

TÜRKMENISTANYŇ BILIM MINISTRIGI

TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY

Hünär: Maglumatlary işläp taýýarlamagyň we
dolandyrmagyň awtomatlaşdyrylan
ulgamlary

**“Ulgamlaýyn derňew we
amallary derňemek”**
dersi boýunça okuw gollanmasy

Taýýarlan: G.T.Taýjanow

Aşgabat 2010 ý.

GIRIŞ

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

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

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

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

Täze galkynyşlar zamanasynda ýurdumyzda islendik pudagyň önünde täze meseleler goýuldy. Şol meseleleri üstünlikli çözmek üçin diňe bir tehnologiýalar ýeterlikli däl.

Şol tehnologiýalary ulanyp biljek ýokary derejeli hünärmenler zerur.

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

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

Häzirki wagtda kompýuterler önümçiligiň islendik pudagynda giňden ýaýrandyr. Şonuň üçin hem hasaplaýyş tehnika bilen tanyşlyk talyplaryň haýsy hünär boýunça bilim alýanlygyna garamazdan öwrenilýär.

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

Tema: Ulgamlaýyn derňewiň meseleleriniň häzirki zaman ýagdaýy.

Sistemleýin analiziň häzirki zaman teoriýasy özünde strukturlaşdyrılan formatlaşdyrmadyk predmet oblastlaryny saklaýan praktiki ulanyş giň girenine eýedir.

Sistemleýin analiziň aýyk ylym bolmak bilen ösmek üçin esaslary we täze metotlaryň praktiki ulanmalary we üýtgeşik (triwiýal däl) meseleleriň çözüwlerine çemeleşmeleri , formal taýdan beýän etmeklik we çözmeklik ýaňy ýakynlara çenli hem mümkin däl hasap edilirdi.

Şeýle meseleleriň hatarynda sosial prosesleriň we sistemanyň analizi we modemini gurmaklyk girýär. Sosial sistemanyň işlemekligi dürli faktorlaň köp sanly bilen şertlenen

çylşyrymly proses bolup durýar. Köp gnumitar ylmy ugurlaryň (filosofiýa, taryh, syýasy öwreniş ykdysadyýet, ykdysady-geografiýa we başgalar) kömegi bilen sistemalaryň özüni alyp baryş kanuna laýyklyga degişli giň gerimli bilimlerini alyp barşyna mälum. Ýöne bu bilimler şeýle derejede çylşyrymly we ölçegli welin bar bolan ylmy ugurlaryň hiç biride özbaşdak olary tutuşlygyna analizläp bilenok. Çylşyrymly sosial sistemanyň ösüş kanunlaryna gowy düşünmek we olary dolandyrmak üçin sistemlaýyn çemeleşmäge esaslanan we hem gumanitar hem takyk ylmlara mahsus bolan häsiýetleri bar bolan ylmy metodlaryň ählisini peýdalanýan predmetara derňew zerur bolup durýar. Bulardan başgada dolandyryş prosesinde informasiýany has effektiv peýdalanmak üçin informasion sistemalaryň analitik potensial mümkinçiligini artdyrmak, gelip gowşýan maglumatlar has aýdyň beýan etmek zerur. Muny bolsa olary çuň analitik işläp taýýarlamagyň we dolandyryş obýektlerini işleýişleri baradaky bilimler bilen integrirlemegiň hasabyna gazanmak mümkin. Şeýlede bolsa çylşyrymly sosial sistemalary dolandyrmak boýunça analitik çözgüdi goldaýjy sistemalar döredilende dolandyryjy çözgütleri kabul etmek üçin zerur bolan informasiýalary analitik işläp taýýarlamak we beýan etmek prosesleri gurnamagyň aýratynlyklary bilen bagly problemalar ýüze çykýar.

1. Real dolandyryjy prosesler sistema gatnaşyjylaryň maksatlarynyň we höwesleriniň umumy ylalaşyksyzlyk şertlerinde bolup geçýärler. Şonuň üçin çözgütleriň agramly bölegi sistemanyň içki konfliktlerini düzetmäge we çözmäge mümkinçilik gönükdirilýär.
2. Sistemanyň ýagdaýyny we ol ýa-da beýleki täsirlerini, netijelerini bahalandyrmak prosesinde peýdalanýan eksport bilimleri subýektiv häsiýetlere eýedir. Dürli eksportlaryň nukdaý-nazarlary profesional we beýleki gyzyklanmalar bilen kesgitlenýär, bular bolsa eksport

bilimlerini integrirlenen modeline obýekti gapma garş getirýär.

3. Sosial obýektlerde, olaryň daşky gurşawynda bolup geçýä proseslerb tötän wakalaryň we kompýuterlerini ýokary mazmuny bilen anyk sebäp netije gatnaşyklaryň pes derjeli häsiýetlendirýarler bu bolsa olara formatlaşdyrmaga we prognozirlämäne kynçylyklar döredýär.
4. Başlanyç maglumatlaryň we informasion çemeleşmeleriň göwrümi uly bolup anyk däl, kanuna laýyk bolmadyk we stasionar däl häsiýete eýe bolmak mümkin. Bu bolsa statistiki metodlary ulanmana mümkin bolan kynçylyklar döreýär.

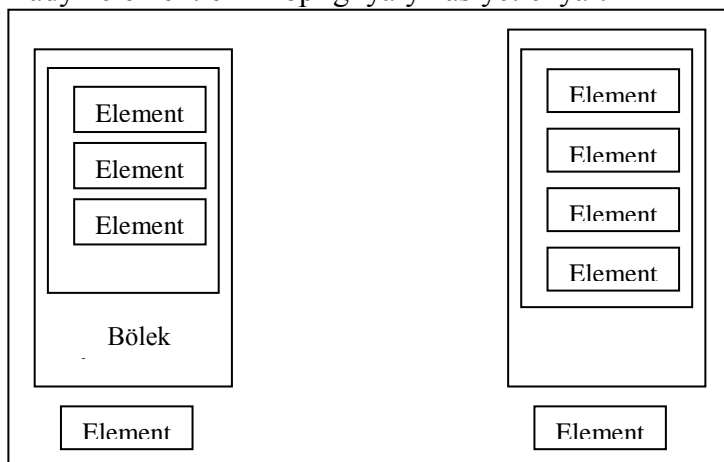
Bu problemalar bolsa ýakyn geçmäde sosial sistemalary dolandyrmak boýunça çözgütleri kabul etmek prosesinde formal metodlarda örän çäkli peýdalanmak şertini goýdy. Ýöne kibernetika dolandyryş teoriýasy, operasiýalary derňemek sinergetika, hasaplasinergetika, hasaplaýyş tehnikasynyň çalt ösüşi we çylşyrymly sistemalar, şol sanda sosial shemalary derňemekde matematiki metodlary ulanmagyň optimal ýollaryny kesgitlemäge mümkinçilik berýän sistemaýyn analiziň metodologiýasynyň işlenip düzülmegi we çylşyrymly sistemalar ýaly ylmy ugurlary ýüze çykmagy bu ugurdan düýpli öňe gidişligiň mümkinçilikleri hakynda aýtmaga mümkinçilik berýär.

Tema: Ulgamlaýyn derňewiň esasy düşüňjeleri.
Problemleýin situasiýa we olary çözmäge çemeleşmeler.
Ulgamlaýyn derňewiň algoritmy. Ulgamlaryň
klassifikasiýasy.

Häzirki zaman ulgamlaýyn derňewi problemalary düzetmäge niýetlenen çylşyrymly ulgamy derňemegiň ýa-da taslamagyň gözlegiň meýilnamalaşdyrlyşyň we üýtgemeleri amala aşyrmagyň usullaryň ulgamyny aňladýan amaly ylym bolup

durýar.metodiki tarapdan ulgamlaýyn derňew özüniň predmetara we predmet üsti häsiýetleri bilen şeýle hem formal bolmadyk, Ewerestiki, Ekspert, Empriki, eksperemental mümkin bolanda we zerur bolanda berk formal matematiki usullary hem ulanýandygy bilen tapawutlanýar, “Ulgam”-ulgamlaýyn derňewiň esasy düşünjesi bolup durýar. Bu düşünjäniň has takyk formallaşdyrylan köp sanly kesgitlemesi bar.

Meselem, (Немов.А.И системный подход и общая теория систем М. 1978г.) kitapda şeýle kesgitlemäniň 35 getirilýär. (Акофф Р О прирое систем изв АН Техн кибернетики с. 65) edebiýatda ulgam hiç biriniň toplanýan häsiýetlere eýe bolmadyk elementleriň köpligi ýaly häsiýetlenýär.



Ulgamyň düzüminiň modeli

Häzir bolsa ulgamyň möhüm häsiýetleriniň we düzümleriň bölekleriniň birnäçeleriniň kesgitlemelerini getireliň .

Element: Konkret ulgamyň we oňa konkret seredilende we ulgamyň düzümleriň böleginiň derňewinde bölünmeýän bölek. Gurluş (struktura): KSK. Ulgamyň elementiniň arasyndaky baglanyşyklaryň durnuklylygy baradaky bellige alnyş.

Ulgamyň bitewligi: onuň daşky gurşawa we beýleki meňzeş ulgamlara oňnositel bagly dälđigi.

Emerjentlik – ulgamyň alamatlarynyň onuň elementiniň alamatlaryna geçirip bolmaýanlygy (geçirip bolmazlyk derejesi).

Ulgamyň özüni alyp barşy (işleýişi) – ulgamyň wagtyndaky hereketi.

Ewolusiýa – ulgamyň gurluşynyň wagtyndaky üýtgemesi.

Kitapda ulgamlaryň derňewiň aşakdaky umumy algoritmi getirilen.

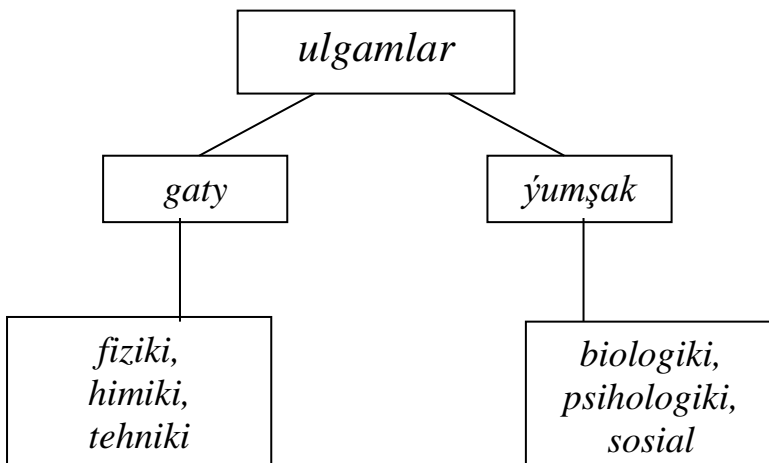
1. Derňewiň esasy maksadynyň we meselesiniň beýany.
2. Ulgamyň serhedini kesgitlemek we ony daşky gurşawdan bölmek.
3. Ulgamyň elementleriniň sanawyny düzmeli.
4. Ulgamyň bitewliginiň esaslaryny aýan etmek.
5. Ulgamyň elementleriniň özara baglanşygynyň derňewi.
6. Ulgamyň gurluşyny (düzümini, strukturasyňy) düzmek.
7. Ulgamyň we olaryň bölek ulgamlaryň işlerini (funksiýasy) ýola goýmak.
8. Ulgamyň we olaryň bölek ulgamynyň maksatlaryny utgaşdyrmak.
9. Ulgamyň we onuň bölek ulgamlarynyň serhedini anyklamak.
10. Emerjent hadysalarynyň derňewi.
11. Ulgamlaryň modeli konstruktirlmek.

Elbetde getirilen algoritmi hemişe ähli şertlerde-de üýtgeşsiz galýan algoritm hökmünde seretmeli dälđigi düşüňklidir. Bellenen problema baglylykda derňewiň tertii üýtgetmek mümkin. Şeýlede bolsa bu algoritmiň derňemegiň prinsipial shemasy hökmünde peýdalydyr.

**Tema: Ýumşak ulgamlar metodologiýasynyň etaplary.
Adam-maşyn ulgamlaryň klassifikasiýasy. Sinergetikanyň
esasy bölümleri**

Käbir edebiýatlarda mümkin bolan ulgamlara köplügin
iki bölek köplügin “gaty” we “ýumşak” ulgamlara bölünlik
teklip edilýär.

Çeklend boýunça ulgamlaryň klassifikasiýasy



Gaty ulgamlar teoriýasy detuktiw usullara esaslanan berk danly gurluşlary talap edýär. Ýumşak ulgamlar teoriýasynda daşky gurşawuň şertlerrine uýgunlaşmaga ukyply, şunlukda özüniň häsiýet aýratynlyklaryny saklaýan ulgamlara seredilýär. Ýumşak ulgamlar uzak wagtlaýyn üýtgeşmelere sezewar bolmak bilen özleriniň içki özenini we ösüşe bolan ukyplaryny saklaýarlar. Klassifikasiýa laýyklykda sosial ulgamlar biologiki we psihologiki ulgamlar bilen bir hatarda ýumşak ulgamlara degişlidir. Soňky 20 ýylyň dowamynda ýumşak ulgamlaryň metedologiýasy, hususanda inlis alymy, P. Çeklendiň işlerinde intentiw ösüşe eýe boldy. Çeklen ýumşak ulgamlaryň metedologiýasyny adamyň daşyny gurşap alýan hakyky dünýäniň çylşyrymlyklaryny ýeňip geçmäne kömek

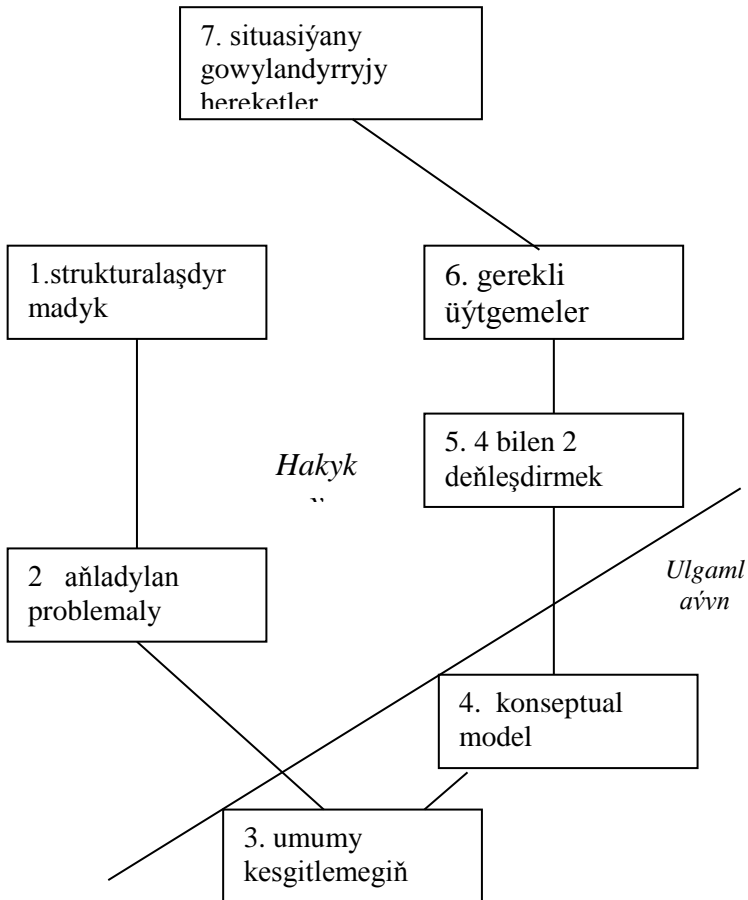
edýän ulgama gönükdiriln (niýetlenen) metedologiýa hökmünde işläp düzýär. Şunlukda adama duşýan problemenyň, hemişelik çürt-kesikçözülip bilinmejekligi belenilýär.

Barlyga (hakykata) ulgamlaýyn garaýan we ony ulgamlaýyn öwrenýän gaty ulgamlaryň (adam ýa-da tebigat tarapyndan). Paradigmasyndan tapawutlukda ýumşak ulgamlaryň paradigmany dünýä çözülmelik mümkin ulgamlaýyn ýöne gowşak gurluşly köp dürli interpretasiýalary ýol berýän hökmünde seredilýär. Ýu.M. Plotinskiň ady agzaan kitabynda ýumşak ulgamlar derňelende diňe formal metodlarda peýdalanmagyň gadaganlygy ewristiki pikirleriň (düşünjeleriň) we intuitiýanyň ähmiýetli orna eýedigini belenilýär derňewi alyp baryjy köp bolmadyk adatyça gaýtalap bolmajak gözegçilikleriň esasynda netijeleri çykarmaga mejbur bolýar. Çeklendiň pikiri boýunça ýumşak ulgamlaryň metedologiýasy 7 etapdan düzülen täze çemeleşmeleri aýan etmek we zerur bolsa, ony gowlandyryjy hereketleri amala aşyrmak maksady bilen problemaly situasiýany emele getiriji derňew prosesi bolup durýar.

Ýumşak ulgamlar metedologiýasynyň çemeleşmesiniň esasy aýratynlygy problemaly situasiýany hakyky 1 strukturalaşdyrmadyk problemaly situasiýany we 2 aňladylan situasija etplary konsektual, abstrakt ulgamlaýyn aňladylş dünýäsinden bölýänligindedir. (3 ulgamy kesgitlemegiň ölçegleri we 4 konsektual modeller) 3 we 4 etaplarda birnäçe plýuralistlige (köp dürlülük) ýol berilýändigini derňelýän ulgamyň modeli gurulanda birnäçe wariýantlaryň bolýandygy bellemek gerek.

