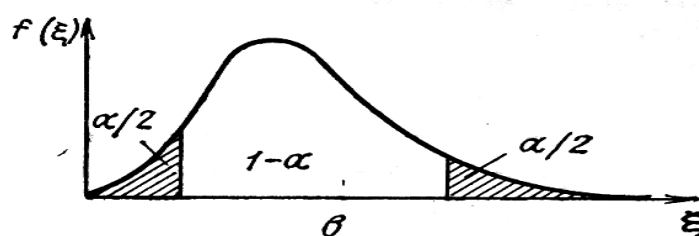
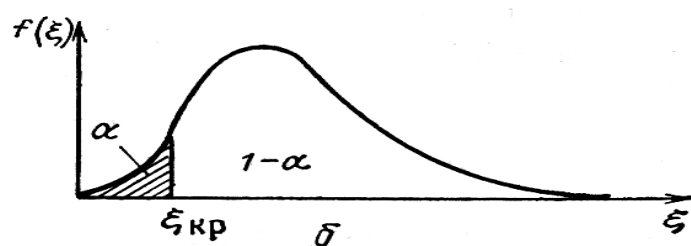
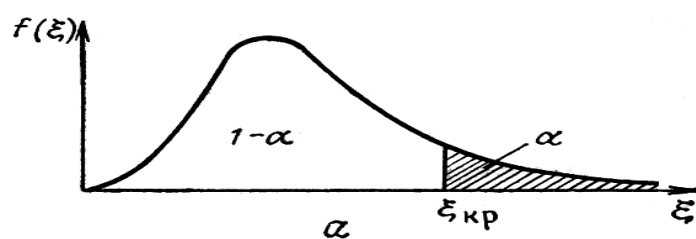


O`ROZOV N., MUXITDINOV M.M., AXUNOV Q.X., O`ROZALIEV G`.T.,
SIDDIQOV Z.X.

Jarayon va tizimlarni modellashtirish



**O`rozov N., MUXITDINOV M.M., AXUNOV Q.X., O`ROZALIEV G`.T.,
SIDDIQOV Z.X.**

JARAYON VA TIZIMLARNI MODELLASHTIRISH

O`zbekiston Respublikasi Oliy va o`rta maxsus ta`lim Vazirligi tomonidan texnika
oliy o`quv yurtlari uchun darslik
sifatida taqdim etilgan
(to`ldirilgan 2- nashri)

FARG`ONA – 2008

**O`ROZOV N., MUXITDINOV M.M., AXUNOV Q.X., O`ROZALIEV G`.T.,
SIDDIQOV Z.X.**

t.f.d. O`ROZOV N. taxriri ostida

JARAYON VA TIZIMLARNI MODELASHTIRISH.

Darslikda dastlabki faol, nafaol tajribalar o`tkazish masalalari yoritilgan. Jarayonlar va tizimlarni tadqiqot qilishning usullari va vositalari qarab chiqilgan.

Jarayon va tizimlarni modelashtirish fani bo`yicha o`quv rejasiga mos zaruriy hajmdagi modelashtirish usullari va algoritmlari keltirilgan.

Darslik 5521500 – «Priborsozlik» va 5521900 – «Axborot va axborotlashtirish texnologiyasi» bakalavrluk yo`nalishi bo`yicha ta`lim oluvchi talabalar hamda modelashtirish sohasida shug`ullanuvchi boshqa mutaxassislar uchun mo`ljallangan.

Taqrizchi:
Toshkent arxitektura
qurilish instituti
professori, t.f.d. A.M.Siddiqov

Oliy o`quv yurtlari uchun darslik.:
Farg`ona, «Farg`ona» nashriyoti; 2008 – 136 bet,
20 ta rasm, 24 ta jadval

MUNDARIJA

SO`Z BOSHI.....	7
KIRISH.....	8
I BOB. MODELLASHTIRISH HAMDA UNGA TAYYORGARLIK ISHLARI HAQIDA ASOSIY TUSHUNCHALAR.....	11
1.1. Ob'yektlarni matematik yozuvlari, matematik modellari.....	11
1.2. Matematik modellarni qurish usullari	12
1.3. Nofaol va faol tajriba.....	13
1.5. Keskin farq qiluvchi tajriba natijalarini chiqarib tashlash usullari	16
1.6. Tasodifiy miqdorlarning sonli xususiyatlari.....	18
1.7. Statistik farazlar va baholash mezonlari haqida tushunchalar	22
1.8. Jarayon yoki tizim dispersiyalarini meyoriy dispersiya bilan solishtirish ...	24
1.9. Ikkita dispersiyalarni solishtirish uchun noko`rsatkich mezon.....	25
II BOB. REGRESSION MATEMATIK MODELLAR	28
2.1. Faol tajribani rejalashtirish.....	28
2.2. Jarayon va tizimlarning kirish-chiqishdagi ko`rsatkichlari	31
2.3. Faktorlar asosiy sathlarining qiymatlarini tanlash	31
2.4. Bir faktorli chiziqli va ikkinchi tartibli regression matematik modellar.....	34
2.5. CHiziqli va kvadratik regression modellar qurishga doir misollar.....	40
2.6. Ko`p faktorli regression model qurish.	45
III BOB. KORRELYATSION MODELLAR.....	51
3.1. Bir faktorli korrelyatsion modellar	52
3.2. Ko`p faktorli chiziqli korrelyatsion modellar.	70
IV BOB. O`XSHASHLI MODELLAR	712
4. 1.O`xshashli hisoblash mashinasi (O`XM), uning tuzilmaviy sxemasi va unda yechiladigan masalalar	712
4.2. O`XM ning chiziqli matematik operatsiyalarni bajaruvchi qurilmalari	73
4.3. O`XM ning nochiziqli matematik operatsiyalarini bajaruvchi qurilmalari	77
4.4. Dinamik tizimlar va jarayonlarning matematik modellarni tadqiq qilish uchun O`XMda dasturlash usullari	823
4.5. Dasturlashning umumiy usuli.....	85
4.6. Kanonik shaklda dasturlash usuli.....	87
4.7. Masshtablarni tanlash. Uzatish koeffitsiyentlari va boshlang`ich shartlarni hisoblash	88
4.8. Masalalarni O`XM da yechish va tadqiqot qilishga tayyorlashga oid misollar	93
4.9. Differentsial tenglamalarni O`XMda yechish uchun ba`zi maxsus tayyorgarliklar	98
V BOB. TAQLIDIY MODELLAR	102
5.1. Taqlidiy statistik modelning asosiy elementlari va modellashtirishning umumiy sxemasi.....	102
5.2. Jarayonlarning taqlidiy statistik modellashtirishning umumiy sxemasi	104
5.3. Mashina tajribasi va modelning to`g`riligini tekshirish.....	105

5.4. Taqlidiy model asosida tarmoq ilmiy-texnik jarayonini boshqarish masalasi	106
VI BOB. BA'ZI MAHSULOT SIFAT KO'RSATKICHLARINI MODELLASH-	
TIRISH VA BOSHQARISHNING HOZIRGI DAVRDAGI HOLATI.....	1112
6.1. Ishlab chiqarilayotgan tsement va gazlama sifatini modellashtirish va boshqarishning hozirgi davrdagi holati.....	1112
6.2. Mahsulot sifatini modellashtirish asosida uni boshqarish samaradorligini oshirish omillari.....	1156
ADABIYOTLAR.....	1190
ILOVALAR.....	1201

SO`Z BOSHI

Ilmiy texnika taraqqiyoti hisoblash texnikasini keng qo'llanishi asosida jarayonlar va tizimlarni avtomatik hamda avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlaridan foydalanib, mamlakatimiz halq xo'jaligiga fan texnikaning eng yangi yutuqlarini keng-ko'lamda qo'llab borishni taqazo etadi.

Halq xo'jaligini muvaffaqiyatli boshqarish uchun ularning alohida sifat ko'rsatkichlarini hisobga olish etarli emas. Murakkab tizimlarni va jarayonlarni to'la tahlil qilish uchun texnik kibernetikaning usullarini keng qo'llash zarur bo'ladi. Ishlab chiqarishda tobora keng yoyilib borayotgan texnik-kibernetika tadbqiqiy fan bo'lib, bu fan nazariy kibernetika ishlab chiqqan vositalar bo'yicha murakkab jarayonlar va tizimlarni EXM yordamida, kompyuterlar yordamida boshqarish usullarini o'rganadi.

Hozirgi davrda modellashtirishning regression, korrelyatsion, o'xshash, taqlidiy, argumentlarni guruxlab hisobga olish usullari keng tarqalgan.

Matematik modellar ob'yektni nazariy va amaliy tahlil qilish natijasida yaratiladi. Tajribalarni matematik rejalashtirish usullari qaralayotgan jarayon yoki tizimning matematik modelini chiquvchi ko'rsatkichga ta'sir etuvchi faktorlarning o'zgarish miqyosida optimal usulda qurish imkonini beradi.

