

**ÓZBEKSTAN RESPUBLIKASI JOQARI HÁM ORTA ARNAWLÍ
BILIMLENDIRIW MINISTRILIGI**

**ÁJINIYAZ ATÍNDAGÍ NÓKIS MÁMLEKETLIK PEDAGOGIKALÍQ
INSTITUTI**



Matematika-informatika fakulteti

**5110700-«Informatika oqıtıw metodikası» bakalavr tálim baǵdarı 4-J
kurs talabası Genjebaeva Sayyoranıń**

PITKERIW QÁNIGELIK JUMÍSÍ

Tema: Imitaciyalıq modellestiriw texnologiyasın úyreniw metodikası.

Talaba:

S. Genjebaeva

Ilimiy basshı:

t.i.k. dotsent M.Eshanov

Ilimiy másláhátshi:

B.Prenov

Kafedra baslıǵı:

f.m.i.k. dotsent A.Alatinov

Nókis 2018-jıl

M A Z M U N I

K I R I S I W	4
1. Matematikalıq hám imitasiyalıq modellestiriw haqqında túsiniqler.	
2. Imitasiyalıq modellestiriw texnologiyası.	
3. Modellestiriw problemaları.	
4. Identifikaciya máseleleri.	
5. Imitaciyalıq modellestiriwde empirikalıq formulalardan paydalanıw usılları.	
J U W M A Q L A W	53
Paydalanıǵan ádebiyatlar	54

KIRISIW

Imitasiyalıq modellestiriw tuwrıdan tuwrı obektti modellestiriwge tiykarlangan. Bunday modellerdiń tiykargı xarakteristikası obekttiń hám modeldin bir birine strukturalıq uqsaslıǵı bolıp tabıladı. Bul degen sóz sheshiletuǵın máselege baylanıslı hár bir obektke onıń elementleriniń xarakteristikalarınıń sáykes keliwi bolıp esaplanadı. Imitasiyalıq modeldi qurǵanda obekttiń hár bir e'lementiniń háreket etiw nızamı hám olar arasındalıq baylanıslar táriplenedi. Imitasiyalıq modellestiriw jumısı imitasiyalıq eksperiment ótkeriwden turadı. Eksperiment ótkeriw barısındalıq proces haqıyqıy obekttegi proceske uqsaydı. Sonlıqtan imitasiyalıq modeldegi obektti izertlew eksperiment barısındalıq procestiń xarakteristikasını úyreniwge alıp keledi.

Massalıq táminlew (xızmet kórsetiw) sistemasınıń (MTS) teoriyasında táminlenetuǵın obekt “Talap” dep ataladı. Ulıwma jaǵdayda talap dep qanday da bir zárúrlikti qanaatlandıratuǵın sorawǵa aytıladı. Máselen: abtomashınaǵa janar may quyıw; abonent penen sóylesiw; samolyotqa jolawshılardı shıǵarıw; ambarxanadan zat alıw hám. t.b.

Massalıq támiynlew teoriyasınıń eń dáslepki tiykarın salıwshılardan biri A.K.Erlanga (1878-1929).

MTS ámeliy matematika oblastına tiyisli bolıp óndiriste, támiynlewde, basqarıwda kóp qollanıladı. Tiykarınan birtekli hádiyselerdi kóp márte qaytalaydı. Máselen: turmıs xızmeti informatsiyalardı qabil etiw, qayta islew hám uzatıw sistemasında; avtomatlastırılǵan óndiris sistemasında hám t.b. Bul teoriya boyınsha talaptıń (informatsiyanıń) qabil etiliwi waqıt aralıǵında tosınnan boladı, al talaptı orınlaw múddeti turaqlı bolmaydı, yaǵniy tosınnanlıq xarakterge iye. Usı sebeplerge baylanıslı MTS nıń matematikalıq usıllarınıń táripleniwi tosınnanlıq proses bolıp esaplanadı.

40-shı jıllardıń aqırında Amerikalı fizikler itimallıq nızamlarına tiykarlangan EEM da esaplaw ushın quramalı kvadraturalıq usıldı qollandı. Bul usıl Monte-Karlo atı menen ataldı. Bul usıldıń eń ápiuayı táripleniwi tómendegishe.

$$[a;v] \text{ kesindisinde } Y=F(X) > 0$$

iymekligi menen shegaralangán figuranıń maydanın esaplaw kerek.

Bunı esaplaw tómendegi usılda shólkemlestiriledi. Iymek sızıqlı maydanǵa sırtlay tuwrı múyeshli tórtmúyeshlik sızıladı ham ol mayda kvadratlarǵa bólinedi. Tuwrı múyeshlik ishinde tosınnan kóp sandalıq tochkalar belgilenedi. Ulıwma tochkalardıń sanın N , al iymek figuraǵa tiyisli tochkalar sanın M dep alsaq M/N qatnasi eki figuranıń

maydanlarını qatnasın beredi. Tek ǵana usı ideya menen bul usıldıń atı shıǵıp ketti.

Ulıwma alǵanda imitatsiyalıq modellestiriw prosesinde kóbineşe itimallılıq teoriyasınıń nızamları kóp qollanıladı, sebebi imitatsiya prosesinde tájiriye nátiyjeleri statistikalıq maǵlıwmat sıpatında alınadı. Buniń sebebi harqanday tájiriybede azǵana bolsa da qátelikke jol qoyıladı. Imitatsiyalıq modellestiriw usılında tiykarınan EEM qollanıladı, sonlıqtan házirgi waqıtta bunı kópshilik ádebiyatlarda “Kompyuter modellestiriw” dep te ataydı.

Imitatsiyalıq modellestiriw tiykarınan quramalı sistemalarǵı basqarıw, optimallasırıw, onıń modelinde qatnasatuǵın parametrlerdi identifikasiyalaw hám t.b. esaplaw jumıların kompyuterde orınlaw ushın jaratılǵan. Quramalı sistemalar kóplegen obektlerden turadı, al obektler bolsa óz gezeginde bir qansha elementlerden quraladı. Olar bir biri menen baylanısqa boladı. Eger elementlerdiń xarakteristikası obekttiń xarakteristikasına sáykes kelmese, onda bunday obektlerdiń ulıwma modelin dúziw qıyın boladı, yaǵnıy hár bir element óz aldına jeke modellestiriledi. Dáslep obekttiń elementleriniń kirisi hám shıǵısı tájiriye sıpatında qabıl etiledi hám onıń xarakteristikaları boyınsha imitatsiyalıq modelleri dúziledi. Keyin obekt baqlawǵa alınadı, baqlaw nátiyjeleri analizlenip, múmkin bolsa dúzilgen modeller ulıwmalastırıladı. Eger obekttiń elementleri texnikalıq qurılma bolsa, onda olardıń modelleri nominal xarakteristikaları boyınsha dúziledi.

Solay eken quramalı sistemalardıń modelleri bir birine usamaydı. Demek imitatsiyalıq modellerdi dúziw boyınsha ulıwmalastırılǵan usıl joq. Sonlıqtan pitkeriw qánigelik jumısında obekttiń xarakteristikasına baylanıslı hár qıylı modellerdi qaraymız.

Pitkeriw qánigelik jumısı 5 paragraftan, kirisiw hám juwmaqlaw bólimlerinen ibarat. Jumıstıń aqırında paydalanǵan ádebiyatlar dizimi keltiriledi.

1-paragrafta dáslep model hám modellestiriw túsiniqleri beriledi, keyin modellestiriw imkaniyatları haqqında sóz etiledi. Kompyuter modellestiriw túsiniǵinen aldın imitaciyalıq modellestiriw túsiniǵi payda bolǵanlıǵı sebepli olar arasında qanday baylanıs bar ekenliǵi ayıladı. Hazirgi waqıtta kompyuterge baylanıslı bolǵan qálegen modellestiriw procesi kompyuter modellestiriw dep atalıp ketti. Usıǵan baylanıslı imitaciyalıq modellestiriw tiykarı haqqında toqtaladı. Bul jerde imitaciyalıq modellestiriwdiń ayırmashılıǵı, qolaylıǵı, modellestiriw etaplarınıń kompyuter modellestiriw

etaplarına sáykes keliwi hám t.b. lar aytıladı. Etaplar: máseleniń qoyılıwı; modelge taiarlıǵı; informaciyalıq modellerdi qurıw; kompyuter eksperimenti; modellestiriw nátiyjelerin analizlew hám t.b. lar aytıladı. Ásirese imitaciyalıq modeller qurılıtuǵın sistemalardıń xarakteristikalarına kóbirek toqtaladı.

2- paragrafta tiykarınan tomendegi usıllar táriyplenedi: konseptual modellerdi jaratıw; stratifikaciya-sistemanıń ierxialıq qatlamlarǵa bóliniwi; dekompoziciya-detallastırıw; lokallastırıw; maǵlıwmatlardı tańlawda generatorlardan paydalanıw. Sistemanıń xarakterine sáykes modellerdi tańlaw: statikalıq; dinamikalıq; diskret; stoxastikalıq; bir ózgeriwshili; kóp ózgeriwshili; stacionar; stacionar emes; izotermalıq; izotermalıq emes hám t.b. Bulardan basqa maǵlıwmatlardı tayarlaw hám fakt maǵlıwmatlardı toplaw máselesi qaraladı. Jáne texnologiyaǵa qanday anıqlıqlar kerek: sistemanıń strukturası; sistemanı analitikalıq izertlew; modellerdi tańlaw; modellestiriw quralları; algoritmlik tiller; modellerdiń avtomatlastırılıw dárejesi hám t.b. lar anıqlanadı. Endi kelesi etapta modeldiń adekvatlıǵı tekseriledi hám model sazlanadı. Modelge tájiriybe ótkiziwdi rejelestiriw: strategiyalıq hám taktiykalıq rejeler. Modellestiriw nátiyjelerin analizlew hám odan paydalanıw. Mine usı ayılǵanlar táriyplenedi. Anıqlamalar hám bagdarlaw izbe izligine baylanislı modeldi islep shıǵıwda táriplewdi shártli túrde tómendegishe ataw múmkin: konseptual; matematikalıq hám programmaliq.

3-paragrafta modellestiriw problemaları qaraladı. Modellestiriw problemasin qoyıwda hám sheshiwde izertlewshi túrli máselelerge dus keledi. Tiykargi máselelerden biri bul – modellestiriw obykti dep nege aytiladi, onıń uliwma qásiyetleri neden ibarat hám qanday qásiyetlerge iye boladi? Sonıń ushin modellestiriw problemasin modellestirip atırǵan obykti úyreniwden baslaw múmkin. Modellestiriw procesinde eń tiykawǵı problemalardan biri informaciyalardıń tolıqlıǵı, haqıyqatlıǵı, apriorlıǵı yamasa aposteriyorlıǵı bolıp esaplanadı.

4- paragrafta identifikaciya máseleleri, máseleniń qoyılıwı, onıń qıyınshılıqları bayan etiledi. Bul jerde obekttiń halı xarakteristikasi, kiris , shıǵıs parametrleriniń túrleri, qanday modeldi tańlaw kerek ekenligi, máseleni sheshiw ushın qanday usıllardan paydalanıw kerek hám t.b. problemalar bayanlanadı.

Bulardan basqa imitaciyalıq modellestiriw usılın qollanıp másele sheshiwge mısál kóruledi. Misalda neft yamasa gaz óndirisinde óndiris procesin shólkemlestiriwdiń imitaciyalıq modeli qaraladı. Modellestiriw ushın Monte-Karlo usılı paydalanıladı. Geologiyalıq xordı anıqlawda Monte-Karlo usılınıń eki túrli ózgesheligi kórsetiledi. Monte-Karlo usılınıń kóbirek qollanılatuǵın variyantı bayanlanadı hám mısál juwmaqlanadı.

5-paragrafta imitaciyalıq modellestiriwde tájiriybe nátiyjelerinen paydalanıw maqsetinde dáslep máseleniń qoyılıwı, tájiriybe nátiyjesinen

kerekli maǵlıwmatlardı saylap alıw, ortasha mánislerdi paydalanıw usılları qollanıladı. Keyin obektin xarakteristikasına sáykes model ushın hárqıylı emperikalıq formulalar tańlap alınadı. Formuladaǵı belgisiz koefficiyentlerdi anıqlaw ushın oǵan eń kishi kbadratlar usılı qollanıladı.

1. Matematikalıq hám imitasiyalıq modellestiriw haqqında túsinikler.

Bul paragrafta dáslep model hám modellestiriw túsinikleri beriledi, keyin modellestiriw imkaniyatları haqqında sóz etiledi. Kompyuter modellestiriw túsiniginen aldın imitaciyalıq modellestiriw túsinigi payda bolǵanlıǵı sebepli olar arasında qanday baylanıs bar ekenligi aytıladı. Hazirgi waqıtta kompyuterge baylanıslı bolǵan qálegen modellestiriw procesi kompyuter modellestiriw dep atalıp ketti. Usıǵan baylanıslı imitaciyalıq modellestiriw tiykari haqqında toqtaladı. Bul jerde imitaciyalıq modellestiriwdin ayırmashılıǵı, qolaylıǵı, modellestiriw etaplarınin kompyuter modellestiriw etaplarına sáykes keliwi hám t.b. lar aytıladı. Etaplar: mäselenin qoyılıwı; modelge taiarlıǵı; informaciyalıq modellerdi qurıw; kompyuter eksperimenti; modellestiriw nátiyjelerin analizlew hám t.b. lar aytıladı. Ásirese imitaciyalıq modeler qurılatuǵın sistemalardin xarakteristikalarına kóbirek toqtaladı.

Model hám modellestiriw túsinigi erte jıllardan baslap aq ilimiy izertlewlerde qollanıla baslanǵan, bara bara ilim hám bilimlendiriwdin jańa tarawın da iyelep aldı. Texnikalıq konstruksiyalawda, qurılıs hám arxitekturada, fizika, astronomiya, biologiya hám ximiyada, jámiyetlik ilimlerde áste aqirin ilimiy úyreniwlerde universal metodlardan biri bolıp óz ornın iyeledi. Modellestiriw zamanagoy ilimnin hámme tarawlarında tán alınıwi hám úlken tabislarǵa iye bolıwi XX ásirge tuwra keledi. “Model” termini adamzattin háreket etetuǵın hár qıylı tarawlarında keń qollanıladı hám júdá kóp mánislerdi bildiredi.

Model – bul táriyplew yáki tiykargi tıp nusqanin ornın basıwshi - obekt, eger hár túrli sebeplerge baylanisli tiykargi obektin qásiyetlerin úyreniw imkaniyati bolmaǵan waqıtlarında da ol obekti úyrenip shıǵıwdı táminleydi.

Modellestiriw dep modeldi qurıw, úyreniw hám qollanıw protsessi túsiniledi. Modellestiriw haqıyqatti sáwelendiriwshi formalardin biri bolıp esaplanıladı. Modellestiriw obstraktsiya, analogiya, gipoteza ham basqa kategoriyalar menen tıǵız baylanisli. Modellestiriw protsessi shártli túrde abstraktsiyanı qurıw, analogiya boyınsha oyǵa salıp nátiyje shıǵarıw, ilimiy gipotezalardi islep shıǵarıwdı óz ishine aladı. Modellestiriwdin eń tiykargi

özgesheligi – obekttiń ornın basıwshı obekt járdeminde úyreniwdi ámelge asıradi. Model úyreniwdiń ózgeshe quralı retinde bolıp, izertlewshı menen obekt arasında turıp, sonıń járdeminde qızıqtırǵan obektti úyrenip shıǵadı. Model túsiniǵı tek ilimiy yáki texnikada emes iskustva hám kúndelikli ómirde isletiledi. Modellestiriw imkánıyatlari: modellestiriw hám modeldi úyreniw barisında alıǵan tájriybelerdi tiykargı nusqaǵa kóshiriw, modellestiriwshini qızıqtırǵan obekttiń qásiyetlerin sáwlelendire alıwı. **Tábiyat hám texnikalıq ilimlerde modellestiriw tómendegi túrlerde boladı:**

- Konseptual modellestiriw. Bunday modellestiriwde úyrenip atırǵan obekt yáki sistema anıq faktler yaki túsinińler jiyindisi, bir neshe arnawlı belgiler, simvollar, operatsiyalar arqalı, ya bolmasa tábiyiy yaki jasalma til járdeminde túsindiriledi.

- Fizikaliq modellestiriw. Bul jaǵdayda model hám modellestiretugin obekt birdey yáki hár qiyli tábiyiy fizikaliq protsessten turatugin real túrindegi obekt yáki protsessten ibarat boladı, sonıń menen bir qatarda tiykargı obekt penen modeldegi protsessler bir birine uqsas boladı.

- Strukturalı funktsionallı modellestiriw. Model túrinde sxemalar, grafikler, sizilmalar, diyagrammalar, tablitsalar, súwretler, pikirler hám olardı jıynaw hám islew ushin arnalǵan qaǵıydalar kiredi.

- Matematikaliq modellestiriw. Modellestiriw sonıń ishinde model quriw, matematika hám logika járdeminde ámelge asiriladi.

- Imitatsiyalıq (programmaliq) modellestiriw. Úyrenilip atıǵan obekttiń logikaliq matematikaliq modeli sistemasiniń háreket etiwı algoritimniń programmaliq kompleksi túrinde usiniladi.

Atap ótilgen modellestiriw túrleri qiyin obektlerdi úyrenen waqıtta hámmesi bir waqıtta yamasa bir neshe kombinatsiyalar turinde isletiliwi múmkin.

Kompyuterli modellestiriw túsinińleri. Aldingi waqıtlarda komyuterli modellestiriw dep tek imitatsiyalıq modellestiriwdi tusinetugin edik. Házirgi waqıtta komyuter fizikaliq modellestiriwden tisqari hámme modellerde qollaniladi.

Misali matematikaliq modellestiriwdiń tiykargı basqishların orınlaw, matematikaliq modellerdi tájriybe maǵlıwmatlar tiykarında dúziw házirgi waqıtta kompyutersiz mumkin emes. Keyingi jıllar grafikaliq interfeys hám grafikaliq paketlerdiń rawajlanıwına baylanisli kompyuterlik strukturalı (quramalı) – funktsionallıq modellestiriw keń tarqalıp rawajlanbaqta. Kompyuterde konseptuwallıq modellestiriwdi isletiwge jol ashadı, máselen jasalma intelekt sistemasin dúziw maqsetinde.

Házirgi waqıtta komyuterlik model dep tómendegilerdi túsinemiz:

- Obekttiń yáki bir neshe obektler sistemasiniń bir biri menen baylanisi, kompyuterli tablitsalar, blok- sxemalar, diyagrammalar, grafikler, súwretler, animatsiyalıq fragmentler, úlken testler h.t.b járdeminde sawlelendirilgen hám obekttiń elementleri arasındaǵı baylanisin hám qurilisın kórsetip turǵan shártli belgiler.

- bólek programma, programmalar jiyindisi, izbe izlik esabatlar hám olardıń nátiyjesinde obekttin háreket protsessin qayta tiklewshi programmaliq kompleksler. Bunday modeler imitatsiyalıq dep esaplaniladi.