“4 bilen 2 deňeşdirilýär” 5 etpda 4 etapda işlenip düzilen abstrakt berlenleri hakyky ýagdaý bilen deňeşdirip görülýär, we şonda mümkin bolan hereketleriň dürli köplüklerine getirip biljek dürli nukdaý nazarlaryna idealogiýalara seredilýär. “Gerekli üýtgetmeler”. 6 etapda ol ýa-da beýleki nukdaý nazarlaýyň getirip biljek netijeleri derňelýär, olaryň ýol bererligi bahalandyrylar. “Situasiýany

gowylandyryjy hereketler” 7 etap bilen prosesler tamamlanýar. Şular ýaly sikl kanagatlandyryjy netijeler alynýança birnäçe gezek gaýtalanyp bilner. Ýumşak ulgamlaryň metedologiýasyny ulanmak bilen derňewçiniň diňe ulgamyň özüni alyp barşyny dogry beýan etmek bilen çäklenmän, eýsem oňa goşulan adam faktorlary pozisiýasyny hem önünden görmezligini hem bellemek gerek.



Ýumşak ulgamlar metedologiýasynyň etaplary.

Tema: Dolandyrylşyň ulgamlary we esaslary baradaky düşünjeler.

Kibernetikada dolandyryjy ulgam diýlip, dolandyryjy guramanyň dolandygrylýan obyekte belli bir maksatly täsir etmek üçin niýetlenen özara baglanşykly elementleriň toplumyna düşünilýär.

Dolandyryjy ulgamyň tutuş toplumyny üç sany görnüşe biologiki, tehniki we social-ykdysady görnüşlere şerftli bolmak bolar.

Ulgamlaryň hil taýdan tapawutlaryna seretmezden ulgamlar nazarýetini öwrenmäge we gurmaga mümkinçilik berýän olaryň ählisi üçin umumy bolan aýratynlyklary bar. Şeýle umumy häsiýetler bolup gurluş, esasy elementler, giriş, çykyş, dolandyryjy gurama, dolandyrylýan obýekt, göni baglanşyk, ters baglanşyk gaýtadan işlemäge degişli informasiýa hyzmat edýärler.

Ulgam düşüňjesi üç sany ýagvdaýa esaslanýar:

- 1) Özara baglanşykly elementleriň ýada bölekleriň köplügi bar.
- 2) Köplük bir bitewiligi emele getirýär, ýagny elementleriň haýsydyr bir bölek köplüginin aýrylmagy bitewilik (birlik) häsiýeti bozýar.
- 3) Bir bitewiligiň elementleriň haýsydyr bir kombinasiýasy üçin dälde tutuş toplumy üçin häsiýetli birnäçe maksady bar.

Esasy elementler mundan beýläk bölünmäge degişli däl hasap edilýär, ýöne

kesgitli funksiýalary ýerine ýetirýärler: girişiň üsti bilen ulgam daşky gurşagyň täsirini kabul edýär, çykyşyň kömegi bilen daşky gurşawa täsirini amala aşyrýar. Her bir anyk ulgam

otnasitel aýratynlaşdyrlan bolmak bilen tükenikli sany (iň bolmanda bir) girişe we çykyşa eýedir. Gurşaw bilen giriş (çykyş) özara täsiriň mukdar ölçegi bolup, onuň intensiwligi ýagny ondan wagt birliginde akyp geçýän informasiýanyň mukdary hyzmat edýär.

1. Real obýektiň düýp manysynyň mukdar häsiýetleri \bar{U} üçin elementiň içki ýagdaýy düşünjeden peýdalanýarlar. Bu, düzgün boýunça, üznüksiz ýada diskret kordinataly n -ölçegli wektordyr. Bu wektoryň her bir kordinatasy elementiň degişli iki ýagdaýyny alamatlandyrylýar.

$$\bar{U}=(U_1, U_2, \dots, U_n)$$

Ulgamyň funksiýa diýip ulgamyň ýagdaýynyň üýtgemegi bilen aňladylýan hereketlerini düşünilýar.

Meselem Önümçilik prosesiniň funksiýasy daşky gurşawdan gelýän material we energiýa resurslarynda üýtgetmek amaly kesgitli önümi taýýarlamakdan durýar. Ulgam tarapyndan öz funksiýalarynyň ýerine ýetirmegine ulgamyň funksionirlenmegi diýmeklik kabul edilen. Ykdysady ulgamlar üçin onuň funksiýasy ulgamyň özüniň bar bolmadyk manysyny häsýetlendirýär.

Ulgamyň maksady diýip onkuň çykyşynda islenilýän kesgitli ýagdaýyna ýagny birnäçe baha ýada ulgamyň funksiýasynyň bahalarynyň bölek köplüğine aýdylýar.

Ulgamyň gurluşy ol öz funksiýalaryny ýerine-ýetirende ulgamyň elementleriniň ýerleşdirilişi we özara baglanşyklary bilen kesgitlenýär we ulgamyň ululygyna hem çylşyrymlylygyna bagly.

Ulgamyň ululygy onuň elementleriniň sany bilen we olaryň baglanşyklar bilen, çylşyrymlylygy bolsa köp dürliligi elementleriň häsýetleriniň bir jynsly dälligi we baglanşyklar (göni, ters, neýtral) bilen kesgitlenýär.

Uly we çylşyrymly ulgamlara bitewilik we emerjentlik häsýetlere mahsusdyr.

Ulgamyň bitewiligi, onuň ähli böleklerniň umumy maksada gulluk edýändigini we effektiwligiň kesgitli

kriteriýasyna ýaramly iň gowy netijeleriň emele gelmegine ugrukdyranlygyny aňladýar.

Emerjentlik uly we çylşyrymly ulgamlaryň şu ulgamlary emele getirýän elementleriň hiç birine mahsus bolmadyk häsiýetlere eýeligi bilen aňladylar.

Ugamlaýyn çemeleşme ykdysady ulgamlara ýa-da proseslere ulanarlyklydyr bu bolsa her biri özüniň maksatlaryna eýe bolan böleklerden düzülen, ulgamy emele getirýän islendik önümçilik guramasynyň ykrar edilmegidir.

Çylşyrymly ulgamlaryň häsiýeti şundan ybarat: çylşyrymly ulgamy bölekulgamlaryň tükenikli sanysyna bölmek bolýar, olaryň her birini bolsa ýene-de bölmek bolýar, bu bölünşik ulgamyň elementleri alynýança dowam edýär, ol elementler bölünmeklige degişli däl: çylşyrymly ulgamyň elementleri biri-biri bilen özara täsirde funksionirlenýärler.

Çylşyrymly ulgamlaryň häsiýetleri we olaryň arasyndaky özaratäsirleriň häsiýetleri bilen kesgitlenýärler.

Tema: Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlaryny gurmaýyň esaslary.

1. Umumy usul esaslary.

Täze meseleler esasy. Dolandygryşyň awtomatlaşan ulgamlarynyň taslamasy dolandyrylýan obýekti bilmegiň ýolberelikli berlen derejesinde bar bolan çözgütleri kabul etmek tioriýasynyň, tehniki we informasion bazalaryň iň köp sanly täze meseleleriň çözüwiniň hasabyndaky amala aşyrylýar. Şunlukda täze meseleler köplügi çözüwleri ozalam amala aşyrylan, ýöne kompyuterleriň ornaşdyrmagyň hasabyna maksada ýetmegiň usulynyň üýtgedilmege bilen täze netijesinde täze netijeleri almaga mümkinçilik beren meselelerden, we kompýutersiz çözüwi mümkin bolmadyk meselelerden durýar.

Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamyň effektivligini dolandyrmaga az harç edilmegi bilen dälde tutuş

ulgamyň işlemeginiň (funksionirlenmeginiň) ykdysady effektivliginiň ýokarlanmagy bilen kesgitlenýär.

2. Toplumlaýyn (ulgamlaýyn) çemeleşmek esaslary. Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamy toplumlaýyn we üznüksiz baglanşykda hereket edýär: programmalaryň, tehniki serişdeleriň, ykdysady we guramaçylyk serişdeleriniň toplumyna wekilçilik edýär, şonuň üçinem dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamynyň taslamasy obýektiň we ony dolandyryjy ulgamyň ulgamlaýyn derňemek ýoly bilen amala aşyrylmalydyr. Hakyky obýektiň derňewi ulgamyň üç sany düzüjisine: enjamlaryň derejesindäki element köpligine, programma we infarmasiýon üpjünçiligiň derejesindäki elementleriň köpligine, guramaçylyk hukuk we ykdysady üpjünçilige bolan talaplaryň beýan edilşine getirmelidir. Ulgamyň bölekleriniň her biriniň ikitaraplaýyn baglylygy olaryň özara şertlilikini görkezýär, has betereň ikitaraplaýyn baglylyk bölekleriň her biriniň Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary-niň mümkinçilikleriniň derňewi üçin esasy bolup durýandygyny belli edýär. Birinji ýolbaşçy esasy. Kärhana gurluşyk, pudak bularyň hemmesem halk hojalyk ulgamynyň elementleri bolup durýarlar, şonuň üçinem sanalyp geçilen bölümleriň islendiginiň Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary-y halk hojalygyna dolandyryjy ýeke-täk ulgamyň bölek ulgamlary ýaly taslaýarlar.

Islendik derejedäki Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary gurulanda şu aşakdakylary kesgitlemek zerurdyr:

- gurulýan Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary-ň ýokary derejedäki ulgamlar bilen, öz derejesindäki başga ulgamlar bilen we özünden pes derejedäki ulgamlar bilen baglanşygyny;
- Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary-ň manysy, işlenip düzülýän dolandyryjy ulgamyň ähli bölek ulgamlarynyň tabyn bolmaly maksady, başgaça aýdylanda effektivligiň umumy we hususy ölçegleri;

- ýerne ýetirji bölek ulgamda saklanylýan ulgamyň içki gurluşyny ýagny meseleleri (we algoritmleri).

Bu ýerden şeýle netijeler gelip çykýar:

Dolandyryjy ulgamy işläp düzmeklik dolandyryjy apparatyň işjeň gatnaşygy bolmasa mümkin däl. Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary-y gurmak üçin esas bolup durýan ykdysady-matematiki modelleriň toplumyny beýan etmek üçin dolandyryjy obýekti, onuň ähli bölek ulgamlaryny dürli ýagdaýlarda özüni alypbaryş aýratynlyklaryny we ş.m. bilmek zerur.

Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary-lar diňe optimal usullara esaslanyp bilmezler (berk optimal çözgüdi almagyň usullara) sebäbi käbir ýagdaýlarda takyk çözgüdi almaklyk köp harlamalar bilen bagly bolup ykdysady taýdan maksada laýyk däl bolup galýar. Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary gurlanda optimal meseleleri goýmak bilen bir hatarda ýakynlaşan çözgütleri almak usullarynyň işlenip düzüşine hem aýratyn ähmiýetli üns berýärler.

Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary-ň häsiýetli aýratynlyklary hakyky bar bolan prosesler bilen deňeşdirlende işlenip düzülýän modeli bilgeşleýin ýa-da mejbury ýönekeýleşdirilmesidir, bu bolsa hakyky prosesler modelirlenende täsirini hasaba almak mümkin bolmagy däl ýa-da maksadalaýyk däl tötän (kä wagytlar gaýtalanmaýan) faktorlaryň bolmagy bilen düşündirilýär. Şol bir wagtyň özünde bu hakyky bolup geçýän prosesi dolulugyna görkezýän modeli gurmagyň mümkin dældigini görkekýär. Dolandyryjy operatoryň ähmiýeti onuň proses barada hemişe modelde ýazylandan köp bilýänliginde bolup durýar. Operatoryň bu bilimi prosesiň haýsydyr bir ikinji derejeli tarapy öňe çykanda çözgüdi kabul etmäge gönükdirilýär. Mundan başgada, dolandyryjy-operator çözgüdi kabul etmek üçin, beýan etmesi mümkin bolmadyk (intusiýa, seýrek gabat gelýän ýagdaýlar), durmuş tejribesiniň maglumatlaryny ulanýar.

Ulgamyň üzüksiz ösüş esasy. Ulgamy taslama we ornaşdyrmagyň başky etaplarynda ol ýa-da beýleki çözgütleriň beýanyňa täsir edýän ähli baglylyklary göz önüne tutmak mümkin däl. Mundan başgada ulgamyň ornaşdyrylyşynda ön çözülmedik, olaryň goşulmagy ulgamy dolandyryjy we onuň mümkinçiliklerini giňeldiji täze meseleleriň ýüze çykmagy gutulgysyzdyr. Eýýam ulgama goşulan şeýle meseleler üçin çözgütleri kabul ediji täze has kämil programmalaryň döremegi matematiki üpjünçiligi üýtgetmäge mejbur edýär. Üzüksiz ösüş esasy işeukyplylygyny bozmazdan ulgamyň kämilleşmegini göz önüne tutýar.

2. Informasion üpjünçilik esaslary.

Dokument çalşygyny awtomatlaşdyrmak esasy. Bu esasyň zerurlygy Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary-ň

kesgitlemesinden, mazmunyndan gelip çykýar.

Ýeke-täk informasion baza esasy. Ýokarda aýdylyp geçilşi ýaly Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary-ň matematiki üpjünçiligi-çözgütleri kabul ediji programmalaryň toplumydyr. Şonuň bilen baglylykda maşyn göterijilerinde aýratyn meseleleriň däl-de tutuş meseleler toparyny çözmek üçin mümkin bolan informasiýalar emele gelýär, ýagny ulgamyň ýeke-täk informasion bazasy döredilýär.

Ýeke-täk informasion bazany döretmeklik aşakdakylara mümkinçilik berýär.

Hemişelik däl we üýtgäp durýan injormasion massiwleriň ilkinji informasiýasyny adam we kompýuter üçin parallel taýýarlamagy amala aşyrmak. Şeýlelikde informasiýa bu – hakyky obýektiň ýagdaýynyň we gutarnykly önüme öwürmek üçin resurslary ulanmak usullarynyň şekillenmesidir, onda Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary üýtgäp we täzelenip durýan bitewi informasion bahadan peýdalanmalydyr. Ýöne şeýle üýtgeşmeler we informasiýalaryň täzelenmesi ulgamyň tutuşlygyna işeukyplylygynyň bozulmasyna getirmeli däldir.

Giriş-çykyş informasiýalary minimallaşdyrmak esasy. Bu esasy ilki başda ýüze çykmagy merkezi prosessoryň we informasiýalaryň giriş-çykyş gurluşlarynyň dürli tizligi we kompýuteri ulanmagyň effektivligini ýokarlandyrmak bilen bagly bolupdyr.

Ýöne bu esasyň amala aşyrylmasy informasiýany taýýarlamakda we gatnaşyk kanaly boýunça geçirmekde informasiýanyň ýoýulmak ähtimallygynyň azalmagyna getirdi, şeýle hem dolandyrylýan obýekt bilen dolandyryjy guramanyň arasyndaky dokumentleriň mukdarynyň azalmagyna getirdi.

Tema: Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlaryny işläp düzmegiň we ornaşdyrmagyň etaplary.

Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary-ň taslamalaryny işläp düzmek. Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary-ň taslamalaryny işläp düzmek düzgün boýunça tehniki taslama we işjeň taslama görnüşinde amala aşyrylýar.

Tehniki taslama taslamanyň öňündäki stadiýany jemleýji dokumentiň-tehniki ýumşyň esasynda işlenip düzülýär, we indiki maglumatlary saklaýar: ulgamyň umumy tehniki taslamasy ilkinji nobatdaky tehniki taslama, ilkinji nobatdaky işjeň jemleýjisi bilen parallel işlenip bilinjek ikinji nobatdaky taslama.

Umumy tehniki taslama şeýle bölümler girýär:

- bölek ulgamlary göni görkezmek bilen ulgamyň umumy gurluşy;
- Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary-ň işlemegi bilen bagly bolan dolandyryjy şahslaryň düzümi;

her bir bölek ulgamyň, bölümiň düzüminde çözülmeli;

Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary meseleleriniň sanawy;

Bölümleriň we bölek ulgamlaryň arasyndaky dokument aýlanşygynyň shemasy;

- Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary-ň matematiki üpjünçiliginiň umumy esaslarynyň beýany; tehniki serişdeler toplumynyň umumylaşdyrılan (birleşen)gurluşy, şol sanda hasaplaýjy merkez;
- Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary taýýarlamak we ornaşdyrmak üçin möhüm çäreler (informat hasaplaýjy merkez, gurluşygy we enjamlaşdyrylyşy, kadrlary taýýarlamak);
- Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary-ň ykdysady effektiwliginiň hasaby;
- Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary-y işläp düzmegini we ornaşdyrmagyň umumylaşdyrylan çyzgydy;
- maglumatlar bazasyny girizmegiň we gurnaýjy ulgamyň beýany.

Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary-ň işlenip düzülişiniň we ornaşdyrylyşynyň gidiji wagt häsiýetlerini görkezmek bilen tor çyzgydy görnüşinde berilip bilinmegi mümkin.

Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary-ň işjeň taslamasyny işläp düzmek tassyklan tehniki taslamanyň esasynda alnyp barylýar, ýöne işjeň taslamanyň aýratyn bölümlerini işjeň düzmäge Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary-ň tehniki taslamasy tassyklanmazdan öňürti hem ýol berilýär. İşjeň taslama tehniki taslamanyň bölümlerini detallaşdyrmasy bolup durýar we awtomatiki düzgünde informasiýalary üýtgetmek boýunça we tehniki serişdeler bökdän ýagdaýy üçin görkezmelerden (ugrukdyryjylardan) durýar.

Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary-ň işjeň taslamasyna şu aşakdakylar girýärler hem ulanylýan amaly programmalar bukjasyynyň hem zerur işläp ýetirmeler bilen tipli taslama çözümleriniň original çözümleriniň programma dokumentasiýasy; jemleýji informasiýany ýygnamak, işläp taýýarlamak we geçirmek boýunça tehnologiýa dokumentasiýa;

Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary şertlerinde işleýän, awtomatlaşan obýektiň şahasynyň, hukuklary we borçlary boýunça wezipe gönükdirijileri (ugrukdyryjylary); berlen taslama üçin we peýdalanylýan çyzgyt çözüwleri üçin ähli dokumentleriň sanawy.

Tema: Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlaryynyň maglumat üpjünçiligi.

Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary-ň işlemegi, onuň hili we effektiwligi berlen ulgamda işlenip taýýarlanylýan informasiýa bilen kesgitlenýär. Mälim bolşy informasiýa-birnäçe maglumatlary aňladyjy haýsydyr bir maglumatlaryň, bilimleriň toplумы we ş.m. umumy düşüňjeleriň biridir. Informasiýa düşüňjesi adatça iki sany obýektiň çeşmäniň we ulanjynyň (adresatyň) bolmagy bilen baglanyşyklydyr.