Texnika oliy o'quv yurtlarining ko'pchilik mutaxassisliklari bo'yicha «Modellashtirish» darslari kiritilib, bu darslarda har xil ob'yektlarning statik va dinamik modellarini qurish usullari va vositalari o'rganiladi.

Darslik 5521900 – «Axborot va axborotlashtirish texnologiyasi» va 5521500 - «Priborsozlik» yo'nalishlari bo'yicha ta'lim oluvchi talabalar, hamda modellashtirish sohasida shug'ullanuvchi boshqa mutaxassislar uchun mo'ljallangan.

Darslikning 2- nashrida kirilldan lotinga o'tilib, kamchiliklar tuzatilgan va to'ldirilgan.

KIRISH

Kibernetika fani «tirik mavjudodlar va mashinalar aloqasi hamda ularni boshqarish» haqidagi fan sifatida N. Viner tomonidan kashf etildi. Kibernetikaning tez taraqqiy etishi yana ba'zi bir unga yaqin fanlarni paydo bo'lishiga olib keldi. Lekin 60-yillarning boshlariga kelib kibernetikaning markazga intilma tezligi sekinlashdi. Bunda matematik modellash jarayoni hisoblash mashinalari va tarmoqlarni optimal konstruksiyalash kabi xilma-xil kibernetik masalalarni yechishda biriktiruvchi bo'g'inga aylandi. Matematik model – ob'yekt yoki jarayonning tenglama, tengsizlik, formula, jadval yoki grafik ko'rinishdagi ifodasidir. Kibernetika murakkab ob'yektlar aloqalarini va ularni boshqarishni modellash haqidagi umumiy, yagona fandır. N. Viner taobiri bo'yicha modellash, bu o'rganishdir.

Agar bitta faktorning qiymatlarini o'zgaruvchi deb qarab, qolganlarini shartli ravishda statsionar deb qarasak, bir faktorli matematik model qurishimiz mumkin. Agar hamma faktorlarni o'zgaruvchi deb qarasak, ko'p faktorli matematik modelga ega bo'lamiz. Matematik modellar o'z navbatida statik va dinamik matematik modellarga ajraladi. Agar modelning faktorlari ko'rsatkichlarga bog'liq bo'lsa, model regression model deyilib, bunday modelni qurish jarayoni regression tahlil deyiladi. Modelning faktorlari ham, o'zi ham tasodifiy bo'lsa, bunday model korrelyatsion model deyilib, model qurish jarayoni korrelyatsion tahlil deyiladi.

Agar modelning faktorlari ko'rsatkichga bog'liq bo'lsa, bunday model dinamik model deyiladi. Agar modelning faktorlari faqat bitta ko'rsatkichga bog'liq bo'lsa, bunday model markazlashgan ko'rsatkichli dinamik model deyiladi. Agar modelning faktorlari bittadan ortiq ko'rsatkichga bog'liq bo'lsa, bunday model taqsimlangan ko'rsatkichli dinamik model deyiladi. Markazlashgan ko'rsatkichli dinamik modellar oddiy differentsial tenglamalar tizimi bilan, taqsimlangan ko'rsatkichli dinamik modellar xususiy hosilali differentsial tenglamalar tizimi ko'rinishida ifodalanadi.

Modellashtirishning asosiy masalalari

Modellashtirishning maqsadi quyidagi amaliy masalalarni yechishdan iborat:

- 1) murakkab ob'yekt o'zgaruvchilari orasidagi o'zaro ta'sirni tizimli tahlil qilish;
- 2) ob'yektni strukturaviy va ko'rsatkichli identifikatsiyalash;
- 3) jarayonlarni sifat jihatdan (to'liq bo'lmagan) yoki miqdor jihatdan (atroflicha) uzoq muddatli bashorat qilish;
- 4) qaror qabul qilish va rejalashtirish.

O'zgaruvchilarning o'zaro ta'sirini tizimli tahlil qilish ob'yektni identifikatsiyalash ishidan oldin bajariladi. Bu narsa xususiyatli o'zgaruvchilar to'plamini topishga imkon beribgina qolmay, balki ularni chiquvchi miqdorlar va ta'sir etuvchi faktorlarga ajratish imkonini ham beradi.

Identifikatsiyalashda chiquvchi miqdorlar berilgan bo'lib, hamma elementlarning tuzilmasini topish va ko'rsatkichlarni baholash talab etiladi. Identifikatsiyalash natijasida tekshirilayotgan ob'yektning qonuniyatlari ochiladi. Aniqligi kam bo'lgan ma'lumotlar bo'yicha identifikatsiyalashda ob'yektning

ta'sir etish usuli aniqlanib, qisqa muddatli bashorat qilish masalasini yechish mumkin bo'ladi.

Inson sezgilari orqali faqat qisqa muddatli bashoratlar qilishi mumkin. Odamlarning ob-havoni hech qanday differentsial tenglamalarsiz bashorat qila olishlari shu bilan izohlanadi.

Aniq bo'lmagan ma'lumotlar bo'yicha aniq miqdoriy bashorat qilish masalalari maxsus, o'zi boshqariladigan modellashtirish uslublari yordamida hal etiladi.

Axborotlar nazariyasi va avtomatik boshqarish nazariyasiga asoslangan modellashtirish uslublari. Matematik modellar qayta-qayta kuzatish natijalarini solishtirish yoki tajribalar natijalarini ishlab chiqish bo'yicha qurilishi mumkin. Birinchi usul taqlidiy modellashtirish deyilib, ikkinchi usul tajriba yoki o'zi boshqariladigan modellashtirish usullari deb ataladi.

Taqlidiy modellashtirish uslubi avtomatik boshqarish nazariyasiga asoslangan.

Axborotlar nazariyasiga asoslangan modellashtirishda ba'zi extimolli ta'sirlar ham hisobga olinadi. O'zi boshqariladigan modellashtirish uslubi ham axborotlar nazariyasiga asoslangan.

Matematik model qurishda avtomatik boshqarish nazariyasi va axborotlar nazariyasini bir vaqtda qo'llash qurilgan model aniqligini oshirish imkonini beradi. Umumlashgan uslub qo'llanilganda noaniq elementlar tajriba natijalari bo'yicha olinib, aniq elementlar model muallifi tomonidan beriladi. Bunda model aniqligining oshishi qarama-qarshi farazlarning yeyilishi hisobiga ro'y beradi.

Fizik jarayonlarning dinamik modellarini qurish bosqichlari quyidagilardan iborat:

1. ob'yektda kuzatish natijalarini hisobga olish. Bunda jadvalning maksimal qadami ob'yektning shart-sharoiti bo'yicha aniqlanadi.
2. Model qurish uslubini tanlash.
3. Uzluksiz jarayonni diskret analog bilan almashtirish.
4. Model koeffitsiyentlarini baholash va moslashtirish.

Qurilgan model bahosining mezonlari – amaliyotdir. Modellashtirish uslublari uning soddaligi, arzonligi aniqligini oshirish imkoniyatlari bilan baholanadi.

Hozirgi davrda dinamik taqsimotlarni amalga oshirishda EXM, o'xshash hisoblash mashinalari (O'XM) va kompyuterlardan foydalanib, mashinada modellashtirish uslublari qo'llanilmoqda.

Kompyuterda modellashtirishda dinamik xususiyatlar displeyda, O'XM da esa ostsillografda hosil qilinadi. SHunday qilib, modellashtirish atamasi odam va hisoblash texnikasi orasidagi aloqa shaklini aks ettiradi.

Mashinada modellashtirish asosan avtomatik boshqarish tizimlarini tadqiqot qilishda keng tarqalgan. Bunday jarayonlar tuzilmaviy modellashtirish deyiladi.

Modellashtirish san'ati – iloji boricha soddaroq model qurib to'g'ri natijalar olishdir. SHuning uchun yangi masalalar qo'yilishida modellashtirish sanoati juda yaxshi samaralar beradi.

O'XMning afzalligi shundaki, yechimlar berilgan vaqt oralig'ida uzluksiz tarzda berib boriladi. Bundan tashqari O'XMda yechimlarni sekinlashtirilgan yoki

tezlashtirilgan vaqt bo'yicha berish mumkin. Modellashtirish jarayonining bir qismini EXMda, bir qismini O`XM da bajarish model samaradorligini oshirish imkonini beradi. O`XM qurilmalarining murakkabligi unda yechiladigan masalalarning murakkabligiga to'g'ri proporsionaldir. O`XM va EXMdan bir vaqtda foydalanilganda masalaning dinamik xususiyatlari O`XMga yuklatilsa, boshqarish funktsiyalari, mantiqiy axborotlarni ishlab chiqish, ko'p o'zgaruvchili funktsiyalarni generatsiyalash, vaqt bo'yicha kechikish jarayonini modellashtirish kabi operatsiyalarni bajarish EXMga yuklatiladi. Lekin O`XM va EXMning bir vaqtda ishlashi hamma vaqt ham samara beravermaydi.