Komyuterli modellestiriw, kompyuterdi qollanǵan tarawda, analiz máselesin sheshiw usili bolip tabiladi.

Modellestiriwde kompyuterden paydalanatuǵın tiykarǵı tarawlar:

- Máseleni sheshiw ushin járdemshi usil;
- Búgingi metod, algoritim, texnologiyalar sheshilmeytuǵın jańa máselelerdi qoyiw hám sheshiw;
- Oqitiwshi hám modellestiriwshi ortasındaǵı dóretiwshilik;
- Modellestiriw barsında jańa bilim aliw;
- Islep shıǵılǵan modellerdi oqitiw.

Kompyuterlik modellestiriw ilim úyreniwdiń jańa usili hám qurali bolip kelmekte. Hár qanday qiyin sistemani kompyuterlik modellestiriwge boladi, máselen bir firmaniń yáki banktiń ekonomikalıq bólimin, sanaat kárxanasın, basqa haqıyqiy obektti yáki processti h.t.b. Komyuterlik modellestiriwdiń maqsetleri hár túrli boliwi múmkin. Quramali sistemaniń kompyuterlik modeli imkanı bolgansha hámme tiykarǵı faktordi esapqa alǵan hám sonıń menen bir qatarda apiwayi boliwi shárt.

Imitatsiyalıq modellestiriwdiń tiykari Bir qansha sebeplerge kóre analitikalıq modeli joq yamasa payda bolǵan modeldiń sheshiw metodlari islenbegen obektler klassi bar. Ideeal emes sistemadaǵı protsesslerdiń quramali bolǵanı ushin múmkin emes. Sol sebepli quramali sistemani izertlew ushin imitatsiyalıq modeldi qaraydi. Bul model menen eksperiment ótkeriw imitatsiya dep ataladi. Misali: Janilǵını quyiw sistemasi hám avtomobildi maylaw hátteki real jaǵdaydada (turaqlı temperatura, janilǵınıń turaqlı quramı hám maylaw) analitikalıq metodta qiyinshiliq penen kórsetiw múmkin. Eger gáp real sistema haqqında barsa, onıń analitikalq model sistemasin quraw múmkinshiligi bola almaydi, sebebi onıń xarakteristikası birdey emes hám kóplegen faktorlar hám temperaturanıń ózgermeligi sebepli ózgerip turadi.

Imitatsiyalıq modeldiń tiykari tómendegiden ibarat:

1 Sistema kóplegen funktsional bloklarǵa bólinedi (dekompozitsiya).

2 Hár bir blok kiriw shıǵıw toplanınan ibarat qara yashık modeli menen almasadı. Bul kiriw shıǵıw parametrlerge baylanisli.

3 Qayta quriw funktsiya esabında analitikalıq qatnasın paydalanıwǵa boladı.

4 Funktsional bloklar modelleri real quramalı sistemaniń qásiyetlerin imitatsiya etetuǵın model sistemasına toplanadı.

Imitatsiyalıq modellestiriwdiń tiykarın dekompozitsiya protsessleri quraydı, hár bloktiń funktsiyası kiriw parametrleri kiriwine qaytalaydı hám funktsional model bloklarınan alınǵan sintez sistemasi tiykarında modeldi qabil etiw múmkin.

Imitatsiyalıq modellestiriwiniń ayirmashılıǵı. Imitatsiya modellerdiń hámmesi “qara yashık” modelindey usınıs etedi. Bul oniń podsistemasına signaldı shıǵarıp beriw degen túsınledi. Sonıń ushınkerekli maǵlıwmat yaki nátiyje aliw ushın imitatsion modeldi “sheshiw” emes, al “shıǵariw” kerek. Imitatsion model basqa analitik modellerge sheshim shıǵarıp bere almaydı. Ol tek eksperiment jaǵdayında analiz jasap bere aladı.

Bul medod esap shıǵariw ushın zárúr bolǵanlıqtan tómendegi soraw payda boliwi tiyis. Qay gezleri imitatsiyalıq model kerek?

Izleniwshi imitatsiyalıq modellestiriwdiń qaysı shártke ilayıqlıǵın kórip shıǵıw kerek:

Modeldi formalastiriw múmkinshılıǵı joq yamasa matematikalıq modeldiń analitik metodlarınıń sheshimi tayın emes. Bul kategoriyaǵa kóplegen xızmet kórsetiw modelleri kiredi.

Analitikalıq modeli bar biraq matematikalıq protseduralar sonshalı kóp hám qiyin, imitatsion modellestiriw esaptıń apiwayı sheshimin tawıp beredi.

Analitikalıq sheshim bar biraq, oni ámelge asiriw múmkinshılıǵı joq sebebi xızmetkerlerdiń matematikalıq tayarlıǵı jetkilikli emes. Bul jaǵdayda proektlestiriwge, sinawǵa hám imitatsion modellestiriwge sariplangan harjilardi salistiriw kerek.

Protsesstiń belgili bir waqıtta ótiwin kórip shıǵıw maqul.

Real sharayatlarda eksperimentti baqlaw hám júrgiziw qiyin, buniń misali planetalar arasında kosmik korabllerdiń qásiyetlerin úyreniw bola aladı.

Sistema hám protsesslerdi uzaq waqıt háreketlendiriw ushın waqıt shkalasin qisiwi kerek. Imitatsiyalıq modellestiriwde kórip shıǵıp atırǵan protsessti, ótip atırǵan waqıttı tolıq qadaǵalaw múmkin sebebi, bul qublisti ásteletiw yáki tezletiw múmkinshılıǵı boladı. Bul kategoriyaǵa hár qiyli dárejedegi dinamikalıq process kiredi.

Imitatsion modellestiriwdiń qolaylıqları. Zamanagoy imitatsiyalıq modellestiriw maqsetine hám sheshiletuǵın máselege baylanisli úsh

jaǵdaydıń birewin usinis etedi: sistemalıq dinamika; diskret modellestiriw; agentlik modellestiriw.

Sistemalıq dinamika sistemani ózgeriushilerdiń jiyindisi dep qaraydı bir-biri menen qarama-qarsi ilmek penen baylanisli. Qarama-qarsili ilmekler sızıqlı emes signal uzatuw harakteristikasına iye. Olar: kúsheytiriwshi (oń qarama-qarsi baylanis) yamasa páseytiriwshi (teris qarama-qarsi baylanis). Qarama-qarsi baylanislar bir-biri menen de baylanista bolıw múmkin. Signallardı qarama-qarsi baylanis boyınsha tuwrıdan-tuwrı yamasa waqıttı ótkiziw menen jetkiziwge boladı. Solay etip ulıwma sistema ózine tán tábiyatı hám protsessi menen sızıqlı emes qásiyetti imitatsiyalaydı. Sistemalı dinamika metodı sanlı rezultattı alıw ushin yamasa sistemaniń elementlerin analizlew ushin baǵdarlanbaǵan, al ulıwma sistemaniń qásiyetin bahalaydı: rawajlanadı yáki kerisinshe, teńlikke háreketlenedi yáki turaqlı emesligin kórsetedi. Sistemaniń hár qiyli bólimlerinde protsess qay dárejede ótedi: máselen makro dárejede modeldi jaratıw ushin tábiyiy, sotsiyal, ekonomikalıq jobalar járdemi menen (misali, bazarlardıń teńlestiriw yamasa planetamızdıń atmosferasınıń qásiyetlerin modellestiriw) bunday jandasiw paydalanıladı. Modellestiriw procesinde sirtqi baylanislardı da qosadı.

Diskret-hádiseli modellestiriw elementler hám operatsiyalardıń ierarxiyalıq izbe-izligin kórsetedi (qabıllaw, tartıp alıw, túsiriw, registratsiya, jaylastiriw, shıǵarıp beriw h.t.b.) Bir operatsiyadan ekinshisine hádisi boyınsha ótedi (yamasa hádisi payda etedi). Operatsiya birneshe mazmunda boladı (document, zayavka, konteyner, schet). Ózliginen mazmunlar passiv biraq olar operatsiya protsessine tásir etiwshi atributlarǵa iye. Diskret-hádiseli modellestiriw joqarı dárejeli obstraktsiyaǵa iye: kórip atırǵan protsess ushin áhemiyetli emes detalları esapqa alınbaydı. Diskret-hádiseli jandasiw bizness hám texnologiyalıq protsesslerde, logikada qollanıladı.

Agentlik modellestiriw sistemada qiyin obektlerdi jiynaydı, belgili bir qaǵıydalar menen baylanista boladı. Agentlik modellestiriw kórip otırǵan sistemadaǵı aktsentti, sistemadaǵı bolıp atırǵan protsesslerdi qiyin element sistemasında kórip ótiw ushin qollanıladı. Agent esabında adamlar bolıwı múmkin (kollektivli modellestiriw), mekeme hám karxanalar (bazar qatnasında modellestiriwi), qiyin mexanizimler (texnologiyalıq protsesslerdi modellestiriw). Egerde diskret-hádiseli modellestiriwde itibardıń hámmesi operatsiyaǵa jámlense, al individual qásiyetleri itibarǵa alınbasa agent modellestiriwinde sistemaniń obektleri arasındaqı ayırmashılıǵı modelde tiykar bolıp esaplanadı.

Imitatsion modellestiriwdiń etapları: Máseleniń qoyılıwı. Problema jazıladi hám modellestiriw maqseti belgilenedi, modellestiriw maqseti belgilengenнен keyin kórip atırǵan obekt yamasa protsesstiń qiyinlıǵı sebebinen oni orınlaw múmkin emesligi belgilenedi. Sol waqıtta imitatsiyalıq modeldi ótkeriw sheshimine keledi.

Modeldiń tayarlıǵı: modelge tayarlanıw degen informatsiyalıq modeldi hám kompyuterlik modeldi dóretiwdi názerde tutadı.

Informatsiyalıq modeldi jaratıw: informatsiyalıq modeldi qurıw protsesstiń strukturalıq analizinen baslanadı. Real protsesstiń qiyin strukturasin mayda protsesslerge bóledi, ol belgili bir funktsiyalardı orınlaydı hám funktsionallıq baylanisqa iye. Tabılǵan podprotsessler óz gezeginde basqa funktrionallıq podprotsesslerge bóliniw múmkin.

Uliwma modellestiriw processiniń strukturasi graf halında kórsetiliwi múmkin, ierarxiyalıq kóp qabatlı strukturaǵa iye, nátiyjede imitatsiyalıq model gragikalıq túrde payda boladı. Strukturalıq analiz ekonomikalıq protsesslerin modellestiriwinde effektke iye. Onda mayda protsessler fizikalıq tiykarına iye emes hám virtual halda ótedi.

Strukturalıq analizdiń tiykarǵı punktleri dekompozitsiya (protsessler úlesin tuwri tańlaw) hám baylanislar kópligi(protsessler úlesi arasındaǵı baylanislar hámmesi itibarǵa alınıw kerek) bolıp esaplanadı

Kompyuterli modellestiriwdiń qurılıwı. Imitatsion modeldiń grafikalıq kórinisi, hár bir podprotsess penen orınlanatuǵın funktsiyaları hámme podprotsesslerdiń baylanis shártleri ásirese modellestiretin protsesstiń qásiyeti, belgili bir tilde jazılıwı kerek. Buniń ushin hárqıyılı GPSS, Piligim, Visual Basic usılları bar. Grafikalıq konstruktsiya járdeinde strukturalıq analiz ótkizgen gezde avtomatlastırıp jazıw (yaǵniy programmalastırıwshi az qarji jumsaw(piligrim sistemasında bunday konstruktor bar)) qollanıladı.

Translyatsiya har qiyli rejimde ámelge asiriladi: Interpretatsiya rejiminde(GPSS.ReThink); kompilyatsiya rejiminde(Piligrim sistemasına xarakterlangen). Hár bir rejim óz qásiyetine iye. Interpretatsiya rejimi iske asiriw ańsat. Arnawli universal interpretator programma hámme imitatsiyalanǵan podprogrammalardı isletedi. Bul rejim buyırtpashiǵa ótkiziwge bolatuǵın bólek modellestirgen programmanı payda qılmaydı, Sebebi onnan tisqari modellestiriw ortalıǵı kerek. Modellestirgen sistema qurıw ushin kompilyatsiya rejimi qiyin tarqaladı. Biraq bul modeldi islewdi qiyinlastırmaydı. Bunday nátiyjede bólek modellestirgen programmanı payda etiwge boladı, ol modellestirgen sistemada jumis alıp baradı.

Verifikatsiya (testten ótkiziw) model parametrlerin gipoteza boyınsha alip bariladi. Onıń tiykarında arnawlı alınğan test misallar járdeminde model quraladi.

Kompyuter eksperimenti. Kompyuterlesken eksperimenttiń ótkiziliwı imitatsiyalıq modeldiń bir yamasa bir neshe parametrlerdi ózgertiw nızamlarınan kelip shıgadi. Imitatsiyalıq modellestiriwdiń kóp jaǵdaylarında kiriw parametrleri arasında waqıt boladı, yaǵnıy imitatsiyalıq modeller kóbisi dinamikalıq esaplanadı.

Modellestiriw nátiyjelerin analizlew. Imitatsiyalıq modeldiń qiyinlıǵı bir neshe tsikildi ótkiziwdi orınlaw lazim. Salıstırmalı nátiyjede esapqa alınbaǵan baylanıslar yamasa empirikalıq baylanıslar tabiliwı múmkin.

Imitatsiya modellestiriw sistemasiniń xarakteristikası. Imitatsiya modellestiriw tarawınıń zamanagoy tendensiyaları problemaǵa baǵdarlanǵan sistemalardıń rawajlanıwı menen baylanıslı. Model kompleksin birlestiriw ushin integratsiya modelin dúziw kerek. Zamanagoy modellestiriw sistemaları texnologiyalıq dáreje menen xarakterlanadı. Kóplegen bazalasqan formalizatsiya kontseptsiyası hám strukturalıq, grafikalıq interfeys hám animatsiyalıq nátiyjeler rawajlanıwı menen imitatsiyalıq sistemalar maǵlıwmatlar bazasına iye boldı hám basqa sistemalar yamasa protseduralıq tillerge iye, bul esaplawdı ańsatlastıradı, eksperimentlerdi avtomatlastırwdı jobalastıradı.

Informatsiyalıq texnologiyalar bazarı zamanagoy modellestiriw sistemasiniń tarawındaǵı tiykarǵı tendensiyaların analizleydi. Tiykarǵı bazalıq kontseptsiya formallastırw hám strukturalastırw boyınsha tómendegiler qollanıladi:

1 Diskret modellestiriw ushin-jazıw protsessleri tiykari yamasa tarmaqlı konseptlerdiń sistemaları (network paradigms), Extend, Arena, ProModel Witness h.t.b.

2 Úzliksiz modellestiriw sistemaları ushin-sistemalıq modeler hám metodlar dinamikası Powersim, Ithink. Kúshli sistemalarda olardıń sistemaların kóbeytiriw maqsetinde alternativlik kontseptsiyası qollanıladi. Misali Powersim, Ithink diskret modellestiriw apparatı kiritilgen, Hám kerisinshe Extend, ProcessModel úzliksiz modellestiriwdi qollap quwatlaydı.

Kóplegen modellestiriw sistemaları qolaylı ańsat interpretatsiyalanatuǵın grafikalıq interfeys, potoklanǵan sistemalıq diyagrammalarǵa iye yamasa blok sxemalar ideografikalıq dárejede tarqatıladi, yaǵnıy súwretlenedi, modeller parametrleri menyu arqalı anıqlanadı. Tayarlanǵan paydalaniwshılar ushin programmalastırılǵan elementleri saqlanadı (obektke baǵdarlanǵan yamasa

ulıwmalıq tilde berilgen) modeldiń bólek elementleri yaki arnalǵan bloklar-avtorlıq modellestiriw dep ataladı.

Imitatsiyalıq sistemalar problemaǵa baǵdarlanǵan boladı. Hár qiyli tarawda belgili bir sistemalar diń modellestiriliwi belgili (Tomas, Sire h.t.b), meditsinalıq xızmet,(MedMODEL) telekomunikatsiya h.t.b. Buniń ushin problemaǵa baǵdarlanǵan sistemalardı modellestiriw óziniń ishine abstrakt elementlerin aladı. Til konstruktsiyaları túsinikler toplamı izertlewshi tarawdan alınǵan. Óziniń problemalıq orentatsiyasın dekloratsiya etetuǵın sistemalar belgili bir qosımshalarǵa iye. Misali Rethink reinjeneringǵa baǵdarlanǵan. Buniń hámmesi imitatsiyalıq modellestiriwdiń qolaylıqlarına tásir etedi.

Zamanagoy modellestiriw sistemalarında stratifikaciyalanǵan modellerdi payda qiliw instrumentleri payda boladı. Stratifikaciyalanǵan model bul mashınǵa baǵdarlanǵan túsiniklerdi ishine jámleydi, berilgen bazalardı konstrukciyalaydı.Islep shıǵıwshılar modellestiriw sistemasında stratifikaciyalıq modellerdi tarqatıwda hár qiyli usıllardı qollanadı. Bir Qatar programmalıq resurslar (AUTOMOD,ProMpdel h.t.b) kiritilgen strukturalar boyınsha modeller integratsiyasın qollap quwatlaydı. Areba hám Exel sistemasında stratifikatsiyaǵa reallanǵan jandasiw ierarxiyalıq kóp tarmaqlı strukturalardan ibarat. Eń perspektivaǵa iye Ithink, Rethink modellestiriw hám ol metodolgiya strukturalıq analiz hám proektlestiriwge tiykarlanǵan. Bunday texnologiyada modellerdi bir neshe dárejede tarqatıw imkanı bar: Blok sxema túrindegi joqarı dárejeli usınıs, keyset paydalaniw usınıs etilgen al tómén dárejedeги modeler patokliq sxemalar hám diagrammalr menen kórsetiledi.

Kompyuterlesken modellestiriwde taza ilim izertlew metodikalari imitatsiyalıq model járdeminde orınlanadı, tekseriw, esaplaw eksperimentlerinde matematikalıq hám informatsiyalıq sistemalı modellestiriwde járdem talap etedi, ásirese eksperimentti jobalastırıw barısında, esaplaw protseduralarin optimizatsiyalawda, kóplegen maǵliwmatlarga sheshim tabiw ushin h.t.b. Kóplegen modellestiriw sistemaları basqa programmalıq usıllari menen birge integratsiya usıllarına tiykarlanǵan. Olar protseduralıq tilge basqa imitatsiyalıq modellerdiń kodına baylanisli kiritiledi. Ol arnawlı esaplardı belgili bazalarǵa jetkizip beredi. Odan hám kúshli paketlerde integratsiya qosımsha programmalar menen táminlenedi, al qosımsha programmalar arnawlı bloklar menen táminlenedi. Bular analiz hám kiritiw bloklari bolıwı múmkin, olar hár qiyli kóplegen kiritilgen maǵliwmatlardı payda etiwge ruxsat beredi . Perspektivada payda bolatuǵn keń funktsiyaǵa iye modeller sistemasi imitatsiyalıq modeller blogına arnalǵan. Birneshe paydalaniwshi rejim sistemalarında interaktiv

modellestiriwdi qollanaw, imitatsiyalıq modeldi internet penen baylanistirip, imitatsiyalıq modellestiriw imkaniyatların kóbeytedi.