Biziň bilşimiz ýaly Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary-ň işi funksional we üpjün ediji bölek ulgamlaryň özara täsirine esaslanandyr. Üpjün ediji bölek ulgamlaryň iň möhümeleriniň biride informasiondyr, ýagny informasion üpjünçilikdir.

Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary-y işlediji informasiýalary öwrenmeklige üç aspektde: pragmatiki semantiki we sintaksistiki aspektlerden seretmek mümkin.

Informasiýany pragmatiki öwrenmeklik onuň ulanyjy üçin we çözgüdi kabul ediji prosess üçin praktiki gymmatlygyny ýüze çykarmak maksady bilen geçirilýär. Informasiýany pragmatiki öwrenilmeginiň maksady Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlary-ň aýratyn bölek ulgamlarynyň hem-de ulgamyň tutuşlygyna işlemegi üçin zerur bilen informasiýalaryň iň manimal göwrümini kesgitlemekdir. Pragmatiki aspekt göniden-göni informasiýanyň ykdysady effektiwligi düşüňjesi bilen baglydyr.

Informasiýany öwrenmegiň semantiki aspekti, onuň (informasiýanyň) obýektiň ýagdaýynyň şöhlelendirýän

mazmunyny asmaga, belgileriň arasyndaky gatnaşyklary asmaga, olaryň predmet-many ähmiýetlerini hem-de ykdysady informasiýanyň many ölçeg birligini kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Hususanda semantiki aspekt dürli kontekstdäki belgileriň her biriniň manylarynyň wariýantlaryny anyklaýar. Hataryň manysyny onuň ulgam üçin ähmiýetinden aýratynlaşdyrmak kyndyr, informasiýany derňemäge semantiki çemeleşme köp derejede pragmatiki aspekt bilen kesişýär.

Sintaksistiki aspekt informasiýany, informasiýanyň mazmunyna bagly bolmazdan belgileri birleşdirmek (kombinirlemek) utgaşdyrmak, paýlamak nukdaýnazaryndan öwrenýär. Başga sözler bilen aýdylanda sintaksistiki aspekt informasion sözleriň frazalaryň gurluşyny beýan etmäge (formirlemäge), informasiýalary öwürmegiň maşyn proseslerini beýan etmek üçin maglumatlary almaga we ş.m. mümkinçilik berýär.

Informasion ulgam zerur informasiýalaryň, ýygymyny, onuň işlenip taýýarlanylşyny hem obýektdäki informasion akymy üýtgetmegiň tehnolodiýasyny (tilsimatyny) kämilleşdirmegiň bazasynda çözgütleri işläp düzmek üçin dolandyrjy gurama geçirmegi üpjün etmelidir.

Informasion akym diýip umumy çeşmäniň we umumy kabul edijiniň barlygynda, informasion ulgamyň çäginde emele gelen ýa-da gurnalan maglumatlaryň kesgitli ugra bolan hereketine aýdarys. Informasion akymy öwrenmeklik ulgamyň informasion modelini gurmaga we emele geliş (formirleniş) ýoluny we giriş hem çykyş massiwleriň arasyndaky baglanşyklary ulgamdaky informasion baglanşyklaryň gurluşyny derňemäge mümkinçilik berýär.

Aýratyn maglumatlar, many gurluş elementleri bolmak bilen bir ýa-da birnäçe rekwizitlerden durýan, real obýektiň kesgitli mukdar we hil häsiýetini berýän habary emele getirýärler.

Rekwizit-munuň özi, informasion habaryň logiki bölünmeýän elementidir. Rekwizitiň sinonimleri element, meýdan, term, alamat, atribut bolup durýarlar.

Kesgitli düzgün boýunça birleşdirilen rekwizitleriň toplумы informasion birliği ýa-da sözi emele getirýärler.

Bu ýerden, belli özbaşdaklyga eýe bolmak bilen şol bir rekwizitiň dürli sözlere girip biljekdigini aňladýar. Meselem, „çyzgyň nomeri“ rekwizit önümiň tehnologiýa kartasyna, tiražlama ýumşuna we ş.m girip biler.

Rekwizit birnäçe häsiýetlere eýedir

Rekwizitiň görnüşi onuň doly adyny başga at-sinonimlerini, konkret manalary goýulýan gysgaltmalary, çäklendirmeleri hasaba almak bilen kesgitleýär.

Rekwizitiň ady söz ýa-da sözleriň topary bilen, giriş ýa-da netije beriji dokumentiň kesgitli setiriniň ýa-da sütüniniň ady bilen, nomerler, şertli şifrlar bilen berilýär. Her rekwizite, obýektiň berlen rekwizit bilen şekillendirilýän häsiýetiniň karakteristikasyňa baglylykda, birnäçe tükenikli bahalar köplüginde goýmak mümkin. Bu köplüğe bahalaryň klasy diýilýär. Rekwizitiň bahasy – obýektiň berlen häsiýetini şekillendirýän, bahalar klasynyň elementleriniň biridir.

Rekwizitleri ýazmak üçin, san, harp-san we tekst görnüşlerden peýdalanylýar. Rekwizitiň görnüşini saýlamaklyk informasiýon şekillendirilýän tebigy karakteristikasyňa maksimal ýakynlaşdyryp amala aşyrylmalydyr.

Hasaplaýyş tehnikasynyň şmegi bilen uly ulgamlary derňemegiň has täsirli usuly maşynly modelirlеме boldy, ýagny onsuz köp uly halk hojalygynyň meselelerini çözmeklik mümkin däl. Şonuň üçinem inženerli – ulgam tehnikerleri taýýarlamagyň işeň meseleleriniň biri bir öwrenilýän obýektleriň modellerini gurmaga olaryň dinamikasyny derňemäge we model bilen maşynly synag arkaly dolandyrmak mümkinçiligi derňemäge mümkinçilik bermän eýsem derňenilýän ulgamlar bilen döredilýän modelleriň barabarlygy barada hasaplaýyş tehnikasynyň döwrebap serişdelerinde

ulgamy modelirlemegi dogry gurnamak we ulanmagyň çäkleri barada mälim bolan çäkke pikir etmäge mümkinçilik beriji ulgamlylygyň talaplygynyň hasaby bilen matematiki modelirleme usullaryny we nazarýetini özleşdirmek bolup durýar.

**Tema. EHM-de ulgamlaryň modelirlemegiň
fiksasiýanyň aýratynlyklary we netijeleriniň statiki işläp
taýýarlanylşy.**

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

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

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

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

3. M_m modeliň maşyn blok konstruksiýasy we bloklaryň aýry gözegçilik giriş üýtgemeleri bir bölek modeli,

çykyş üýtgemeleri başga bölek modeliniň bahalaryna görä imitasiýa programma bilen baglanşykly. Eger modelirlenmäni EHM-de ulanjak bolsak, emma daşky geçiriş serişdelerde ýazylan üýtgemeleri ulanyp bolmasa, onda bu üýtgeýänleri olary imitirmek görnüşinde algoritmi gurnamak üçin ulanylýar.

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

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

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

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

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

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

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

bu ýerde \bar{x} we S_b^2 – seljeriş orta baha we seljeriş dispersiýa,

$\tilde{\mu}_{\varepsilon}$ we $\tilde{\sigma}_{\varepsilon}$ üstünde \square belgisi – bu seljeriş pursady,

matematiki garaşmagy $\tilde{\mu}_\varepsilon$ we dispersiýa $\tilde{\sigma}_\varepsilon$ bahasynyň deregine ulanylýar.

Modelirlämäniň statiki taýýarlanylşyna görä şeýle talap edilýär:

1. Matematiki garaşmagyň kesgitlenen parametriň bahasyna deňligi $M[g] = g$, bu ýerde g - g (parametriň) üýtgeýäniň bahasy.
2. Bahalaýyn effektiwligi $M[(g - g)^2] \leq M[(g - g)^2]$, bu ýerde g - seredilýän baha, g - başga bir baha.
3. Bahanyň gurplylygy $N \rightarrow \infty$ degişli parametra

$$\lim_{N \rightarrow \infty} P\{|\tilde{g} - g| \geq \varepsilon\} = 0,$$

$\varepsilon > 0$ ýa-da Çebyşewyň deňdäldigine görä $\lim_{\infty} M[(g - g)^2] = 0$

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

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

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

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

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

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

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

sonuň üçin

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

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

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

$$M[S_b^2] =$$

$$(N\sigma_\varepsilon^2 - \sigma_\varepsilon^2) / N = (N-1)\sigma_\varepsilon^2 / N,$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Bu formula boýunça dispersiýanyň takyk netijesni tapyp bolmaz, sebäbi \bar{y} üýtgeýäniň orta bahasy y_k üýtgeýäniň ýygnaýjy prosesinde üýtgeýär. Şonuň üçin y_k üýtgeýäni üçin hemme N bahalaryny ýatda saklamaly bolýarys. Modelirlämäniň

netijelerini rasyonel fiksirlmek üçin dispersiýanyň bahasyny aşakdaky formula üsti bilen hasaplap bolar:

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

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

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

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

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

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

Eger ş-ulgamyň modelirlmeginde onuň başlangyç häsiýetleri matematiki garaşmagy we $y(t)$ tötänleýin prosesini korrelýasion funksiýa bolýan bolsa, onda bu ululyklaryň bahasyny tapmak üçin görkezilen interwal bölünýär we onuň ädimi Δt deň bolýar, hem-de $y_k(t)$ prosesini ölçegleriň ýygnaýar we $t=t_m=m\Delta t$ wagty pursadyny fiksirlýär.

Bu modelirlmäniň işläp taýýarlanşynyň netijelerini matematiki garaşmagy we korrelýasion funksiýany şeýle görkezip bolar:

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

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

bu ýerde u we z t_m ölçegini geçýärler.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Pirsonyň rugsat kriteriýasy. U ululygyň aýratynlyklary ýerleşdiriş çägi diýlip hasap edilýär we:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^d (m_i - Np_i)^2 / (Np_i), \text{ bu ýerde } m_i - \eta \text{ ululygyň tötänleýin}$$

ölçegleriň mukdaryny (i podinterwalda), p_i – i podinterwalyň η ululygyň düşmegiň mümkinçiligi, d – maşyn eksperimentiň interwaly podinterwalyň bölünşiniň mukdary.

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

Tema. Ulgamlary modelirmek netijeleri derňemek we interpretirmek (üýtgetmek).

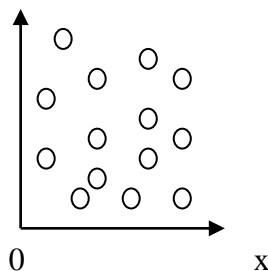
S-ulgamy EHM-de modelirmek wagtynda fiksirmek mümkinçiligi we üýtgeýänleriň (parametrleriň) statistiki işlenilşi berlen ululyklaryň arasynda baglansykly obýekt derňewi geçirmek rugsat berýär. Bu meseläni çözmek üçin gözegçiligi maksadyndan we modelirmek wagtynda alynýan häsiýetnamalardan bagly dürli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

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

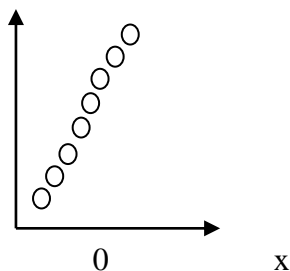
$$r_{\xi\eta} = M[\xi - M[\xi]]M[\eta - M[\eta]] / \sqrt{D[\xi]D[\eta]} = M[\xi - \mu_\xi]M[\eta - \mu_\eta] / (\sigma_\eta\sigma_\xi)$$

ikinci garyşyk merkezi pursady orta kwadrat aýratynlyklarna (näsazlyklarna) bölünende, tükeniksiz ululygy getirýär. Ýöne bu ululyk tötänleýin üýtgeýänleriň bahasyna görä inwariant bolýar.

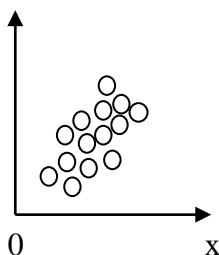
a) $r_{\xi\eta}=0$



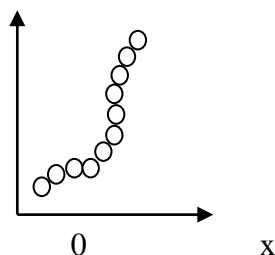
b) $r_{\xi\eta}=1$



w) $0 < r_{\xi\eta} < 1$



g) $0 < r_{\xi\eta} < 1$



Surat 1: Korrelyasion üýtgeýänleriň dürli pursatlary.

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

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

Modelirmek wagtynda N -realizasiýanyň sany korrelyasion koeffisientiň bahasyna täsir etmez ýaly, $0 \leq r_{\xi\eta} \leq 1$

deňligiň we M_m modeliň üýtgeýänleriniň statistiki korrelýasion baglanşyk bardygyny subut etmeli. Buny H_0 gipotezaň üsti bilen barlap bolar: $r_{\xi\eta}=0$. Eger derňewiň dowamynda H_0 gipoteza ret edilýän bolsa, onda korrelýasion baglanşygy statistiki wajyp diýip hasap edýärler. w koeffisientiniň saýlanan ýerleşdirilşi $r_{\xi\eta}=0$ bolanda, ol gauss ýerleşdiriş bolýar we orta nul $\mu_w = 0$, dispersiýa bolsa $\sigma_w^2 = (N-3)^{-1}$. Şonuň üçin H_0 gipotezany kabul etmekligi aşakdaky deňdäldigi bilen kesgitlenýär:

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

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

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

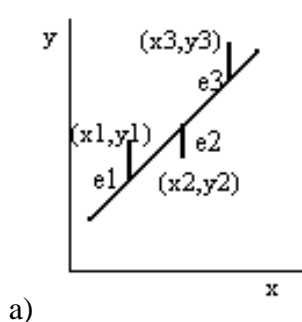
Regressiw derňew. S-ulgam bilen geçirilýän maşyn eksperimentiň dowamynda berlenleriň sanawyna görä täze model gurmaga mümkinçilik berýär. egressiw derňew iň gowy geljekki maglumaty berýär, sebäbi ol täze dikeldilýän modeliň we eksperimentiň üsti bilen berlenleriň arasynda funksiýanyň ýalňyşlyklary peseldýär.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

Mysal üçin, gönükdirilen regressiw modeli gurmak üçin regressiw derňewiň netijeleriniň aýratynlyklaryny görelin. Suratnyň a bölümünde (x,y) nokatlar görkezilen, $i=1, \overline{N}$, maşyn eksperimentde bolup çykýar. Maşyn eksperimentiň model netijelerini grafiki şekilde göni çyzyk görnüşinde bolup bilýar. $\hat{y} = \varphi(x) = b_0 + b_1 x$, bu ýerde \hat{y} - regression modeliň ululygy.

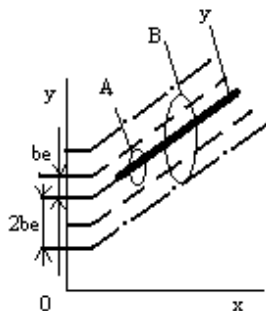
b_0 we b_1 koeffisientleriň bahalaryny almak üçin ýalňyşlyklaryň kwadratynyň jemi minimum bolmaly. Suratda e_i ýalňyş bolup çykyş edýär, sebäbi $i=\overline{1,N}$ her eksperimental nokat üçin wertikal dikliginde şol nokatdan regres liniýa çenli $\hat{y}=\varphi(x)$ aralyk ýaly kesgitlenýär.

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

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



b)



Surat: Gönükdirilen regressiw modeliň gurluşy.
 F_0 deffierensirleýäris:

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

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

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

$$\left\| \begin{matrix} N \sum_{i=1}^N x_i \\ \sum_{i=2}^N x_i \sum_{i=1}^N x_i^2 \end{matrix} \right\| \cdot \left\| \begin{matrix} b_0 \\ b_1 \end{matrix} \right\| = \left\| \begin{matrix} \sum_{i=1}^N y_i \\ \sum_{i=1}^N y_i \end{matrix} \right\|.$$

Bu deňlemäni hasaplamyzda, biz şeýle netijä gelýäris:

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

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

bu ýerde N – ulgamlary modelirmek dowamynda realizasiýanyň sany.

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

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

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

Tema. Ulgamlaryň sintezinde modelirleme netijesinde alynana netijeleriň üstünde işlemegiň aýratynlyklary

Maşyn M modeliň bazasynda S ulgamyň sintezinde effektivligi bahalandyryjy saýlanan kriteriý we berilen gyraky şertler esasynda goýlan optimal warianty saýlamak meselesi

ulgamyň dürli wariantlaryň funksionirleme prosesiniň häsiýetleriniň derňewi netijesinde çözülýär, olaryň deňşdirilmesi we amatly warianty tapmak netijesinde çözülýär. Iň amatly warianty tapmak işi ähli maşyn eksperimentleriň netijesinde alynan netijeleri derňemekden ýada ýörite optimal warianty tapyp bertiji ýörite proseduralar esasynda alynan netijeleri derňemekden ýaly ýollaryna baglanyşyksyz esasy operasiýa hökmünde ulgam wariantlarynyň effektiwligini bahalandyryjy statiki kriteriýalaryň deňşdirmesi esasynda bolýar.

Bäsleşik edýän S ulgamyň wariantlary öz strukturasy, özüni alyp baryjy algoritmleri, üýtgeýän ululyklary bilen tapawutlanýandygyny göz önümizde tutup köp wariantynyň bardygyny subut edip bolýar. Şu sebäpli S ulgamyň optimal wariantynyň sintezinde hökmany modelirleme netijesinde alynýan her warianta edilýän serişdeleriň çykdaýjysyny minimum ýagdaýa getirmeli. Şu aýratynlyklardan ugur alyp ulgamyň sintezinde her wariantynyň modelirleme netijeleriniň derňewini we üstünden işlemesini awtonom dälde, golaý arabaglanyşykda duýmaly. Diýmek M maşyn modeliň eksperimenti planlaşdyrylmasdynda eýýam S ulgamyň optimal wariantynyň sintez meselesi goýlan bolmaly.