Dinamik tizimlarni tuzilmaviy o'xshash modellashtirish printsipligiga yaqin bo'lgan dasturga asoslangan raqamli modellashtirish uslubi ko'zlangan maqsadga tezroq olib keladi. Bunda modelga elementlarni va ularni qo'shilish shartlarini modellashtiruvchi tizim o'rnatiladi. Odatda bu elementlar tizimi O`XM operatsion elementlariga o'xshash tanlab olinadi. Bunda tillar tizimi funktsional bloklar dasturlari va bu dasturlarini tartibga solib turuvchi dasturlardan iborat bo'ladi. Dasturli-tuzilmaviy modelning kamchiliklaridan biri translyatorlar tufayli EXM ishlashi samaradorligining pasayishi, uning hotira zaxirasining yetishmay qolishidir. Bunday kamchiliklarni bartaraf etish uchun ko'p protsessorli EXMlar yaratilgan.

Umumiy holda matematik model qurish jarayoni quyidagi algoritm bo'yicha bajariladi.

1. **Ilmiy tadqiqot ob'yektini tanlash.** Bunda qaralayotgan ob'yektni modellashtirish zarurligi, dolzarbligi, iqtisodiy samara berishi, modellashtirish imkoniyatlari hisobga olinadi.

2. **ob'yektni o'rganish.** Bu bosqichda ob'yektning tuzilish konstruktsiyasi, texnologik, fizik-ximik jarayonlari o'rganiladi. Bir qarashda farqi juda kam ko'rilgan jarayonlar izchillik bilan o'rganiladi.

3. **ob'yektni tuzilmaviy sxemasini tuzish.** Bunda o'rganilayotgan ob'yekt shartli ravishda bo'g'inlarga ajratiladi.

4. **alohida bo'g'inlarning matematik ifodasini tuzish.** Bunda jarayon, bo'g'inlarga mos keladigan umumiy tenglamalar, tengsizliklar va jadvallar ko'rinishida yoziladi. Ularni yechish algoritmlari ishlab chiqiladi.

5. **Bo'g'inlar tenglamalarining ko'rsatkichlarini aniqlash.** Bunda ob'yektni fizik, ximiyaviy xossalari, sifat ko'rsatkichlari, geometrik o'lchamlari aniqlanib ularni o'lchash yoki hisoblash algoritmlari yoziladi.

6. **ob'yekt tenglamalarini tuzish va tahlil qilish.** Bu bosqichda bo'g'inlar tenglamalari bir-birlari bilan bog'lanib, chegaraviy shartlar, boshlang'ich shartlar, o'zgaruvchilarning mumkin bo'lgan o'zgarish oraliqlarini hisobga olgan holda ob'yekt modelini qurish algoritmlari ishlab chiqiladi.

7. **Masalani yechish uslublarini tanlash.** Bunda ob'yektning qanday tabiat qonunlariga bo'ysunishi, texnik-iqtisodiy imkoniyatlar va qo'yilgan maqsadni hisobga olib u yoki bu modellashtirish uslubi qo'llaniladi.

8. **Modelning aniqligini baholash.** Modelning maqsadga erishish bo'yicha qo'yilgan talabni qanoatlantiradigan darajada bo'lishi ta'minlanadi.

I BOB. MODELLASHTIRISH HAMDA UNGA TAYYORGARLIK ISHLARI HAQIDA ASOSIY TUSHUNCHALAR

1.1. Ob'yektlarni matematik yozuvlari, matematik modellari

Jarayon va tizimlar asosan murakkab operatsiyalarni bajarishni talab etadigan kategoriyani tashkil etadi. Bunday ob'yektlar odatda ko'p sonli o'zaro bog'langan faktorlar, nazorat qilish mumkin bo'lgan ta'sirlar, ba'zi faktorlarni o'lchash xatoliklari va vaqt mobaynida tasodifiy o'zgarishlar bilan baholanadi. SHuning uchun jarayon va tizimlarni ilmiy tadqiqot qilish quyidagi maqsadlarni ko'zlaydi:

- 1) jarayon yoki tizimning mohiyati va qonuniyatlarini ochish;
- 2) ob'yektning optimal ishlashi yo'lini aniqlash;
- 3) ob'yektning statik va dinamik xususiyatlarini aniqlash va shunga o'xshashlar.

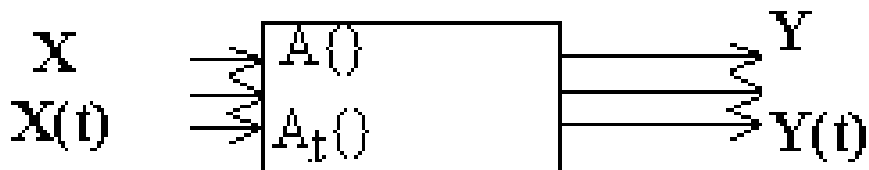
Tadqiqot natijalari jadval, grafik va tenglamalar ko'rinishlarida bo'lishi mumkin.

Hozirgi davrda jarayonlar va tizimlarni keng miqyosda avtomatlashtirilayotganligi tufayli ularning matematik yozuvlarini ishlab chiqishga katta ahamiyat berilmoqda. Jarayon yoki ob'yektning matematik yozuvi- bu kiruvchi va chiquvchi faktorlar orasida bog'lanishni o'rganuvchi matematik modeldir, ya'ni

$$Y=A\{X\}, \quad (1.1)$$

bunda Y – jarayon va tizimning chiquvchi ko'rsatkichlari. Ko'pincha bu ko'rsatkichlarni optimallashtirish mezoni (kriteriysi), maqsad funktsiya, «qora yashik»ning chiqish ko'rsatkichlari yoki dinamik tizimning reaksiyasi deb ataladi; X - kiruvchi ko'rsatkichlar (faktorlar) to'plami. Kiruvchi faktorlar argumentlar, kirish ko'rsatkichlari, «qora yashik» ning kirish ko'rsatkichlari yoki ob'yektga tashqi ta'sir etuvchilar deb ham ataladi; $A\{\}$ - simvol jarayon yoki tizimning matematik modelidir.

Jarayon yoki tizim matematik modelining blok sxemasi 1.1- rasmda keltirilgan. Bunda $X_1, \dots, X_i$ – kiruvchi ko'rsatkichlar (faktorlar); $Y_1, \dots, Y_i$ - chiquvchi ko'rsatkichlar; $A_1\{\}, \dots, A_i\{\}$ – operator yoki dinamik xususiyatlar.



1.1- rasm. Jarayon yoki tizimning umumlashgan modeli

Jarayon yoki tizimning matematik modelini qurish va uning boshqarish algoritmini ishlab chiqish ob'yektini avtomatik sozlash va nazorat qilishga zamin yaratadi.

Matematik model yordamida olinishi mumkin bo'lgan natijalarni oldindan bashorat qilish, kiruvchi faktorlarning ta'sir darajasini aniqlash, kuchliroq ta'sir etadigan ko'rsatkichlarni nazorat qilish va zarur darajada ushlab turish, jarayon yoki tizimni optimallashtirish masalalarini yechish mumkin. Matematik modelning yo'qligi va ob'yektning dinamik xossalarini yetarlicha bilmaslik jarayon yoki tizimni ko'r-ko'rona (intuitiv) boshqarishga majbur etadi.

Agar model jarayon yoki tizimni talab etilgan aniqlikda aks ettirsa, bunda qurilgan matematik model yaroqli (adekvat), aks holda yaroqsiz deyiladi.

Agar

$$A\{X+\Delta X\}=A\{X\}+A\{\Delta X\} \quad (1.2)$$

shart bajarilsa, matematik model chiziqli deyiladi.

1.2. Matematik modellarni qurish usullari

Jarayon va tizimlarni modellashtirishning nazariy va tajribaviy usullari mavjud.

Tabiiy fanlar qonuniyatlari, moddiy mos tushish (balans) tenglamasi va energetik mos tushish tenglamalaridan foydalanib, qurilgan matematik modellar nazariy usulga asoslangan modellar deyiladi. Mos tushish usuliga asoslangan modellar jarayon va tizimlarni soddaroq ko'rinishda aks ettiradi. Jarayon va tizimlarni hamma xususiyatlarini to'liq o'rganish mumkin bo'lganligi tufayli sof nazariya asosida matematik model qurish qator qiyinchiliklar tug'diradi. SHunga qaramay yangi jarayon va tizimlarni loyihalashda, kashfiyot tipidagi tadqiqot ishlarida nazariy modellashtirish usuli qo'llaniladi.