Anylogic – imitatsiyalıq modellestiriwdiń universal ortalıǵı. AnyLogic imitatsion modellestiriwdiń universal ortalıǵı bolip tabıladi, ol rossiyaniń Eks Djey Texnologiks kompaniyası tárepinen islep shıǵıldı. Bul programmanıń qolaylıǵı praktikalıq hámme aspektlerde kórsetiledi.

Platformalar arasında tolıq kóshirmeliligi. AnyLogic ortalıǵı Java tilinde jazılǵan, ol barlıq operatsiyalıq sistemada funktsiyalasıwdı táminleydi.

Modellerdiń ǵaressizligi. Model payda bolǵannan keyin ol bólek Java applet bolıwı múmkin hám analogik ortalıǵınan tisqari júrgiziliwı múmkin. Óziniń jeke modullerin hám funktsiyaların java tilinde jazıw múmkinshiligine iye.

Vizuallasqan modellestiriw. Hámme modellerdi mishki járdeminde júrgiziwge boladı, ol qoldan programma dúziwdi minimallastıradı.

Obektke baǵdarlangan usılı kodtı kóp paydalaniwǵa imkan jaratadı.

Modellerdiń interaktiv animatsiyasını qollap quwatlawı.

Imitatsiyalıq modellestiriwde úsh jónelisti de qollap quwatlawı: sistemalıq dinamika, diskret-hádiseli modellestiriw, agentlik modellestiriw.

Bir model ishinde úsh jónelisti de birlestiriw imkaniyatı bar. Egerde aldingı punktlerdi ol yaki bul imitatsiyalıq modellestiriw sistemasında sezsek, usıllardı bir modelge birlestiriw tek analogik ortalıǵına tiyisli, ol imitatsion modellestiriwdi sistemalar arasında birinshi orınǵa shıǵaradı.

Anylogic qolaylı hám intuitsiyalıq interfeys penen táminlengen, Jumis waqtında qalegen waqıtta qálegen ózgeriwshiniń mánisin tabıwǵa boladı, yaki kerı baylanıstıń xarakteristikasını mishka járdeminde tabıwǵa boladı, hámde anylogik ortalıǵında diskret hádiseli modelleri ánsat payda etiledi. Onıń ushin elementlerdi kompyuter ekranına shıǵarsaq boldı.

Aqırında aytıp ketiw lazim imitatsiyalıq modeller sistemalar arasında birinshi orınǵa iye bolǵan AnyLogic professionallıqtan tisqari oqıw litsenziyalarına da iye. Universitet hám mektep ushin olar 15-20 ese arzan.

2. IMITACIYALIQ MODELLESTIRIW TEXNOLOGIYASI

Bul paragrafta tiykarinan tomendegi usıllar táriyplenedi: konseptual modellerdi jaratıw; stratifikaciya-sistemanıń ierxıyalıq qatlamlarǵa bóliniwı; dekompoziciya-detallastırıw; lokallastırıw; maǵlıwmatlardı tańlawda generatorlardan paydalanıw. Sistemanıń xarakterine sáykes modellerdi tańlaw: statikalıq; dinamikalıq; diskret; stoxastikalıq; bir ózgeriwshili; kóp ózgeriwshili; stacionar; stacionar emes; izotermalıq; izotermalıq emes hám t.b. Bulardan basqa maǵlıwmatlardı tayarlaw hám fakt maǵlıwmatlardı toplaw máselesi qaraladı. Jáne texnologiyaǵa qanday anıqlıqlar kerek: sistemanıń strukturası; sistemanı analitikalıq izertlew; modellerdi tańlaw; modellestiriw quralları; algoritmlik tiller; modellerdiń avtomatlastırılıw dárejesi hám t.b. lar anıqlanadı. Endi kelesi etapta modeldiń adekvatlıǵı tekseriledi hám model sazlanadı. Modelge tájiriybe ótkiziwdi rejelestiriw: strategiyalıq hám taktiykalıq rejeler. Modellestiriw nátiyjelerin analizlew hám odan paydalanıw. Mine usı ayılǵanlar táriyplenedi. Aniqlamalar hám bagdarlaw izbe izligine baylanisli modeldi islep shıǵıwda táriplewdi shártli túrde tómendegishe ataw múmkin: konseptual; matematikalıq hám programmaliq.

1. Konseptual modeldi jaratiw. Konseptual (mazmunli) model–abstrakt model bolip, sistemanı S_0 qurami hám strukturasin, elementler qásiyetlerin hám sebeb-nátiyje baylanislarin aniqlaydi. Konseptual modelde ádette sóz benen izertlenip atırǵan sistemanıń elementar hádiyseleri haqqında xabarlar beriledi. Bunnan tisqari elementar hádiyseler arasındaǵı óz ara tásir túri hám dárejesi, hár bir elementar hádiyseni sistemanıń islewi uliwma procestegi orni hám áhmiyeti aniqlanadi.

Dáslep konseptual model izertlewshiniń oyında payda boladi. Model modellestiriw maqsetine sáykes túrde sistemanıń málim qásiyetlerin aniqlawǵa qaratılǵan boladi. Bul proces M-orentaciya delinedi. Izertlewshiniń sistemasi dáslep onıń oyında sáwlelenedi.

Konseptual modeldi islep shıǵıw sistemasi S_0 tereń biliwdi talap etedi, sebebi modelde qatnasatuǵın hám modellestiriw nátiyjelerine áhmiyetli tásir etpeytuǵın parametr tańlap alinadi.

Modeldi jaratiwda tiykarǵı problemalardan biri bul modeldiń ápiwayılıǵı hám adekvatlıǵı ortasında kompromissti aniqlaw. Kompromiss sheshimdi tabiwdiń formal usillari joq. Bul problema tiykarinan izertlewshiniń sistema haqqındaǵı bilimlerine, esaplaw bahalarina, tájriybesine baylanisli. Sonıń ushin modellestiriw tek ǵana pán bolip qalmastan, bálki bul sanaat. Jobalastirilmaǵan modeldi dúziwde kóbinese paydali hám sirtqi ortalıqtıń tásirleri aniqlanadi.

Stratifikaciya. Konseptual modeldi jaratiwdagi keyingi adim modeldi detallastiriw usulın tańlaw bolıp esaplanadı.

Bizge belgili hár qanday qálegen sistema, sol qatarda esaplaw sistemasi – bul kópten kóp elementler birligi. Hár bir sistema qásiyetlerinen biri onıń kishi bóleklerge bóliniwi bolıp tabıladi. Sonıń ushin sistemalar bólekler kompleksi kórinisinde súwretlenedi. Bul komplekske sistemaniń pútinligin saqlap qaliwshi hámme bólekler kiritiledi. Qanday da bir elementti modelden shıǵarıp taslaw sistemaniń tiykarǵı qásiyetlerin joǵaltıwǵa alıp kelmewi kerek.

Ekinshi tárepten bolsa sistemaniń hár bir bólegi bir neshe elementler kompleksinen ibarat, jáne bul elementler de mayda elementlerge bólinedi. Sonı esapqa alǵan halda detallastiriw basqishin tańlaw problemasi modellerdiń ierarxıyalıq strukturasın kóriw arqalı da sheshimdi tabıw múmkin. Hár bir basqishta sistemani xarakterli qásiyetleri, ózgeriwshiler, printsippler hám baylanislar bar bolıp, bular járdeminde sistema háreketi jazıladi.

Detallastiriw basqishlari startlar delinedi, basqishlardı ajratıw bolsa stratifikaciya delinedi. Startlardı tańlaw modellestiriw maqsetine hám elementlerdiń qásiyetin aldinnan biliw dárejesine baylanisli. Bazıbir sistema ushin túrli startlar isletiliwi múmkin. Ádette modelge tek detallastiriwda bir basqish elementleri isletiledi. S_{ok} shi start. Ayrim jaǵdaylarda modelde túrli start elementleri de qatnasiwi múmkin. Eger ayırıqsha elementlerdi uliwma sistema qásiyetleri haqqında az maǵliwmat bolsa, yáki olardı usiniw qiyin bolsa, bunday jaǵdaylarda hár bir element ushin modelde tómengi starttan onıń detallastirilǵan usinislari kiritiliwi múmkin, yaǵniy (K-1) starttan. Bul tómengi basqish elementlerin hám bóleklerge bóliw hám olardı (K-2) start h elementleriniń xarakteristikaları menen almastiriw múmkin.

Arnalǵan hám stratifikaciyalanǵan konseptual modeldi dúziwde tómendegi túsindirmeden paydalaniw múmkin. Modelge sistemaniń barlıq parametrleri kiritiliwi tiyis, birinshi gezekte bul parametrlar modellestiriw procesinde variyaciyalaw menen izertlewshini qizıqtiriwshi xarakteristikalardı konkret sirtqi ortalıq tásirlerinde berilgen waqıt(T) intervalında anıqlaw imkaniyatın bersin. Qalǵan parametrlardı (ózgeriwshiler) di modelden óshirip taslaw kerek.

Detallastiriw. Hár qanday qálegen sistema zat, janılǵı yáki informaciyanı ózgertiw, texnologiyalıq procesniń orinlaniwi kórinisinde bolıwi múmkin. Hár bir proces elementar ámeller izbe-izliginen payda boladı. Hár bir elementar ámeldiń orinlanıwı anıq xor (resurs)-element penen táminlenedi. Sonıń ushin modelde barlıq texnologiyalıq proceslerdiń orinlanıwın táminlewshi barlıq elementler qatnasiwi zárúr. Bunnan tisqari modelge xorlardı basqariw ushin hám ózgertirilip atqan obyektlerdi saqlaw ushin zárúr bolǵan elementler de kiriw múmkin. Bunday qaǵıydalardı isletiliwi ushin elementar ámel túsiniǵın anıqlaw talap etiledi.

Lokallastiriw. Konseptual modeldi jaratiwdiń keyingi adimi bul lokallastiriw, yaǵniy sirtqi ortalıqtı sirtqi tásirler generatori formasında súwretlewden ibarat. Bunday generatorlar model quramina element sipatında kiritiledi. Zárúr bolǵanda olar sistemani kırıwge tiykarǵı dáslepki obektlerdi

zat(shiyki zat, fabrikatlar, komplekt bólekler) janilgi, energiya yáki informacion sistemalar ushin magliwmatlar generatorlarǵa differenciallanadi. Bunnan tisqari toltiriwshi (táminlewshi) obektler hám energiya generatorlari, basqariwshi hám jaman tásir generatorlari da bar boladi. Jaman tásir generatorlari sistemaniń normal islew procesin buzadi, sistemaniń shigiw tásirlerin qabil qiliwshi modelge kiritilmeydi. Oyimizsha sistemaniń islew nátiyjeleri, yaǵniy tiykargi ózgartiriletin tovarlar, qosimsha tovar hám shigIndilar, sistemaniń jaǵdayi haqqındaǵı informaciya hám sirtqi sistemalarǵa bolatuǵın basqariw tásirleri sirtqi ortalıq tárepinen toliq hám toqtawsız júrgiziledi.

Modeldiń strukturasin dúziw elementler arasındaǵı ózara baylanislardi kórsetiw (ańlatiw) menen tamamlanadi. Baylanis materialliq hám informaciyalıq kórinislerge (túrlerge) bólinedi. Materialliq baylanislar ózgartirilip atqan tovardi bir elementten ekinshi elementke múmkin bolǵan ótiw jollarin sáwlelendiredi. Informasiyalı baylanislar bolsa elementler arasındaǵı basqariw hám jaǵdaylar haqqındaǵı informaciyanı uzatiwdi táminleydi. Sonı aytip ótiw kerek, materialliq hám informaciyalı baylanislar sistemasında bazı-bir materialliq baylanis kanalı menen sáwlelendiriw shárt emes. Ápiwayi sistemalarda bir funkciyalı elementlerden ibarat, yaǵniy birewden artıq bolmaǵan materialliq baylanisqa iye bolǵan sistemalarda informaciya baylanislari uliwma bar bolmawı múmkin. Bunday sistemalarda islew procesin basqariw onıń strukturası menen aniqlanadi, yaǵniy olarda basqariw strukturalı basqariw principı menen ámelge asiriladi. Bunday sistemalarǵa misal sipatında logikalıq elementlerdi hám analog esaplaw mashinalardi keltiriw múmkin.

Quramalı sistemalarda, yaǵniy kóp funkcional elementli yáki birewden artıq shigiw materialliq baylanislarǵa iye bolǵan sistemalarda basqariw qurallari (sheshiwshi elementler) hám sáykes informaciya baylanislar bar boladi. Basqariw kórsetpe beriw ushin, yaǵniy qaysı element dáslepki obektti qashan hám qayerden aliw, ózgartiriw ushin qanday operaciyanı (ámeldi) orınlaw hám qayerge uzatiw kerekligin talap qiladi. Bunday sistemalardi programmalıq yáki algoritmlık basqariw principinde isleydi delinedi. Konceptual modelde barlıq sheshiwshi qaǵıydalar hám isshi júklemenı (elementler procesleri) basqariwdi aniqlastiriw kerek.

2. Dáslepki materiallardı tayarlaw hám fakt magliwmatlardı toplaw. Konceptual modeldi jaratiwda obyektı hám sirtqi ortalıq tásirleri sipat (funkcional) hám ólshem parametrleri aniqlanadi. Ólshem parametrlar ushin modellestiriwde dáslepki magliwmatlar sipatında paydalaniwshi parametrlardiń anıq mánislerin aniqlaw zárúr. Bul kóp miynet talap etiwshi hám juwapkershilikli basqish. Bul modellestiriwdiń nátiyjelerine úlken tásir etedi. Bizge belgili, modellestiriw nátiyjeleriniń isenimliliǵı hám aniqlıǵı dáslepki magliwmatlardı aniqlawǵa hám toliqlıǵına baylanisli. Konceptual modeldiń baslanǵısh basqishlarında kóbinshe modelge anıq kiriwshi parametrlar aniqlanadi. Bul parametrlar boyınsha dáslepki magliwmatlardı toplaw (jiynaw) konceptual modeldi islep shigiw menen parallel alıp bariw múmkin. Konceptual modeldi aniqlastiriwshi qalǵan parametrlar de tabiladi. Dáslepki magliwmatlardı

toplaw tómendegi sebepler boyınsha quramalasadi. Birinshiden parametrler mánisi tek deterministlik bolip qalmay, bálkim stoxastik xarakterge iye boliwi múmkin. Ekinshiden, barliq parametrler stacionar bolabermeydi. Ásirese bul sirtqi ortalıq tásirine tiyisli. Úshinshiden, kóp jaǵdaylarda bar bolmaǵan (jobalastirilip atırǵan, modernizaciya qilinip atırǵan) sistemalar yáki jańa jaǵdaylarda isleytin sistemalardi modellestiriw haqqında gáp baradi.

Parametrlerdiń úlken bólegi – bul tábiyat boyınsha tosinnanli shamalar. Biraq ápiwayılastiriw maqsetinde olar determenistlik boyınsha mánisleri menen ańlatiladi. Bunday qiliw tosinnanli shama úlken bolmaǵan ilgerilewge iye bolsa, yáki modellestiriw maqsetine ortasha mánisler boyınsha erisiw múmkin bolsa ámelge asıriladı

Modeldi jaratiwda determenistlik parametrler tosinnanli shamalar menen súwretleniw múmkin. Bul tiykarinan sistema elementlerin yáki sirtqi tásirlerdiń elementlerin integraciyalaw menen model ólshemlerin kemeytiriw ushin isletiledi.

Bólistiriw nizamın tańlaw. Tosinnanli parametrler ushin statistikaliq toplaw hám oni qayta islew payda etiledi. Qayta islew procesinde parametrdi bazı-bir teoriyalıq bóliw nizamı menen súwretlew imkani jaratiladi (aniqlanadi). Bunnan maqset sistemaniń tiykarǵı parametrlerin málim bir bóliw nizamlıqlarda hám júklemede anatomik modeldi jaratiw imkani payda boladi, imitacion modellestiriwde bolsa bóliw nizamı kórinisin beriw hám statistikaliq xarakteristikaların beriw tosinnanli shamani tablica kórinisinde beriwden kóre paydalıraq. Bóliw nizamı kórinisin tańlaw procedurası tómendegilerden ibarat: Parametrdiń sanlı mánisleri toplamı boyınsha salıstırǵanda chastotalar gistogramması – bóliwdiń empirik tigizligi dúziledi. Gistogramma tegis iymek siziq penen approksimaciyalanadi. Payda bolǵan iymek siziq túrli teoriyalıq bóliniw nizamları tigizliqları iymek siziqları menen izbe-iz salıstiriladi. Salıstiriw nátiyjesinde bazı-bir mánide eń jaqsı bolǵan (ústpe-úst túsken) bólistiriw nizamı tańlanadi. Empirikaliq mánisleri boyınsha bul bólistiriw nizamı parametrleri bolıp esaplanadi. Keyin ala empirikalıq teoriyalıq bólistiriwdi sáykes túsiw dárejesin bahalawdi ol yáki bul sáykeslik kriteriyası, máselen, Pirson (xi-kvadrat, Kolmogorof, Smirnov, Fisher yáki Styuden) kórsetkishleri menen bahalanadi. Bólistiriw nizamları kórinisin tańlaw matematikalıq statistikada toliq islep shıǵılǵan.

Funkciyalardi approksimaciyalaw. Sistemaniń hár bir elementi ushin kiriw parametrleri menen shıǵıw xarakteristikaları arasındaǵı funkcional baylanis bar. Bazibir elementler ushin funkcional baylanis bar boladi, bazibir elementler ushin bolsa izlew tábiyattan aniqlaw múmkin. Biraq bazibir elementler ushin bolsa parametrlerdi túrli mánislerinde shıǵıw xarakteristikaların shama mánislerin tájriybeli mánisleri toplanıw alıw múmkin. Bunday jaǵdaylarda funkcional baylanis xarakteri haqqında bazibir gipotezani alǵa súriw múmkin, yaǵniy oni málim bir matematikalıq teńleme menen approksimaciyalaw múmkin. Jiynalǵan tájriybe maǵliwmatları tiykarında eki

hám odan artıq ózgeriwshiler arasındaǵı matematikalıq baylanislardı tabıw regressiya, korrelyaciya hám dispersion analiz tiykarında ámelge asiriladi.

Bazıbir elementti anıqlaw ushin teńleme kórinisin izertlewshiniń ózi anıqlaydı. Eger ózgeriwshiler sani ekew bolsa tájriybe noqatların jaylastırıwǵa qarab grafiklerdi salıstırıw nátiyjeleri menen ápiwayı túrde anıqlanadı. Keń tarqalǵan approksimaciya qiliwshi funkciyalar sipatında máselen, tuwri sızıq, giperbola, eksponenta h.t.b aliniwi múmkin. Keyin ala regressiya analizi usılları menen tańlab alınǵan regressiya teńlemesiniń konstantaları (koefficientleri) esaplanadı. Tańlab alınǵan konstantalar sonday tańlanadı, tańlap alınǵan teoriyalıq tuwri sızıq tájriybe maǵlıwmatları menen eń jaqsı jaqınlasıwı kerek. Kóbinese tájriybe hám teoriyalıq iymek sızıqlardıń jaqınlasıwı kishi kvadratlar kriteriyası boyınsha bahalanadı.

