde işläp bejermegiň orta wagty; TV – 1 sehde işläp bejermegiň tamamlanmagyna çenli wagtyň interwaly; TZ – 1 sehe indiki goýberilse çenli interwal DD – zzaýalanma göteriminiň paýy; IX- 1 sehden hakykat ýüzündäki çykarylyş; ZN(2)- ähtiýaçlyklaryň nobatdaky ähmiýeti; LO(2) – ähtiýaçlyklaryň ylaýylyk ähmiýeti; TNP – sehiň saklanmagynyň başyndaky pursat; TP- 2 sehe goýbermeklige çenli interwal; TPR – 2 sehiň saklanyş wagty; TS- nobatdaky wagty; TZA – 2 sehe goýbermegiň arasyndaky interwal; N1- 1 sehe goýberilşiň ähmiýeti; N2 – 2 sehe goýberilşiň ähmiýeti; $P_{PR} = f(ZCT)$ baglylyk görnüşinde modelirlemegiň netijeleri goýberilşiň dürli ähmiýeti üçin 9.13 suratda getirilendir.

Şeýlelikde, ýygnaýyş sehiniň uçastogyny we köp maşynly meýdanly paýlanan toplumyň modelirlenmegi mysalynda, mahsus bolan matematiki shemalary, ulgamyň modelleriniň olaryň maşynly amala aşyrylmagyndaky algoritimizasiýaly we meýilnamalaşdyrylmagy mümkinçiliklerini ulanmakly modelleri gurmaklygyň aýratynlyklary görkezildi.

§9.4. Wagtyň hakyky masşabynda dolandyrmakda ulgamy modelirlemegiň aýratynlyklary.

Önümçilik prosesleriniň ykdysadyýetiniň we intensiwikasiýasynyň ösüş depginleriniň çaltlaşmagy bilen kärhanalarda awtomatizasiýa has giňden ornaşdyrylýar. Seherler we uçastoklar bilen guramaçylykly dolandyrmakdan dürli önümleri çykarmakly tilsimatly prosesler bilen dolandyrmaklyga çenli. Has ösüşli ugur maýyşgak awtomatlaşdyrylan önümçilik we bazasynda häzirki zaman robotehniki toplumlary, sanly meýilnamaly dolandyryşly stanoklary, ýurduň halk – hojalygynyň zerurlyklarynyň dinamikasyny yzarlap, täze önümleriň çykmagyna operatiw gaçmekli hasaplaýyş tehnikasynyň serişdelerini ulanmaga mümkinçilik berýän, önümçilik ulgamlaryny döretmeklik bolup durýar.

Şeýle maýyşganda dolandyrylyş wagtyň hakyky masşabynda habary işläp bermekligi geçirmäge mümkinçilik beriji we ulgamda aýry agregatlar bilen dolandyrmaklyk üçin ähli habarlar hasaplanýş baýlyklarynyň koordinasiýasyny we özara gatnaşygynyň üpjün ediji, EHM belli bir ýere jemlenen setleriň bazasynda has täsirli amala aşyrylyp bilner.

Milli ykdysadyýetiň ösüşini häzirki wagtda dürli müşderiler tarapyndan habary ýygnamak, çalyşmak we bermekligiň has täsirli bolup geçmegi bilen berk baglanyşdyrýarlar. Işiň manysa boýunça, hasaplaýyş tehnikasynyň häzirki zaman serişdeleriniň bazasynda uly habarlar- hasaplaýyş baýlyklaryny we olara operatiw elýeterligi talap ediji, habary sarp etmegiň we önümçiligiň “indusriýasy” döredilýär. Habaryň dürli görnüşlerini ýeke täk sanly görnüşde geçirmäge mümkinçilik beriji, integral hyzmat edişli setleriň kömegi bilen ähli habarlar – hasaplaýyş baýlyklaryny birleşdirmek has ösüşli bolup durýar. Integrally hyzmat edişli setli dolandyryş habary öz wagtynda eltmeklige we hiline dürli müşderileriň

talaplaryny täsirli kanagatlandyrmak üçin wagtyň wagtyň hakyky masşabynda amala aşyrylmalydyr.