Jarayon va tizimlarni real ma'lumotni qayta ishlash asosida modellashtirish usuli-tajriba usuli deb ataladi. Bu usuldan jarayon va tizimlarni boshqarish algoritmlarini ishlab chiqishda foydalaniladi.

Masalalarni yechishda modellashtirishning nazariy va tajriba usullarini bir vaqtda qo'llash yanada aniqroq natijalarga olib keladi. Bunda ob'yektning tuzilish xususiyatlarini tahlil qilish asosida umumiy tenglamalar olish muammolari nazariy usul asosida modellashtirilsa, sonli tahlil, nazariy xulosalarni tekshirish muammolari tajribaviy usul asosida modellashtiriladi.

Tajribalar o'tkazilayotganda bir qator nazorat qilish va o'lchash qiyin bo'lgan faktorlar hisobga olinmasligi tufayli, tajriba natijalari tasodifiy xususiyatga ega bo'ladi.

Ob'yektlarni tajribalar o'tkazish yo'li bilan o'rganishda, tajribalar o'tkazilib, so'ngra olingan natijalar qayta ishlanadi.

Model qurishning bunday yo'li statistik usul deyiladi. Bu holda ob'yekt «qora yashik» deb atalgan kibernetik tizim sifatida qaraladi(1.1- rasm).

Jarayon va tizimlarni tajriba usuli asosida modellashtirishda quyidagi qiyinchiliklar paydo bo'lishi mumkin:

- 1) o'zaro bog'lanish va ko'pincha nazorat qilishning imkoni bo'lmaydigan ko'p sonli ko'rsatkichlarning mavjudligi;
- 2) tasodifiy xususiyatga ega bo'lgan noma'lum ta'sirlarning mavjudligi;
- 3) tajriba natijalarini qayta ishlashdagi qiyinchiliklar;
- 4) zaruriy o'lchov asboblarning yo'qligi;
- 5) uzoq vaqt davom etadigan jarayon va tizimlarda ish me'yoring buzilishi.

Matematik modellarni tajriba usuli asosida qurishda yuqorida ko'rsatilgan qiyinchiliklarni bartaraf etish yo'llarini hisobga olish zarur.

1.3. Nofaol va faol tajriba

Tajriba usuli asosida matematik model qurish uchun nofaol yoki faol tajribalar o'tkazilishi mumkin.

Agar tajriba jarayon yoki tizimga hech qanday o'zgartirishlar kiritmasdan o'tkazilsa, bunday tajriba nofaol tajriba deyiladi. Bunda ma'lumotlarni laboratoriyalarning hisobga olish daftarlaridan olish ham mumkin. Lekin, bu holda ma'lumotlarning real jarayondan talabga javob beradigan qilib olinishini ta'minlash zarur. Ma'lumotlar o'lchash asboblari ham olinishi mumkin. Bu holda ko'pincha uzluksiz ma'lumotlarni diskretlashtirishga to'g'ri keladi.

Hozirgi davrda nofaol tajriba asosida statistik modellar qurish usuli keng tarqalmoqda. Chunki katta o'lchovga ega jadval ma'lumotlarni olish qulayligi va arzonligi bilan birga, bu ma'lumotlarni tez va aniqroq qayta ishlash imkoniyatiga ega bo'lgan EXM lar va kompyuterlar paydo bo'ldi.

Lekin nofaol tajribalar o'tkazish yo'li bilan qurilgan matematik modellar hamma vaqt ham talab qilingan aniqlikni ta'minlayvermaydi. Ma'lumotlarni priborlardan olishda jarayon yoki tizim ishiga ta'sir etmaslik uchun vaqtni iloji boricha qisqartirish talab etiladi. Bu talab esa o'lchash aniqligini kamaytiradi. Bunday sharoitda model koeffitsiyentlarini aniqlashda faol tajriba o'tkazish maqsadga muvofiqdir, ya'ni bunday model qurish uchun ham faol, ham nofaol tajribalar o'tkaziladi.

Faol tajriba o'tkazishda kiruvchi faktorlarning qabul qilinishi mumkin bo'lgan qiymatlar oldindan rejalashtiriladi. Faol tajribalar o'tkazish mexanizmi yetarlicha mukammal ishlab chiqilgan.

Lekin faol tajriba o'tkazishning hamma vaqt ham imkoni bo'lavermaydi. Bunda kutilgan natijalarga erishmaslik katta-katta moddiy zararlarga olib kelib, model muallifining javobgarlikka tortilishiga sababchi bo'lishi mumkin.

Faol tajribalar o'tkazish uchun laboratoriya ishlari o'tkazish maqsadga muvofiqdir.

Faol yoki nofaol tajribalar o'tkazish yo'li bo'yicha qurilgan matematik modellarning kamchiligi, bu modellar kirish ko'rsatkichlarining o'zgarish sohasida yaroqli bo'lib, sohadan tashqaridagi qiymatlar uchun yaroqsiz bo'ladi. Bir jarayon yoki tizim uchun qurilgan matematik modelni umumlashtirib bo'lmaydi.

SHunday qilib, ob'yektning statik modelini qurishda matematik statistikaning quyidagi:

a) Nofaol tajriba o'tkazilganda – regression tahlil, korrelyatsion tahlil, tashkil etuvchi funktsiyalarni ketma-ket chiqarib tashlash usullari;

b) Faol tajriba o'tkazilganda – klassik yoki tajribaning bir faktorli rejasi, ortogonal va rotatable faktorli rejalar, markaziy kompozitsion rejalar, simpleks rejalar, D - optimal rejalar va tajribani ketma-ket rejalashtirish usullari qo'llaniladi.

ob'yektning dinamik modelini qurishda quyidagi usullardan foydalaniladi:

a) Faol tajriba o'tkazilganda – ma'lum ko'rinishdagi ta'sirlar berishga asoslangan usullar;

b) Nofaol tajriba o'tkazilganda – korrelyatsion, spektralp va dinamik regression tahlil usullari.

Matematik modelni qurish usuli tekshirilayotgan ob'yektning xususiyatlari, tekshirish masalasi va shartlari bo'yicha tanlanadi.

Ko'p faktorli murakkab jarayon yoki tizimlarning modellarini tajriba – statistik usullar orqali qurish katta hajmdagi hisoblash ishlarini bajarishni talab etadi. SHuning uchun matematik model qurishni rejalashtirgan tadqiqodchining EXM va kompyuterlarda ishlay bilishi maqsadga muvofiqdir.

1.4. Tajribani o'tkazishga tayyorgarlik

Tajribaning muvaffaqiyatli o'tkazilishi uni o'tkazish uchun ko'rilgan tayyorgarlikka chambarchas bog'liqdir.

Agar jarayon yoki tizimga yangi vositalar va usullar qo'llanilayotgan bo'lsa, ishlab chiqilgan va qabul qilingan usul bo'yicha tajriba sinovlari o'tkaziladi. Bunda tadqiqotchi zarur ko'nikma va tayyorgarlik oladi, ma'lumot beruvchi asboblarning ishlash qobiliyatini tekshiradi, tanlangan usul bo'yicha ishlash mumkinligini tekshiradi, hisobga olinmagan ta'sir etuvchi faktorlarni aniqlaydi va natijalarning xatolik darajasini bahoaydi. YAngi o'lchash qurilmalaridan foydalanganda ularning o'lchash aniqligini tekshiradi.

Tajriba sinovlarining natijalari bo'yicha tegishli tuzatishlar, o'zgartirishlar kiritiladi. Tajriba sinovlarida kutilmagan natijalar olinishiga qaramay, tajribalarni ko'rsatilgan usul bo'yicha oxirigacha olib borish zarur. Olingan natijalarni to'la tahlil qilingandan keyingina tajriba shartlari yoki o'tkazish usullarini o'zgartirilishi maqsadga muvofiqdir.

Tajribalarning bitta bosqichini oxirigacha faqat bitta tadqiqodchi o'tkazishi zarur, tadqiqodchining o'zgartirilishi sub'yektiv ma'lumotlar olinishiga sababchi bo'lishi mumkin. Ma'lumotlarni o'z vaqtida qayta ishlab chiqish ularning xaqiqiyliги yoki sun'iyliги haqida xulosa chiqarish imkonini beradi.