Öňki bapda bellöp geçilen, ýagny S1 we S2 ulgamlaryň deňşdirilýän wariantlaryň çykyjy häsiýetnamalarynyň statiki baglanyşygy orta bahalaryň takyklygyny kesgitlemekde, ähtimallyklaryň we položitel korrerirlenen q_1 we q_2 kriteriýalary anyklamakda peýda berýar. Q_1 we q_2 kriteriýalaryň arasyndaky korrelýasiýa

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

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

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

Eger $\vec{v} = (v_1, \dots, v_k)$ üsti bilen $\vec{v} = (v_1, \dots, v_k)$ ýygnaýjylaryň

fiksirlenen bahasyny kesgitlese, onda q_1 we q_2 -in orta bahalary $\mu_1(\vec{v}) = M[q_1/\vec{v}]$, $\mu_2(\vec{v}) = M[q_2/\vec{v}]$, bolar, diymek $\vec{v} = (v_1, \dots, v_k)$ olar üýtgeýän ulylyklaryň funksiýalary bolýarlar.

q_1 we q_2 kriteriýalaryň bahalary:

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

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

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

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

ýygnaýjylaryň ähtimallyklarynyň bilelikdäki ýyglylygy. Kowarasiýa,

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

Kowarasiýanyň otrisateldäldiginiň ýeterlik şerti deňsizligiň ýerine ýetmesine getirýär.

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

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

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

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

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

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

v üçin $f(\vec{v}) \geq 0$ bolanlygy sebäpli $B12 \geq 0$ alarys.

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

Onda kowarasiýanyň otrisateldälliginiň ýeterlik şerti aşakdaký görnüşinde ýazylýar:

$$P(A_1 / \vec{z}) - P(A_2 / \vec{u}) [P(A_2 / \vec{z}) - P(A_2 / \vec{u})] \geq 0,$$

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

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

Mysal:

Maşynda statiki modelirlemäniň üsti bilen S1 we S2 ulgam wariantlaryň modelirleme netijelerini deňeşdirlemeli. A1 we A2 wakalar berilen T wagtda S1 we S2 ulgamlaryň kynçylyksyz işlemegine deňişli. Berilen temperatura boýunça B bölümiň kemçiliksiz işlemesiniň ähtimallygy $P(B_i / v) = e^{-\lambda_i(v)T}$, $i = \overline{1,4}$, bu ýerde $\lambda_i(v)$ - temperaturanyň ýokarlanmagy funksiýasynyň ret etmek intensiwligi. Şeýdip $P(B_i / v)$ funksiýasy deň kemelme tertipleşdirilen funksiýalar bolýarlar. Aýdyp bolýar, ýagny $P(A_1 / v) = \{1 - [1 - P(B_1 / v)][1 - P(B_2 / v)]\} \{1 - [1 - P(B_3 / v)][1 - P(B_4 / v)]\}$, $P(A_2 / v) = 1 - [1 - P(B_1 / v)P(B_3 / v)][1 - P(B_2 / v)P(B_4 / v)]$ mfunksiýalar meňzeş tertipleşdirilen we temperatura ýokarlandygyça kemelýär. S1 we S2 ulgam wariantlaryň eksperimentlerinde we modelirleme netijesinde $P(A_1)$ we $P(A_2)$ ähtimallyklaryň ýokary takyklygyny gazanyp bolýar.

Tizlenme, temperatura, basyş ýaly ululyklarda hem şu mysaly getirip bolýar. Haçanda E daşky gurşawnyň täsirinde

garaşsyz komponentler bolmasa, $V_1=v_2=v$, orta şerliler $\mu_1(v) = M[q_1/\vec{v}]$, $\mu_2(\vec{v}) = M[q_2/\vec{v}]$ tötän täsirlerden kriteriýleriniň determinirlenen baglanyşyga girilýär $q_1 = f_1(\vec{v})$, $q_2 = f_2(\vec{v})$.

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

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

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

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

$$\gamma = N_H / N_3 = [p_1(1-p_1) + p_2(1-p_2)] / [p_C + p_D - (p_C - p_D)^2],$$

nirede N_h we N_3 berilen takyklygy gazanmak üçin berilen wyborka göwrümi.

Şeýlelikde bagly synlaryň ulanylmasy modelirleme üçin sarp edýän maşyn wagtyny azaltmaga getirýär. Sinteziň ulgamynda bu garalan wariantlaryň deňeşdirmesi we olaryň korrelýasiýasy deňeşdirilmesi formal bolýar. S ulgamynyň funksionirleme prosesiniň modfelirleme netijesinde alynan häsiýetleriniň absolýut bahalarynyň üstünde işleýşiniň bahalandyrmak mümkinçiligine garaly. Goý S_2 wariantyň derňewinde analiti usulyň kömegi bilen q_2 kriteriýiň m_2 orta

bahasy kesgitžlenilen diýeli. Onda μ_1 orta bahasy dispersiýa eýedir.

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

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

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

q_1 we q_2 dargadylan kriteriýalar üçin dispersiýanyň bahasy $\tilde{D}_1' = D_2 + \Delta \tilde{D}$.

Eger $(1 + \alpha) / (t_{12} / \gamma_{DT1}) < 1$ bolanda imitasion modelirovaniýe bolan utuşy gazanyp bolýar, niredede γ_D -utuş koofisiýenti, ol $\Delta \tilde{D}$ dispersiýalaryň tapawudynyň bahasynda alynýar.

S-ulgamyň taslama tapkarynda S_1 we S_2 modelirlenýän ulgamlaryň deňeşdirme wariantlaryny optimizasiýa algoritmlerinde ulanyp bolýar. M model bilen geçirilýän S-ulgamyň sintezinde ululyklarynyň wariasiýasynda duýýjlyk derňewi atly mesele ýüze çykýar. Maşyn M modeliniň duýýjlygynyň derňewi hökmünde modelirleme netijeleriniň durnuklylygy göz önüne gelýär, has takyklygy S-ulgamyň funksionirleme prosessiniň häsiýetleriniň imitasiýa prosessiniň netijesinde alynşy. Bu ýerde $\Delta \vec{h} = (\Delta h_1, \dots, \Delta h_n)$ maşyn modeliň

ululyklarynyň $\vec{h} = (h_1, \dots, h_n)$ hakyky bahalaryň gatnaşygy göz önüne tutulýar. Düýüjlylyk derňewi M model gurnalanda metodiki ýalňyşlary deňeşdmäge mümkinçilik berýär. $\Delta \vec{h}$ sähel gyşarmalara $q(\vec{h})$ häsiýetnamalaryň üygeme degişlidir, olary amaly hasaplamalarda $\Delta q = \vec{q}'(\vec{h}) \Delta \vec{h} + r_0$ ululyk bilen bahalandyryp bolýar, bu ýerde $\vec{q}'(\vec{h}) = (\partial q(\vec{h}) / \partial h_1, \dots, \partial q(\vec{h}) / \partial h_n)$ - wariasiýa görä ikinji

derejeli galyndy, ol çözgüdiň takyklygy üçin niýetlenen. H_{hom} ululyklaraň nominal parametrleriň nokatlaryna $\vec{q}'(\vec{h})$ önüm degişli. Eger $\vec{h}_{\text{HOM}} = \vec{h}^*$ bosa, bu ýerde \vec{h}^* , $\vec{q}'(\vec{h})$ görä ulgamyň optimal parametrleri, onda $\vec{q}'(\vec{h}_{\text{HOM}}) = 0$ we hökmany ikinji önümi $\vec{q}''(\vec{h}_{\text{HOM}})$ ulanyp bahalandyrmaly. Şeýdip $\vec{q}'(\vec{h})$, $\vec{q}''(\vec{h})$ önümler M maşyn modeliň parametrleriň üýtgemegine düşüjykygyny häsiýetlendirýärler.

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

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

Tema: Çyzykly programmirlemegiň umumy meselesi

Çyzykly programmirlemek material-tehniki we zähmet zerurlaryny rasional we netijeli peydanmaklygy kesgitlemegiň usuly hökmünde ulanylýar. Bu usuly ulanmaklyk mümkin bolan çözüwleriň içinde iň gowysyny saýlap almaga mümkinçilik döredýär, oňa optimal çözüw diýilýär. Çyzykly programmirlemek diýilmegiň esasy sebäbi hemme şertler çyzykly deňlemeler ýa-da cyzykly deňsizlikler we çyzykly funksiýa görnüşinde anňladylýarlar.

Çyzykly programmirlemegiň meselesiniň optimal çözüwini hasaplamak üçin dürli usullar döredildi. Simpleks-

usul, grafiki usul we ş.m. Goý $Z = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ Çyzykly funksiýanyň ekstremal bahasyny aşakdaky şertler ýerine ýetende tapmak gerek bolsun.

$$\begin{cases} f_1 = (x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n}) = 0 \\ f_2 = (x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2n}) = 0 \\ f_m = (x_{m1}, x_{m2}, \dots, x_{mn}) = 0 \end{cases}$$

Z çyzykly funksiýa bolany üçin, umuman $\frac{\partial z}{\partial x_j} \neq 0$

sistemanyň çözüwleriniň köplügi bolan güberçek köpburçlygyň içinde ekstremal nokatlar bolup bilmez. Ekstremal nokatlar diňe köpburçlygyň araçäginde bolýarlar. Bu nokatlary tapmak üçin ýörite usullar bar. Olaryň ilkinjileriň birini akademik L.B.Kontorowič işläp düzdi. Şu usul häzirkä döwürde simpleks-usul ýa-da çözüwi yzygiderli gowulandyrmak usuly diýilip atlandyrylýar.

Çyzykly programmirlemegi amaly işlerde ulanmak üçin esasy şert, ykdysady-matematiki meseläni goýulanda, mesele çyzykly programmirlemegiň usullary bilen çözülip bolar ýaly edilip goýulmalydyr. Meseläniň maksady-haýsyda bolsa bir problemanyň mazmuny bolup, onuň jogabyny tapmak zerurdyr. Mysal üçin, bar bolan gurallary we serişdeleri ulanyp, iň az çykdajylarda önümiň haýsyda bolsa bir görnüşini köp öndürmek. Meseläniň şu goýulyşy, meseläniň maksadyny görkezýär, şertleri we optimallygyň şertini görkezýär.

Yeňil we dokma senagaty kärhanalarynda çyzykly programmirlemegiň usullaryndan peýdalanylyp çözülýän meseleler.

Çyzykly programmirlemege, getirilip çözülýän dokma kärhanalaryndaky meseleleriň köplüginä aşakdaky dört topara bölüp bolýar.

1. Assortiment meseleleri;
2. Çig mallary optimal peýdalanmak meseleleri;

3.Önümçilik kuwwatlygyny ulanmak meseleleri;

4.Transport meseleleri;

Birinji topara girýän meseleleriň maksady öndürilmeli önümleri assortimenti boýunça maşynlaryň, stanoklaryň we ş.m. arasynda nähili paýlamaly.

Ikinji topara girýän meseleleriň maksady, önümi öndürmek üçin çig mallaryň haýsy görnüşlerini näçe mukdarlarda gerek.

Üçünji topara girýän meseleleriň maksady öndürilmeli önümleriň mukdarlaryny hasaplamak, öndürilýän önümleriň strukturasyňy kesgitlemek, tehnologiýa prosesleriň parametrlerini hasaplamak girýärler.

Dördünji topara girýän meseleleriň maksady haýsyda bolsa resurslary taýarlaýjylaryň oňaýlylaryny saýlamaga we öndürilen önümleri optimal ýerleşdirmegiň çözüwini tapmaga mümkinçilik berýär. Eger meseläniň maksady kesgitlenmese ýa-da şol bir wagtyň özünde meseläniň birnäçe maksady bolsa, onda mesele çyzykly programmirmek bilen çözülip bilinmez.

Çyzykly programmirmek bilen çözülýän meseleleriň goýulşy we çözüşi aşakdaky etaplardan durýar.

1.Optimallygyň şertini saýlamaly.

2.Meseläni çözmek üçin gerekli maglumatlary ýygnamak.

3.Meseläniň şertine görä san modeli işläp taýýarlamak.

4.Hasaplamanýň rasional düzümini ýa-da çözüwiň algoritimini saýlamak.

5.Elektron-hasaplaýyş maşynyň kömegi bilen meseläni çözmek.

6.Alnan çözüwi derňemek.

Meseläni çözmek üçin optimallygyň şertini saýlamak işiň esasy etaplarynyň biridir. Optimallygyň şertiniň mümkin bolan görnüşleriniň içinden has oňaýlysyny saýlamaly. Mysal üçin, çig mallary optimal peýdalanmak meselesi çözülende optimallygyň şerti çig mallar üçin iň az çykdajylary alynsa maksada laýyk bolýar. Kä halatlarda ýüpligi optimal fizika-mehaniki häsiýetleri bilen almak zerur şert bolýar.

Şu ýagdaýda optimallygyň şerti bolup, ýüpligiň iň gowy häsiýetlerini almak hyzmat edip biler.

(ýüpligiň uzynlygyny artdyrmak, çyzykly dykzlygynyň deň dälligi we ş.m.) Optimallygyň şerti kesgitleneninden soň meseläniň modelini işläp taýýarlamak üçin gerekli maglumatlary ýygnamak we olaryň üstünde işlemek etaby uly orun tutýar. Bu etapda kärhana boýunça ilkinji dokumentleri dogry hasaba almak, takyk maglumatlary taýýarlamak we olaryň üstünde birnäçe işleri geçirmek talap edilýär.

Modelirlmek etabyna taýar informasiýalary ulanyp hemme ykdysady-tehnologiki prosesleri deňlemeler we deňsizlikler görnüşinde aňlatmak degişlidir. Üýtgän ululyklaryň arasyndaky mukdar gatnaşyklary aňlatmak, optimallygyň şertini funksiýa görnüşinde aňlatmak şu etaba degişli bolýar.

Indiki etapda hasaplamagyň algoritmi, ýagny hasaplamanýň usuly saýlanylýar. San modeli kompýuterde çözülenenden soň iň soňky etapda meseläniň çözüwi derňelýär. Ýagny, üýtgeýän ululyklaryň hasaplanyp çykarylan bahalary ulanarlyklymy ýa-da ýok. Eger gerek bolsa san modeline düzedişler girizliip, ol kompýuterde täzeden çözülýär.

Çyzykly programmirlemegiň ýönekeý meselesine seredeliň.

Goý önümleriň iki görnüşini (P_1 we P_2) öndürmek üçin çig mallaryň üç görnüşü (S_1 , S_2 , S_3) ulanylýan bolsun.

Önüm birligini öndürmek üçin çig mallaryň mukdarlary we önüm birligini ýerleşdirmekden alynýan peýdanyň mukdary aşakdaky tablisada berlen.

| Çig mallaryň görnüşleri we peýdalanyşy | Çig mallaryň mukdarlary (kg) | Önüm birligini işläp çykarmak üçin çig malyň mukdary (kg) | |
|--|------------------------------|---|-------|
| | | P_1 | P_2 |
| S_1 | 20 | 2 | 5 |

| | | | |
|--|----|----|----|
| S_2 | 40 | 8 | 5 |
| S_3 | 30 | 5 | 6 |
| Önüm birliginden alynýan peýda,mün manatda | - | 50 | 40 |

X_1 bilen P_1 görnüşli matanyň, X_2 bilen P_2 görnüşli matanyň mukdarlaryny kwadrat metr hasabyna belläliň. Onda matalaryň her bir görnüşini öndürmek üçin, çig mallaryň sarp edilişi we çig mallaryň bar bolan mukdarlary boýunça deňsizlikler aşakdaky görnüşlerde ýazylýarlar.

$$2x_1 + 5x_2 \leq 20$$

$$8x_1 + 5x_2 \leq 40$$

$$5x_1 + bx_2 \leq 30$$

Şu sistemanyň deňsizlikleri matanyň her bir görnüşini öndürmek üçin sarp edilýän çig mallaryň mukdarlarynyň, olaryň bar bolan mukdarlaryndan köp bolmaly dädiklerini görkezýärler.

Eger P_1 görnüşli önüm öndürilmese, onda $X_1=0$, tersine bolsa $X_1>0$. P_2 görnüşli önüm üçin hem edil şonuň ýaly. Şoňa göräde deňsizlikler sistemasyna $x_1 \geq 0$, $x_2 \geq 0$ deňsizlikleri hem girizmeli bolýar. Çözülýän meseläniň ahyrky maksady, iň köp peýda almak. $Z_{\max} = 50x_1 + 40x_2$

Meseläni matematiki görnüşde şeýle aňlatmak bolar.

$Z = 50x_1 + 40x_2$ çyzykly funksiýanyň maksimum bahasyny şu aşakdaky şertler ýerine ýetende tapmaly.

$$\begin{cases} 2x_1 + 5x_2 \leq 20 \\ 8x_1 + 5x_2 \leq 40 \\ 5x_1 + bx_2 \leq 30 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

Z çyzykly funksiýa, maksat funksiýasy diýilýär we bu funksiýa deňsizlikler sistemasy bilen bilelikde, berlen meseläniň matematiki modelidir.

Egirme-dokma fabrikalaryň önümçilik kuwwatlyklaryny optimal peýdalanmak meselesiniň modeli.

Birnäçe egirme – dokma fabrikalarynyň önümçilik kuwwatlyklaryny optimal peýdalanyp, iň köp peýda almaklygyny meselesine seredeliň.

Goý Q sany egriji- saraýjy fabrikalar bar bolsun. Olaryň her biriniň öz indeksi bar bolsun. Olaryň her biriniň öz indeksi bar $r(r = 1, 2, \dots, q)$

Bu fabrikalarda n görnüşli j -nji ($j=1, 2, \dots, n$) egriji- saraýjy, gönneýji, lenta ediji, inçe daraýjy we ýogyn daraýjy maşynlar oturdylan bolsunlar. Her bir r -nji fabrikanyň kuwwatlylygyny aşakdakylar bilen belläliň.

b_i – eriş egriji maşynlar, mün ik – sagat.

b_{ir} – egriji awtoryny maşynlar, mün ik-sagat.

c_r – egriji – saraýjy maşynlar, mün ik-sagat.

d_r – gönüleyji maşynlar, mün ik sagat.

l_p – lentoçnyý maşynlar, goýberiş sagat

G_p – grebnodaraýjy maşynlar, maşyn sagat

D_r – daraýjy maşynlar, maşyn sagat

Eger her r -nji fabrikanyň j -nji egriji-saraýjy maşynlarda i -nji artikul boýunça işläp çykarylan 100 kg ýüpliginden alynýan

peýda belli bolsa, fabrikalaryň toparynyň berýän peýdasynyň (P_{ijl}) maksimum bahasyny tapmaly. Şeýle ýüpligiň göz önünde tutulýan mukdary bolsa X_{ijr} . Şeýle hem i -nji artikully ýüpligi hemme fabrikalar boýunça öndürilmeli mukdary $N_i(\min,)$,

şol ýüplikleri ýerleşdirmek $N_i(\max)$ köp bolmagy däl.