Wagtyň hakyky masşabynda amala aşyrylmaly, dolanşyk ulgamynyň beýleki mysallaryny hem getirmek mümkin. Ähl iagzalyp geçilen ulgamlary olary uly ulgamlaryň klasyna degişliligi birleşdirýär, bu olar bilen dolandyrmaklygyň meselesiniň çözgüdini çylşyrymlaşdyrýar.

Şeýle obýektler bilen dolandyryş ulgamyny işläp düzmekde adatça olaryň iş şertleri baradaky opriornly habar bolmaýar. Bu dolanşygyň adaptiwli ulgamyny gurmaklygy ösüşli edýär. Adaptasiýa diýilip, daşky sreda E bilen özara gatnaşykda ulganyň iş şertlerinde üýtgeýän we başlangyç kesgitsizlikde ulgamy alyp barmak ýa-da oňaly ýagdaýa ýetmek maksady bilen dolandyryş prosessinde alynýan, habaryň esasynda ulgamyň S parametrleriniň we algoritmleriniň, düzükişleriniň üýtgemegi prosessine düşünilýär.

Adaptasiýany oňaly dolandyryş üçin zerur bolan, obýektiň ýagdaýy we häsiýetnamasy barada habary kesgitli däl şertlerde almaklyk üçin okatmakda we özüň okamakda ulanýarlar. Okatmaklyk diýlip işlap çykarmak prosessine düşünilýär. Özüňden okamaklyk okamaklykdan daşky düzedilşiň ýoklugy bilen tapawutlanýar. Adaptasiýanyň häsiýetli tarapy – daşky sredanyň we E ulgamyň S funksionirlenme prosessi barada habaryň nobatdaky ýygnaşmasy we onuň hiliň saýlanan görkezijisini gowulandyrmak üçin ulanylmasy. Habary ýygnamaklyk prosessi wagtyň harajatary bilen baglanyşyklydyr. Bu netijede dolandyryş ulgamy tarpyndan çözgüdi kabul etmek üçin zerur bolan, habary almakda onuň gijä galmagyna getirýär. Bu wagtyň hakyky masşabynda dolandyryş ulgamyň işiniň täsirlenmesini düýpli peseldýär. Şunuň üçinem adaptiw dolandyryş üçin ulgamyň S häsiýetnamasynyň we daşky sredanyň E we ulgamyň S ýagdaýyny habar bermek meselesi işjeň bolup durýar. Şeýle habar beriliş wagtyň hakyky masşabynda dolandyryş ulgamynda modelirlemegiň usullaryny ulanmakda ýerine ýetirilip bilner.

Öňki seredilen paragraflardaky mysallarda modelirleme usuly, ulgamyň S daşky sreda bilen özara gatnaşygyny, ulgamyň parametrlerini we algoritmlerini, düzülişlerini taslamagy derňemek maksatlary üçin ulanylypdy. Bu ýagdaýlaryň ählisinde, düzgün boýunça, modelirlemegiň başynyň we netijeleri alamgyň arasyndaky wagta berk çäklendirilmelerbolmandy, tehniki serişdeler hökmünde orta we uly EHM, GWK ulanmaklyk gözöňünde tutulypdy.

Wagtyň hakyky masşabynda dolandyryş ulgamynda çözgütleri kabul etmekdäki habary almaklyk üçin modelirleme usulyny ulanylmasy, ulgam S funksionirlenme prosessini modelirlemek wagtynda baýlygy çäklendirmegiň ýerine ýetirilmesi meselesini birinji orna süýşirdi. Şonuň üçinem wagtyň hakyky masşabynda maşynly modeliň Mm esasynda habar bermegiň aýratynlyklaryna has giňişleýin seredeliň.