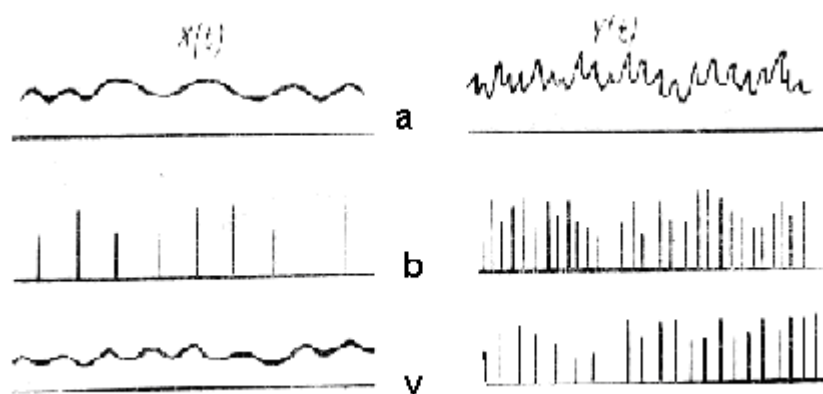
Tajribalarni o'tkazishda akademik A. F. Ioffe laboratoriyalarida ishlab chiqilgan, har bir tadqiqotchiga namuna bo'ladigan quyidagi qoidalarga rioya qilish foydalidir:

1. Tajriba o'tkazuvchi oldiga qo'yilgan masalaning nazariyasini bilishi shart.
2. Tajribani iloji boricha soddaroq vositalar yordamida o'tkazish zarur.
3. Hamma ishni o'zi uddalashi zarur. Hamma ishni o'z qo'li bilan bajarishi shart emas, lekin bilishi shart.
4. Tajribani kimgadir ishonib topshirib qo'yish mumkin emas.

5. Har qanaqa qiyinchiliklar tug'ilishiga qaramay qo'yilgan maqsadga erishish zarur.
6. Halollik – fanning qonuni. Natijalarni sun'iy lashtirishga hech qachon yo'l qo'yilmasligi kerak.
7. Natijalarga qarab, ruxiy ezilmaslik zarur. Birorta ham natija bo'lmasligidan ko'ra, bir nechta kutilmagan natijaga ega bo'lish afzal.
8. Agar uning yoshi sening yoshingdan kichikroq bo'lgan taqdirda ham aqlli odamning maslahatiga quloq sol.
9. O'zingni o'zing tanqid qilishni uddalay bil, o'z-o'zini tanqid qilish xatodan asraydi.
10. O'qi va o'rgan «Agar odamlar o'qimay qo'ysalar ular fikrlashdan to'xtaydilar» - Didro.

ob'yektning va qo'llanilayotgan o'lchash vositalarining xususiyatiga qarab kiruvchi va chiquvchi ko'rsatkichlarning qiymatlari uzluksiz yoki diskret ko'rinishda tasvirlanishi mumkin.

1.2 rasmda uzluksiz (a), diskret (b) va kombinatsiyalashgan (v) ko'rinishdagi o'lchash natijalarining grafiklari keltirilgan.



1.2- rasm. Ob'yektning kirish va chiqish ko'rsatkichlari haqidagi tajribalar ma'lumotlari grafiklari.

Qo'shimcha natijalarni EXM da qayta ishlash maqsadida uzluksiz ma'lumotlar diskretlashtiriladi. Bunda diskretlashtirish qoidalariga rioya qilish zarur.

Jarayon yoki tizimlarning kiruvchi va chiquvchi ko'rsatkichlari ko'pincha tasodifiy funktsiyalar ko'rinishida bo'ladi. Tajriba natijasida olingan tasodifiy bo'lmagan funktsiyalar to'plami tasodifiy funktsiyalarning realizatsiyasi deyiladi. Realizatsiyaga mos grafik diagramma yoki ostsilogramma deyiladi. Tasodifiy funktsiyalarni tadqiqot qilishda tasodifiy miqdorlar nazariyasi apparatidan foydalaniladi.

Tajriba natijalarini qayta ishlashda quyidagi ishlar bajariladi:

- 1) keskin farq qiluvchi tajriba natijalarini chiqarib tashlash;
- 2) o'lchash natijalarining tasodifiyligi va bog'liqligini tekshirish;
- 3) tasodifiy miqdorning sonli xususiyatlarini aniqlash;

O`rta qiymatni, dispersiyasini, o`rta kvadratik og`ishini, variatsiya koeffitsiyentini, tasodifiy miqdor taqsimotining ko`rinishini va bu xususiyatlar xatoligi va ishonchliligini aniqlash;

4) tasodifiy funktsiya taqsimotining ko`rinishini, korrelyatsion funktsiyasini, spektral zichligini aniqlash;

5) jarayonning paydo bo`lishini tekshirish;

6) Jarayon yoki tizimning statsionarligini tekshirish va ma'lumotlardagi yashirin davriylik qonuniyatlari borligini aniqlash.

1.5. Keskin farq qiluvchi tajriba natijalarini chiqarib tashlash usullari

Tajriba natijalarining ichida boshqalaridan o`ta katta yoki o`ta kichik bo`lgan ma'lumotlar uchrashi mumkin. Odatda bunday ma'lumotlar jadvaldan chiqarib tashlanadi, Masalan, tajriba o`tkazish natijasida chiquvchi ko`rsatkichning  $Y_1 Y_2 Y_3 \dots Y_i \dots Y_j \dots Y_{m-1} Y_m$  qiymatlarini olaylik va  $Y_i = Y_{min}$  bo`lsin. Agar Y_{min} va Y_{max} qiymatlar boshqa qiymatlardan keskin farq qilsa, ular o`rta qiymat va dispersiyaning me'yoridan chetga chiqib ketishlariga sabab bo`ladi.

Ma'lumotlarning keskin farq qiluvchi ekanligini aniqlash va chiqarib tashlash usullarini ko`rib chiqamiz.

Keskin farq qiluvchi ma'lumotlar imkoniyatlarini aniqlash usulining birinchi va eng ishonchlisi – ma'lumotlarni olish shartlarini tahlil qilishdir. Agar shart – sharoitlar me'yoridan yoki belgilangan rejadan sezilarli farq qilsa, ma'lumotning qiymati qanaqa bo`lishidan qat'iy nazar, u jadvaldan chiqarib tashlanadi.

Ikkinchi – statistik usul tajriba shartlari o`zgarishini aniqlash qiyin bo`lganda qo`llaniladi. Bu usulning mohiyati quyidagilardan iborat:

1. Ma'lumotlar jadvalining har bir satri uchun o`rta qiymat va dispersiyalar hisoblanadi.

$$\bar{Y} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Y_i \quad (1.3)$$

$$S^2\{Y\} = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (Y_i - \bar{Y})^2 \quad (1.4)$$

2. Smirnov – Grabs mezonlari hisoblanadi:

$$V_{xmax} = \frac{(Y_{imax} - \bar{Y})}{S\{Y\}} \sqrt{\frac{m}{m-1}} \quad (1.5)$$

$$V_{xmin} = \frac{(\bar{Y} - Y_{imin})}{S\{Y\}} \sqrt{\frac{m}{m-1}} \quad (1.6)$$

So`ngra V_{xmax} va V_{xmin} lar Smirnov – Grabs mezonining 1 – ilovadan topilgan $V_J [R_d, m]$ yoki $V_J [\alpha, m]$ jadval qiymati bilan solishtiriladi, bunda $\alpha=1-R_d$ – ahamiyatlilik darajasi, R_d – ishonchlilik extimoli. Agar $V_{xmax} > V_J$ va $V_{xmin} > V_J$ shartlar bajarilsa, shubxa qilinayotgan eng katta yoki eng kichik tajriba natijalari chiqarib tashlanadi. Agar jadvalda keskin farq qiluvchi qiymatlar bittadan ortiq bo`lsa, qarab chiqilgan usul ketma-ket bir necha marta qo`llaniladi.

Misol: faraz qilaylik, tajribalar o`tkazish natijasida quyidagi natijalar olinsin: 199; 239; 214; 229; 224; 234; 219; 300; 224; 218.

Keskin farq qiluvchi qiymatlarni chiqarib tashlash operatsiyasini bajaramiz.

$$\bar{Y} = \frac{2300}{10} = 230; \quad S^2(Y) = \frac{6552}{9} = 728;$$

$$V_{x_{\max}} = \frac{300 - 230}{\sqrt{728}} \sqrt{\frac{10}{10-1}} = 2,75.$$

1 - ilovadan $V_J[\alpha=0,05;m=10]=2,29$ va $V_J[\alpha=0,01;m=10]=2,54$ bo`lib,  $V_{x_{\max}} > V_J$  bo`lgani uchun 300 tajribalar jadvalidan chiqarib tashlanadi.

Agar $V_J[\alpha=0,05;m=10] < V_{x_{\max}} < V_J[\alpha=0,01;m=10]$ holat ro`y bersa tajriba o`tkazish shartlari obdon tekshirilib ko`riladi. Undan so`ng bajarilgan ishlar 239 uchun bajariladi.

Endi $Y_{\min}=199$ uchun hisoblash ishlarini bajaramiz.

$Y=300$ chiqarib tashlangan so`ng tajribalar soni  $m=9$  bo`ladi.

$$\bar{Y} = \frac{2000}{9} = 222; \quad S^2\{Y\} = \frac{1108}{9} = 138,5;$$

$$S\{Y\}=11,8; \quad V_{x_{\min}} = \frac{222 - 199}{11,8} \sqrt{\frac{9}{9-1}} = 2,06.$$

1 - ilovadan $V_J[\alpha=0,05;m=9]=2,24$.