Tańlap alınǵan baylanis tájriybe maǵlıwmatları menen sáykes keliwin anıqlawda korrelyacion analiz usıllarınan paydalanadı. Korrelyaciya koefficienti tómendegi aralıqlarda 0 den 1 ge shekem mánisler qabil qilip, eger korrelyaciya bar bolmasa 0 ge teń, eger barlıq tájribe noqatlarında iymek sızıqda jatsa 1 ge teń.

Gipotezalırdı aldığa súriw. Keleshektegi sistemaniń jańa elementlerin sáwlelendiriwshi yáki islew shártlerin ańlatiwshi elementler parametrleri haqqında anıq maǵlıwmatlardı jıynaw (toplaw) imkaniyatı bar bolmaslıǵı múmkin. Bunday parametrlar ushin olardıń múmkin bolǵan mánisleri boyınsha gipotezalar aldına süriledi. Bunda gipotezalırdı ekspert qanıygeler aldına sürgenleri úlken áhmiyetke iye. Sebebi olar jaratılıp atırǵan sistemani jaqsı oyına keltire aladı yáki sistemaǵa tásir etip atırǵan sirtqi tásirlerdi bileadı. Qanıygeler gruppasınan alınǵan xabarlar úlken utislarǵa alıp keliwi múmkin. Bunday jaǵdaylarda subektivlik dárejesin bir qansha kemeytiriw múmkin hám ámeliyatda keń qollanatuǵın ekspertlerdi bahalaw usıllarınan paydalanıw múmkin. Bunday jumislardı orınlawda bar bolǵan sistemalırdı yáki uqsas sistemalırdı islew procesi nátiyjelerinde qosımsha maǵlıwmatlardı tabıw múmkin.

Dáslepki maǵlıwmatlardı jıynaw qayta islew olardı tómendegi klaslarǵa bóliw menen tamamlanadı: sirtqi hám ishki, ózgermes hám ózgeriwshi, úzliksiz hám diskret, sızıqlı hám sızıqlı emes, stacionar hám stacionar emes, deterministik hám statistikalıq.

3. Matematikalıq modeldi islep shıǵıw. Konceptual model hám dáslepki maǵlıwmatlar matematikalıq modeldi islep shıǵıw ushin tiykar boladı. Matematikalıq modeldi islep shıǵıwdan maqset ekew. Birinshi sistemani strukturasın hám islew procesin olardı bir mánisli túsiniwdi táriplew ushin. Ekinshi sistemani analitikalıq izertlew ushin islew procesin súwretlew.

Matematikalıq modellerdi jaratiwda usılları kóp. Sebebi sistemalırdıń túrleri kóp. Sistemalar tómendegi túrlerge bólinedi: statikalıq hám dinamikalıq. Strukturalı yaki programmalıq basqariw, ózgermes yáki ózgeriwshi strukturalı, ózgermes (qatti) yáki almashtırılatuǵın (iyiliwsheń) programmalıq basqarılatsuǵın. Kiriw tásirleri hám ishki jaǵdaylar xarakteri boyınsha tómendegi túrlerge

bólinedi: úzliksiz hám úzlikli, sızıqlı hám sızıqlı emes, stacionar hám stacionar emes, determenistlik hám stoxastikalıq.

Sistemalardıń málim bir sıpatları ushın formal sxemalar hám matematikalıq usıllar islep shıgılǵan. Bul sxemalar járdeminde sistemalardı islew procesin jazıw múmkin. Sistemalardı islewdiń formal quralları sıpatında málim tiller hám imitacion modellestiriw sistemaları misal bola aladı. Bularǵa tómendegiler kiredi:

1. Agregativ sistemalar
2. Bólek-sızıqlı agregatlar
3. Stoxastikalıq tarmaq
4. Massalıq xızmet kórsetiw sistemasi
5. Úzliksiz deterministlik sistemalar
6. Avtomatlar

4. Modellestiriw usilin tańlaw. Analitikalıq modeler. Islep shıgılǵan sistemani islew procesin matematikalıq modeldi en jaydiri w túri túrli usıllar menen en jaydiri w múmkin – analitikalıq yáki imitacion. Analiz etiwdi analitikalıq usıllar járdeminde modeldi tolıq tarqatiw múmkin. Bazi jaǵdaylarda bolsa analitikalıq modeldiń barlıǵı optimallastiriwdi matematikalıq usıllardan paydalaniw imkanin beredi. Analitikalıq usıllarda paydalaniw ushın matematikalıq modeldi sonday analitikalıq baylanislar kórinisine keltiriw kerek, bunda sistema parametrleri hám sirtqi tásirler menen onıń xarakteristikaları arasındaǵı baslanǵısh anıq analitikalıq baylanis kórinisinde bolıwı lazim. Biraq bul júdá ápiwayı sistemalar ushın islep shıgılıwı múmkin. Analitikalıq usıllardı quramalı sistemalarǵa isletiliwı ushın wákilliktiń hám abstraktlıktiń dárejesi joqari bolıwı lazim. Sonıń ushın analitikalıq usıllar sistemani baslanǵısh qopál bahalaw procesinde isletiledi. Sebebi bunda sistemaniń anıq modeli ushın informaciya jetispewshiligi bolıwı múmkin. Kópshilik jaǵdaylarda quramalı sistemalar daǵı parallel procesti analiz etiw ushın paydalaniw múmkin.

Bazi bir analitikalıq modeller málim bolǵan matematikalıq usıllar menen analitikalıq sheshiw imkani bolmaydı. Olardı izertlew ushın sanlı usıllardan paydalaniw múmkin. Bunday usıllar matematikalıq modeldi teńlemeler sistemasi kórinisinde ańlatılǵan sistemalarǵa qollaniliwı múmkin hám olardı sanlı usıllar menen sheshiw imkani bolıwı múmkin. Sanlı usıllardıń isletiliwı tiykarinan tez bolıp, esaplaw sistemaları tiykarında ámelge asiriliwı úlken nátiyjege iye.

Imitacion usıllar. Imitacion modellestiriw sistemalarda izertlewdiń universal usili bolıp, olardı islew xarakteristikaların sanlı bahalaw imkanin beredi. Imitacion modellestiriwde sistema – orginaldi dinamikalıq procesleri abstrakt modeldegi imitaciya qilinip atqan procesler menen almastiriladi. Biraq bul almastiriliwdaǵı ayrim ámeller (operaciya) uzınlıǵı hám waqıt izbeizlikleri arasındaǵı múnásibetler sistema orginaldaǵı múnásibetlerge sáykes keliwı lazim. Sonıń ushın imitacion modellestiriw usili algoritimlik yáki operacion modellestiriw dep ataliwı múmkin. Imitaciya qiliw procesinde

(original menen tájribe ótkiziw siyaqli) ayrim waqiyalardi hám jaǵdaylardi yáki shiǵiw tásirlerin ólshew menen sistemaniń islew xarakteristikalariniń sipatin esaplaw imkanin beredi.

Imitaciya modellestiriw sistemasinda bolip atirǵan proceslerdi ámeliy iqtiyariy hár qanday detallastiriwdi úyreniw hám izertlew imkanin beredi. Esaplaw texnikasiniń imkaniyatlarinan paydalanip, imitacion modelde sistemani hár qanday basqariw algoritmin hám oni islewin sinap kóriw múmkin. Analitikaliq usilda izertlewshi modeller hám imitacion usillar járdeminde analiz etiliwi múmkin. Buniń nátiyjesinde modellestiriwde imitacion usillari quramali sistemalardi izertlewdi tiykarǵi usillardan biri ekenligi bolip qalmaqta.

5. Modellestiriw quralların tańlaw. Modellestiriw usili tanlangandan soń esaplaw texnikasi járdeminde modeldi izertlew ushin texnikaliq hám programmaliq qurallar tańlanadi. Programmaliq qurallar sipatında proceduraǵa arnalǵan algoritmlik tiller, problemaǵa – arnalǵan tiller yáki modellestiriwde avtomatlastirilǵan sistemalardan paydalanıw múmkin.

Modellerdi izertlew ushin universal yáki qániygelestirilgen esaplaw sistemalarinan paydalanıw múmkin. Universal esaplaw sistemalari járdeminde analitikaliq modellestiriwdi ámelge asiriw ushin texnikaliq qurallargá úlken talaplar qoyilmaydi. Imitacion modellestiriwde paydalanatuǵın universal esaplaw sistemalarina qoyilatúǵın tiykarǵi talaplar bul úlken kólemdegi jeterli bolǵan tez xarakter bolip tabiladi. Buniń sebebi sonnan ibarat, modeldi tájriybe ótkiziwde hár waqıt element parametrlerine almasip izbe-iz murajat etiledi. Hám sonıń ushin olardıń hámmesi tez yadta saqlanıwi múmkin.

Hár bir model tájriybe statikaliq modellestiriwde málim mashina waqtin iyeleydi, sonıń ushin modellestiriw procesi ushin joqari ónimdarlıqqa iye bolǵan esaplaw texnikasınan paydalanıw kerek.

Algoritmlik tiller. Programmaliq modeller jaratiw ushin joqari dárejeli universal proceduraǵa arnalǵan algoritmlik tiller, máselen Pascal, Delphi, C++, Java hám basqalardan paydalanıw múmkin. Bizge belgili esaplaw sistemalarin imitacion modellestiriw ushin programmalastiriwda algoritmlik tillerden paydalanılǵan.

Uliwma maqsetke arnalǵan tillerde imitacion modellerdi jaratiwda maǵliwmatlardi qayta islew máselelerindegi programmalastiriwǵa sáykes bolmaǵan bir qatar qiyinshiliqlargá dus kelinedi. Bul qiyinshiliqlardıń imitacion modellestiriwde algoritmlerge sáykes bolǵan eki qásiyeti bar.

Birinshi qásiyet sonnan ibarat, quramali sistemalarda algoritmler parallel algoritmlardan ibarat, hár bir waqıt minutında birewden artıq ózǵertiriwler ámelge asiriladi. Parallel algoritmlerdi programmalastiriwdáǵi qiyinshiliqlar sonnan ibarat, algoritmlik tiller tiykarınan izbe-iz proceslerdi jazıw ushin arnalǵan. Joqari basqishli tillerde parallel proceslerdi programmaliq imitaciya qiliw parallel proceslerdi psevdoparallel shólkemlestiriwdi talap etedi. Bul bolsa óz náwbetinde programmalastiriw tarawında quramali másele bolip esaplanadi.

Ekinshi qásiyeti sonnan ibarat, modellestiriw procesinde aprior bahalawı qiyin bolǵan maǵliwmatlardi qayta islew talap etiledi. Bul proces imitacion

modellerdi dinamikaliq harakterge iye ekenliginen kelip shigip, sistemadağı massaliq proceslerdi úyreniwge arnalǵanlıǵın bildiredi. Bunday algoritmlerdi programmalastiriwda tiykarǵı itibar tez yadti dinamikaliq bólistiriwge qaratılǵan boliwi kerek.

Modellestiriw tilleri. Imitacion modellestiriwde keń klastağı modellerge sáykes bolǵan máselelerge dus klinedi. Ol algoritmlerdi psevdoparallel orinlaniwin shólkemlestiriw; yadti dinamikaliq bólistiriw; model waqti menen ámel ótkiziw; tosinnanli proceslerdi imitaciya qiliw; waqiyalar massivín alıp bariw; modellestiriw nátiyjelerin toplaw hám qayta islew bolıp tabiladi. Bul máselelerdiń sheshimin tabiw ushin arawli problemaǵa – arnalǵan qurallar (programmaliq sistemalar), yaǵniy modellestiriw tilleri jaratılǵan. Házirgi waqıtta 500 den artıq modellestiriw tilleri bar.

Modellestiriwdiń avtomatlastiriliwı. Mashinada modellerdi jaratiw procesin apiwayılastiriw hám tezlestiriw háreketi imitacion modellerdi programmalastiriwdiń avtomatlastirilǵan sistemalarına alıp keledi. Izertlewshiniń programmalastiriwdan azat qılǵan bir neshe sistemalar islep shıǵıldı. Dástúr avtomatik tárizde bazı-bir formal sxema tiykarında jaratıladi. Formal sxema izertlewshi tárepinen berilgen sistema parametrleri, sirtqi tásirler hám islew qásiyetine kóre ámelge asırıladi. Dáslepki maǵliwmatlar ol yáki bul kanonikaliq súwretlenedi. Mashinada ótkizilgen tájriybe nátiyjeleri tiykarında tiykarǵı shıǵıw maǵliwmatlari esaplanadi hám avtomatikaliq baspaǵa shıǵarıladi, qosimsha shıǵıw nátiyjeleri bolsa izertlewshi kórsetpesi boyınsha alinadi. Bunday sistemalar avtomatlastirilǵan universal imitacion modeller yáki imitacion programmalar generatori delinedi. Modellestiriwdiń programmaliq hám texnikaliq qurallari bir neshe kriteriyalardi esapqa alǵan halda tańlanadi. Onda zárúriy shártlerden biri bul – konceptual hám matematikaliq modeldi jaratiw ushin qurallardi jeterli hám toliq boliwi bolıp tabiladi.

Modellestiriw tilin tanlaǵannan soń dástúriy model islep shıǵıladi. Bul proces tómendegilerdi óz ishine aladi: algoritmdi islep shıǵıw, kiriw maǵliwmatların súwretlew formasin anıqlastiriw, programmani jaziw hám redaktorlaw. Bul júdá áhmiyetli kóp miynet talap qiliwshi proces bolıp, basqa programmalastiriw proceslerde kem parqlanadi.

6.Adekvatliqti tekseriw hám modeldi sazlaw. Adekvatliqti tekseriw. Modeldi sistemaǵa adekvatlıǵın tekseriwdi izertlenip atırǵan sistema menen ólshemleri sáykesligin analiz etiw, hámde sistemaǵa teń mánisligin analiz etiwden ibarat. Biraq model sistemani toliq sáwlelendiriwi shárt emes, sebebi oni jaratiw mániske iye bolmay qaladi. Adekvatliq sirtqi ortalıqtı hám islew rejimlerin idealizaciyalaw sebepli, bazı bir tosinnanli faktorlardi esapqa almaw sebepli buzıladi. Sirtqi ortalıq tásirleri tuwrısında anıq xabarlardi, sistemaniń strukturasındaǵı bazı bir anıqsızlıqlar, qabil qilingan apprakcimaciya, inerpoliyaciya, boljawlar, gipotezalar model menen sistema arasındaǵı sáykesliktiń kemeyiwine alıp keledi. Joqarida aytip ótilgen faktorlar sebepli modellestiriw nátiyjeleri real proceslerden parqlaniwǵa alıp keledi.

Adekvatliqtıń tábiy kriteriyası sıpatında orginaldıń bazı-bir xarakteristikasin y_0 di model xarakteristikasinan y_m nen ajıratıw kerek, yaǵniy

$$\Delta y = |y_0 - y_m|$$

Yáki ayırmanıń orginal xarakteristikaǵa qatnası.

Bunda model orginal menen adekvat delinedi, eger $P(\Delta y < \Delta) \geq P_\Delta$

Bolsa. Biraq bul kriteriyani ámeliyatta paydalaniw bazi bir sebeplerge kóre qiyınshılıqlarǵa alıp keledi. Modeldiń adekvatlıǵın tekseriw zárúr, keri jaǵdayda naduris modellestiriw nátiyjeleri tiykarında naduris sheshimler qabil qiliniwi múmkin. Praktıkada adekvatlıqtı bahalaw modellestiriw nátiyjelerin ekspertler analizi boyınsha ámelge asiriladi.

Adekvatlıqtı tekseriwdiń tómendegi túrleri bar:

- Elementler modelin tekseriw;
- Sirtqi tásir modelin tekseriw;
- Sistemaniń islew procesin konseptual modelin tekseriw;
- Formal hám matematikaliq modelin tekseriw;
- Shiǵiw xarakteristikasin ólshew hám esaplaw usıllarin tekseriw, yaǵniy sheshiw qátelikleri aniqlanadi;
- Programmaliq modeldi tekseriw.

Modeldi sazlaw. Adekvatlıqtı tekseriw nátiyjeleri boyınsha model menen sistema-orginal arasındaǵı sáykes kelmeslik úlken bolsa, modeldi sazlaw yáki korrektirovka qiliw zárúr boladi. Bunda tómendegi ózgartiriwler kiritiliwi múmkin: global, lokal hám parametrlik.

Global ózgartiriwler kiritiliwine sebeb konseptual yáki matematikaliq modelde usıl qáteliklerin aniqlaw nátiyjesi esaplanadi. Bunday qáteliklerdi joq qiliw jańa modeldi islep shiǵiwǵa alıp keledi. Lokal ózgartiriwler bolsa bazi bir parametrlerdi aniqlastiriw yáki algoritmlerdi ózgartiriw menen baylanisli. Bunday ózgartiriwlerdi orinlaw, máselen, sistemani bazi bir payda etiwshilerin modelin ózgartiriw, sirtqi tásirler modelin oǵan ekvivalent bolǵan anıq modeller menen almastiriw arqalı ámelge asiriladi.

Parametrlik ózgartiriwlerge bolsa modeldegi bazi bir arnawlı parametrlerdi, yaǵniy korrektirovkalı parametrlerdi ózgartiriw arqalı erisiledi.

7. Model menen tájriybe ótkewdi rejelestiriw. Strategiyalıq rejelestiriw. Modellestiriw maqseti islep shiǵılǵan modeldi izertlew menen erisiledi. Izertlew sonnan ibarat, tájriybe ótkizilip, nátiyjede model parametrleri basqariliwshi ózgeriwshilerinıń túrli mánislerinde sistemani shiǵiw xarakteristikaları aniqlanadi. Tájriyelerdi ótkiziw málim reje tiykarında alıp bariladi. Basqarılátın ózgeriwshilerdi júdá kóp múmkin bolǵan mánisleri bar bolǵanlıǵı ushin hár bir mashınada tájribe parametrlerdi málim bir toplanlarında alıp bariladi. Máselen, basqarılátın parametrler sani 5 bolsa, hár bir parametr 3 mánis qabil qilsa, parametrler mánisi 243 ke teń boladi, parametrler sani 10 bolsa, (hár biri 5 mánis qabil qilsa) tájriyeler sani 10 mln. jaqınlasadi. Esaplaw hám waqıt resursları shegaralǵan halda múmkin bolǵan hámme tájriyelerdi

ótkiziw múmkin emes. Demek, parametrlerdinı málim bir toplanın tańlaw hám tájriybeler izbe-izligin ótkiziw máselesi payda boladı. Bunday proces strategiyalıq rejelestiriw delinedi.