Şu mesele üçin önürijilik görkezijilerini we sarp ediş normalaryny aşakdakylar bilen belläliň.

$\alpha_{ijr} - r -nji$ fabrikada i -nji artikully ýüpligi j -nji egriji maşynyň öndürijiligi.

h_{ir}, h_{ir} - ýüpligiň eriş we argaç boýunça sarp ediş normasy.

$\varphi_{ir}, l_{ir}, \rho_{ir}, \vartheta_{ir}, \lambda_{ir}$ - deňişlilikde egriji-saraýjy gönüleýji, lenta ediji, inçe daraýjy we daraýjy maşynlaryň öndürijiligi.

Eden belliklerimize görä r -nji fabrikadaky her sehiň enjamlaryň kuwwatlylygyny aşakdaky deňsizlikler görnüşinde bermek bolar:

r -nji fabrikada j -nji görnüşli ýüpligiň erişini öndürmek üçin egriji maşynlaryň kuwwaty

$$\sum_{i=1}^m \frac{X_{ijr}}{\alpha_{ijr}} \leq b_j;$$

Fabrikalaryň hemmesi üçin

$$\sum_{r=1}^q \sum_{i=1}^m \frac{X_{ijr}}{\alpha_{ijr}} \leq b_{ir};$$

r -nji fabrikadaky j -nji görnüşli argaç ýüpligi öndürmek üçin egriji maşynlaryň kuwwaty

$$\sum_{i=1}^m \frac{X_{ijr}}{\alpha_{ijr}} \leq b_{jr}, \text{ hemme fabrikalar üçin } \sum_{r=1}^{\eta} \sum_{i=1}^m \frac{X_{ijr}}{\alpha_{ijr}} \leq b_{ir}$$

r-nji fabrikadaky beýleki sehlerdäki enjamlaryň kuwatlyklary aşakdaky ýaly bolar.

Egriji – tow beriji maşynlar

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{\eta} \left(\frac{h_{ir}}{d_{ir}} w_i + \frac{h_{ir}}{d_{ir}} w_t' \right) X_{ij} \leq C_2$$

Gönüleşýji maşynlar

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{\pi} \left(\frac{h_{ir}}{\beta_{ir} K_r(d)} + \frac{h_{ir}'}{\beta_{ir}' K_r(d)} \right) X_{ijr} \leq d_r$$

Lenta ediji maşynlar

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{\eta} \left(\frac{h_{ir} + h_{ir}'}{\varrho_{ir} K_r(t)} X_{jir} \right) \leq l_r$$

inçe daraýjy maşynlar

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{\pi} \frac{h_{ir} + h_{ir}'}{\lambda_{ir} K_r(r)}$$

Daraýjy maşynlar

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{\pi} \frac{h_{ir} + h_{ir}'}{\tau_{ir} K_r(\pi)} X_{ijr} \leq C_r$$

Şu ýerde:

K_r – berlen geçişde r-nji fabrikadaky ätiýaçlyk koeffisiýenti

W_i, W_i – bu i-nji artikully ýüplik üçin (eriş ýa-da argaç) tovlanmanyň barlygyny ýa-da ýokulugyny aňladýan koeffisiýent.

i-nji artikully ýüpligi öndürmek boýunça fabrikanyň göz önünde tutan mukdarynyň ýerine ýetirilişini aşakdaky şert görnüşinde ýazyp bolar.

$$N_i(\min) \leq \sum_{j=1}^{\pi} \sum_{r=1}^q X_{ijr} \leq N_i(\max)$$

Üýtgeýän ululyklaryň otrisatel bahalar eýe bolmaýandyklary baradaky şert

$$X_{ijr} \geq 0 \text{ görnüşde ýazylýar.}$$

Şeýlelikde biz X_{ijr} üýtgeýän ululyklaryň

$$Z_{\max} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{\eta} \sum_{K=1}^q P_{ijr} X_{ijr}$$

funksiýany maksimum baha eýe edýänlerini tapmaly.

Mesele simpleks – usul bilen çözülýär.

Tema: Çyzykly programmirlmegiň umumy meselesiniň grafiki usulda çözülişi

Çyzykly programirleme meselesi grafiki metodyň kömegi bilen çözülmegi mümkin. Şol meseläniň çäklendirmeler sistemasy n näbelliler we m çyzykly özbaşdak deňlemelerden ybaratdyr, we m bilen n $n-m=2$ gatnaşyk bilen baglydyrlar.

Mysal: Goý çäklendirilen 5 sany üýtgeýän ululyklardan ybarat bolan 3 sany çyzykly deňsizlikler arkalaşykly sistemalar bilen belgilen bolsun.

$$\left\{ \begin{array}{l} X_1 + x_2 - x_3 = 5 \\ X_1 + 2x_2 + x_4 = 10 \\ X_1 + 5x_2 - x_5 = 15 \end{array} \right.$$

Şol sistemanyň otrisatel däl çözümleriniň içinde şeýle bir çözümler tapmaly, haçanda

$$\max C = x_1 - 3x_2 - x_3 + x_4 + x_5 + 10$$

çyzykly f-ula maksimal manysyna eýe bolýar.

Çözüwi:

Azat ulylyklar hökmünde x_1 we x_2 alalyň we olaryň üsti bilen beýleki

x_3, x_4 we x_5 ulylyklary aňladalyň. Onda

$$\begin{cases} x_3 = -5x_1 + x_2 \\ x_4 = 10 - x_1 - 2x_2 \\ x_5 = -15 + x_1 + 5x_2 \end{cases} \text{ bolýar.}$$

Şol manylary çyzykly f-ula gýup we çäklendirme sistemadan üýtgeýän ulylyklary (x_3, x_4, x_5) taşlap, diňe azat näbellilerden x_1 we x_2 aňladylan mesele alarys.

$$\max C = 2x_1 + x_2$$

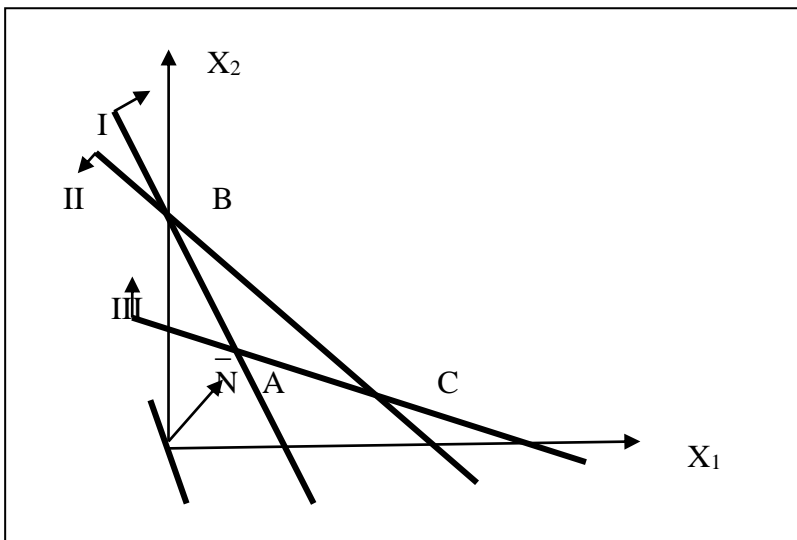
çäklendirmeler

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \geq 5 \\ x_1 + 2x_2 \leq 10 \\ x_1 + 5x_2 \geq 15 \end{cases}$$

Çözümler konburçlygyny gurany (sur.1) : Munyň üçin x_1 o x_2 koordinatlar sistemasynda çäk göni çyzyklary tekizlikde şekillendireliň

$$\begin{cases} x_1 + x_2 = 5 \\ x_1 + 2x_2 = 10 \\ x_1 + 5x_2 = 15 \end{cases}$$

we her bir degsizligiň çäk göni çyzyga görä haýsy ýarym tekizligi keskitýändigini anyklalyň



Surat 1

netijede A,B,C burç nokatly gönburçly oblast alarys.

Çyzykly funksia we N wektor guralyň (2:1) $C(x)$ öz-özüne parallel N wektora tarapa göçüriliň.

1 suratdan görnüşi bu göni çyzyk çözümler köp burçlygyna görä C – nokadyň direg bolup durýan ,we şol ýerde $C(x)$ –funksiýa maksimal manysyna deň bolýar.

C nokady I we II nöni çyzyklaryň kesişýän ýerinde ýerleşýär.

Onuň koordinatalaryny tapmak üçin deňlemeli sistemany düzeliň.

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 = 10 \\ x_1 + 5x_2 = 15 \end{cases}$$

Bu ýerden $x_1 = 20/3$; $x_2 = 5/3$ funksiýanyň maksimal manysy $\max C = 40/3 + 5/3 = 15$ deňdir.

Ilkinji meseläniň optimal çözümini tapmak üçin, x_1 we x_2 tapylan manylaryny goýýas.

Gutarnykly alarys:

$$X_1=20/3, x_2=5/3, x_3=10/3, x_4=0, x_5=0$$

Tema: Çyzykly programmirlmegiň umumy meselesiniň simpleks metody bilen çözmek

Çyzykly programmirlmegiň meselesiniň çözüwi köpburçlygyň depeleri bilen baglanyşykly, ýagny maksat funksiýa maksimum ýa-da minimum baha köpburçlygyň depelerinde eýe bolýar. Ekstremal nokada barmak üçin köpburçlygyň bir depesinden beýleki depesine bökmele bolýar. Üýtgeýän ululyklaryň sany ikiden köp bolsa, onda optimal çözüwe ýetmek üçin birnäçe hasaplamalar geçirip, bir çözüwden başga çözüwe geçmeli bolýar. Bu hasaplamalary simpleks-usul bilen geçirilýär. Çyzykly programmirlmegiň meselesiniň simpleks-usul bilen çözülişine seredeliň. Goý üýtgeýän ululyklaryň X_1, X_2, \dots, X_n bahalarynyň aşakdaky şertleri kamagatlandyrylanlaryny tapmak gerek bolsun.

$$(1) \quad \left\{ \begin{array}{l} \alpha_{11}X_1 + \alpha_{12}X_2 + \dots + \alpha_{1n}X_n = b_1 \\ \alpha_{21}X_1 + \alpha_{22}X_2 + \dots + \alpha_{2n}X_n = b_2 \\ \alpha_{m1}X_1 + \alpha_{m2}X_2 + \dots + \alpha_{mn}X_n = b_m \\ X_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \end{array} \right.$$

Maksat funksiýanyň minimum bahasyny tapmaly.

$$Z_{\min} = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

(1)-nji şertleriň wektor koeffisiýentleri erkin we olaryň arasynda giňişligiň ortalary ýok. Şeýle mesele simpleks-usulyň algoritmi boýunça emeli bazisiň kömegi bilen çözülýär.

Köp halatlarda şertleri deňsizlikler bolan meselelere köp gabat gelinýär. Mysal üçin çig mal bar bolan mukdaryndan artyk

ulanylyp bilinmez we ş.m. Şeýle meseleleriň matematiki modeli aşakdaky ýaly ýazylyp biliner.

X_1, X_2, \dots, X_n üýtgeýän ululyklaryň otrisatel bolmadyk bahalarynyň içinden aşakdaky deňsizlikler sistemasyny kanagatlandyryýanlaryny tapmaly.

$$(2) \quad \begin{cases} \alpha_{11}X_1 + \alpha_{12}X_2 + \dots + \alpha_{1n}X_n \geq b_1 \\ \alpha_{21}X_1 + \alpha_{22}X_2 + \dots + \alpha_{2n}X_n \geq b_2 \\ \alpha_{m1}X_1 + \alpha_{m2}X_2 + \dots + \alpha_{mn}X_n \geq b_m \end{cases}$$

we şol bir wagtda.

$Z(x) = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$ funksiýa minimum baha eýe bolmay.

Meseläniň simpleks-usul bilen çözülişi.

Meselä kömekçi $X_n + 1, X_n + 2, \dots, X_n + m$ üýtgeýän ululyklary girizip, deňsizlikleriň çep bölekleriniň olaryň sag böleklerinden nähili mukdarlarda artykmaçlygyny görkezeliň.

$$(3) \quad \begin{cases} b_1 - (\alpha_{11}X_1 + \alpha_{12}X_2 + \dots + \alpha_{1n}X_n) = X_n + 1 \\ b_2 - (\alpha_{21}X_1 + \alpha_{22}X_2 + \dots + \alpha_{2n}X_n) = X_n + 2 \\ b_m - (\alpha_{m1}X_1 + \alpha_{m2}X_2 + \dots + \alpha_{mn}X_n) = X_n + m \end{cases}$$

ýa-da

$$(4) \quad \begin{cases} X_n + 1 + \alpha_{11}X_1 + \alpha_{12}X_2 + \dots + \alpha_{1n}X_n = b_1 \\ X_n + 2 + \alpha_{21}X_1 + \alpha_{22}X_2 + \dots + \alpha_{2n}X_n = b_2 \\ X_{n+m} + \alpha_{m1}X_1 + \alpha_{m2}X_2 + \dots + \alpha_{mn}X_n = b_m \end{cases}$$

Şeýlelikde mesele $X_1, X_2, \dots, X_{n+1}, \dots, X_{n+m}$ üýtgyän ululyklaryň otrisatel bolmadyk bahalaryny (4) sistemanyň şertleri ýerine ýetende tapmaly we şol bir wagtyň özünde

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n + 0 \cdot X_{n+1} + 0 \cdot X_{n+2} + \dots + 0 \cdot X_{n+m}$$

funksiýa minimum baha eýe bolmaly.

Mümkin bolan daýanç çözüwi

$$X_1 = X_2 = \dots = X_n = 0, \quad X_{n+1} = b_1, \quad X_{n+2} = b_2, \dots, \quad X_{n+m} = b_m$$

diýip almak bolar. Bu daýanç çözüw ykdysady tarapdan ulanylmadyk serişdeleriň we resurslaryň mukdarlaryny görkezýär. Ýagny daýanç çözüwde serişdeleriň we resurslaryň hiç biri hem ulanylmaýar.

Ilkinji bazisiň $A_{n+1}, A_{n+1}, \dots, A_{n+m}$ wektorlardan durýandygy sebäpli, simpleks usulyň iterasiýalaryny ulanyp, bazisden şu wektorlary çykarmaly we olaryň ornuna esasy wektorlary girizmeli.

Şertleri deňsizlikler görnüşinde berilen meseleler hem edil deňlemeler ýaly çözülýärler. Goşmaça wektorlaryň nul koeffisiýentleri, eger olaryň hemmesi bazisden çykarylmasa hem optimal çözüwi almaga mümkinçilik beryär.

Simpleks – usul bilen çözmäge degişli mesele.

Simpleks-usulyň kömegi bilen mata öndürilende iň az zähmet çykadjylary bolar ýaly meseläni çözeliň. Goý matanyň dört görnüşini öndürmeli bolsun: A,B,C,D. Mata öndürmek üçin 600 kg esasy çig mal we 500 kg argaç ulanmak göz önünde tutulýar.

| Görkezijiler | Matanyň görnüşleri | | | |
|--|--------------------|----|-----|-----|
| | A | B | C | D |
| Esasy çig mal udel çykdajylary, kg. | 1 | - | 0,7 | 0,5 |
| Argajyň udel çykdajylary, kg | - | 1 | 0,4 | 0,6 |
| 100m ² mata öndürmek üçin zähmet çykdajylary, adam sagat. | 37 | 34 | 32 | 39 |

(4)-nji deňlemeler sistemasyny kanagatlandyryan, otrisatel proyeksiýasy bolmadyk X wektory tapmaly ýa-da aşadaky wektor görnüşinde aňlatmaly.

$$\alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \dots + \alpha_m X_m + A_{m+1} X_{m+1} + \dots + A_n X_n = B$$

we maksat funksiýanyň minimum basyny tapmaly
 $Z(x) \rightarrow \min$

Garaýan meselämiziň matematiki modelini düzeliň. Munuň üçin matalaryň A,B,C,D görnüşleri boýunça öndürilmeli mukdarlaryny X_1, X_2, X_3, X_4 bilen belläliň. Onda wektor

$$X = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \end{pmatrix}$$

öndürilýän önuleriň assortimenti boýunça mukdarlaryny görkez. Üýtgeýän ululyklaryň orisatel bahalary kabul etmeýändiklerini göz önünde tutup aşadaky şertleri ýazalyň. Birinji deňleme esaslar boýunça,

$$\left. \begin{aligned} X_1 + 0,7X_3 + 0,5X_4 &= 600 \\ X_2 + 0,4X_3 + 0,6X_4 &= 500 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

ikinci deňleme argaç boýunça düzüldi.