$V_{x_{\min}} < V_J$ bo`lgani uchun 199 tajribalar jadvalidan chiqarib yuborilmaydi.

1.6. Tasodifiy miqdorlarning sonli xususiyatlari

Jarayon yoki tizimlarning ko`rsatkichlarini o`lchashda, tasodifiy miqdorlarning to`la xususiyatlari bo`lib, ularning taqsimot qonunlari (funktsiyalari) hisoblanadi.

Jadvalda jarayon va tizimlarni modellashtirishda tez-tez uchraydigan differentsial va integral taqsimot funktsiyalar, ularning o`zgarish sohasi, ko`rsatkichlari, sonli xususiyatlari keltirilgan.

Hisoblash ishlarini soddalashtirish maqsadida tasodifiy miqdorlarning asosiy sonli xususiyatlarini hisoblashdan oldin tajriba natijalari ustida ba`zi bir operatsiyalar bajariladi:

- 1) Agar tajriba natijalari kasr qiymatlardan iborat bo`lsa, ularni butun holga keltirish uchun biror songa ko`paytiriladi.
- 2) Agar tajriba natijalari bir-biridan faqat oxirgi bir necha raqamlari bilan farq qilsa, sonlarning oldingi bir xil bo`lgan raqamlari tashlab yuboriladi.

Misol: faraz qilaylik, jarayon yoki tizimning biror ko`rsatkichini o`lchash natijasida quyidagi natijalar olinsin: 8,35; 8,09; 8,93; 8,64; 8,37; 8,71; 8,19; 8,24; 8,64; 8,32.

Bunda sonlarni 100 ga ko`paytirib 800 ni ayirsak 35; 9; 93; 64; 37; 71; 19; 24; 64; 32 butun sonlarga ega bo`lamiz. Sonli xususiyatlarni hisoblab bo`lgandan keyin bajarilgan operatsiyalarga teskari operatsiyalar bajariladi, ya`ni natijaga 800 qo`shilib, 100 ga bo`linadi.

1.1-jadval.

Taqsimot-ning nomi	Taqsimot funktsiyalar	Tasodifiy miqdorning o'zgarish sohasi	Taqsimot parametrlari	Asosiy sonli xarakteristikalar
1	2	3	4	5
Gaussning normali	$f(Y) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(Y - \eta)^2}{2\sigma^2}\right]$ $F(Y) = \int_{-\infty}^Y \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \times \exp\left[-\frac{(Y - \eta)^2}{2\sigma^2}\right] dY$	$-\infty < Y < \infty$	$M\{Y\} = \eta;$ $-\infty < \eta < \infty$ $D(Y) = \sigma^2;$ $\sigma > 0$	$M\{Y\} = \eta;$ $D(Y) = \sigma^2;$ $K_A = 0; K_E = 3$
$Z = \frac{Y - \eta}{\sigma}$ Normal uchun	$f(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{Z^2}{2}\right) = \sigma f(Y)$ $F(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^Z \exp\left(-\frac{Z^2}{2}\right) dZ = 1/2 + \Phi(Z)$	$-\infty < Z < \infty$ $-\infty < Y < \infty$	$M\{Y\} = \eta;$ $D(Y) = \sigma^2;$	$M\{Z\} = 0;$ $D(Z) = 1;$ $K_A = 0; K_E = 3$
Puasson	$f(Y) = \frac{\lambda^Y}{Y!} e^{-\lambda}$ $F(Y) = \sum_{i=0}^Y \frac{\lambda^i}{i!} e^{-\lambda}$	$Y = 0, 1, 2$	$\lambda > 0$	$M\{Y\} = \eta = \lambda;$ $D\{Y\} = \sigma^2 = \lambda;$ $K_A = \frac{1}{\sqrt{\lambda}}; K_Y = \frac{1}{\lambda}.$
Logarifmik Normal	$f(Y) = \frac{1}{Y\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\ln Y - \mu)^2}{2\sigma^2}\right]$ $F(Y) = F(Z) = \frac{1}{2} + \hat{O}(Z)$ $\hat{O}(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^Z \exp\left(-\frac{1}{2} Z^2\right) dZ$	$0 \leq Y < \infty$	$-\infty < \mu = M\{\ln Y\} < \infty$ $0 < \sigma^2 = D\{\ln Y\}$	$M\{Y\} = \eta = \exp(\mu + 0,5\sigma^2) = e\mu\sqrt{\zeta};$ $D\{Y\} = \sigma^2 = (\zeta - 1)\exp(2\mu + \sigma^2) = (\zeta - 1)\eta^2;$ $\hat{E}_A = \sqrt{\zeta - 1}(\xi + 2);$ $\zeta = \exp\sigma^2;$ $K_E = (\zeta - 1)(\zeta^3 + 3\zeta^2 + 6\zeta + 6) + 3;$ $M_0\{Y\} = \exp(\mu - \sigma^2);$ $Me\{Y\} = \exp\mu.$
Gamma - taqsimot	$f(Y) = \frac{\lambda^\alpha}{\Gamma(\alpha)} Y^{\alpha-1} \exp(-\lambda Y)$ $F(Y) = \int_0^Y f(Y) dY$ $\Gamma(\alpha) = (\alpha - 1)!$	$0 \leq Y < \infty$	$\lambda > 0$ $\alpha > 0$	$M\{Y\} = \eta = \frac{\alpha}{\lambda};$ $D\{Y\} = \sigma^2 = \frac{\alpha}{\lambda^2};$ $K_A = \frac{2}{\sqrt{\alpha}}; K_Y = \frac{3(\alpha + 2)}{\alpha}$
Eksponen-tsial	$f\{Y\} = \lambda \exp(-\lambda Y)$ $F\{Y\} = 1 - \exp(-\lambda Y)$	$0 \leq Y < \infty$	$\lambda > 0$	$M\{Y\} = \eta = 1/\lambda;$ $D\{Y\} = \sigma^2 = 1/\lambda^2;$

				$K_A=2; K_E=9;$ $M_0\{Y\}=0;$ $Me\{Y\}=\ln 2/\lambda$
1	2	3	4	5
Ko`rsatkich darajali	$f(Y) = \frac{Y^\alpha}{\alpha!} \exp(-Y)$ $F(Y) = \frac{1}{\alpha!} \int_0^Y t^\alpha \exp(-t) dt$	$0 \leq Y < \infty$	$\lambda > 0$	$M\{Y\}=\eta=\alpha+1;$ $D\{Y\}=\sigma^2=\alpha+1;$ $\sigma_{\mathcal{A}} = \frac{2}{\sqrt{\alpha+1}};$ $K_{\mathcal{Y}} = \frac{3(\alpha-3)}{\alpha+1}$
Veybulla	$f\{Y\}=\alpha\lambda Y^{\alpha-1}\exp(-\lambda Y^\alpha)$ $F\{Y\}=1-\exp(-\lambda Y^\alpha)$	$0 \leq Y < \infty$	$\lambda > 0$ $\lambda=1/\beta > 0$	$M\{Y\}=\eta=\beta^{1/\alpha}G(1 + 1/\alpha);$ $D(Y)=\sigma^2=\beta^{2/\alpha}\{G(1 + 2/\alpha)-G^2(1+1/\alpha)\};$ $\hat{E}_{\hat{A}} = \frac{\mu_3}{D^3\{Y\}}; K_{\hat{Y}} = \frac{\mu_4}{D^2\{Y\}}$ $\mu_3=[G(1+3/\alpha)-3G(1+1/\alpha)G(1+2/\alpha)+2G^3(1+1/\alpha)]\beta^{4/\alpha};$ $\mu_4=[G(1+4/\alpha)-4G(1+3/\alpha)G(1+1/\alpha)+6G(1+2/\alpha)G^2(1+1/\alpha)-3G^4(1+1/\alpha)]\beta^{4/\alpha};$
Syudentning taqsimoti	$f(Y) = \frac{\tilde{A}[(n+1)/2]}{\tilde{A}(n/2)\sqrt{\pi n}} \times$ $\times (1+Y^2/n)^{-(n+1)/2}$ $F(Y) = S_n(t) = P(Yn < Y) =$ $= \int_{-\infty}^Y f(\xi) d\xi$	$-\infty < Y=t < \infty$ $t = \frac{x}{\sqrt{x^2/n}}$ $M\{x\}=0$ $D\{x\}=1$	$n > 0$	$M\{Y\}=0 \ (n \geq 2);$ $D\{Y\}=\sigma^2=n/(n-2)$ (bunda $n \geq 3$) $K_A=0$ $(n \geq 4); M_0\{Y\}=0$ $\hat{E}_{\hat{Y}} = \frac{3(n-2)}{n-4}$