Taktikalıq rejelestiriw. Imitacion modellestiriwdiń nátiyjelerin statikalıq isenimliligin táminlegen halda mashinada tájribe ótkiziw waqtın kemeytiriw usıllar kompleksine taktikalıq rejelestiriw delinedi. Bir tájriybe uzınlığına (modellestiriw periodı T_m) sistemani stacionarlıgın, xarakteristikaların ózara baylanisliligi hám modellestiriwdi baslanğısh jaǵdaylar mánisleri tásir etedi.

Tájribede alınǵan maǵliwmatlar waqıt boyınsha qatar sipatında qaralıwı múmkin, yaǵniy málim bir xarakteristikalardı ólshew nátiyjeleri esaplanadı. Xarakteristikalardı ólshew qatarın bazı-bir stoxastik izbe-izlikten alınǵan sanlar sipatında kóriw múmkin. Eger bul izbe-izlik stacionar bolsa, onıń ortasha mánisi waqıtqa baylanisli bolmaydı. Onıń bahası waqıt qatarınıń ortasha mánisine teń. Ergodik izbe-izlik ushin bul bahanıń anıqlıǵı ólshewler sani N ósken sari asadı.

8. Modellestiriw nátiyjelerin analiz etiw. Imitacion tájriybe nátiyjelerin qayta islew. Statistikalıq modellestiriwde imitacion tájriybe ótkiziwde hár bir shıǵıw xarakteristikasınıń kópten-kóp mánisleri ólshenedi. Bul tańlap aliw nátiyjelerin keyingide qolay analiz qiliw hám qollaw ushin isletiledi. Shıǵıw xarakteristikaları kóbinese tosinnanli shamalar yáki funkciyalar bolǵanlıqları ushin olardı qayta islew matematikalıq kutiliw, dispersiya hám korrelyacion momentlerdi esaplaw ushin isletiledi.

Stoxastikalıq xarakteristikalar ushin salıstırmalı chastotalar gistogrammasın, yaǵniy bólistiriliwin empirikalıq tıǵızlıǵın kóriw múmkin. Usı maqsette xarakteristikanın múmkin bolǵan mánisler oblasti intervallarǵa bólinedi. Tájriybe waqtında ólshemler nátiyjesinde xarakteristikanın hár bir intervalǵa tutas sanları anıqlanadı hám barlıq ólshemler sani esaplanadı. Tájribe tawsılǵannan soń hár bir interval ushin xarakteristika túsken sanların ólshewlerdiń uliwma sanına hám interval uzınlığına bólgen qatnası esaplanadı. Dúzilgen gistogramma ushin bazı bir teoriyalıq bólistiriw nızamin tańlap aliw múmkin. Imitacion tájriybe ólshewlerin qayta islew procesi integral xarakteristikaların payda etiw ushin, yaǵniy maǵliwmatlardı qisiw ushin baǵdarlanǵan.

Xarakteristikalardı sistema parametrlerine baylanisligin anıqlaw. Statikalıq modellestiriw nátiyjeleri boyınsha sistema xarakteristikaların sistema parametrleri hám sirtqi tásirlerge baylanisin anıqlaw múmkin. Buniń ushin korrelyacion, dispersion hám regression usıllardan paydalaniw múmkin.

Korrelyacion usıl járdeminde eki hám onnan artıq tosinnanli shamalar arasındaǵı baylanistıń barlıǵın tabiw múmkin. Boslıq bahası sipatında korrelyaciya koefficientinen paydalaniw múmkin. Korrelyaciya koefficienti olar arasında siziqli baylanis barlıǵın kórsetedi hám olar birgelikte normal nızamlıq boyınsha bólistirilgen boladı. Eger korrelyaciya koefficienti absolyut mánisi boyınsha 1 ge teń bolsa, analiz etilip atırǵan shamalar arasında stoxastikalıq emes siziqli baylanis barlıǵın bildiredi. Eger 0 ge teń bolsa, baylanis bar

bolmaydi. Korrelyatsiya koeffitsientinin araliq mánisleri bar bolsa awısıw bolǵan sızıqlı baylanis barlıǵın yáki sızıqlı emes korrelyatsiya barlıǵın bildiredi.

Dispersion analizden shıǵıw xarakteristikaları mánislerine túrli faktorlardın salıstırmalı tásir etiwın anıqlaw ushın paydalaniw múmkin. Bunda xarakteristikani ulıwma dispersiyası kórilip atqan sáykes faktorlarǵa sáykes keletin komponentlerge bólinedi. Ayrim komponentleriniń mánisleri boyınsha analiz etilip atqan xarakteristikasına bolǵan ol yáki bul faktordı tásir etiw dárejesi tuwrısında mazmun shıǵarıw múmkin.

Eger tájriybedegi barlıq faktorlar sanlı bolsa, onda xarakteristikalar hám faktorlar arasındadı analitikalıq baylanisti tabıw múmkin. Buniń ushın regrission analiz usıllarınan paydalaniw múmkin. Tabılǵan baylanis emperikalıq model delinedi. Regrecion analiz usılınnan ibarat, ǵárezsiz hám ǵárezsiz emes ózgeriwshiler arasındadı múnásibet tańlap alinadi, tájribe maǵlıwmatları tiykarında tańlap alıǵan múnásibet parametrleri esaplanadi hám tájriybe maǵlıwmatların model menen approksimatsiya qiliw sipatı bahalanadi. Eger sipatı qanıqarsız bolsa, basqa baylanis tańlap alinadi hám bul procedura tákrarlanadi.

Modellestiriw nátiyjelerin analiz qiliwǵa modeldin onıń parametrleri hám variatsiyasına sezgirliǵı analiz etiw máselesi orını esaplanadi. Sezgirlikti analiz etiw delingende sistemani islew procesin xarakteristikaların parametrlardıń mánislerin múmkin bolǵan awısıwına turaqlıǵın tekseriwden ibarat.

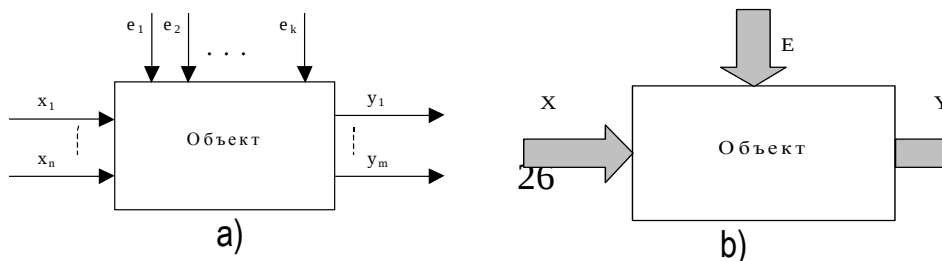
Modellestiriw nátiyjelerin analiz etiw, modeldin kópqana informaciya parametrleri toplanın anıqlastiriwǵa járdem beredi. Nátiyjede konseptual modeldi baslanǵısh kórinisin ózǵertiriwge alıp keledi. Xarakteristika hám parametrleri arasındadı funktsional baylanisti anıqlaw imkánin beredi hám sistemanın analitikalıq modelin jaratiwda imkán beredi yáki nátiyjelilik kriteriyasını koeffitsientlerin anıqlaw imkánin tuwdıradi.

9. Modellestiriw nátiyjelerinen paydalaniw. Uliwma, modellestiriw nátiyjeleri sistemanın islew qábileti haqqında sheshim qabil qiliw ushın, eń jaqsı proekt variantın tańlaw ushın yáki sistemani optimallastiriw ushın isletiledi. Sistemanın islew qábileti tiykarınan parametrlardi múmkin bolǵan mánisleri shegaraları sheńberinen onıń xarakteristikaları shıǵıwı yáki shıqqawı boyınsha sheshim qabil qilinadi. Barlıq jumısqa jaramlı bolǵan variantlar boyınsha nátiyjelilik kriteriyası maksimal mánis qabil qiliwshi variant tańlap alinadi. Eń ulıwma hám quramalı proces bul sistemani optimallastiriw: Sistema parametrleri mánislerinin sonday toplanın tabıw talap etiledi, bunda nátiyjelilik kriteriyasınıń maksimal mánisin táminlesin.

3. MODELLESTIRIW PROBLEMALARI

Bul paragrafta modellestiruw problemaları qaraladı. Modellestiruw problemasin qoyiwda hám sheshiwde izertlewshi túrli máselelerge dus keledi. Tiýkargı máselelerden biri bul – modellestiruw obyektı dep nege aytiladi, onıń ulıwma qásiyetleri neden ibarat hám qanday qásiyetlerge iye boladi? Sonıń ushin modellestiruw problemasin modellestirip atırǵan obyektı úyreniwden baslaw múmkin. Modellestiruw procesinde eń tiýkawǵı problemalardan biri informaciyalardıń tolıqlıǵı, haqıyqatlıǵı, apriorlıǵı yamasa aposteriyorlıǵı bolıp esaplanadı.

- 1. Modellestiruw obyektı.** Modellestirilip atırǵan obyektı kóp poliyuslı formada súwretlew qolay, 1-súwret, a, bunda $x_1, \dots, x_n$ obyektıń gúzetiletin kiriw kanallari; $e_1, \dots, e_k$ obyektıń gúzetiwmeytin kiriw kanallari; $y_1, \dots, y_m$ obyektıń gúzetiletin shıǵıw kanallari



1-súwret. Modellestirilip atırǵan obyektти súwretlew.

Kóp ólshemli obyektти vektor formada jazıw qolay. (1-súwret,b). Bunda

$$\begin{aligned}X &= (x_1, \dots x_n); \\Y &= (y_1, \dots y_m); \\E &= (e_1, \dots e_k);\end{aligned}$$

Obyektти barlıq kırıw kanallari sırtqı ortalıqtın obyektke bolǵan tásirin ańlatadı. Ortalıqtıń jaǵdayı hám waqıttıń belgili bir funkciyaları esaplanadı. Sırtqı ortalıq modeli bar bolǵanlıǵı sebepli, obektтиń kırıw kanalların tábiıy waqıttıń tosınnanlı funkcionları sipatında kóriw múmkin, yaǵniy

$$X=X(t), E=E(t),$$

Bul funkciyaların statistikalıq qásiyetleri ulıwma alǵanda belgisiz. Biraq, obyektтиń kırıw hám shıǵıwların gúzetiw múmkin. Yaǵniy $X(t)$ hám $Y(t)$ funkciyalarınıń úzliksiz yáki úzlikli (diskret) formadaǵıları belgili. Obyektти gúzetilmeytin kırıw kanalı $E(t)$ strukturasi belgili dep alinadı, yaǵniy bul tosınnanlı funkciyanıń xarakteri belgili. Kóplegen jaǵdaylarda $E(t)$ ni normal tosınnanlı process dep alinadı, biraq oni gúzetiw múmkin emes.

Obyekt kırıw kanallari X hám E ni shıǵıw kanalı Y penen birde bir belgisiz operator F_0 menen baylap turadı.

$$Y=F_0(X, E).$$

Biraq bul operator identifikaciya qilinbaydı, biraq model operatori $Y=F(X)$. Identifikaciya qilinadı.

Gúzetilmeytin faktor bolsa tosınnanlı qarsiliq sipatında kórilib, operator F ti anıqlawǵa qarsiliq kórsetedi.

Ulıwma alǵanda, identifikaciya qilinip atırǵan obyekt kóp polyusli kóriniste súwretlenip (ańlatilip), bazi bir kırıw kanallari gúzetiledi.

2.Obyekt haqqında xabarlar Identifikaciya procedurasın baslawdan aldın obyekt haqqında barlıq xabarlar 2 túrge bólinedi: aprior A hám aposterior B . Devek bul ekilik obyekt haqqındaǵı barlıq informaciyanı xarakterleydi

$$\langle A, B \rangle \quad (1)$$

A.Aprior informaciya Aprior informaciya obyektтиń kırıw hám shıǵıw kanalların gúzetiwden aldın belgili boliwi zárúr hám tómendegi sorawǵa juwap beriwi kerek: identifikaciya qilinip atqan obektтиń strukturasi neden ibarat? Obektтин strukturasin tórt belgi mánisleri menen xarakterleymiz:

Demek, obyekt tórt belgi menen kodlanadi, soni aytıp ótiw kerek, obyekt strukturasi hár waqıt joqaridan tórt belgi menen sheklenip qalmaydı.

Obyekt túrlerin belgilerin anıqraq táripleymiz hám olardıń mánisin kórip shıǵayıq.

1. Dinamikaliq belgileri. obyekt dinamikaliq delinedi, egerde onıń shıǵıw háreketi tek sol waqıttaǵı kiriwge baylanisli bolmay, kiriwdi aldınǵı waqıt minutlarına da baylanisli bolsa ($\alpha=1$), bul degeni, obyekt yadqa iye, yaǵniy onıń shıǵıwı kiriwiniń aldınǵı jaǵdaylarına da baylanisli. Keri jaǵdayda obyekt statikalıq delinedi ($\alpha=0$).

2. Stoxastikalıq belgisi. obyekt stoxastikalıq delinedi, eger onıń shıǵıw háreketin baqlap bolmaytin kiriw kanallarına baylanisli bolsa ($\beta=1$) yáki obyektin ózi tosinnanli, baqlap bolmaytin kiriw faktorlar (tásirler) dereǵine iye bolsa. Keri jaǵdayda obyekt deterministlik ($\beta=0$) delinedi.

Soni aytıp ótiw kerek, tábiatta stoxastikalıq bolmaǵan obyektler joq, sebebi hár qanday ólshew procesinde álbette úlken yáki kishi mániste qáteliklerge de yáki awisiwǵa da jol qoyiladi. Sonıń ushin kóbinese obyektlerdi “kishi” hám “úlken” stoxastikalıǵı delinse tuwri boladı. Bunda “kishi” stoxastikalıq qásiyetine iye bolǵan obyektlerdi determenistlik dep ataw múmkin.

3. Siziqli emes belgisi. γ obyekt siziqli emes delinedi ($\gamma=1$), egerde onıń eki túrli kiriw tásirleri birgelikte hár biriniń tásirler jiyindisine ekvivalent bolmasa. Eger obyektte qarsiliqlar bar bolsa, siziqli emes obyekt tómendegi shárt penen aniqlanadi.

$$F_0(X_1 + X_2) \neq F_0(X_1) + F_0(X_2).$$

Bul ańlatpa teńlik kórinisinde bolsa, obyekt siziqli $\gamma=0$ delinedi.

4. Diskretlilik belgisi. δ . obyekt diskret delinedi ($\delta=1$), egerde onıń kiriw hám shıǵıw kanallarınıń jaǵdayı diskret waqıt minutlarında $t=1, 2, \dots, n$ ózgerse yáki ólshenilse. Eger kiriw hám shıǵıw úzliksiz ózgerse yáki ólshenilse, onda obyekt úzliksiz delinedi ($\delta=0$).

Kórinip turǵanıday, A modeldiń kórinisin anıqraq dárejede aydinlastiradi. Obyektin toliq anıqlıǵı ushin bolsa onıń dinamikalıqlıǵı ($\alpha=1$ bolǵanda), stoxastikalıqlıǵı ($\beta=1$ bolǵanda) hám siziqli emes ($\gamma=1$ bolǵanda) túrin aytıp ótiw zárúr.

Tábiıy, modeldiń túri haqqındaǵı oylar (A menen aniqlanatin) aposterior informaciyanı analiz qiliwdan soń ózgeriwi múmkin, yaǵniy obyektin kiriw hám shıǵıw kanallari háreketin gúzetiwden soń aytiladı.

B.Aposterior informaciya. Eger aprior informaciya A sipat xarakterine iye bolsa, aposterior informaciya – sanli, yaǵniy obyektin kiriw hám shıǵıw kanalların gúzetiw nátiyjeleri yáki protokoli esaplanadı. Bul protokol tómendegi kóriniske iye:

$$B=\langle X, Y \rangle,$$

Bul jerde X – obyektin kirisi hám ólshewleri nátiyjesi; Y – usi gúzetiw periodında onıń shıǵısların ólshew nátiyjeleri.

Úzliksiz obyektler ushin $0 \leq t \leq T$ intervalda tómendegi úzliksiz maǵlıwmatlardı payda etemiz: $X=X(t)$, $Y=Y(t)$

Solay etip, tómendegini alamız:

$$B_0=(\langle X(t), Y(t) \rangle (0 \leq t \leq T)).$$

Bul degeni, obyektin háreketi $(n+m)$ túrli iymek sızıqlar járdeminde esapqa alınǵan: $x_1(t), \dots, x_n(t), y_1(t), \dots, y_m(t)$.

Sonı aytıp ótiw kerek, X hám $X(t)$ lar bul jaǵdaylarda birdeylik emes, sebebi X berilgen intervaldaǵı barlıq baylanıstı $X(t)$ ni ańlatadı, al $X(t)$ bul baylanıstaǵı tek t minutındaǵı mánisin ańlatadı. Tap usı siyaqlı Y hám $Y(t)$ lardıń birdeylik emesligin aytıp ótiw zárúr.

Diskret jaǵdaylarda tómendegige iye bolamız $X=(X_1, \dots, X_N)$ hám $Y=(Y_1, \dots, Y_N)$, protokol (bayannama) tómendegi kóriniste jazıladı.

$$B_1=(\langle X_i, Y_i \rangle (i=1, \dots, N)),$$

Bul tómendegi sanlardı N baǵana hám $n+m$ qatardan ibarat kesteni payda etedi.

$$\begin{vmatrix} x_{11} & x_{21} & \cdot & \cdot & x_{n1} & y_{11} & y_{21} & \cdot & \cdot & y_{m1} \\ x_{12} & x_{22} & \cdot & \cdot & x_{n2} & y_{12} & y_{22} & \cdot & \cdot & y_{m2} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ x_{1N} & x_{2N} & \cdot & \cdot & x_{nN} & y_{1N} & y_{2N} & \cdot & \cdot & y_{mN} \end{vmatrix},$$

Kórinip turǵanınday bul eki jazıw formaları orınlı. Máselen, protokol B_1 protokol B_0 den diskret waqıt minutların $t=0, \delta, 2\delta, \dots, (N-1)\delta$ bul jerde δ -diskretlilik intervalı ($\delta=T/N$) belgilew menen payda etiw múmkin.

Solay etip, juplıq obyektı identifikacıyalaw maqsetleri ushin tolıq hám jeterli xarakterleydi. Sonıń ushin bul juplıq identifikacıyalaw ideyalari, usıllari hám jantasiwlarında paydalanıladı.

4. IDENTIFIKACIYA MÁSELELERI

Bul paragrafta identifikaciya máseleleri, máseleniń qoyılıwı, onıń qıyınshılıqları bayan etiledi. Bul jerde obekttiń halı, xarakteristikası, kiris shıǵıs parametrleriniń túrleri, qanday modeldi tańlaw kerek ekenligi, máseleni sheshiw ushın qanday usıllardan paydalanıw kerek hám t.b. problemalar bayanlanadı.

Bulardan basqa imitaciyalıq modellestiriw usılın qollanıp másele sheshiwge mısıl kóriledi. Misalda neft yamasa gaz óndirisinde óndiris procesin shólkemlestiriwdiń imitaciyalıq modeli qaraladı. Modellestiriw ushın Monte-Karlo usılı paydalanıladı. Geologiyalıq xordı anıqlawda Monte-Karlo usılınıń eki túrli ózgesheligi kórsetiledi. Monte-Karlo usılınıń kobirek qollanılatuǵın variyantı bayanlanadı hám mısıl juwmaqlanadı.