(5)-nji deňlemeler sistemasyny wektor görnüşinde ýazalyň.

$$\alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \alpha_3 X_3 + \alpha_4 X_4 = B$$

$$\text{Şu ýerde } \alpha_1 = \underset{0}{(1)}; \alpha_2 = \underset{1}{(0)}; \alpha_3 = \underset{0,4}{(0,7)}; \alpha_4 = \underset{0,6}{(0,5)}; B = \underset{500}{(600)}$$

Maksat funksiýa öndürilýän matalaryň assortimentini olary öndürmek üçin iň az zähmet çykdajylaryny bilen kesgitleýär.

$$Z_{\min} = 37X_1 + 34X_2 + 32X_3 + 39X_4 \quad (6)$$

Indi meseläni aşakdaky ýaly görnüşde görkezip bolýar. Otrisetel bolmadyk proyeksiýaly wektory (5)-nji dñlemeler sistemasyny ýerine ýetende we (6)-nny maksat funksiýany minimum baha eýe edende tapmaly. Munuň üçin ilkinji daýanç çözüwi tapyp, onuň optimal çözüwdigini ýa-da dāldigini anyklamaly (5)-nji deňlemeler sistemasynyň islendik çözüwi daýanç çözüw bolup hyzmat edip biler. Islendik daýanç çözüwiň optimal çözüw bolmaklygy üçin, şol çözüwde maksat funksiýanyň ekstemal baha eýe bolmagy gerek. Aşakdaky tablisada daýanç çözüwden soň birinji ädimde alnan optimal çözüw görkezilýär.

| Deňle meleriň nomeri | C | Ba zis | B ₁ | Maksat funksiýanyň wektor- koefisiýentleri | | | |
|----------------------------|----|----------------|----------------|---|----------------|----------------|----------------|
| | | | | 37 | 34 | 32 | 39 |
| | | | | A ₁ | A ₁ | A ₃ | A ₁ |
| 1 | 32 | A ₃ | 857,44 | 1,43 | 0 | 1 | 0,714 |

| | | | | | | | |
|--------------------------------|----|----------------|--------|--------|---|---|-------|
| 2 | 34 | A ₂ | 159,43 | -0,572 | 1 | 0 | 0,314 |
| Z _j -C _j | | | 32860 | -15,0 | 0 | 0 | -18,6 |

Çözüwiň optimallygyny anyklamak üçin tablisanyň Z_j-C_j setirinden Z maksat funksiýasyny tapalyň.

$$Z_{\min} = \begin{bmatrix} 32 \\ 34 \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} 857,44 \\ 159,43 \end{bmatrix} = 32860$$

$$(Z_1 - C_1) = \begin{bmatrix} 32 \\ 34 \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} 1,43 \\ -0,572 \end{bmatrix} - 37 = -15;$$

$$(Z_2 - C_2) = \begin{bmatrix} 32 \\ 34 \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} - 34 = 34 - 34 = 0$$

$$(Z_3 - C_3) = \begin{bmatrix} 32 \\ 34 \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} - 32 = 32 - 32 = 0$$

$$(Z_4 - C_4) = \begin{bmatrix} 32 \\ 34 \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} 0,714 \\ 0,314 \end{bmatrix} - 39 = 33,5 - 39 = -5,5$$

Şu ýerden görnüşi ýaly $(Z_j - C_j)$ tapawutlaryň hiç birisi hem položitel sanlar däl. Diýmek çözüw optimaldyr.

$$Z_{\min} = 32860;$$

$$X_1 = 0; X_2 = 159,43; X_3 = 857,44; X_4 = 0$$

Ýagny her aýda matanyň B assortimentinden 159430 m², C assortimentinden bolsa 857440 m² öndürmeli. Şeýle bolanda iň az zähmet çykdajysy 32860 adam-sagat bolýar. Şeýlelik bilen meseläniň çözüwini umumy görnüşde aşakdaky ýaly görkezmek bolar.

1. Ilkinji daýanç çözüwi tapyp, azat çlenleriň sütüninden

$$X_j = b, X_2 = b_2; X_3 = b_3, \dots, X_m = b_m;$$

$$X_{m+1} = 0; X_n = 0 \quad alarys.$$

2. $(Z_j - C_j)$ wektor-koeffisiýentleri tapyp, daýanç çözüwiň optimallygyny ýa-da dälidigini anyklaýarys.

1-nji mysal.

$f = 5X_1 + 4X_2$ çyzykly funksiýanyň maksimum bahasyny aşakdaky şertler ýerine ýetende tapmaly,

$$3X_1 + 4X_2 \leq 24$$

$$2X_1 + 3X_2 \leq 18$$

$$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0$$

Kömekçi X_3 we X_4 üýtgedýän ululyklary girizeliň.

$F = 5X_1 + 4X_2 + 0 \cdot X_3 + 0 \cdot X_4$ çyzykly funksiýanyň maksimum bahasyny aşakdaky şertler ýerine ýetende tapmaly.

$$3X_1 + 4X_2 + X_3 = 24$$

$$2X_1 + 3X_2 + X_4 = 18$$

$$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, X_3 \geq 0, X_4 \geq 0.$$

Ikinji simpleks – tablisany ýazalyň.

| | Bazis üýtg. ulul. | Azat agza-lar | 5 | 4 | 0 | 0 | Barlag sütüni |
|-----------------|-------------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|------------------|
| | | | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | |
| 0 | X_3 | 24 | 3 | 4 | 1 | 0 | 32 |
| 0 | X_4 | 18 | 2 | 3 | 0 | 1 | 24 |
| Indeks setir | f | 0 | -5 | -4 | 0 | 0 | -9 |

Tablisada general sütüni belläliň. Goý X_1 sütün, general sütün bolsun. Indi general setiri tapalyň.

$\min(24/3, 18/2) = \min(8, 9) = 8$ Diýmek X_3 – nji setir general setirdir. 3 – general element.

Ikinji simpleks – tablisany aşakdaky düzgün boýunça hasaplalyň:

1. General setiriň elementleri general elemente bölünýärler.
2. Galan elementler göniburçlugyň düzgüni boýunça hasaplanylýar.

| | Bazis üýtg. ulul. | Azat agza | 5 | 4 | 0 | 0 | Barla g Sütüni |
|---------------|-------------------------|--------------|-------|-------|--------|-------|----------------------|
| | | | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | |
| 5 | X_1 | 8 | 1 | $4/3$ | $1/3$ | 0 | $32/3$ |
| 0 | X_4 | 2 | 0 | $1/3$ | $-2/3$ | 1 | $8/3$ |
| Ind. setir | F | 40 | 0 | $8/3$ | $5/3$ | 0 | $133/3$ |

Soňky tablisanyň indeks setirlerine otirisatel elementler ýok.
Diýmek, optimal çözüw alyndy. Optimal çözüw boýunça:

$$X_1 = 8$$

$$X_2 = 0 \quad \max f = 40$$

Tema: Çyzykly programmirlmegiň transport meselesi.

Transport meselesi-bu,bir hili önümiň üpjün edijiden alyjlara,çykdaýjylara nukdaýnazar,rasional daşama planyny tanak meselesidir.Transport meselesiniň şertlerini rtablisa görmüşde ýazýarlar.

| | Alyjylar we olaryň islegi | i | ... | J | | N |
|--|---------------------------------|--------|-----|----|------|-------|
| (jpjiin edijiler we olaryň kuwwatal ry | | B , | ... | BI | ... | B_n |

| | | | | | | |
|-----|----------------|-------------------------|-----|-------------------------|-----|-----------------------------|
| 1 | At | C,, X,, | ... | c,, x _n | ... | Cin X _n |
| | | .. . | ... | . | ,,, | ... |
| I | Ai | Q, Xi, | ... | c _y Xü | ... | ^in Xjn |
| | | .. . | | . | | |
| ... | ... | | >. | . | ... | ... |
| M | A _m | Qni X _m] | ... | ^•mi X _{mj} | ... | ^c ^ m n mn |

Tablisadaky Cy koeffisientleri i-nji üpjün edijiden j-nji alyja önüm birligi çykdajylaryny aňladýar; Aj-bu i-nji üpjün edijiniň kuwwaty, Bj-bu j-nji alyjynyň islegi, Xy-önümiň i-nji üpjün edijiden j-nji alyja daşalmaly näbelli san mukdary.

Transport meselesiniň matematiki modeli aşakdaky görnüşde bolýar.

Çyzykly funksiýanyň has kiçi manysyny tapmaly aşaky şertlerinde: Modelde $\varphi_4 = \wedge B_j$ bolsa \wedge onda oňa ýapyk diýilýär. j Eger-de $\wedge^4 * \wedge^{bm}$ bolsa, onda transport meselesiniň modeli açyk bolýar. j

Açyk modeliň çözüwini tapmak üçin ony galp üpjün ediji (alyjy) girizmek arkaly ýapyk görnüşe getirmeli. Eger-de $\varphi_4 < \wedge B_j$, onda

Eger-de $\varphi_4 < \varphi_5$, onda $B_{n+j} = X_4 \sim IX$ isleglere mukdarly galp

girizilýär we daşamalar bahasy $C_{in+i}=0 (i=1;m)$ den bolýar.

Transport meselesiniň optimal planyny tapmak prosesini direg plandan başlaýarlar. Direg planynyň

ilkinjisini gurmaklygyň binäçe usullary bardyr. Olara mysallarda seredeliň.

"Demirgazyk-günbatar burçy"düzgünü. Transport meselesiniň şertleri I tabl. arkaly berlen bolsun.

| Bj A, | 75 | 80 | 60 | 85 |
|-------|---------|---------|---------|---------|
| 100 | 6 75 | 7 25 | | 5 |
| 150 | | 2 55 | 5 60 | 6 35 |
| 50 | | | | 1 50 |

"Demirgazyk-günbatar burçy"düzgünine görä ilki bilen direk planyny guralyň.

I tablisanyň dolandyrylyşy demirgazyk-günbatar burçyndan başlanýar.

$$X_{i1} = \min\{A_{bB_i}\} = \min\{100 < 75\} = 75; X_{i1} - 0 (i=2,3)$$

$$X_{12} = \min\{100 - 75, 80\} = 25, X_{y0} = 0 (y=3,4)$$

$$X_{22} = \min\{150, 82 - 25\} = 55, X_{32} = 0$$

$$X_{23} = \min\{150 - 55, 60\} = 60, X_{33} = 0$$

$$X_{24} = \min\{150 - 55 - 60, 85\} = 35, X_{34} = \min\{50, 85 - 35\} = 50$$

Şonuň bilen ilki başdaky direk planyň gurulyşy tamamlanýar. I tablisada

görşümüz ýaly, plan sikilleri saklamaýar we alty $m+n-1^3+4-1^6$

daşamalardan ybarat. Diýmek, öwrülme direk plany bolup durýar. Onuň

bahasyny kesgitläliň.

$$€-6*75+7*25+2*55+5*60+6*35+1*50=1295$$

Minimal baha metody, Sol metodyň kömegi bilen seredilen meseläniň

direg planyny düzeliň. Onuň şçrtini aşaky tablisa ýazalyň(tab2).

| Bj Ar | 75 | 80 | 60 | 85 |
|-------|----|----|----|----|
| 100 | 6 | 7 | 3 | 5 |
| | | 5 | 60 | 35 |
| 150 | 1 | 2 | 5 | 6 |
| | 75 | 75 | 60 | |
| 50 | 8 | 10 | 20 | 1 |
| | | | 50 | |

Tablisada has kiçi bahany saýlalyň. Böýle gökeziji l-deň, A_2B_1 we A_3B_4 gözeneklerde ýerleşýär. Bu göznenkleri dolduralyň:

$$X_{21}=\min\{150,75\}=75 \text{ we } X_{34}=\min\{50,85\}=50$$

Bahalar tablisasynda galan has kiçi baha A_2B_2 gözenekde ýerleşen bahadyr. Oňa ýazýarys;

$$X_{22}=\min\{150-75,80\}=75$$

Bahalar tablisasynda ýene-de has kiçi bahany saýlarys we sol prosesi hemme zapaslar ýerbe-ýer goyulýança şeýle-de islegler kanagatlanýança dowam edýäris. netijede plan(tab2)alarys.

Plan siklleri saklamýar we alty $m+n-1=3+4-1=6$ položitel daşamalrda ybarat. Diýmek. öwrülmö direg plany bolýar. Onuň bahasyny kesgitläliň.

$$0=5*7+1*60+5*35+1*75+2*75+50*1=665$$

Ilkinji direg plany gurnalandan son onuň optimallygyny barlaýarlar. Eger-de alynan plan optimal däl bolsa, onda üpjünçilikler täzeden ýerbe-ýer goýulýar.

Imysal.

Meseläni paýlaýjy metod bilen çözmeli.

Tabl.3

| Bj •Aj | 70 | 120 | 105 | 105 |
|-----------|----|-----|-----|-----|
| 90 | 14 | 8 | 17 | 5 |
| 180 | 21 | 8 | 7 | 5 |
| 130 | 3 | 5 | 8 | 4 |

Çözme.

Ilkinji direg çözümi "minimal baha"diýilýän düzgüniň kömegi bilen gur-ýarys.Onda,

| B Ai | 70 | 120 | 105 | 105 |
|---------|----|-----|-----|------|
| 90 | 14 | 8 | 17 | 5 |
| | | 45- | | 45+ |
| 180 | 21 | 10 | 7 | 11 |
| | | 75 | 105 | |
| 130 | 3 | 5 | 8 | 4 |
| | 70 | | | - 60 |

haçanda $C=8*45+5*45+10*75+7*105+3*70+4*60=2520$ (birl.) Ilkinji plany alýarlar we onuň optimallýgynyň her bir bos gözenek üçin häsiýetnamasyny hasaplap,barlaýarlar.

.,=14-5+4-3=10 ,3=17-8+10-7=12 21=21-3+4-5+8-10=15 24=11-5+8-10=4

32=5-8+5-4=-2<0 33=8-7+10-3+5-4=4

Bu ýerde $3_2<0$,onda plan optimal däl.täze direg planynageçiş 32 üçin zynjyrda amala aşyrylýar.Zynjyr burçlaiynyň depelerine gezek-gezgine (+,-,+, -, ..)alamatlaryny bos gözenekden başlap berýärler.

Otrisetel ýaryş zynjyryň önüm üpjünçilik mukdaryndan has kicisini saýlap alýarlar we täzedan oturtmany geçirýärler. Tablisany doldurýarlar.

| B_j A_i | 70 | 120 | 105 | 105 |
|----------------|----|-----|-----|-----|
| 90 | 14 | 8 | 17 | 5 |
| 180 | 21 | 10 | 7 | 11 |
| 130 | 3 | 5 | 8 | 4 |

Daşamanyň çykdaýjylary $C=2430$ (birl.)

Täze hasaplama üçin y hasaplap onuň optimallýgyny barlaýarlar.

$$n=14-5+4-3=10 \quad 12-8-5+4-5=2 \quad 13-17-5+4-5+10-7=4 \quad 2^{\wedge}21-10+5-3=13 \quad 33-8-5+10-7=6$$

Otrisetel häsiýetnamalaryň ýokllugy alnan planyň optimaldygyna şaýat bolup durýar.

I

I. Mysal. Meseläni
porensiallaryň usuly
bilen çözmeli.

| B_j A_i | 75 | 80 | 60 | 85 |
|----------------|----|----|----|----|
| 100 | 6 | 7 | 3 | 5 |
| 150 | 1 | 2 | 5 | 6 |
| 50 | 8 | 10 | 20 | 1 |

Çözüwi.

Ilkinji direk çözüwini "minimal baha" dügünine laýyk gurýarys. Haçanda €-

$$5 \cdot 7 + 3 \cdot 60 + 5 \cdot 35 + 1 \cdot 75 + 2 \cdot 75 + 1 \cdot 50 = 665 \text{ bolanda}$$

| B_j A_i | 75 | 80 | 60 | 85 | O_i |
|----------------|---------|---------|----------|---------|-------|
| 100 | 6 5 | 7 | 3 60 | 5 35 | 0 |
| 150 | 1 75 | 2 75 | 5 | 6 | -5 |
| 50 | 8 | 10 | 20 50 | 1 | -4 |
| P_i | 6 7 | | 3 | 5 | |

alarys.

Alynan plan optimallygy barlaýar.

$X_j > 0$ (bellenen gözenekler) üçin $a_s + P_j = C_j$ formuladan peýdalanyň, a , setirleriň we P_j sütünleriň potentsiallaryny kesgirleýärler.

Potensiallaryň manylaryny tablisa goýuşdurýarlar. Eýesiz gözenekler üçin $C_j = X_i + P_j$ hasaplaýarlar we C_j bilen deňeşdirýärler.

Alynan plan optimaldyr. Çünki hemme i we j üçin (gözenekler) $C_j < C_y$. Eger-de käbir gözenekler üçin $C_j > C_y$ bolan ýagdaýda (e, k) gözenek zynjyrynda üpjünçilikler täzeden ýerbe-ýer goýulýar. Ýerbe-ýer goýmak

üçin (e_{sk}) gözeneginiñ saylanylyşy q -c_{ek} = max(C; -c_y) prinsip arkaly amala aşyrylýar.

Meseleler:

| | 60 | 70 | 110 |
|-----|----|----|-----|
| 150 | 6 | 10 | 4 |
| 60 | 12 | 2 | 8 |
| 30 | 5 | 4 | 7 |

| | 25 | 25 | 50 | 100 |
|----|----|----|----|-----|
| 60 | 3 | 2 | 5 | 4 |
| 70 | 1 | 4 | 7 | 6 |
| 70 | 5 | 8 | 2 | 9 |

| | 20 | 180 | 70 | 180 |
|-----|----|-----|----|-----|
| 90 | 5 | 9 | 2 | 7 |
| 110 | 4 | 11 | 3 | 4 |
| 200 | 2 | 8 | 10 | 7 |

| | 70 | 65 | 35 | 30 |
|----|----|----|----|----|
| 40 | 2 | 5 | 4 | 7 |
| 80 | 3 | 1 | 3 | 9 |
| 30 | 7 | 2 | 8 | 2 |
| 50 | 1 | 6 | 4 | 5 |

meseleleri potentsiallaryň usuly boyunça çözmeli.

| | | | | | |
|----|----|----|----|---|----|
| | 27 | 53 | 30 | 4 | 20 |
| | | | | 0 | |
| 70 | 5 | 2 | 7 | 4 | 3 |
| 30 | 3 | 1 | 6 | 5 | 1 |
| 30 | 8 | 2 | 3 | 8 | 2 |
| 40 | 7 | 9 | 10 | 2 | 4 |

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| | 30 | 20 | 20 | 50 |
| 40 | 5 | | 2 | 1 |
| 35 | 2 | | 1 | 2 |
| 35 | 3 | | 3 | 8 |
| 60 | 4 | | 4 | 6 |

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| | 45 | 20 | 15 | 30 |
| 30 | 2 | 5 | 3 | 5 |
| | 5 | 1 | 2 | 1 |
| 20 | | | | |
| 50 | 7 | 3 | 1 | 1 |
| 10 | 1 | 4 | 5 | 9 |

| | | | | | |
|----|----|----|----|----|--|
| | 25 | 25 | 40 | 20 | |
| 30 | 1 | 2 | 7 | | |
| 30 | 2 | 3 | 6 | | |
| 30 | 1 | 4 | 3 | | |
| 10 | 5 | 2 | 7 | | |
| | | | | | |
| | 40 | 20 | 60 | 10 | |
| 25 | 7 | 3 | 3 | 7 | |
| 25 | 2 | 1 | 4 | 8 | |
| 80 | 6 | 2 | 8 | 3 | |
| 20 | 5 | 4 | 2 | 2 | |

Tema: Set grafiklerini gurmak we olaryň parametrlerini kesgitlemek.