Obýekt bilen dolandyrmaklyk üçin ulgamda ulgamyň S we daşky sredanyň E ýagdaýy baradaky habar ýa-da bolmasa ulgamyň S daşky sreda E bilen özara gatnaşygynyň çykyjy häsiýetnemesy baradaky habar ulanylyp bilner. Bu ýagdaý modelirlemeň maksadyny kesgitleýär. Bu ýagdaýda T_p habar bermek wagty üçin

$Z_R \in Z$, $R=1$, n_Z ýagdaýyň üýtgemesi bahalandyrmak talap edilýär. Beýleki bir ýagdaýda (O,T) wagt interwalynda $y_j \in Y$, $j=1, n_Y$ çykyjy häsiýetnamalary bahalandyrmak talap edilýär. Şeýlelikde ýagdaýlaýyn modelirlemegiň maksady – $Z(t)$ ýagdaý wektorynyň habaryny almak, behiwiorally modelirlemäň maksady bolsa $y(t)$ çykyjy häsiýetnamalaryň wektoryny bahalandyrmakdyr.

Meselem, Eger S ulgamy funksionirlenen prosessiň konseptual modeli hökümünde $M_k Q$ shema ulanulýan bolsa, onda ýagdaýlaýyn modelirlemekde ýygnaýjylardaky islegleriň sany, meşgullanýan kanallaryň mukdary ýaly ýagdaýlar barada habar bermeklik gerek bolýar, behiwioral modelirlemede bolsa bu ýagdaýda islegleriň ýitmeginiň ähtimallygy, ulgamda islegleri saklamagyň orta wagty we ş.m. ýaly häsiýetleri bahalandyrmak zerur bolýar. Ýagdaýlaýyn we bihewioral modelirleme maksatlaryna degişlilikde modelirleýji algoritmleriň işlenip düzülmesine we amala aşyrylmasyyna bolan çemeleş hem olaryň gurluş esaslary saklanýanam bolsa tapawutlanmalydyrlar.

Wagtyň hakyky masşabynda obýekt bilen dolandyrmak boýunça çözgütleri kabul etmeklik üçin modelirlemeniniň beýleki bir aýratynlygy, hasaplaýjy baýlyklaryň düýpli çäklendirilmesi bolup durýar, sebäbi şeýle dolandyrys ulgamlary, yz ýanyndanam bolsa, maşynly modeller M_m düzgün boýunça, mini we mikro EHM bazasynda ýa-da haçanda ýatkeşlik göwrümi we çalt hereketlilik boýunça çäklendirilme bar bolsa, ýöriteleşdirilen mikroprosessorlar toplumynda amala aşyrylýar. Bu wagtyň hakyky ölçeginde modelirleme boýunça baýlyklary harçlamagy azaltmaklyga ymykly çemeleşmäni talap edýär.

Mundan başgada ulgamy modelirlemel meselesini çözmegiň ynamlylygynyň we takyklygynyň habary almaklyga harç edilen, amala aşyrylmalaryň mukdaryndan N düýpli bagly bolýandygyny hasaba almaklyk gerekdir. Şeýlelikde wagtyň hakyky ölçeginde dolandyrys sehinden maşynly wagtyň harajatyny kemeltmegiň zerurlygy we modelirleme netijeleriň ynamlylygyny we takyklygyny ýokarlandyrmak üçin amala aşyrylmalaryň sanyny $[(O,T)$ interwalda)], modelirleme bolan wagtyň harajatyny ulaltmagyň zerurlygynyň arasyndaky bäsdeşligi gözläp tapmak meselesi döreýär.

Wagtyň hakyky ölçeginde ulgam S bilen dolandyrmak konturynda maşynly modeli M_m ulanmakda obýekt baradaky berilenleriň bazasynda we şeýlede synaglar baradaky berilenleriň bazasynda habary operatiw täzelemegiň meselesi döreýär, ýagny bu ýagdaýda takyk habar berme barada mesele döreýär.

Wagtlaýyn we bihewioral modeler üçin modelirleýji algoritmleri gurmagyň mümkinçiligine giňişleýin sedeliň. Ýagdaýlaýyn modelirlemede ulgamyň S ýagdaýynyň çalyşmagy baradaky habary ýitirmezlik wajypdyr, sebäbi ondan dolandyrylşyň täsirlenmesi baglydyr. Şonuň üçinem haçanda “ Δt esas” ulanylanda, determinirlenen modelirleýji algoritmleri gurmaklyk, Δt kemeltmesinde modelirleme wagtynyň ulanmasyna, ýa-da bolmasa Δt ulalmagynda ýagdaýy habar bermegiň ynamlylygynyň peselmesine getirýär. Bu stohastiki algoritmleri ulanmagyň peýdasy barada aýdýar, ýagny has ýönekeý amala aşyrylýan wariantlar, asinchronly sporadiki algoritmler barada aýdýar.