1. Identifikaciya máselesiniń qoyılıwı Identifikaciya máselesi dep, obyekt operatori F_0 tabiwǵa aytiladi, yaǵniy modeldiń sonday operatori F tabiw kerek, bazı-bir mánide obyekt operatorına F_0 jaqın bolsin

$$F \approx F_0. \quad (1)$$

Soni aytıp ótiw kerek, bul operatorlar arasındaǵı jaqınlıq salıstırmalı, sebebi F_0 operatorlar túrli strukturaǵa iye bolıwı múmkin, túrli tillerde rawajlandırılǵan hám túrli san kiriw kanallarına iye bolıwı múmkin. Sonıń ushın operatorlardı bir-birine jaqınlıǵın bahalaw quramalı yáki imkani joq. Kóplegen

jaǵdaylarda obyekt operatori haqqında informaciya jeterli bolmaydi. Sonıń ushin tábiy operatorlardıń jaqınlıǵı kiriw tásiiri X boyınsha bahalaw múmkin, yaǵniy obyektin hám modeldin boyınsha. Hár bir waqıt minutındaǵı bul reaksiyalardıń jaqınlıq dárejesin máselen, shıǵıw vektorlariniń parqın kvadratinin mánisi boyınsha bahalaw múmkin, yaǵniy

$$q(t) = \left| Y(t) - Y^M(t) \right|^2 = \sum_{i=1}^m [y_i(t) - y_i^M(t)]^2, \quad (2')$$

Bul jerde $Y^M = (y_1^M, \dots, y_m^M)$ modeldin shıǵıw vektori.

Uliwma obyekt penen model arasındaǵı jaqınlıq (parq) funkciyasi járdeminde bahalanadi. Bul funkciya obyektin hám modeldin eki vektorli argumentli skalyar funkciyasınan ibarat.

$$q(t) = \delta(Y(t), Y^M(t)), \quad (3)$$

Endi identifikaciya máselesin tómendegishe shólkemlestiriw múmkin. Sonday operatorı dúziw kerek, bul sirtqi ortalıq tásiiri X qa obyekt reaksiyasına uqsagan tásir kórsetsin. Model operatori reaksiyasi kiriw tásiirine X reaksiya kórsetkishiniń kórinisi tómendegishe

$$Y^M = F(X)$$

Demek, model operatori F sonday boliwi kerek, bunda orinli bolsin. Bul jerde ekvivalentlik belgisi, yaǵniy model hám obyekt shıǵıwları bir túrdegi kiriw tásirlerine ekvivalent boliwi shárt

$$Y^M \sim Y$$

Tábiy, identifikaciya procesi, yaǵniy model operatorin sonday anıqlaw kerek, obyekt penen model arasındaǵı parq minimal bolsin.

Identifikaciyalaw procesi hár waqıt bazı-bir funkciya yáki funkciyalardıń minimumin tabiw operaciyasına alıp keleberilmeydi. Haqıyqattan hám eger obyekt statikalıq qásiyetke iye bolsa, oni identifikaciyalaw procedurası siziqli yáki uliwma halda siziqli emes teńlemeler sistemasin sheshiw máselesine keltiriledi.

Demek, obyektlerdi identifikaciya máseleside minimallastiriw procedurasına keltiriliwi principial bolıp hám tiykarǵı qásiyetke iye. Bunday qásiyet identifikaciyalaw máselelerine saykes belgi bolıp tabiladi.

2. Identifikaciyalawdaǵı qiyinshiliqlar

Identifikaciyalaw máselesin qoyiwda hám sheshiwde tiykarinan 2 qiyinshiliq bar boladi. Birinshisi operator klasin aniqlaw hám onda sheshimdi tabiw. Bunday qiyinshiliqti házirgi dáwirde sheship bolmaydi. Sebebi operator klasin aniqlaw basqishinda basqariw maqsetinde identifikaciyalaw predmeti bolǵan obyekt haqqındaǵı aprior informaciyadan paydalaniw kerek. Bul basqish júdá shólkemlestiriliwi quramalı bolǵan másele bolip, kóplegen jaǵdaylarda evristikalıq usılda sheshiledi. Bunday sheshimlerdi tek ǵana insan qabil qila aladi.

Obyekt operatori qaysı klasqa tiyisli ekenligin tabiw ushin tómendegilerdi esapqa alıw kerek:

1. Basqarılatusın obyekt strukturası
2. Obyektin islew mexanizmi
3. Basqariw maqseti
4. Basqariw algoritmi

Aqırǵı eki punkt operator klasin identifikaciya qilinip atırǵan obyektke keyingide basqariw menen baylaydı.

Ekinshi qiyinshiliq qoyılǵan minimallastiriw máselesin sheshiwde paydalaniwshi ushin eń kem qarjı menen sheshiw talap etiledi. Bul jaǵday bolsa óz náwbetinde identifikaciya algoritmin tańlawda belgili shegaralar qoyadı.

MISAL. Neft-gaz óndirisi processin imitaciyalıq modellestiriw.

Neft hám gaz sanaatın zamanagoy rawajlanıw etapında tabiiy, ekonomiykalıq, shólkemlesiw, ekologiyalıq, óndiris faktorlari arasındǵı qatnas qıyınlaspaqta. Neft hám gaz sanaatında islep shigariw uzaq múdett dawam etedi. Bul faktorlardın mánisleri sistemalı túrde ózgertilip turadı. Sebebi kándi paydalanamız, taza kán qosamız, tábiyat ózgeredi, xojalıqlar arasındǵı qatnas h.t.b. faktorlar sebep boladı. Demek neft hám gaz sanaatındaǵı óndiriske tásir etiwshi faktorlar tosınnanlıq xarakterge iye boladı. Óndiris procesinde hár saparı xojalıqlar tárepinen jumıslar jobalastiriladı.

Xojalıqlar sheshimlerdin proektin tayarlap atırǵan adamlarǵa óndiristi optimallastırıwdı talap etedi. Olar matematikalıq modellestiriwden sonın menen birge imitatsiyalıq modellestiriwden paydalaniwǵa ádewir járdem bere aladı. Bul metodlardın mánisi sonnan ibarat ol keyingi analiz, jobalastiriw sheshimleriniń variyantların bir neshe ret óndiriw hám belgilengen sistema úlğilerinen en natıyjelisin saylap aladı. Imitatsiya modeli járdeminde ulıwmalastırǵan strukturanın sistemasin islep shigariw múmkin hám integratsiyalangan funktsional basqariw elementlerin islep shigariw sanaatin iske tayarlaydı.

Monte-karlo metodin imitatsiyalıq modellestiriwge paydalanıw.

Monte karlo metodiniń tuwılǵan jılı dep 1949 jıl qabil etilgen. Sol jılı “The monte Carlo method” degen maqala payda boldı. Bul metod jaratıwshıları amerikalıq matematikler Dj. Neyman hám S. Ulama bolıp esaplanadı. SSSR da Monte- Karlo metodu boyınsha maqalalar 1955-1956 jj payda boldı. Sonısı qızıq, bul metodtıń teoriyalıq tiykari buirinan málim bolǵan. Odan tisqari statistikanıń bir neshe máseleleri bir kezleri usı Monte-Karlo metodu tiykarında, tosattan tańlaw járdeminde esaplanılǵan, biraq EEM payda bolmaǵansha bul metod ken tarqalmaǵan, sebebi tosınnanlıq shamalardı modellestiriw ádewir qiyin. Sol sebepli, Monte Karlo metodiniń payda bolıwı universal esaplaw metodu retinde tek EEM payda bolıwı menen baylanıslı.

Metodtıń maqseti júda ápiwayı hám tómendegilerden ibarat. Protsesslerdi analitik apparat (diferentsiyal yamasa algebralıq teńlemeler) járdeminde táriplew ornına arnawlı shólkemlesken protsedura járdeminde “oyın qubılısı tosattan júrgiziledi”. Ol ózune tosattan hám kútilmegen nátiyjelerdi jámleydi. Haqıyqatında da júrgizilgen protsess hár dayım hár qiyli shólkemlestiriledi. Sol sebepten statistikalıq modellestiriw nátiyjesinde bizler hár dayım taza, basqasına uqsamaǵan, izertlengen protsesslerdin iske asiriliwına iye bolamız. Ol bizlerge hesh nárese bermeydi, misali bir dári járdeminde bir nawqasti emlegendey boladı. Egerde onday processler kóp bolsa, onda basqa gáp. Bul kóplep iske asirilǵan jasalma alıńǵan stastikanı material etip paydalanıwǵa boladı. Ol ápiwayı matematikalıq statistika metodu menen qayta islenedi. Bunday qayta islewden keyin bizlerdi qızıqtıratuǵın qálegen xarakteristikalardı da aliw mumkin: itimallı hádiyselerdi matematikalıq ilimler de tosattan ólshemlerdi Monte-Karlo metodu menen modellestirilgen de bizler súwretlew apparatı járdeminen paydalanamız. Onı bizlerge islewge májbúrleimiz, kóbinese buni qabıllaw taza analitik modeldi islep shıǵarıwdan ansat boladı.

Statistik modellestiriw metodu qiyin operatsiyalar ushin analitikalıq metodtan ańsat boladı. Tiykarında Monte-Karlo metodu járdeminde hár qiyli másele sheshim tabadı, egerde oyın protsedurası analitik esaptan ańsatlaw bolsa. Misal. bir nishanǵa 3 ǵaressiz oq atıladı. Onıń hár qaysısı nishanǵa 1/2 itimalı boyınsha tiyedi. Hesh bolmaǵanda birewiniń itimalı tuwri keletuǵının tabıw kerek. Ápiwayı esap, bizlerge hesh bolmasa bir múmkinshilikti esaplawdı bildiredi. Ol tómendegige teń $1 - (1/2)^3 = 7/8$. Esaptı statistik modellestiriw menen esaplaw múmkin. Úsh nishan ornına úsh tiyindi taslaymız onda Gerb nishanǵa tiygen reshka tiymegen dep esaplanıladı. Egerde bir tiyinda gerb tússe tájriybe orınladı dep esaplanıladı. Kóplegen tájriybeler ótkeremiz áwmetli orınlanǵanlar sanın ulıwma ótkerilgen tájriybeler sanına bólemiz. Solay etip

bizler waqiyalar chastotasin tabamiz, al ol óz náwbetinde múmkinshiliklerge jaqin boladi , solay etip bul predmetti itimalliliq teoriyasin bilmeytuǵın hár bir adam paydalaniw múmkin. Sonda da ol múmkinshiliklerge iye. Monte- Karlo metodi bul matematikalıq esaplardi tosattan modellestiriw járdeminde sanli esapladı. Ápiwayı súwretlengen metodti kórip shıǵamiz.

Misal: Bizlerge figuranıń maydanin tabiw kerek. Bul hár qanday tegis emes shegaraǵa iye. Grafikaliq hám analitikaliq formada berilgen figura birlik kvadrat ishinde jaylasqan. Kvadrat ishinen tosattan F noqatlardi belgileymiz. F arqalı S tiń ishine kirgen noqatlardi belgileymiz, ulıwma noqatlar sanı N bolsın. Geometriyalıq túrde S maydani shama menen F/N qatnasıqqa teń. N qansha kóp bolǵan sayın bahası sonsha anıq boladı.

Monte karlo metodiniń eki ózgesheligi bar: birinshi esaplaw algoritiminiń strukturasınıń ápiwayılıǵı, ekinshi esaplawdin qáteshiligi D/N ǵe proporsional, bunda D turaqlı san N – tájriybeler sanı. Bunnan kórinip turipti, qátelerdi on ese azaytiw ushin N di júz ese kóbeytiw kerek. Bul jolmenen joqari anıqlıqqa erisiwge bolmaydı, sonıń ushin Monte-karlo metodi anıqlıq sharti bolmaǵan esaplardi shigariwda nátiyjeli.

Monte-Karlo metodin qollaw usılları ápiwayı , tosattan bir funktsiya menen táriyplengen shamalardi payda qiliw ushin tómendegilerdi kórip shıǵıw kerek:

1 Integral funktsiyanıń grafigi yaki tablitsasin bir neshe sanlar tiykarında bólistirilgen halda siziw kerek, ol izertlep atirgan protsessti kózleydi x boyınsha tosattan alınǵan sanlar belgilenedi, al y ordinata $(0;1)$ aralıǵında belgilenedi.

2 birden nolge shekem bolǵan tosattan alınǵan anıq sanlar generator járdeminde saylanadı.

3 abscissa kósherine sol noqattan perpindikulyar júrgizemiz.

4 x mánisin jazıp alamiz, ol keyin saylanǵan mánis bolıp qabıllanadı

5 Joqarıdaǵılardi bir neshe márte tákrarlaymiz.

Endi jáne misalǵa qaytamız. Egerde noqatlar “tosattan” emes al kvadrat boyınsha teń qalıpte taslanǵan bolsa, onda Monte-Karlo usılı eń qolaylı usıl boladı.

Operaciyalardı izertlew máselelerinde Monte-karlo metodi tiykargı úsh jaǵdayda qollaniladı:

-
1. Qiyin kompleksli operatsiyalardı modellestirgende yaǵniy bir biri menen baylanisqan faktorlar kóp jámlengende:
 - 2 Ápiwayı analitik metodlardıń qollaniliwin teksergende hám olardi qollaniw shártlerin anıqlaǵanda.
-

3 Texnikada empirikalıq formulalarǵa analitikalıq dúzetiwler kirgizgende.

Geologiyalıq xordı bahalaw. Alinip otırǵan xorlardıń ólshemlerin bahalaw ushin birinshi dárejede geologiyalıq xorlar yamasa ólshemler aniqlanadı.

Strukturalıq duzaqtı analiz etiw. Neft yamasa gazda strukturalıq duzaqtıń quramın analiz etiw ushın geologlar hám geofizikler strukturalıq duzaqtıń xarakteristikasını úyreniwı kerek. Bunday izertlewler geologiyalıq xordıń kólemin anıqjaw ushın zárúr. Xorlardıń ózgeriwı tómendegilerge baylanısı: shógiwshi qatlamnıń kólemi(RV), tesikligi(poristost)(F), suwga toyınǵanlıǵı, quwatı(NP).

Parametrlerdiń itimallı mánislerin anıqlaw. Bul etapta geologlar xordı esaplaw ushın parametrlerdiń shamasın anıqlaydı. Hár bir parametrdiń ózgeriw shegarası aniqlanadı. Bunı geolog ekspertler anıqlaydı.

Itimallıq grafigin analizlew. Grafikler procentlik ólshemde analizlenedi. Gistogrammalar geolog ekspertlerdiń bergen bahası bolıp, informaciyanı tómendegi formada táminleydi:

Bizıń pikirimizshe qatlamnıń kólemi 0-390 mın fut, 10% ti quraydı,

Bizıń bahamız boyınsha qatlamnıń kólemi 380-550 kub.fut 15% ti quraydı ham t.b. usınday itimallı sanlardı beredi. Usınday bahalar kóp toplanıp, bizge ulıwmalasqan bahanı shıǵarıwǵa múmkinshilik beredi.

Geologiyalıq xordı juwıq bahalaw ushın ortasha shamalı paydalanıw. Kándegi nefttiń mugdarın juwıq bahalawda paramtrlerdiń tómendegi mánisjerinen paydalanamız:

qatlam kóleminiń ortasha mánisi 1,35 mln. Akpofut, (1 akrofut=7760 barrel=1230 m³)

ortasha tesikligi (poristost)-17% ,

ortasha suwlılıǵı – 20% ,

ortasha effektiv quwatlılıǵı -75%,

keltiriw koefficienti –1,02(qatlam shárti boyınsha artıqsha gaz joq).

Endi bul mánislerdi formulǵa qoyıp esaplaymız:

$1.35 \cdot 10^6 \cdot 17 \cdot (1-20) \cdot 75 \cdot (1-0,2) = 1350000 \cdot 0,17 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 0,98 = 134946$ akrofut yamasa $134946 \cdot 7760 = 1047413760$.

Bul shama menen 1.047 mlrd. Barrel neft (165 mln. M³ ,141mln.t).

Monte Karlo usılı. Kóbirek tarqalǵan usıl.

Dáslep hár bir parametr ushın jıynalğan itimallıqlardıń gistogrammasın hám iymekliklerin sızamız.

Bul iymekliklerdiń hár biri ushın itimallıǵı 0-100% arasında bolatuǵın tochkalardı tosınnan tańlap alıwımız kerek. Keyin bul parametrdiń mánislerin modelge qoyamız. Keyin model boyınsha geologiyalıq xordı hám tolıq itimallılıqtı esaplawımızga boladı.

Tosınnan tómendegilerdi tańlap alamız:

50% jıynalğan múmkinshiliklerden 25% qatlam kólemi 6900000 akro fut qurau múmkin, 20% jıynalğan múmkinshilikten 35% tesiklikti(poristost) 21% quraydı. 25% jıynalğan múmkinshilikten 25% shama menen suwlılıǵı 33% quraladı, 80% jıynalğan múmkinlik shama menen 32% effektiv quwatlılıq 74% quraytuǵının kórsetedi, keltiriw koefitsenttiń 1.02 etip alamız. Bul mánislerdi paydalanıp geologiyalıq zapaslardı esaplap shıǵamız .

$(0,69 \times 10) \times (21\%) \times (1 - 33\%) \times (74\%)$. Bul shama menen 521 млн. баррел нефть (82 млн.м³, 70 млн.т).

Bul esaplawdıń nátiyesi oǵada kishi, ortasha nátiyjelerin paydalanǵannan kóre bizlerge bul nátiyjeniń múmkinshiligin biliwimiz kerek. Neftin geologiyalıq xorı 521 mln barreldi quraydı, tolıq itimallılıqtı esaplaymız: $0,25 \times 0,35 \times 0,20 \times 0,35 \times 1,0 = 0,006125$, demek itimallılıq 0.6125% - ge teń, júdá jaqsı emes.

Bul protsedura bir neshe ret tákrarlanadı. Buniń ushın EEM de dúzilgen programmadan paydalanamız. Bul bizlerge múmkin bolǵan geologiyalıq xorlardıń bólistiriliw itimallıǵın beredi, nefttiń geologiyalıq xorlar kólemin boljaydı: nefttiń kóleminiń eń mumkin bolǵan kólemi 84658 akrofut, shama menen 88.5 tonna quraydı.

Jıynalğan itimallıqtıń bólistiriliwin paydalanıw. keying etapta grafikten paydalanıp, bir neshe múmkinshilikler menen bahalardı saylap alıw kerek. Olardıń hár qaysısı ushın neft shıǵarıw dinamikasin hám proekt variantların tayarlaw kerek. Bul esaplar , grafikten alınǵan hár bir mánisler, iri ekspluatatsiya ushın paydalanıladı

Keyin hár bir xordıń mánisi ushın ekonomikalıq kórsetkishler analizlenedi. Birqansha waqıttan keyin formula boyınsha tabıs (jetiskenlik) koefitsiyenti(TK) esaplanadı.