Tor planlaşdyryş we dolandyryş metodlarynyň uniwersal häsiýeti bar we halk hojalygynyň hakykatdanda hemme pudaklarynda ulanylyp bilner.

Bu metodlaryň hasyl maksady planyň modelini (tor grafigini) gurmakdan ybarat. Setewoy modellerlemanıň marşrudynda esasy düşünelere, kesgitlemelere we grafiki belliklere üns bermeli. Iş- bu islän resurslaryn çykdaýjylaryny talap edýän, aktiw prosese, ýa-da çykdaýjylary talap etmeýän passiw proses (garaşma) waka bu bir ýa-da birnäçe ozalky işiň aralyk ýa-da gutarnykly ýerine ýetirilşiniň ýa-da bar kompleksiniň tazedden başlanmagynyň netijesidir.

Iş- bu islan üzüksiz işleriň we wakalaryň yzyiderligi (zynjyr).

Howply ýol- bu rezerwleri bolmadyk ýol.

Tor model strelkalaryndan we tegelejiklerden durýan tor grafık, görnüşde gorkezilip bilner.

Strelkalar setde aýratyn isleri aňladylýar.

Tegelejikler bilen halkalar anyklanylýar.

Tor modelleri gurluşygynda aşakdaky düşinjeleriň tarapyny tutmaly.

- tor grafıgıň hemme strelkalarynyň umumy ugry çepden saga bolmaly.
- Bir taý wakanyň arasynda diňe bir iş anykladylmagy mümkin.
- Eger-de iki iş bir wagtda bir wakada başlansa we olaryň gutarylyşy birnäçe düwinde bir wagtda bolsa, onda, parallel strelkalaryň bolmaklary üçin, nolewoý dowamlylykly galp iş we galp waka girizýarler.

Her bir waka belli i nomer ýazylýar, şonun üçin iki i we j wakalary strelka görnüşinde birikdireň her bir işi bu iki wakalaryň arasyndaky (i,j) is diýip kesgittläp bolýar, bu ýerde $(i < j)$. her bir (i,j) işe $t(i,j)$ gatnaşyklylyk berýär. Setlerin esasy baý parametrleri bolup wakalyň ir we giç gelmegi durýar.

Wakanyň irki möhletleriniň gelmegi:

iş girýän bolsa $\begin{cases} t_p(i)+t(i,j), \text{ eger-de waka diňe bir } (i,j) \text{ strelka} \\ t_p(j) \\ \max\{t_p(i)+t(i,j)\}, \end{cases}$

eger-de j halkalary bir wagtda birnäçe strelka iş girýän bolsa wakanyň giç möhletiniň gelmegi

$\begin{cases} t_p(i)-t(i,j), \text{ howply ýola degisli bolan wakalar uęin} \end{cases}$

$t_n(i) = t_n(j) - t(i,j)$, eger-de i -den diňe bir iş çykýan

bolsa

$\min\{t_n(j) - t(i,j)\}$, - eger-de i -den birnäçe iş çykýan bolsa setiň ähli halkalary üçin $t_p(i)$ we $t_n(i)$ bilsek, her bir işlän (i,j) iş üçin aşakdaky parametrleri kesgitleýän bolýar:

- İş ir başlanşyna möhlet $t_{pn}(i,j) = t_p(i)$;
- Işň giç başlanýan möhleti $t_{nn}(i,j) = t_n(i) - t(i,j)$;
- Işň ir gutaryş möhleti $t_{po}(i,j) = t_p(i) + t(i,j)$;
- Işň giç gutaryş möhleti $t_{no}(i,j) = t_n(j)$;

Howply ýoluň hemme işleri üçin $t_{pn}(i,j) = t_n(j)$; $t_{pc}(i,j) = t_{no}(i,j)$

Tor modeliň işi üçin (i,j) işň ýerine ýetirilmeginiň wagt rezerwiň dört görnüşi bar:

1. doly rezerw: $R_{np} = t_n(j) - t_p(i,j)$;
2. garantiýa rezerwi: $R_{np} = t_n(j) - t_n(i) - t(i,j)$;
3. azat rezerwi: $R_{cp} = t_p(j) - t_p(i) - t(i,j)$;
4. garaşsyz rezerwi: $R_{np} = t_p(j) - t_n(i) - t(i,j)$

Howply ýolda ýatan işler üçin, rezerwleriň hemme dört görnüşi nola deň.

Mysal:

Struktura- wagt tertipli iş önümleriň sergi-satuw guramak üçin hasap spisogy berilen.

Işlerin tor grafiği gurmak, howply yoly kesgitlemek, wagtyň rezerw tablisasyny hasaplamak talap edilýär.

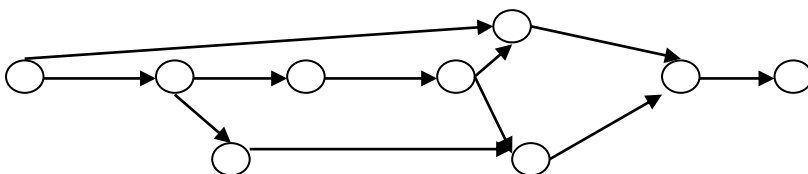
| Iş | Işin mazmuny | Işlerin mazmunlylygy |
|----|--------------|----------------------|
|----|--------------|----------------------|

| | | |
|-----|--|----|
| 1.7 | Isleg uçetynyň sistemasyny işlap taýarlama | 12 |
| 2.3 | Harytlaryň seseçilişi we şotlaryň göçirilişi | 6 |
| 3.4 | Harytlaryň getirilişi | 4 |
| 2.5 | Enjamlryň getirilişi | 3 |
| 5.6 | Enjamlaryn arkadylyşy | 2 |
| 4.6 | Harytlaryň çykaryp goýuluşy | 4 |
| 4.7 | Harytlar uçoty | 5 |
| 7.8 | Zalyň we witrinanyn bezelmegi. | 5 |
| 6.8 | Soragnama dokumentleriniň taýarlanylyşy | 7 |
| 8.9 | Satuwa goýmagyň taýarlanylyşy. | 2 |

Ýumuş.

1. Işin tor grafigini gurmak:

7



2. 1 hadysadan 9 hadysa çenli doly ýol kritiki diýip atlandyrylýar,

$$T_1 = t(1,7) + t(7,8) + t(8,9) = 12 + 5 + 2 = 19$$

$$T_2 = t(1,2) + t(2,3) + t(3,4) + t(4,7) + t(7,8) + t(8,9) = 10 + 6 + 4 + 5 + 5 + 2 = 32$$

$$T_3 = 10 + 6 + 4 + 4 + 7 + 2 = 33; \quad T_4 = 10 + 3 + 2 + 7 + 2 = 24;$$

$$T_1 = \max \{ T_1, T_2, T_3, T_4 \} = 33 \text{ gün.}$$

Rezerw däl isleriň rezerwlerini hasaplamak üçin, ilki bilen hadysanyň giçki geçiş wagtyň.

$$t_p(1)=0;$$

$$t_p(2)=0+10=10;$$

$$t_p(3)=10+6=16;$$

$$t_p(4)=16+4=20;$$

$$t_p(5)=10+3=13;$$

$$t_p(6)=\max\{20+4,13+2\}=24;$$

$$t_p(7)=20+5=25;$$

$$t_p(8)=\max\{25+5,24+7\}=31;$$

$$t_p(9)=31+2=33;$$

$$t_n(9)=t_p(9)=33;$$

$$t_n(8)=33-1=31;$$

$$t_n(7)=31-5=26;$$

$$t_n(6)=31-7=24;$$

$$t_n(4)=\min\{24-4;26-5\}=20;$$

$$t_n(5)=24-2=22;$$

$$t_n(3)=20-4=16;$$

$$t_n(2)=\min\{22-3;16-6\}=10;$$

$$t_n(1)=10-10=0;$$

İslendik (i,j) iş için indiki parametrleri kesgitlemek

$$t_{pn}(1,2)=0;$$

$$t_{pn}(1,7)=0;$$

$$t_{pn}(2,3)=10;$$

$$t_{pn}(3,4)=16;$$

$$t_{pn}(2,5)=10;$$

$$t_{pn}(5,6)=13;$$

$$t_{pn}(4,6)=20;$$

$$t_{pn}(4,7)=20;$$

$$t_{pn}(1,2)=10-10=0;$$

$$t_{pn}(1,7)=26-12=14;$$

$$t_{pn}(2,3)=16-6=10;$$

$$t_{pn}(3,4)=20-4=16;$$

$$t_{pn}(2,5)=22-3=19;$$

$$t_{pn}(5,6)=24-2=22;$$

$$t_{pn}(4,6)=24-4=20;$$

$$t_{pn}(4,7)=26-5=21;$$

$$t_{pn}(7,8)=25;$$

$$t_{pn}(7,8)=31-5=26;$$

$$t_{pn}(6,8)=24;$$

$$t_{pn}(6,8)=31-7=26;$$

$$t_{pn}(8,9)=31;$$

$$t_{pn}(6,8)=32-2=30;$$

Ýumuş

1-9 Mysallarda. Işın we hadysanyň tor grafigini gurmak.

| hadysa | | hadysa | |
|--------|-----|--------|-----|
| i | i+1 | i | i+1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 2 | 0 | 2 |
| 1 | 3 | 1 | 3 |
| 2 | 3 | 2 | 3 |
| 2 | 4 | 2 | 4 |
| 3 | 5 | 3 | 5 |
| 4 | 6 | 4 | 6 |
| 5 | 6 | 2 | 7 |
| | | 5 | 7 |
| | | 6 | 7 |

| hadysa | |
|--------|-----|
| i | i+1 |
| 0 | 1 |
| 0 | 2 |
| 0 | 3 |
| 1 | 3 |
| 1 | 4 |
| 2 | 5 |
| 4 | 7 |
| 5 | 7 |
| 6 | 7 |

| hadysa | |
|--------|-----|
| i | i+1 |
| 0 | 1 |
| 0 | 2 |
| 0 | 3 |
| 1 | 4 |
| 3 | 5 |
| 2 | 6 |
| 4 | 6 |
| 5 | 6 |

| hadysa | |
|--------|-----|
| i | i+1 |
| 0 | 1 |

| | |
|---|---|
| 0 | 1 |
| 0 | 3 |
| 1 | 2 |
| 1 | 4 |
| 2 | 3 |
| 2 | 4 |
| 2 | 5 |
| 3 | 6 |
| 4 | 7 |
| 5 | 8 |
| 6 | 8 |
| 7 | 8 |

| hadysa | |
|--------|-----|
| i | i+1 |
| 0 | 1 |
| 0 | 1 |
| 1 | 2 |
| 1 | 3 |
| 2 | 4 |
| 3 | 5 |
| 3 | 5 |
| 4 | 6 |
| 5 | 7 |
| 6 | 8 |
| 7 | 8 |

| hadysa | |
|--------|-----|
| i | i+1 |
| 0 | 1 |
| 0 | 3 |
| 1 | 2 |
| 1 | 4 |
| 2 | 4 |
| 3 | 4 |
| 4 | 5 |
| 2 | 6 |
| 5 | 6 |
| 3 | 7 |
| 5 | 8 |
| 6 | 8 |
| 7 | 8 |

| hadysa | |
|--------|-----|
| i | i+1 |
| 0 | 1 |
| 0 | 2 |
| 1 | 2 |
| 1 | 3 |
| 2 | 4 |
| 3 | 4 |
| 2 | 5 |
| 3 | 6 |
| 4 | 6 |
| 4 | 7 |
| 5 | 7 |
| 6 | 8 |
| 7 | 8 |

Tema: Çyzykly programmirmegiň bitin sanly meselesi.

Çyzykly programmirmäniň bitinsanly meselesi çyzykly programmirmäniň umumy meselesinden dine üýtgeýän ululyklaryň bitin san bolmandygy hakda goşmaça talaplar bilen tapawutlanýar.

$X_j > 0$, x -bitinler, $j=1,2,\dots,n$ Bitin san deňleme görnüşli çäklendirmelerinde $\min F = \sum c_j x_j$ bolýar.

Berilen meseläni işlemek üçin Gomoriniň algoritmini ulanyp bolýar. Meseläniň çözüş algoritmi birnäçe ädimlerden ybarat.

1. Bitin san şertlerine garamazdan simpleks metod arkaly meseläniň optimal plany tapylýar. Eger-de optimal plan bitinsanly bolsa, onda hasaplamalary gutarýarlar. Bolmasa 2-nji ädime geçmeli.

2. Azatçlenler sütüninde has uly drob bölegini saklaýan setir üçin goşmaça çäklendirme düzyärlär.

Goşmaça çäklendirme şu görnüşde bolýar;

haçanda $q_i = b_i [b_j, q^{ay-t} ay]$ bolanda $-q_n x_r \dots -q_n x_n < -q_i$.
(q_j, q_y položiteliler, $[a]$ a-sanyň bitin bölegini aňladýar.)

3. Goşmaça çäklendirmäniň koeffisientlerini soňky simpleks-tablisa girizýärlär.

4. Goşmaça setiri çözme setiri diýip alýarlar.

S. Çözme elementi iki hilli simpleks-metod prinsipi boýunça saýlaýarlar.

ö. Ýönekeý simpleks-algoritm bilen peýdalanyp. indiki simpleks-tablisa geçýärlär.

Eger-de alynan çözüm bitinsnly bolmasa, onda 2-nji ädime geçýärlär.

My sal:

X_j -bitinler.

Şertlerinde $\max F = 3x_1 + x_2$ tapmaly.

Çözüwi:

$$5x_1 + 3x_2 \leq 25$$

$$7x_1 + 2x_2 \leq 15$$

| Bazis | C_6 | B | 3 | 1 | 0 | 0 |
|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|
| | | | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 |
| X_3 | 0 | 25 | 5 | 3 | 1 | 0 |
| X_4 | 0 | 15 | 7 | 2 | 0 | 1 |
| F | - | 0 | -3 | -1 | 0 | 0 |

| Bazis | C_6 | B | 3 | 1 | 0 | 0 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| | | | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 |
| X_3 | 0 | 100/7 | 0 | 11/7 | 1 | $-\frac{1}{5}$ |
| X_1 | 3 | 15/7 | 1 | 2/7 | 0 | $\frac{1}{/}$ |
| F | - | 45/7 | 0 | -1/7 | 0 | 3/7 |

3-nji tablisada optimal bitinsn däl plan alynan. B sütünde has uly drob bölegini saklaýan setir üçin goşmaça çäklendirme gurýarys. Biziň mysalymyzda q_1 - q_2 , şonuň üçin 2-siniň arasyndan isläp birini saýlamaly. Çäklendirmäniň koeffisientlerini ikinji setir üçin gurýarys:

$$q_2 - 15/2 - [15/2H/2; q_{21} = 7/2 - [7/2] = 1/2; \quad q_{2r} = 1 - [1] = 0;$$

q

$$q_3 = 0 - [0] = 0; \quad q_{24} = 1/2 \quad \text{Netijede}$$

goşmaça çäklendirmeler alarys:

$$-(1/2) \quad x_1 O * X_3 - (1/2) x_4 + S_i = -1/2$$

| | | | | | | | |
|--|--|--|---|---|---|---|---|
| | | | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 |
|--|--|--|---|---|---|---|---|

| Bazis | C_6 | B | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | Si |
|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|----|
| X_3 | 0 | 5/2 | -11/2 | 0 | 1 | -3/2 | 0 |
| X_2 | 1 | 15/2 | 11 | 1 | 0 | 1/2 | 0 |
| s | 0 | -1/2 | -1/2 | 0 | 0 | -1/2 | 1 |
| F | - | 105/14 | 1/2 | 0 | 0 | 1/2 | 0 |

goşmaça çäklendirmäniň koeffisientlerini simpleks-tablisa girizýäris

Çözme setiri diýip $S \setminus$ alarys we çözme sütün Xibolýar. Alynan çözme element (-1/2) indiki simpleks - tablisa geçäris.

| | | | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 |
|-------|-------|---|-------|-------|-------|-------|-----|
| Bazis | C_6 | B | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | s |
| X_3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 4 | -11 |
| X_2 | 1 | 4 | 0 | 1 | 0 | -3 | 7 |
| x, | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| F | - | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

5 - nji tablisanyň hemme elementleri bitin. Bu plan optimal we optimal plan boýunça

$$S; \quad \mathbf{x} \mathbf{i} = \mathbf{1}; \quad x_2 = 4; \quad x_3 = 3; \\ x_4 = 0;$$

Tema: Matrisa oýunlar teoriýasy Oýunyň aşaky we ýokarky bahasy.

$$m \times n \text{ ölçegi} \quad A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} \text{ matrisaly oýna}$$

seredeliň.

Matrisanyň setirleri A_i strategiýalar sütünleri B_j strategiýalary

a_{ij} Matrisanyň elementleri A oýunçysynyň utuşy eger ol A_i strategiýany saýlan bolsa, Eger B_j strategiýany saýlan bolsa, onda B oýunçysynyň utuşy.

Goý, A oýunçy A_i strategiýany saýlan bolsun, onda erbet ýagdaýynda, mysal üçin B oýunça saýlama belli bolsa ol

$\min_j a_{ij}$ utuşy alar. Şeýle mümkinçiligi göz önünde tutyp, oýunçy şeýle strategiýany saýlamaly, ýagny minimal utuşyny maksimallaşdyrmaly

$$\alpha = \max_i \min_j a_{ij}$$

α ululyk A oýunçynyň kepilleşdirilen utuşy oňa oýnuň aşaky bahasydyr.