Fisher – Snedekor- ning F – taqsimoti	$f(Y) = C \frac{Y(f_1/2) - 1}{(Yf_1 + f_2)^{(f_1+f_2)/2}}$ $C = \frac{\partial[(f_1 + f_2)/2] f_1^{f_1/2} f_2^{f_2/2}}{\partial(f_1/2) \partial(f_2/2)}$ $F(Y) = m(Y < t) = \int_0^t f(Y) dY$	$0 \leq Y = F < \infty$ $F = \frac{\chi_1^2 / f_1}{\chi_2^2 / f_2}$ $M\{x\} = 0$ $D\{x\} = 1$	$f_1 = n_1 - 1 > 0$ $f_2 = n_2 - 1 > 0$	$M\{Y\} - \eta = \frac{f_2}{f_2 - 2}$ $(\text{á óí ää} f_2 > 2)$ $D\{Y\} - \sigma^2 = \frac{2f_2^2(f_1 + f_2 - 2)}{f_1(f_2 - 2)^2(f_4 - 2)}$ $(\text{á óí ää} f_2 > 4)$ $M_0\{Y\} = \frac{(f_1 - 2)f_2}{f_1(f_2 + 2)}$
Beta – taqsimot	$f(Y) = \frac{\tilde{A}(\alpha + \beta)}{\tilde{A}(\alpha)\tilde{A}(\beta)} Y^{\alpha-1} (1-Y)^{\beta-1}$ $F(Y) = \frac{\tilde{A}(\alpha + \beta)}{\tilde{A}(\alpha)\tilde{A}(\beta)} \times \int_0^Y t^{\alpha-1} (1-t)^{\beta-1} dt$	$0 \leq Y < \infty$	$\alpha > 0$ $\beta > 0$	$M\{Y\} = \eta = \frac{\alpha}{\alpha + \beta}$ $D\{Y\} = \sigma^2 = \frac{\alpha\beta}{(\alpha + \beta)^2(\alpha + \beta + 1)}$ $K_A = \frac{2(\beta - \alpha)\sqrt{\alpha + \beta + 1}}{(\alpha + \beta + 2)\sqrt{\alpha\beta}}$ $M_0\{Y\} = \frac{\alpha - 1}{\alpha + \beta - 2}$ $3(\alpha + \beta + 1)[2(\alpha + \beta)^2 +$ $K_Y = \frac{+ \alpha\beta(\alpha + \beta - 6)]}{\alpha\beta(\alpha + \beta + 2)(\alpha + \beta + 3)}$
Teng o`lchamli to`g`ri burchakli	$f(Y) = \frac{1}{Y_2 - Y_1}$ $F(Y) = \frac{Y - Y_1}{Y_2 - Y_1}$ $F(Y) = 1 \text{ bunda } Y > Y_2$	$Y_1 \leq Y < Y_2$	$Y_1; Y_2;$	$M\{Y\} = \eta = (Y_1 + Y_2) / 2;$ $D(Y) = \sigma^2 = (Y_2 - Y_1)^2 / 12;$ $K_A = 0; K_E = 1,8$
Pirsonning χ^2 -kvadrat	$f(Y) = \frac{1}{2^{n/2} \Gamma(n/2)} Y^{n/2-1} e^{-Y/2}$ $F(Y) = m(\chi_n^2 < Y) = \int_0^Y f(t) dt$	$0 \leq Y = \chi^2 < \infty$ $\chi^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2$ $M\{x\} = 0$ $D\{x\} = 1$	n	$M\{Y\} = \eta = n;$ $D(Y) = \sigma^2 = 2n;$ $K_A = 2\sqrt{2/n};$ $K_E = (12/n) + 3$ $M_0\{Y\} = n - 2$ $(\text{bunda } n > 2)$

Tasodifiy miqdorlarning asosiy sonli xususiyatlari o`rta qiymat (matematik kutilish), dispersiya va variatsiya koeffitsiyentlaridir. O`rta qiymat tasodifiy miqdor taqsimotining markazini aniqlaydi. O`rta qiymat o`rta arifmetik ko`rinishida hisoblanadi va  $M\{Y\} = \bar{Y}$  ko`rinishida belgilanadi.

Dispersiya - tasodifiy miqdor qiymatlarining o`rta qiymat atrofida taqsimlanishini xarakterlaydi va  $\delta^2\{Y\}$  bilan belgilanadi.  $\delta^2\{Y\} = S^2\{Y\}$  formuladan hisoblanadi. Bunda  $\delta\{Y\} = \sqrt{\delta^2\{Y\}}$  - o`rta kvadratik og`ish deyiladi.

Tajribalar soni kichik ($m < 30$) bo`lganda dispersiya

$$S^2\{Y\} = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (Y_i - \bar{Y})^2; \quad (1.7)$$

yoki

$$S^2\{Y\} = \frac{1}{m-1} \left[\sum_{i=1}^m Y_i^2 - m\bar{Y}^2 \right]; \quad (1.8)$$

yoki

$$S^2\{Y\} = \frac{1}{m-1} \left[\sum_{i=1}^m Y_i^2 - \frac{1}{m} \left(\sum_{i=1}^m Y_i \right)^2 \right]. \quad (1.9)$$

formulalar bo`yicha hisoblanadi.

Variatsiya koeffitsiyenti - tasodifiy miqdorning nisbiy taqsimotini xarakterlaydi. $V\{Y\}$ yoki $CV\{Y\}$ ko'rinishda belgilanadi va

$$\tilde{N}V\{Y\} = V\{Y\} = \frac{S\{Y\}}{\bar{Y}}. \quad (1.10)$$

formula bo'yicha hisoblanadi.

Ba'zan foiz ko'rinishda ham hisoblanadi va kvadratik notekislik deyiladi.

$$\tilde{N}\{Y\} = \frac{S\{Y\}}{\bar{Y}} \cdot 100. \quad (1.11)$$

Agar tajribalar soni 30 dan ortiq bo'lsa, hisoblashni osonlashtirish uchun «ko'paytirish uslubi» yoki «shartli nolg' Y_0 dan boshlab hisoblash usuli» qo'llaniladi. Bunda tajriba natijalari intervallarga ajratiladi. m ga bog'liq ravishda intervallar soni quyidagicha hisoblanadi. m va K orasidagi bog'lanish quyidagi formula orqali topiladi yoki m va K orasidagi bog'lanish 1.2-jadvalda ham keltirilgan.

$$\left. \begin{aligned} k &= 3,332 \lg m + 1, \quad 50 < m < 200 \\ k &= 4\sqrt[5]{0,75(m-1)^2}, \quad m > 200 \end{aligned} \right\} \quad (1.12)$$

1.2-jadval

m	40-60	61-100	101-200	201-300	301-500	500 va undan ortiq
k	5-7	7-10	10-13	13-15	15-18	18-25

SHundan so'ng, intervalning miqdori aniqlanadi.

$$\Delta_y = \frac{Y_{\max} - Y_{\min}}{k}. \quad (1.13)$$

Δ_y ning qiymatiga qarab intervallarning chegaralari va intervallarning o'rtacha qiymatlari hamda har bir intervaldagi chastotalar (intervalga tushgan tajriba natijalari sonlari) aniqlanadi (1.3-jadval)

1.3-jadval

Interval chegarasi	Intervalning o'rta qiymati Y_i^*	CHasto ta m_i	y_i tasodifiy miqdorlar-ning nor-mallangan qiymati	$m_i y_i$	y_i^2	$m_i y_i^2$
$Y_{\min} \div Y_{\min} + \Delta_y$	Y_1^*	m_1	y_1	$m_1 y_1$	y_1^2	$m_1 y_1^2$
.....						
$Y_0^* - \frac{\Delta_y}{2} \div Y_0^* + \frac{\Delta_y}{2}$	Y_0^*	m_0	y_0	$m_0 y_0$	y_0^2	$m_0 y_0^2$
.....						
$Y_{\max} - \Delta_y \div Y_{\max}$	Y_k^*	m_k	y_k	$m_k y_k$	y_k^2	$m_k y_k^2$
Σ	—	$\Sigma m_i = m$	—	$\Sigma m_i y_i$	—	$\Sigma m_i y_i^2$

1.3-jadvaldan va «shartli nolg` usuli»dan foydalanib o`rta qiymat va o`rta kvadratik og`ishni hisoblaymiz

$$\bar{Y} = Y_0^* + \Delta_y \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m m_i y_i \quad (1.14)$$

$$S_y = S\{Y\} = \frac{\Delta_y}{\sqrt{m}} \sqrt{\sum_{i=1}^k m_i y_i^2 - \frac{1}{m} \left(\sum_{i=1}^k m_i y_i \right)^2}, \quad (1.15)$$

bunda $y_i = \frac{Y_i^* - Y_0^*}{\Delta_y}$ - ko`rsatkichning normallangan qiymati;  $Y_0^*$  - shartli nol, odatda  $m_i$  ning maksimal qiymatlari olinadi;  $Y_i^*$  -i-intervalning o`rta qiymati (1.11) formula bo`yicha kvadratik notekislik hisoblanadi. Kvadratik notekislik (%) foizlarda belgilanadi va (1.11) formuladan topiladi.

$$C = \{Y\} = \frac{S\{Y\}}{\bar{Y}} \cdot 100$$

Misol: 1.4 - jadvalda 200 ta tajribalar natijalari keltirilgan, bunda $\Delta_y=0.4$ va $Y_0^*=12.4$.