$TK = \text{neft berip turǵan skvaj. Sanı} / \text{burgılانған skvaj.sanı.}$

Bir neshe jildi quraytuǵın period ushın tabısqa erisiw itimallıǵınıń grafıǵı dúziledi, misali shártli maydan ushın tabıs koefitsiyentiniń grafıǵın 9 jıl

ekspluatatsiyadan dúzedi, tabisli mánislerine sáykes shártli siziqlar júrgiziledi keyin olardıń orayinan tegis emes siziq qorshaydi, onıń keyingi noqatlari tabisli dárejesiniń maksimal mánisine tuwra keledi. Orayındaǵı qıysiq siziǵı jetiskenlik itimallıǵı boladı. Itimallı mánisleri geologlardıń pikirleri menen belgilenedi. Solay etip bir skvajinanıń xorlar dárejesi aniqlanadı. Basqa skvajinalar ushın da usı formada esaplawlar júrgizemiz. Hár bir skvajinanıń tabis koefficienti hám ortasha xori boyınsha ulıwma xordı kóbeytiw múmkinshiligi aniqlanadı hám qosımsha skvajinalar qosıw jobası dúziledi.

Endi usı mısál boyınsha tómendegishe juwmaq shıǵarıwıa boladı. Analitikalıq modeldiń kemshiligi ol modelge qandayda bir qadaǵalawshı shárt qoyadı, mäselen shegaralawshı shárt, ol shártti esaplaw kerek, al ol Monte-Karlo usili menen esaplanadı. Yaǵniy operaciyalardı izertlewde Monte-Karlo usılı texnikalıq kontrol rólin atqaradı. Statistikalıq usıllar mäseleni jeńillestiriwdi talap etpeydi, oǵan maǵlıwmat bolsa boldı, qanday model bolsa da korip shıǵadı. Statistikalıq usıllardıń kemshiligi onıń kólemli bolıwı, mashina waqtınıń kóp sarplanıwı. Eger statistikalıq ham analitikalıq modellerdi birgelikte orınlı paydalansaq biz barlıq waqıtta utısqa erisemiz.

5. Imitatsiyalıq modellestiriwde empirikalıq formulalardan` paidalanıw usılları

Bul paragrafta imitatsiyalıq modellestiriwde tájiriye nátiyjelerinen paydalanıw maqsetinde dáslep máseleńiń qoyılıwı, tájiriye nátiyjesinen kerekli maǵlıwmatlardı saylap alıw, ortasha mánislerdi paydalanıw usılları qollanıladı. Keyin obektin xarakteristikasına sáykes model ushın hárqıylı emperikalıq formulalar tańlap alınadı. Formuladaǵı belgisiz koefficiyentlerdi anıqlaw ushın oǵan eń kishi kbadratlar usılı qollanıladı.

1.Ma`selenin` qoyılıwı. Egerde empirikalıq formulanın` tu`ri saylanıp alıń`an bolsa, onda bul formulanın` en` kerekli hám qolaylı koeffitsientlerin (parametrlerin) saylap alıw ma`selesi payda boladı. Ulıwma jag`dayda bul ma`sele tómendegishe qoyıladı:

Meyli berilgen $M_i(x_i, y_i), i = \overline{1, n}$ ma`nisler sisteması juwıq tu`rde

$$y = \tilde{f}(x; a_1, a_2, \dots, a_m) \quad (1)$$

Formulasın qanaatlandırsın, bul jerde $\tilde{f}$ -belgili bir funktsiya ha`m  $a_1, a_2, \dots, a_m$ -ler belgisiz bolg`an turaqlı sanlar, m - sanı a`dette  $M_i$  noqatlar sanınan az boladı, yag`nıy $m < n$ boladı. Usı turaqlı sanlardı anıqlaw kerek boladı.

Egerde (x_i, y_i) ma`nisleri (1) shi menen baylanısqa bolsa, onda $a_1, a_2, \dots, a_m$ parametrlerin

$$y_j = \tilde{f}(x_j, a_1, a_2, \dots, a_m), \quad j = \overline{1, n} \quad (2)$$

ten`lemeler sistemasınan tabıwg`a boladı.

Biraq a`meliyatta  $(x_i, y_i)$  ma`nisleri joq etilmeytug`ın qa`teliklerine iye bolıp ha`m (2) sistemadag`ı ten`lemeler sanı a`dewir da`rejede belgisizlerdin` sanınan ko`p boladı. Sonlıqtan (2) sistema birgelikli bolmay qaladı.

(2) sistemani juwıq tu`rde qanaatlandırıtug`ın $a_1, a_2, \dots, a_n$ lerdiń en` kerekliyin - qolaylı bolatug`ın ma`nislerin izlewge tuwra keledi, bunda ózgeriwshilerdiń dál mánisten uzaqlasıwın (yamasa awısıwın)

$$y_j - \tilde{f}(x_j, \tilde{a}_1, \tilde{a}_2, \dots, \tilde{a}_m) = \varepsilon_j, \quad j = \overline{1, n} \quad (3)$$

Formasında alamız, onıń absolyut ma`nisi mu`mkin bolg`ansha kishi bolıwı kerek.

Geometriyalıq jaqtan bul ma`sele berilgen noqatlar sistemasına ju`da` jaqın bolatug`ın (1) tu`rge tiyisli bolg`an iymekliklerdi ju`rgiziw bolıp esaplanadı.

O`z parametrlerinen sızıqlı baylanısta bolg`an empirikalıq formulalar ju`da` ko`p. yag`nıy bul formulalardı to`mendegishe bolıwı múmkin.

$$y = \varphi_0(x) + a_1\varphi_1(x) + \dots + a_m\varphi_m(x) \quad (4)$$

Bul jag`dayda (2) sisteması sızıqlı bolıp ha`m onı izertlew salıstırmalı tu`rde a`piwayılasadı. (1) formulada $a_1, a_2, \dots, a_n$ parametrleri sızıqlı emes baylanısta bolsa, onda (2) sistema da sızıqlı emes bolıp, da`l yamasa juwıq sheshimlerin tabıw ju`da` qıyın ma`sele boladı. A`dette bunday sistemani juwıq tu`rde sızıqlı sistema menen almasırladı.

Empirikalıq formulalardıń parametrlerin anıqlawdın` en` ko`p paydalanatug`ın usılların qaraymız.

2.Noqatlardı saylap alıw usılı. Meyli $M_i(x_i, y_i), i = \overline{1, n}$ noqatları ta`jiriybe ju`rgiziw na`tiyjesinde alıng`an mag`lıwmatlar ushın

$$y = \tilde{f}(x; a_1, a_2, \dots, a_m) \quad (5)$$

empirikalıq formulası du`zilgen bolıp ha`m bul formula m -sanlı ($m < n$) $a_1, a_2, \dots, a_m$ -parametrlerine iye bolsın, bul jerde $\tilde{f}$ -belgili funksiya.

Oxy koordinata tegisliginde M_i noqatlarına mu`mkin bolg`ansha jaqın bolatug`ın tegis iymekligin ju`rgizemiz. Bul iymeklikti Γ dep belgileymiz ha`m ol  $M_i, i = \overline{1, n}$  noqatlarına ju`da` jaqın bolıp jaylasıwı kerek.  $\Gamma$  iymekliginde sanı  $m$  bolg`an $N_j(\tilde{x}_j, \tilde{y}_j)$ noqatlar sistemasın saylap alamız. Bul noqatlar $M_i, i = \overline{1, n}$ noqatları menen betpe-bet tu`siw sha`rt emes. Bunda $N_j, j = \overline{1, m}$ saylap alıng`an noqatları,  $\Gamma$  iymekliktin` barlıq kerekli, jumıs

ju'rgiziletug'ın bo'leginde mu'mkin bolg'ansha ten' o'lsheмли bo'listirilip jaylasqan bolıwı za'ru'r ha'm mu'mkin bolg'ansha bir-birinen uzaq qashıqlaqtı bolg'anı durıs boladı. Sonın' menen birge iymekliktin' aqırg'ı bolg'an M_1 ha'm M_n noqatlarına ju'da' bir jaqın jaylasqan bolmaw kerek boladı, sebebi bul noqatlardıń ta'siri aytarlıqtay bolmaydı ha'm olar isenimsiz bolg'an shegaralıq noqatları .

Qolaylıqlar jaratıw ushın bul noqatlardı O_x ko'sherindegi koordinatalıq tordın' en' u'lken bo'liwleri menen betlesetug'ın $\tilde{x}_j$ abscissaları alınıladı. Bunnan keyin $\tilde{x}_j, \tilde{y}_j, j = \overline{1, n}$ koordinataların o'lshep alamız. Onda ulıwma jag'dayda $a_1, a_2, \dots, a_m$ parametrleri

$$\tilde{y}_j = \tilde{f}_j(\tilde{x}_j, a_1, a_2, \dots, a_m) \quad (6)$$

ten'lemeler sistemasınan anıqlawg'a mu'mkin boladı. Bunday ten'lemeler sistemasında ten'lemeler sanı m ge ten' boladı.

Bul usılda sıızılıq baylanıs ushın, yag'nıy $y = ax + b$ túrindegi baylanıs joqarıda qaraldı. Endi kvadratlıq baylanıs ushın, yag'nıy

$$y = ax^2 + bx + c$$

ten'lemesinen du'zilgen sistemadan a, b, c -koeffitsientleri anıqlanadı, yag'nıy

$$\begin{aligned} \tilde{y}_1 &= a\tilde{x}_1^2 + b\tilde{x}_1 + c \\ \tilde{y}_2 &= a\tilde{x}_2^2 + b\tilde{x}_2 + c \\ \tilde{y}_3 &= a\tilde{x}_3^2 + b\tilde{x}_3 + c \end{aligned} \quad (7)$$

Noqatlardı saylap alıw usılında geometriyalıq du'zilisleri belgili bolg'an tiykarsızlıqqa jol qoyıladı, sonlıqtan ol turpayı bolatug'ınlıg'ın eskertip o'temiz.

Da'slepki mag'lıwmatlardın' da'lligi salıstırmalı tu'rde to'men bolg'an jag'dayda bul usıldan paydalanamız. Usıldın' da'lligin ko'teriw ushın abstsissa ko'sherindegi tordın' bo'liw aralıqların ju'da' kishi etip alıw kerek. Bul usıldı qollanıw a'piwayılıg'I ha'm ko'rgizbeliligi jag'ınan onın' jetiskenligi boladı.

3. Ortashalaw usılı. Egerde

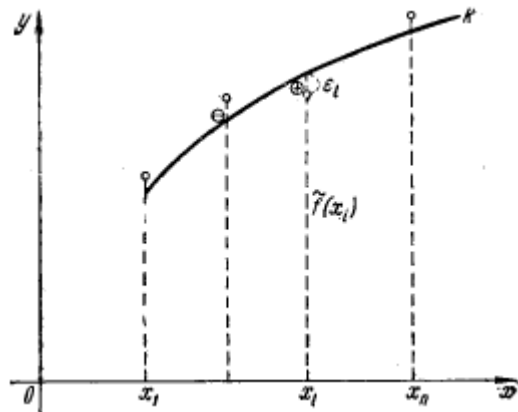
$$y = \tilde{f}(x; a_1, a_2, \dots, a_m) \quad (8)$$

empirikalıq formulasına $M_i(x_i, y_i), i = \overline{1, n}$ da'slepki mag'lıwmatların aparıp qoysaq, onda bul formulanın shep jaǵı ulıwma aytqanda, onın on jagına ten bolmaydı.

Ayırması (awısıwı)

$$\tilde{f}(x_i, a_1, a_2, \dots, a_m) - y_i = \varepsilon_i, i = \overline{1, n} \quad (9)$$

Boladı. Awısıw degenimiz bul M_i noqatlarına vertikal bag'ıt boyınsha, (8) empirikalıq funksiyanın grafigi arasındag'ı qashıqlıq. Bul qashıqlıq oń yamasa teris bolıwı múmkin (1-su`wret).



1-Su`wret

Barlıq $\varepsilon_i, i = \overline{1, n}$ awısıwların qosındısı E nolge ten bolǵan jag'dayı, yag`nıy

$$E = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i = 0 \quad (10)$$

bolsa, onda ortashalaw usılına sa`ykes κ -empirikalıq iymekligin en jaqsı dep qabıl etedi.

Ortashalaw usılı boyınsha $a_1, a_2, \dots, a_n$ turaqlıladı anıqlaw ushın, bul jerde $m < n$, barlıq awısıwları m -toparlarg'a bo`lip ha`m bul toparlarda awısıwların sanı birdey bolıp jaylasadı. Ha`r bir toparg'a tiyisli bolǵan awısıwların algebralıq qosındısı  $E_j, j = \overline{1, m}$  nolge ten dep esaplap, na`tiyjede sistemag'a iye bolamız. Bul sistemadag'ı ten'lemelerdin sanı, $a_1, a_2, \dots, a_m$ belgisiz bolǵan koeffitsientlerinin sanına ten boladı. Bul

sistemadan belgisiz bolg'an $a_i, i = \overline{1, m}$ koefitsientlerin anıqlaymız. Ha'r bir topar ushın awısıwların' qosındısı nolge ten' bolg'anı ushın, onda barlıq awısıwların' qosındısı da nolge ten' boladı, yag'nıy sistema ushın (10) ten'lik orınlı boladı.

5. En kishi kvadratlar usılı. Meyli empirikalıq formulanın'

$$y = \tilde{f}(x; a_1, a_2, \dots, a_m) \quad (11)$$

tu'ri belgili bolıp ha'm

$$\varepsilon_i = \tilde{f}(x_i, a_1, a_2, \dots, a_m) - y_i, \quad i = \overline{1, n} \quad (12)$$

da'slepki berilgen (x_i, y_i) mag'lıwmatlardan (11) formulanın' awısıwı bolsın.

En' kishi kvadratlar usılına muwapıq $a_1, a_2, \dots, a_m$ koefitsientleri en' jaqsı bolıp esaplanadı, egerde

$$S(a_1, a_2, \dots, a_m) = \sum_{i=1}^n [\tilde{f}(x_i, a_1, a_2, \dots, a_m) - y_i]^2 \quad (13)$$

awısıwların' kvadratlarının' qosındısı en' kishi bolsa. Bunnan bir neshe o'zgeriwshige iye funksiyanın' ekstremumın tabıwdın' za'ru'rli sha'rtlerin paydalanıp $a_i, i = \overline{1, m}$ koefitsientlerin anıqlaw ushın normal sistemaga iye bolamız, yag'nıy

$$\frac{\partial S}{\partial a_1} = 0, \quad \frac{\partial S}{\partial a_2} = 0, \quad \dots, \quad \frac{\partial S}{\partial a_m} = 0, \quad (14)$$

Egerde (14) sistema jalg'ız bir sheshimine iye bolsa, onda ol biz izlegen sheshim boladı.

(14)- sistema elede a'piwayılasadı, egerde $\tilde{f}(x; a_1, a_2, \dots, a_n)$ empirikalıq formulası $a_1, a_2, \dots, a_n$ koefitsientlerine qarata sıızılıq bolsa. Haqıyqattan da

$$\tilde{f}(x; a_1, a_2, \dots, a_m) = \varphi_0(x) + a_1\varphi_1(x) + \dots + a_m\varphi_m(x)$$

dep esaplap

$$S(a_1, a_2, \dots, a_m) = \sum_{i=1}^n [a_1\varphi_1(x_i) + \dots + a_m\varphi_m(x_i) - y_i]^2$$

ıye bolamız, bunda

$$Y_i = y_i - \varphi_0(x_i)$$

Bunnan

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{2} \frac{\partial S}{\partial a_1} &= \sum_{i=1}^n \varphi_1(x_i) [a_1 \varphi_1(x_i) + \dots + a_m \varphi_m(x_i) - Y_i] = 0, \\ &\vdots \\ \frac{1}{2} \frac{\partial S}{\partial a_m} &= \sum_{i=1}^n \varphi_m(x_i) [a_1 \varphi_1(x_i) + \dots + a_m \varphi_m(x_i) - Y_i] = 0 \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Qısqartılğ'an belgilewlerin kiritip

$$(\varphi_j, \varphi_k) = \sum_{i=1}^n \varphi_j(x_i) \cdot \varphi_k(x_i) \quad \text{hà'm} \quad (\varphi_j, Y) = \sum_{i=1}^n \varphi_j(x_i) Y_i$$

(15) sistemani normal sisteması tu`rinde jazıwg`a mu`mkin boladı.

$$\left. \begin{array}{l} a_1(\varphi_1, \varphi_1) + a_2(\varphi_1, \varphi_2) + + a_m(\varphi_1, \varphi_m) = (\varphi_1, Y) \\ \\ a_1(\varphi_m, \varphi_1) + a_2(\varphi_m, \varphi_2) + + a_m(\varphi_m, \varphi_m) = (\varphi_m, Y) \end{array} \right\} \quad (15')$$

Dara jag`dayda, egerde empirikalıq formulası ko`pag`zalı bolsa, yag`nıy

$$y = a_0 + a_1x + \dots + a_mx^m$$

onda

$$\varphi_j(x) = x^j, \quad j = \overline{0, m}$$

bolad1.

Bunnan

$$(\varphi_j, \varphi_k) = \sum_{i=1}^n x_i^{j+k} = [x^{j+k}]$$

ha`m

$$(\varphi_j, Y) = (\varphi_j, y) = \sum_{i=1}^n x_i^j = [x^j y]$$

Demek (15') normal sistemasi to'mendegi tu'rinde boladı:

[illegible]

En` kishi kvadratlar usılının` artıqmashlıg`ı, egerde  $\varepsilon_i$  awısıwların` kvadratların` qosındısı  $s$ -ten kishi bolsa, onda  $\varepsilon_i$  awısıwların` o`zleride absolyut shaması boyınsha kishi boladı.

Mısal. En` kishi kvadratlar usılınan paydalanıp  $P = f(t)$  keste turinde berilgen funktsiyası ushın empirikalıq formulasın keltirip shıg`arayıq.

Sheshimi: Meyli $y = ax^2 + bx + c$ (17)

Normal sistemanın` koeffitsentlerin esaplaw ushın keste du`zemiz:

t^0	t	t^2	t^3	t^4	P	Pt	$t^2 P$
1	7	49	343	2401	83,7	585,9	4101,3
1	12	144	1728	20736	874,8	874,8	10497,6
1	17	289	4913	85521	1074,4	1074,4	18264,8
1	22	484	10648	234256	1203,4	1203,4	26474,8
1	27	729	19683	531441	1282,5	1282,5	34627,5
1	32	1024	32768	1048576	1324,8	1324,8	42393,6
1	37	1369	50653	1874161	1343,1	1343,1	49694,7
7	154	4088	120736	3795092	399,7	7688,9	186054,3

onda to`mendegi normal ten`lemeler sistemasına iye bolamız:

$$\begin{aligned}
 4088 a + 154 b + 7 c &= 399,7; \\
 120736 a + 4088 b + 154 c &= 7688,9; \\
 3795092 a + 120736 b + 4088 c &= 186054,3
 \end{aligned}$$

Bul sistemasının` sheshimi: $a = 0,023381$; $b = -2,6066$; $c = 100,791$ boladı.