B oýunçy strategiýany saýlap, ýagny käbir B_j strategiýany saýlap, onuň utulyşy matrisanyň jsütüniniň elementiniň bahasyndan maksimal bahany alýar we ol

$$\max_j a_{ij} \text{ deňdir.}$$

$\max_j a_{ij}$ köplüğe seredeliň, j-ň dürli bahalary üçin
maksimal utulyş β -nyminimumlaşdyrmaly,onda alarys:

$$\beta = \min_j \max_i a_{ij}$$

β oýnuň ýokarky bahasy diýilýär.A oýunçynyň utşy onuň
aşaky we ýokarky bahasy bilen çäklenen

$$\alpha \leq \beta \leq \beta$$

Eger $\alpha = \beta$ bolsa, onda A oýunçynyň utuşy kesgitli san we
matrisany a_{ij} elementine deň.

Mysal 1

Barlen matrisaly oýny derňemeli

$$A = \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ 2 & 3 \\ -4 & 2 \\ 1 & -2 \end{pmatrix}$$

Çözülişi:

*Matrisanyň setirinde a_{ij} minimal bahasy degişlilikde –
1; 2; -4; -2 deň*

Maksimal baha 2deň

α -aşaky baha 2deň

$$\alpha = \max\{-1; 2; -4; -2\} = 2$$

Sütünlerde maksimal baha 2;3

Bularyň minimal bahasy 2 deň

$$\beta = \min\{2, 3\} = 2$$

Şeýlelikde $\alpha=\beta=2=V$ -oýnuň bahasy. Barlen oýnuň çözüwi A_2 strategiýaly A oýunçyny saýlamakda, ýagny onuň utuşy 2-den kiçi däl.

B oýunçy üçin optimal strategiýa B_1 bolýar. Onuň utulyşy 2-den uly däl.

Mysal 2

$$A = \begin{pmatrix} 2 & -3 & 4 & -5 \\ -3 & 4 & -5 & 6 \\ 4 & 5 & 6 & 7 \end{pmatrix} \quad \text{matrisaly oýnuň aşaky we ýokarky}$$

bahasyny tapmaly çözüwi:

Oýnuň aşaky bahasy.

$$\alpha = \max_i \min_j a_{ij} = \max_i \alpha_i$$

$$\alpha_1 = \min \{2; -3; 4; -5\} = -5;$$

$$\alpha_2 = \min \{-3; 4; -5; 6\} = -5;$$

$$\alpha_3 = \min \{4; -5; 6; -7\} = -7$$

Şeýlelikde $\alpha = \max_i \alpha_i = \max \{-5; -5; -7\} = -5$ Oýnuň ýokarky

bahasy

$$\beta = \min_j \max_i a_{ij} = \min_j \beta_j$$

$$\beta_1 = \max \{2; -3; 4\} = 4;$$

$$\beta_2 = \max \{-3; 4; -5\} = 4;$$

$$\beta_3 = \max \{4; -5; 6\} = 6$$

$$\beta_4 = \max \{-5; 6; 7\} = 7$$

$$\beta = \max_j \{4; 4; 6; 7\} = 4$$

A oýunçy üçin optimal strategiýa A_1 we A_2 , utuş – 5-den az däl. B oýunçy üçin optimal strategiýa B_1 we B_2 . Utulyşy – 4-den uly däl.

2×2 we $2 \times n$ ($m \times 2$) oýunlaryň çözüwi

Bu oýun iň ýönekeý matrisaly oýundyr, ýagny her oýunçy iki strategiýasy bar.

Goý, A matrisa şu aşakdaky görnüşe eýe bolsun.

$$A \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$$

Eger erbet nokady ýok bolsa, onda oýnuň çözülişi gatyşyk

$$\begin{cases} X = (x_j; x_2) \\ Y = (y_i; y_2) \end{cases} \text{ stratgiýaly bolar.}$$

Matrisaly oýnuň esasynda görä $X = (x_i; x_2)$ optimal strategiýany ulanmak A oýunçy üçin δ utuşy B oýunçysynyň islendik strategiýasy bilen alynýar:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{21}x_2 = v \\ a_{12}x_1 + a_{22}x_2 = v \end{cases}$$

$x_1 + x_2 = 1$, onda çözüwi:

$$x_1 = \frac{a_{22} - a_{21}}{a_{11} + a_{22} - a_{12} - a_{21}}; \quad x_2 = \frac{a_{11} - a_{12}}{a_{11} + a_{22} - a_{12} - a_{21}}$$

Bu bahalary deňlemeler ulgamynda goýup alarys:

$$v = \frac{a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21}}{a_{11} + a_{22} - a_{12} - a_{21}}$$

Meñzeşlikde alarys:

$$\begin{cases} a_{11}y_1 + a_{12}y_2 = v \\ a_{21}y_1 + a_{22}y_2 = v \end{cases}$$

B oýunçy üçin optimal strategiýany alarys:

$$y_1 = \frac{a_{22} - a_{12}}{a_{11} + a_{22} - a_{12} - a_{21}}; \quad y_2 = \frac{a_{11} - a_{21}}{a_{11} + a_{22} - a_{12} - a_{21}}$$

Mysal

Berlen matrisaly oýny derňemeli we çözmeli.

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 \\ -2 & 1 \end{pmatrix}$$

çözülüşi:

berlen matrisany erbet nokadyny barlaýas.

$$\alpha = \max_i \min_j a_{ij} = \max \{-1; 1\} = 1$$

$$\beta = \min_j \max_i a_{ij} = \min \{2; 3\} = 2$$

$\alpha \neq \beta$ onda oýnuň çözülüşi gatyşyk optimal strategiýalar bolar, oýnuň bahasy bolsa v bolar we ol $1 \leq v \leq 2$ çäklener. A oýunçy üçin optimal strategiýany aşakdaky deňlemeler ulgamynda alarys:

$$\begin{cases} -x_1 + 2x_2 = v \\ 3x_1 + x_2 = v \end{cases}$$

$$x_1 + x_2 = 1$$

$$x_1 = \frac{1}{5}; \quad x_2 = \frac{4}{5}; \quad v = \frac{7}{5}$$

Edil şuna meňzeşlikde B oýunçy üçin optimal strategiýany tapalyň.

$$\begin{cases} -y_1 + 3y_2 = v \\ 2y_1 + y_2 = v \end{cases}$$

$$y_1 + y_2 = 1$$

$$y_1 = \frac{1}{5}; \quad y_2 = \frac{3}{5}; \quad v = \frac{7}{5}$$

Şeýlelikde oýnuň çözüwi bolup gatyşyk strategiýalar bolýar.

$$x = \left(\frac{1}{5}; \frac{4}{5}\right) \quad we \quad y = \left(\frac{2}{5}; \frac{3}{5}\right), \quad \text{oýnuň bahasy } v = \frac{7}{5} \text{ bolar}$$

Matrisa oýnuny simpleks usuly bilen çözmek

Berlen matrisaly.
$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}$$

Oýna seredeliň.

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_m), \quad y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$$

optimal strategiýalary tapmak çyzykly programmirlenmegiň ikeldilen meselesiniň çözülişine meňzeşdir.

Birinji oýunçy üçin meseläniň berlişi:

Berlen:

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} x_i \geq v \quad (j = \overline{1, n})$$

$$\sum_i x_i = 1; \quad x_i \geq 0 \quad (i = \overline{1, \dots, m})$$

şertlerde $\max F = v$ tapmaly.

Ikinji oýunçy üçin ikeldilen mesele.

Berlen
$$\sum_{j=1}^n a_{ij} y_j \leq v \quad (i = \overline{1, m})$$

$$\sum_j y_j = 1, \quad y_i \geq 0 \quad (j = \overline{1, n})$$

Şertlerde $\min F^1 = v$

v-ululyk oýnuň bahasy belli däl, $v > 0$. Eger

$a_{ij} \geq 0 \quad (i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n})$ bolsa, onda bu şert hemişe ýerine ýeter.

$a_{ij} \geq 0$ bolmagy üçin matrisany ähli elementlerine käbir

položitel M sany goşup alyp bolar.

Bu ýadgaýda oýnuň çözülişi üýtgemeyär, ýöne oýnuň bahasy M san artar.

Çäklenen ulgamy alalyň, onuň üçin (1) we (2) meseleleriň deňsizlikleriň ähli agzalaryny v sana bölüp we belgileme girizip alarys:

$$X_i^1 = \frac{x_i}{v}; \quad y_j^1 = \frac{y_j}{v}$$

$$\sum_i x_i = 1 \text{ we } \sum_j y_j = 1 \quad \text{şertlerden bolsa}$$

$$\sum_i x_i^1 = \frac{1}{v} \text{ we } \sum_j y_j^1 = \frac{1}{v} \quad \text{şertler alynar}$$

Netijede şu aşakdaky ikeldilen meseläni alarys:

Birinji oýunçy üçin berlen mesele:

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} x_i^1 \geq 1 \quad (j = \overline{1, n})$$

$$x_i \geq 0 \quad (i = \overline{1, m})$$

şertlerde $F = \sum_{i=1}^m x_i^1$ çyzykly funksiýanyň minimumy bolar ýaly

$x_1^1, x_2^1, \dots, x_m^1$ bahalary tapmaly.

Ikinji oýunçy üçin ikeldilen mesele

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} y_j \leq 1 \quad (i = \overline{1, m})$$

$$y_j \geq 0 \quad (j = \overline{1, n})$$

şertlerde $F = \sum_j y_j^1$ çyzykly funksiýanyň maksimumy bolar

ýaly $y_1^1, y_2^1, \dots, y_m^1$ bahalary tapmaly.

Şeýlelikde, oýny çözmek üçin çyzykly programmirlämäniň ikeldilen meselesi alynýar.

Mysal

Berlen matrisaly oýnuň çözüwini tapmaly.

$$A = \begin{pmatrix} -1 & 5 & 2 \\ 6 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Çözülüşi:

Oýnalýan matrisa otirisatel elementi bar $a_{11} = -1$. Matrisanyň ähli

elementlerine 1 goşýar. Alarys: $A = \begin{pmatrix} 0 & 6 & 3 \\ 7 & 1 & 2 \end{pmatrix}$

Çözmezden azal berlen matrisanyň eýer nokadyny barlaýarys.

$$\alpha = \max_i \min_j a_{ij} = 1; \quad \beta = \min_j \max_i a_{ij} = 3$$

$\alpha \neq \beta$, onda oýnuň çözüwi gatysyk optimal strategiýalar bolar, oýnuň bahasy $v = v + 1$ $1 \leq v \leq 3$ çäklener.

$X = (x_1, x_2)$ we $y = (y_1, y_2, y_3)$ optimal gatysyk strategiýalary tapmaklyk çyzykly programmirlenäniň ikeldilen meselesine meňzeş.

Birinji oýunçy üçin berlen mesele:

$$\min F^1 = x_1^1 + x_2^1$$

$$\begin{cases} 6y_2^1 + 3y_3^1 \leq 1 \\ 7y_1^1 + y_2^1 + 2y_3^1 \leq 1 \end{cases}$$

$$y_1^1 \geq 0; y_2^1 \geq 0; y_3^1 \geq 0$$

$$x_i^1 = \frac{x_i}{v}; y_j^1 = \frac{y_j}{v};$$

$$\min F^1 = \max F^1 = \frac{1}{v}$$

şertlerde $\max F = y_1^1 + y_2^1 + y_3^1$ tapmaly bu ýerde

berilen meseläniň birini çözüp, beýlekileriň çözüwini taparys.

Oýunçy üçin

| B | C | Azat agza | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
|----------|----------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | | y_1^1 | y_2^1 | y_3^1 | y_4^1 | y_5^1 |
| y_4^1 | 0 | 1 | 0 | 6 | 3 | 1 | 0 |
| y_5^1 | 0 | 1 | 7 | 1 | 2 | 0 | 1 |
| F^1 | - | 0 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 |

| B | C | Azat agza | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
|----------|----------|------------------|---------|----------------|----------------|---------|---------------|
| | | | y_1^1 | y_2^1 | y_3^1 | y_4^1 | y_5^1 |
| y_4^1 | 0 | 1 | 0 | 6 | 3 | 1 | 0 |
| y_1^1 | 0 | $\frac{1}{7}$ | 1 | $\frac{1}{7}$ | $\frac{2}{7}$ | 0 | $\frac{1}{7}$ |
| F^1 | - | $\frac{1}{7}$ | 0 | $\frac{-6}{7}$ | $\frac{-6}{7}$ | 0 | $\frac{1}{7}$ |

| B | C | Azat agza | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
|----------|----------|------------------|---------|---------|----------------|-----------------|---------------|
| | | | y_1^1 | y_2^1 | y_3^1 | y_4^1 | y_5^1 |
| Y_2^1 | 1 | $\frac{1}{6}$ | 0 | 1 | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{6}$ | 1 |
| y_1^1 | 1 | $\frac{5}{12}$ | 1 | 0 | $\frac{3}{14}$ | $-\frac{1}{42}$ | $\frac{1}{7}$ |
| F^1 | - | $\frac{2}{7}$ | 0 | 0 | $-\frac{2}{7}$ | $\frac{1}{7}$ | $\frac{1}{7}$ |

| B | C | Azat agza | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
|----------|----------|----------------|---------|----------------|---------|-----------------|---------------|
| | | | y_1^1 | y_2^1 | y_3^1 | y_4^1 | y_5^1 |
| Y_3^1 | 1 | $\frac{1}{3}$ | 0 | 2 | 1 | $\frac{1}{3}$ | 0 |
| y_1^1 | 1 | $\frac{1}{21}$ | 1 | $-\frac{3}{7}$ | 0 | $-\frac{1}{21}$ | $\frac{1}{7}$ |
| F^1 | - | $\frac{8}{21}$ | 0 | $\frac{4}{7}$ | 0 | $\frac{5}{21}$ | $\frac{1}{7}$ |

Soňky tablisada optimal çözüw alynýar:

$$y_1^1 = \frac{1}{21}; \quad y_2^1 = 0; \quad y_3^1 = \frac{1}{3}; \quad \max F^1 = \frac{8}{21}$$

bu ýerden alarys:

$$v = \frac{1}{\max F^1} = \frac{21}{8};$$

$$y_1 = y_1^1 \cdot v = \frac{1}{8};$$

$$y_2 = y_2^1 \cdot v = 0;$$

$$y_3 = y_3^1 \cdot v = \frac{7}{8};$$

şeylelikde II oýunçy üçin optimal strategiýa $y = \left(\frac{1}{8}; 0; \frac{7}{8}\right)$

soňky tablisanyň soňky setirden goşmaça y_4^1 we y_5^1 goşmaça üýtgeýänleriň garşysyndan I oýunçy üçin optimal strategiýany alarys:

$$x_1^1 = \frac{5}{21}; \quad x_2^1 = \frac{1}{7}; \quad x_1 = x_1^1 \cdot v = \frac{5}{8}; \quad x_2 = x_2^1 \cdot v = \frac{3}{8}$$

şeylelikde I oýunçy üçin optimal strategiýa $x = \left(\frac{5}{8}; \frac{3}{8}\right)$

Edebiýatlar

1. Türkmenistanyň Konstitusíasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşin täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşin täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, Halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhubelentligiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
6. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny). Aşgabat, 2009.
7. Türkmenistanyň Prezidentiniň «Obalaryň, şäherleriň, etrapdaky şäherçeleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşayyş şertlerini özgertmek boýunça 2020-nji

- ýyla çenli döwür üçin» Milli maksatnamasy. Aşgabat, 2007.
8. «Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry» Milli maksatnamasy. «Türkmenistan» gazetini, 2003-nji ýylyň, 27-nji awgusty.
 9. «Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy». Aşgabat, 2006.
 10. Перегудов Ф.И. Основы системного анализа. М.: 1989, -450 с.
 11. Дегтяров Ю.И. Исследование операций. М.: 1986, -320 с.
 12. Таха Х. Введение в исследование операций (в 2-х книгах). М.: 1985, 320 с.
 13. Вентцел Э.С. Исследование операций. М.: 1988, -320 с.
 14. Зайченко Ю.П. Исследование операций. К.: 1979, -380 с.

MAZMUNY

| | |
|--|----|
| GIRIŞ | 7 |
| Ulgamlaýyn derňewiň meseleleriniň häzirki zaman ýagdaýy. | 8 |
| Ulgamlaýyn derňewiň esasy düşüňjeleri. Problemleýin situasiýa we olary çözmäge çemeleşmeler. Ulgamlaýyn derňewiň algoritmy. Ulgamlaryň klassifikasiýasy. | 10 |
| Ýumşak ulgamlar metodologiýasynyň etaplary. Adammaşyn ulgamlaryň klassifikasiýasy. Sinergetikanyň esasy bölümleri | 13 |
| Dolandyrylýşyň ulgamlary we esaslary baradaky düşüňjeler. | 16 |
| Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlaryny gurmagyň esaslary. | 18 |
| Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlaryny işläp düzmegiň we ornaşdyrmagyň etaplary. | 22 |
| Dolandyrmagyň awtomatlaşan ulgamlarynyň maglumat üpjünçiligi. | 24 |
| EHM-de ulgamlaryň modelirlemegiň fiksasiýanyň | 27 |

| | |
|---|----|
| aýratynlyklary we netijelerniň statiki işläp taýýarlanylşy. | |
| Ulgamlary modelirmek netijeleri derňemek we interpretirmek (üýtgetmek). | 35 |
| Ulgamlaryň sintezinde modelirleme netijesinde alynana netijeleriň üstünde işlemegiň aýratynlyklary | 39 |
| Çyzykly programmirlemegiň umumy meselesi | 45 |
| Çyzykly programmirlemegiň umumy meselesiniň grafiki usulda çözülişi | 48 |
| Çyzykly programmirlemegiň umumy meselesiniň simpleks metody bilen çözmek . | 56 |
| Çyzykly programmirlemegiň transport meselesi. | 63 |
| Set grafiklerini gurmak we olaryň parametrlerini kesgitlemek. | 72 |
| Çyzykly programmirlemegiň bitin sanly meselesi. | 78 |
| Matrisa oýunlar teoriýasy Oýunyň aşaky we ýokarky bahasy. | 81 |