Behiwiorally (O,T) interwalda ulgamyň S häsiýetleriniň ortalasdyrylan stohastiki bahasyny almaklyk wajypdyr. Şonuň üçinem modelirleýji algoritmleri

gurmakda modelirlemän netijeleriniň berilen takyklygynda we ynamlylygynda wagtyň kiçi harajatynyň we onuň çykarylmagyna operatiw ýatkeşligi talap edýän has ýönekeý amala aşyrylýan algoritmisaylamaklyk wajypdyr. Bu ýagdaýda stohastiki we determinirlenen modelirleýji algoritmler täsirli bolup bilerler. Dolandyryş ulgamynda çözgütleri kabul etmek üçin modelirleýji algoritmi gurmaklygyň esasy saýlamak takyk S aýratynlyklarynyň hasaby bilen diňe geçirilip biliner.

Wagtyň hakyky ölçeginde modelirlemekde modelleri M_m meýilmalaşdyrmagyň nukdaý nazary bilen hem aýratynlyklaryň giden hatary bardyr. Bu ikinji nobatda modelirleýji algoritmi boýunça hasap alma wagtyna berk çäklendirmelerden mini we mikro EHM meýilnamaly üpjün edilýş mümkinçiliklerinden salgylanyp modelleriň meýilnamasy amal aşyrylmasy üçin ulanmaklygyň mümkin däldigini ýa-da ýoklugy bilen baglanşyklydyr. Bu ýagdaýda esasy ulanylşy pes derejeli diller tapýarlar, bu wagtyň hakyky ölçeginde modelirlemän meýilnamaly üpjün edilşini işläp düzmek prosessini çylşyrymlaşdyrýar, ýöne adatça modelirlemän ýeterlikli täsirli iş meýilnamalaryny almaga mümkinçilik berýär.

Wagtyň hakyky ölçeginde modelirlemän meýilnamaly üpjün edilşini işläp düzmek prosessini çaltlaşdyrmak we onuň hilini ýokarlandyrmak uly EHM baýlyklaryny ulanmakly modelirlemän iş meýilnamalaryny generirleýän, amaly meýilnamalaryň degişli bukjalaryny işläp düzmeklik oňalydyr.

Şeýlelik bilen, wagtyň hakyky ölçeginde dolandyrmak maksatlary üçin ulgamy funksionirmek prosessini modelirlemek spesifiki aýratynlaryň giňden hataryna eýedir, ýöne modelirleýji algoritmleriniň amala aşyryş esaslary we modelirleme metodikasy saklanylýar.

Edebiýatlar

1. Türkmenistanyň Konstitusiyasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, Halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhubelentligiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
6. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny). Aşgabat, 2009.
7. Türkmenistanyň Prezidentiniň «Obalaryň, şäherleriň, etrapdaky şäherçeleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşayyş şertlerini özgertmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin» Milli maksatnamasy. Aşgabat, 2007.
8. «Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry» Milli maksatnamasy. «Türkmenistan» gazeti, 2003-nji ýylyň, 27-nji awgusty.
9. «Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy». Aşgabat, 2006.
10. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Учебник для вузов. - М: Высшая школа. 1985, -272 с.
11. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Курсовое проектирование: Учебное пособие для вузов. -М: Высшая школа. 1988, -138 с.
12. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Лабораторный практикум: Учебное пособие для вузов. М: Высшая школа. 1989, 122 с.