Demek izlengen empirikalıq formula mına tu`rde jazıladı:

$$\tilde{P} = 0,02338 t^2 - 2,6066 t + 100,791 \quad (18)$$

To`mendegi kestedegi mag`lıwmatlar ta`jiriybe otkeriw na`tiyjesinde alıng`an mag`lıwmatlar menen empirikalıq formula na`tiyjesinde alıng`an ma`nisler menen sa`ykes bolatug`ının ko`rsetedi.

i	P	(18) formulası boyınsha esap δ	Awısıwlar $\varepsilon = P - \delta$
1	83,7	83,69	+0,01
2	72,9	72,88	+0,02
3	63,2	63,24	-0,04
4	54,7	54,76	-0,06
5	47,5	47,46	+0,04
6	41,4	41,32	+0,08
7	36,3	36,36	-0,06

Bunda $\sum_{i=1}^7 \varepsilon_i^2 = 0,0173$.

Demek (18) formula alıng`an ta`jiriybe na`tiyjeleri menen sa`ykes boladı.

Endi **MISAL** retinde modellestiriw procesinde eki parametrgе iye empirikalıq formulalardıń tu`rlerin qarap óteyik. Dáslep mäseleniń qoyılıwı, keyin empirikalıq baylanıslardıń tu`rleri táriyplenedi.

1. Meyli $x_i, y_i, i = \overline{1, n}, n \geq 3$ berilgen ma`nisler sisteması ushın ha`m $x_1 < x_2 < \dots < x_n$ bolg`anda, tek g`ana a ha`m  $b$  eki parametrgе iye bolg`an,

$$y = \tilde{f}(x; a, b) \quad (1)$$

empirikalıq formulasın tabıw ma`selesі qoyılg`an bolsın.

Egerde

$$\frac{\Delta y_i}{\Delta x_i} = \text{const} \quad (2)$$

bolg`an jag`dayında, onda izlengen

$$y = ax + b \quad (3)$$

baylanısı sızıqlı boladı ha`m bul qoyılg`an ma`sele an`sat sheshiledi.

Ja`ne basqa bir a`piwayı jag`dayı bar. Bul

$$y - y_1 = a(x - x_1)^2 + b(x - x_1) \quad (4)$$

túrindegi kvadratlıq baylanıs. Bul baylanıs bizge belgili usıllar menen anıqlanadı.

Ulıwma aytqanda, endi (3) ha'm (4) formulalarına keltirilmeytug'ın ulıwma jag'dayın qaraymız. (1)-tu'rge tiyisli bolg'an empirikalıq formulalardıń bar bolıwının jetkilikli sha'rtleri bolıp onıń

$$y_i = \tilde{f}(x_i; a, b), \quad i = \overline{1, n}$$

ten'lemeler sistemasının birgelikli(berilgen da'lligi menen) bolatug'ınlǵ'ınan, bunda f -belgili funktsiya.

Bunnan a ha'm b belgisizlerin alıp taslap, (1) baylanıstıń bar bolıwın ta'miyinlewshi (x_i, y_i) noqatları ushın sha'rtler sistemasına iye bolamız. Biraq bunday jol menen tabıw ma'selesı ju'da quramalı boladı.

Berilgen (x_i, y_i) noqatları ushın (1) tu'rdegi empirikalıq baylanıstıń bar bolıwının za'ru'rli sha'rtlerin keltirip shıg'aramız. Meyli $M_i(x_i, y_i)$, $M_j(x_j, y_j)$, $M_k(x_k, y_k)$ - berilgen noqatlar ko'pliginen aling'an u'sh ma'nisler sisteması bolsın. (1) iymekligi M_i, M_j, M_k noqatlarınan o'tedi dep esaplap mına sistemaga

$$y_i = \tilde{f}(x_i; a, b), \quad y_j = \tilde{f}(x_j; a, b), \quad y_k = \tilde{f}(x_k; a, b) \quad (5)$$

iye bolamız. (5) sistemasınan a ha'm b parametrlerin alıp taslap, mına tu'rindegi

$$\Phi(x_i, x_j, x_k, y_i, y_j, y_k) = 0 \quad (6)$$

qatnasına iye bolamız. (1)- tu'rdegi baylanıstıń bar bolıwı ushın i, j, k nıń qa'legen ma'nisleri ushın (6) ten'linin orınlanıwı za'ru'rli boladı. (6) qatnasın tekseriw a'meli quramalı esaplaw jumısları menen baylanıslı bolg'anı sebepli, a'meliyatta u'sh noqatın tekseriw a'meli menen shegaralanadı, yag'nıy (x_1, y_1) - da'slepki, (x_s, y_s) -aralıq ha'm (x_n, y_n) aqırǵı noqatları, demek

$$i = 1, \quad j = s \quad (1 < s < n), \quad k = n$$

dep esaplaymız.

M_s -noqatın sonday etip saylap aladı, bunda (6) qatnası mu'mkin bolg'ansha ju'da a'piwayı bolıwı kerek. Bazı-bir jag'daylarda M_s aralıq noqatının ornına, M_i qatarına tiyisli bolmag'an $\tilde{M}_s(\tilde{x}_s, \tilde{y}_s)$ noqatın alg'an

qolaylı bolatug`nılg`ın atap o`temiz. Onda  $\tilde{x}_s$  ha`m $\tilde{y}_s$ koordinataların anıqlaw – interpolyatsiyalaw a`meli ja`rdeminde iske asırıladı.

1 -Mısal

$$y = ax^b \quad (7)$$

da`rejelik baylanıstın` bar bolatug`ın za`ru`rli sha`rtlerin keltirip shıg`arın`, bunda

$$x_i > 0, \quad y_i > 0, \quad i = \overline{1, n}$$

boladı dep boljaymız.

Sheshimi

$$x_s = \sqrt{x_1 x_n}$$

dep saylap alamız. Onda (7) formulasınan tómendegige

$$y_1 = ax_1^b; \quad y_2 = ax_s^b = ax_1^{\frac{b}{2}} x_n^{\frac{b}{2}}; \quad y_n = ax_n^b \quad (8)$$

ıye bolamız. (8) qatnasınan a ha`m b parametrlerin alıp taslasaq,

$$y_1 y_n = y_s^2 \quad y_s = \sqrt{y_1 y_n} \quad (9)$$

Boladı. Demek, (7) da`rejeli baylanıstın` bar bolıwı ushın x_1 ha`m  $x_n$  ma`nislerinin`  $x_s$  ortasha geometriyalıq ma`nisine, y_1 ha`m  $y_n$  ma`nislerinin`  $y_s$  ortasha geometriyalıq ma`nisi sa`ykes keliwi za`ru`rli boladı. Ulıwmalastırıp aytqanımda, (7) da`rejeli baylanısı orınlı boladı ha`m  $x_i$  ma`nisleri geometriyalıq progressiyanı payda etse, onda y_i dın` ma`nisleri de geometriyalıq progressiyanı payda etedi. Egerde $x_s = \sqrt{x_1 x_n}$ - kestelik ma`nisler bolmasa, onda og`an sa`ykes bolg`an y_s tın` ma`nisin interpolyatsiyalaw ja`rdeminde anıqlaymız. A`meliyatta en` ko`p ushırasatug`ın baylanıslar tu`rlerin qaraymız:

$$I. \quad y = ax + b \quad V. \quad y = \frac{1}{ax + b}$$

$$II. \quad y = ax^b \quad VI. \quad y = \frac{x}{ax + b}$$

$$III. \quad y = ab^x \quad VII. \quad y = a \ln x + b$$

$$IV. \quad y = a + \frac{b}{x}$$

1- mısalda orınlang`an a`mellerine uqsatıp, I-VII baylanısların`n` bar bolıwın ta`miyinleytuğ`n $x_s = \bar{x}_s$, $y_s = \bar{y}_s$ a`piwayı za`ru`rli sha`rtlerin keltirip shıg`arıwg`a boladı, bunda $\bar{x}_s = \varphi(x_1, x_n)$ ha`m  $\bar{y}_s = \psi(y_1, y_n)$ , sonın` menen birgelikte $x_i > 0$ ha`m  $y_i > 0$ ,  $i = \overline{1, n}$  dep shamalaymız.  $\bar{x}_s$  ha`m $\bar{y}_s$ ler ushın an`latpaları

1- keste de keltirilgen.

1 keste.

	$\bar{x}_s$	$\bar{y}_s$	Empirikalıq formul-n`tu`ri	Tegislew usılları
	$\frac{x_1 + x_n}{2}$ (ortasha arifmetikalıq ma`nisi)	$\frac{y_1 + y_n}{2}$ (ortasha arifmetikalıq ma`nisi)	$y = ax + b$	
I	$\sqrt{x_1 x_n}$ (ortasha geometriyalıq ma`nisi)	$\sqrt{y_1 y_n}$ (ortasha geometriyalıq ma`nisi)	$y = ax^b$	$Y = \alpha + bX$, bunda $X = \lg x$, $Y = \lg y$, $\alpha = \lg a$
II	$x_1 + x_n$	$\sqrt{y_1 y_n}$	$y = ax^b$ yamasa $y = ae^{\beta x}$,bunda $\beta = \ln b$	$Y = \alpha + \beta X$, bunda $Y = \lg y$, $\alpha = \lg a$, $\beta = \lg b$

Endi **MISAL** sıpatında Ha`r qıylı emperikalıq modeler ushın normal ten`lemeler sistemasın keltirip shıgaramız. A`meliy jumıslar ju`rgizgenimizde ta`jiriybe tiykarında alıng`an iymeklik eki paremetrlı a`piwayı baylanıslar menen ta`riyplenedi. Mısalı

$$y = a x^b \quad (1)$$

bul jerde a ha`m  $b$  -lar turaqlı sanlar, eń kishi kvadratlar usılı menen anıqlanadı. Ol ushın sıızıqlandıırıwshi tu`rlendiriwlerden paydalanıp ha`m analitikalıq funksiyanın` ta`jiriybe noqatlarınan o`rtasha kvadratlıq awısıwın emes, al bazı-bir jan`alang`an shamanın` o`rtasha kvadratlıq awısıw qaraladı.

Bul shamanın` minimum ma`nisine iye bolıwı parametrlerdin` qolaylı etip saylap alıwına baylanıslı boladı. Bul tazadan payda bolg`an shama bazı-bir shamanın` kvadratı bolıp esaplanadı ha`m a , b -parametrleri bul shamag`a sıızıqlı qatnasta boladı.

Mına berilgen

$$y = \frac{a \cdot x}{b + x} \quad (2)$$

funktsiyasın qaraymız. Bul bolshektin` alımı mene bo`limin x -ke bo`lemiz

$$y = \frac{a}{\frac{b}{x} + 1} \quad (3)$$

bunnan

$$\frac{a}{y} - \frac{b}{x} - 1 = 0. \quad (4)$$

Ta`jiriybe na`tiyjelerin analitikalıq funktsiyası da`l ta`riyplewı mu`mkin bolmaganlıqtan, (4) formulanın` on` ta`repi nolge ten` bolmaydı. Onda (4) formulaga tiyisli bolg`an shamalardın` kvadratların qosıp, o`rtasha kvadratlıq awısıwına iye bolamız

$$\delta_n^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{a}{y_i} - \frac{b}{x_i} - 1 \right)^2. \quad (5)$$

Bul funkciya minimum ma`niske iye bolıwı ushın, onın` tuwındısı nolge ten` bolıwı kerek. Bunnan

$$\begin{aligned} a \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} - b \sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i y_i} &= \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i} \\ a \sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i y_i} - b \sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i^2} &= \sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i}. \end{aligned} \quad (6)$$

Kelip shigadi. Bul sıızıqlı ten`lemeler sistemasın  $a$  ha`m b parametrlerine qarata sheship, eki parametrlı funktsiyanın` parametrlerinin` ma`nisine iye bolamız.

Hárqıylı modeler ushın normal teńlemeler sistemasıá

Baylanıs	a ha`m $b$ -lardı anıqlaw ushın ten`lemeler sisteması
----------	---

tu`ri	
$y = a + b \cdot x$	$\begin{cases} a + b \cdot \sum \left(\frac{1}{x_i} \right) = \sum y_i \\ a \cdot \sum \left(\frac{1}{x_i} \right) + b \cdot \sum \left(\frac{1}{x_i} \right)^2 = \sum (y_i \cdot x_i), \quad x_i \neq 0 \end{cases}$ unu $\begin{cases} a \cdot \sum x_i + b \cdot N = \sum x_i \cdot y_i \\ a \cdot \sum x_i^2 + b \cdot \sum x_i = \sum x_i^2 \cdot y_i \end{cases}$
$y = 1 / (a + b \cdot x)$	$\begin{cases} a \cdot N + b \cdot \sum x_i = \sum (1 / y_i) \\ a \cdot \sum (x_i) + b \cdot \sum x_i^2 = \sum (x_i / y_i), \quad y_i \neq 0 \end{cases}$ unu $\begin{cases} a \cdot \sum y_i^2 + b \cdot \sum x_i \cdot y_i^2 = \sum y_i \\ a \cdot \sum x_i y_i^2 + b \cdot \sum x_i^2 y_i^2 = \sum x_i \cdot y_i \end{cases}$
$y = x / (a + b \cdot x)$	$\begin{cases} a \cdot N + b \cdot \sum x_i = \sum (x_i / y_i) \\ a \cdot \sum x_i + b \cdot \sum x_i^2 = \sum (x_i^2 / y_i), \quad y_i \neq 0 \end{cases}$ unu $\begin{cases} a \cdot \sum y_i^2 + b \cdot \sum x_i \cdot y_i^2 = \sum x_i y_i \\ a \cdot \sum x_i y_i^2 + b \cdot \sum x_i^2 y_i^2 = \sum x_i^2 \cdot y_i \end{cases}$
$y = a \cdot b^x$	$\begin{cases} N \cdot \ln a + (\ln b) \cdot \sum x_i = \sum \ln y_i \\ (\ln a) \cdot \sum x_i + (\ln b) \cdot \sum x_i^2 = \sum x_i \cdot \ln y_i, \quad y_i \neq 0 \end{cases}$
$y = a \cdot e^{b \cdot x}$	$\begin{cases} N \cdot \ln a + b \cdot \sum x_i = \sum \ln y_i \\ (\ln a) \cdot \sum x_i + (\ln b) \cdot \sum (x_i)^2 = \sum x_i \cdot \ln y_i, \quad y_i \neq 0 \end{cases}$
$y = 1 / (a + b e^{-x})$	$\begin{cases} N \cdot a + b \cdot \sum \exp(-x_i) = \sum 1 / y_i \\ a \cdot \sum \exp(-x_i) + b \cdot \sum \exp(-2x_i) = \sum \exp(-x_i) / y_i, \quad y_i \neq 0 \end{cases}$
$y = a \cdot x^b$	$\begin{cases} N \cdot \ln a + b \cdot \sum \ln x_i = \sum \ln y_i \\ (\ln a) \cdot \sum \ln x_i + b \cdot \sum (\ln x_i)^2 = \sum (\ln x_i) \cdot (\ln y_i), \end{cases}$ $x_i \neq 0, y_i \neq 0$
$y = a + b \cdot \ln x$	$\begin{cases} N \cdot a + b \cdot \sum \ln x_i = \sum y_i \\ a \cdot \sum \ln x_i + b \cdot \sum (\ln x_i)^2 = \sum (\ln x_i) \cdot y_i, \quad x_i \neq 0 \end{cases}$

$y = a / (b + x)$	$\begin{cases} a \cdot \sum (1 / y_i)^2 - b \cdot \sum (1 / y_i) = \sum (x_i / y_i) \\ a \cdot \sum (1 / y_i) - b \cdot N = \sum x_i, \end{cases} \quad y_i \neq 0$ <i>unu</i> $\begin{cases} a \cdot N - b \sum y_i = \sum x_i \cdot y_i \\ a \cdot \sum y_i - b \cdot \sum y_i^2 = \sum x_i \cdot y_i^2 \end{cases}$
-------------------	---

J U W M A Q L A W

Pitkeriw qánigelik jumısında alınğan nátiyjeler boyınsha tómendegishe juwmaq shıǵapıwǵa boladı.

1. Pitkeriw qánigelik jumısı imitaciyalıq modellestiriw texnologiyasın úyreniwge ham oni basqa da oqıwshılarga usınıs etiwge baǵıshlangan.

2. Matematikalıq hám imitaciyalıq modellestiriw arasındaǵı ózgeshelikler, hárbir usıllardıń óz aldına artıqmashlıǵı hám kemshilikleri, olar arasındaǵı hárqıylı baylanıslar anıqlanadı.
 3. Házirgi waqıtta kompyuter ushın júdá qolaylı bolǵan imitaciyalıq modellestiriw texnologiyası bayan etiledi.
 4. Imitaciyalıq modellestiriw ushın Monte-Karlo usılı menen ámeliy máseleler sheshiledi.
 5. Statistikalıq maǵlıwmatlar boyınsha imitaciyalıq modellerdiń parametrleri qayta tiklenedi, hárqıylı emperikalıq formulalardı paydalanıw múmkinshilikleri aytıladı.
 6. Pitkeriw qánigelik jumısı boyınsha alınǵan nátiyjelerdi orta arnawlı hám joqarı oqıw orınlarında paydalanıwǵa boladı.
-

Paydalanǵan ádebiyatlar.

1. Эксперимент. Модель. Теория. Москва-Берлин. Наука .1982-332
2. Под редакцией Дж. Эндрюса и Р. Маклоуна. Математическое моделирование, М.Мир, 1983
3. Растрингин Л.А. Моджаров Н.Е. Введение в идентификацию объектов управления. М. Энергия, 1987-216 б.
4. А.Д. Цвиркун, В.К. Акинфиев, В.А. Филиппов. Имитационное моделирование в задачах структуры сложных систем [Текст]:

- оптимизационно-имитационный подход /; Отв. ред. В.Н. Бурков. - М. : Наука, 1985. - 173 с. - (Ин-т проблем управления).
5. Максимей, И. В. Имитационное моделирование на ЭВМ [Текст]: монография / И. В. Максимей. - М: Радио и связь, 1988. - 232 с.
6. А.А.Абдукадиров ва бошқалар ҳисоблаш математикаси ва дастурлаш, Т. Укитувчи 1996.
7. Ф.Б.Баталов Оптималлаш назарияси ва математик программалаштириш. Т. Укитувчи 1989.
8. К. Сафаева, Н.Бекназарова. Операцияларни текширишнинг математик усуллари. 2-қисм, Т. Укитувчи 1990.
9. М.И. Исрайлов. Ҳисоблаш методлари. Т. Ўзбекистон нашрийоти 2003.
10. Н.В. Макарова, В.Б.Волков. Информатика. Учебник для вузов. – СМБ` Питер-2011.
11. Соболев И.М. «Метод Монте-Карло», Москва «Наука», 1985 г.
12. «Экономико-математические методы и прикладные модели», под ред. Федосеева В.В. , Москва «Юнити» 2001 г.
-