MAZMUNY

GIRIŞ	2
I BÖLÜM Ulgam modelirlemegiň esasy düşüňjeleri	
§1.1. Ulgamlary modelirmekde ulgam ýolynyň usullary	3
§1.2. Ulgam modelirleme problemanyň umumy häsiýetnamasy	5
§1.3. Ulgam modelirlemegiň görnüşleriniň klassifikasiýasy	8
§1.4. Hasaplaýjy maşynlarda ulgam modelirlemegiň effektiwligi we mümkinçilikleri	11
II BÖLÜM Ulgam modelirlemegiň matematiki shemalary	
§2.1. Sistemanyň matematiki modelini gurmaga esasy çemeleşmeler	13
§2.2. Üznüksiz determinirlenen modeller (D-shemalar)	15
§2.3. Diskret determinirlenen model (F shema)	17
§2.4. Diskret – stohastiki model (P - shema)	23
§2.5 Üznüksiz – stohastiki model (Q - shema)	25
§2.6. Umumylaşdyrylan model (A – shema)	27
III BÖLÜM Ulgamy işlemek prosesiniň formalizasiýasy we algoritmizasiýasy.	
§3.1. Ulgamyň modelleriniň işlenilip düzülmeginiň we maşynly amala aşyrylmagynyň yzygiderligi.	28
§3.2. Ulgamyň konseptualy modelini gurmak we onuň formalizasiýasy.	31
§3.3. Modeliň algoritmizasiýasy we onuň maşynly amala aşyrylmasy.	38
§ 3.4. Modelirlemäniň netijelerini almak we interpretirmek.	44
IV BÖLÜM Ulgamyň EHM-de statistiki modelirlenilmesini gurnamak	
§4.1. Ulgamyň statistiki modelirlenilme usulynyň umumy häsiýetnamasy.	47
§4.2. Emeli tötänleýin sanlar we olaryň maşynly generasiýasynyň proseduralary.	48
§4.3. Tötänleýin täsirlenmeleri modelirmek	56
V BÖLÜM Ulgamy modelirlemegiň meýilnamaly we tehniki serişdeleri.	
§5.1. Ulgamy modelirmek we meýilnamalaşdyrmak dilleri.	64
§5.2. Imitasion modelirleme dilleriniň deňeşdirilýän derňewi.	70
§5.3. Ulgamy modelirlemegiň amaly meýilnamalarynyň bukjalary.	73
§5.4. Dialogy ulgam we modelirleme berilenleriniň banky.	76
VI BÖLÜM Ulgamyň komponenti bilen maşyn synaglaryny meýilnamalaşdyrmak.	
§6.1. Synaglary meýilnamaşdyrmagyň usullary.	78
§6.2. Ulgamyň modeli bilen maşynly synaglary strategiki meýilnamalaşdyrmak.	89
VII BÖLÜM Ulgamlaryň modelirlemegiň işläp taýýarlanylşy we netijeleriniň derňewi.	
§7.1. EHM-de ulgamlaryň modelirlemegiň fiksasiýanyň aýratynlyklary we netijeleriniň statiki işläp taýýarlanylşy.	91
§7.2. Ulgamlary modelirmek netijeleri derňemek we interpretirmek (üýtgetmek).	97
§7.3. Ulgamlaryň sintezinde modelirleme netijesinde alynana netijeleriniň üstünde işlemegiň aýratynlyklary	101

VIII BÖLÜM Bir şekildäki matematiki shemalary ulanmakly modelirmek.	
§ 8.1. Ulgamy funksionirmek prosesleriniň blokly iyerarhiki modelleri.	107
§ 8.2. Q-Shema ulanmakly ulagam funksionirmek prosessiniň formolizasiýasynyň aýratynlyklary.	109
§ 8.3. Q-shemaň modelirleýji algaritmleň guramagy we amala aşyrylmagy.	111
§ 8.4 A-shemanyň ulanmakly ulgamy funksionirmek prosesiniň formalizasiýasynyň aýratynlyklary.	120
§ 8.5 A-shemanyň modelirleýji algaritmleň guramasy we amala aşyrylmasy.	121
IX BÖLÜM DAU-işläp düzmekde modelirleme usulyňy ulanmak.	
§9.1 Ulgamyň modellerini gurmagyň we amala aşyrmak düzgünleriniň umumy esaslary	123
§9.2. DAU üpjün ediji bölekulgam işläp düzmekde modelirleme	127
§9.3. DAU işiniň funksional bölekulgam işläp düzmekde modelirleme	132
§9.4. Wagtyň hakyky masşabynda dolandyrmakda ulgamy modelirlemegiň aýratynlyklary.	138
Edebiýatlar	142