1.4-jadval

CHegaraviy qiymatlar	Y_i^*	m_i	y_i	$m_i y_i$	y_i^2	$m_i y_i^2$
10.6-11	10.8	8	-4	-32	16	128
11-11.4	11.2	10	-3	-30	9	90
11.4-11.8	11.6	15	-2	-30	4	60
11.8-12.2	12.0	41	-1	-41	1	41
12.2-12.6	12.4	42	0	0	0	0
12.6-13.0	12.8	40	1	40	1	40
13.0-13.4	13.2	24	2	48	4	96
13.4-13.8	13.6	17	3	51	9	153
13.8-14.2	14.0	3	4	12	16	48
Σ	—	200	—	+18	—	656

(1.11), (1.14) va (1.15) formulalardan foydalanib, quyidagi qiymatlarga ega bo`lamiz.

$$\bar{Y} = 12,4 + \frac{0,4 \cdot 18}{200} = 12,44;$$

$$S_y = \frac{0,4}{\sqrt{200}} \sqrt{656 - \frac{1}{200} (18)^2} = 0,72;$$

$$C\{Y\} = \frac{0,72 \cdot 100}{12,44} = 5,78 \, \%.$$

1.7. Statistika farazlar va baholash mezonlari haqida tushunchalar

Tajriba natijalarini qayta ishlashda ko`pincha ularning sonli xususiyatlari: o`rta qiymat, dispersiya va variatsiya koeffitsiyentlarining bir xil yoki har xil ekanligini aniqlash masalasi paydo bo`ladi. Bu holatga quyidagi hollarda duch kelish mumkin:

- 1) faktor darajasi o`zgarishining chiquvchi ko`rsatkichga taxsirini baholashda;
- 2) ob`yektning ikkita partiyasi xossalari solishtirishda;

- 3) ob'yekt ikki xil elementlarining tuzilmasi yoki tarkibini solishtirishda;
- 4) jarayon yoki tizimning statsionarligini aniqlashda;
- 5) tadqiqot ishlarining ikkita usulini solishtirishda.

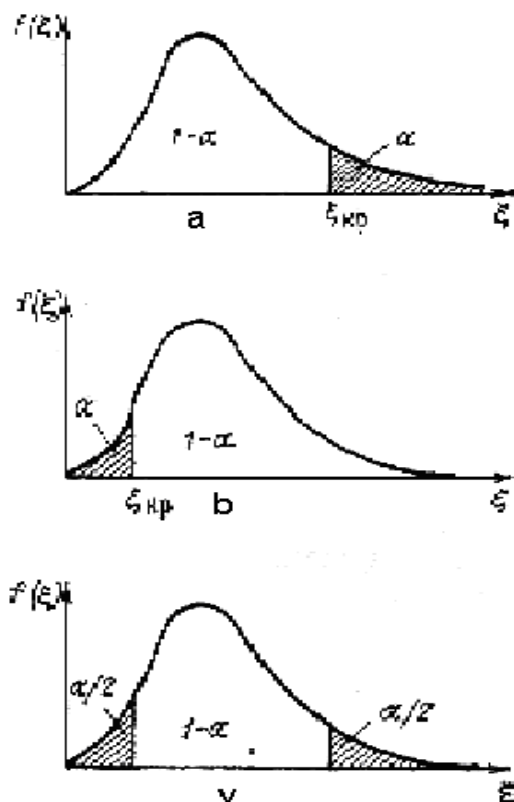
Bunday masalalarni faqat ma'lumotlarni statistik tahlil qilish va statistik farazlarni tekshirish asosida yechish mumkin.

Statistik farazlar ikkiga ajraladi: ma'lumotlarning sonli xususiyatlari haqidagi farazlar va taqsimotlarning qo'rinishi haqidagi farazlar.

Amalda birinchi ko'rinishdagi statistik farazlar ko'p uchraydi. Masalan, nolg' faraz $-N_0$: « θ_1 va θ_2 sonli xususiyatlarning tengligi haqida», yoki N_1 faraz: « θ_1 va θ_2 sonli xususiyatlarning teng emasligi haqida». Bunda natijalar extimoliy xususiyatga ega bo'ladi.

Matematik statistikada N_0 farazni tekshirishning ko'rsatkich va noko'rsatkich mezonlari mavjud.

Ko'rsatkich mezonlar, asosan, chiquvchi ko'rsatkichlarni o'lchash natijalari bir-birlariga bog'liq bo'magan va ular normal taqsimot qonuniga bo'ysunganlarida qo'llaniladi. Bu shartlar bajarilganda ko'rsatkich mezonning quvvati yetarlicha yuqori bo'ladi. Aks holda N_0 faraz noto'g'ri bo'lganda ham uni qabul qilish extimoli yuqori bo'ladi.



1.3- rasm. Farazni qabul qilishning bir tomonlama va ikki tomonlama mezonlari uchun differentsial taqsimot qonunining kritik sohalari.

Noko'rsatkich mezonlarning quvvati ko'rsatkich mezonlarga nisbatan kamroq bo'lib, o'lchash natijalariga hech qanday ruriy shartlar qo'ymaydi. Bu mezonni qo'llashda hisoblash ishlari ham osonlik bilan bajariladi. Bu holat noko'rsatkich mezonni amalda ko'proq qo'llanilishiga sababchi bo'ladi. Ikkala mezonlarni alohida alohida ko'rib chiqamiz.

ξ tasodifiy miqdorning $f(\xi)$ taqsimot qonunini ma'lum bo'lsa, ko'rsatkich mezonni qo'llash samarali natija beradi. Faraz qilaylik ξ ning qiymati $f(\xi)$ funktsiyaning ap yoki o'ng dumiga tushsin (1.3 rasm). U holda $f(\xi)$ ning qiymati nolga yetarlicha qin bo'ladi va N_0 farazni noto'g'ri deb qabul qilish lozim. Agar ξ ning qiymati $f(\xi)$ ning chap va o'ng dumlariga tushmasa, u holda N_0 faraz to'g'ri deb qabul qilinadi.

ξ tasodifiy miqdorning kritik sohaga tushish extimoli ahamiyatlilik darajasi deyiladi (1.3.a rasm) va

$$\alpha = \int_{\xi_{kp}}^{\infty} f(\xi) d\xi \quad (1.16)$$

ko'rinishda yoziladi. Agar α ning tanlangan qiymati uchun $\xi > \xi_{kp}$ bo'lsa, ξ $f(\xi)$ taqsimot funktsiyasining kritik sohasiga tushadi va N_0 faraz qabul qilinmaydi. $\xi > \xi_{kp}$

bo'lganda ξ kritik sohadan tashqarida yotib, N_0 faraz qabul qilinadi. Ahamiyatlilik darajasining kamayishi bilan N_0 farazni qabul qilish imkoniyatlari ortadi.

Agar kritik soha to'raligicha $f(\xi)$ grafigining chap yoki o'ng tomonida yotsa, mezon bir tomonlama mezon deyiladi.

Bunday mezon ξ tasodifiy miqdor $f(\xi)$ taqsimot funktsiyasining amalda qarama – qarshi tomonda ahamiyati bo'lmaganda foydalaniladi.

Agar kritik soha $f(\xi)$ grafigining chap tomonida ham o'ng tomonida ham mavjud bo'lsa bunday mezon ikki tomonlama mezon deyiladi. Bunda α ning ahamiyatlilik darajasi ikki tomondagi dumlar yig'indisiga teng bo'ladi. (1.3 v rasm). Farazlarni qabul qilishda ikkita turdagi xatoga yo'l qo'yish mumkin: to'g'ri farazni tashlab yuborish (1-turdagi xato); noto'g'ri farazni qabul qilish (2-turdagi xato). Birinchi turdagi xatoga yo'l qo'yishning ahamiyatlilik darajasi α ga teng bo'ladi. Ikkinchi turdagi xatoga yo'l qo'yish extimoli β bilan belgilanadi. $1-\beta$ miqdor mezonning quvvati deyiladi. Mezonning quvvati N_0 farazni tashlab yuborish extimolini bildiradi. α va β miqdorlar bir-birlariga teskari proportsional tarzda o'zgaradi.

Birinchi va ikkinchi turdagi xatoliklar extimollarining bir vaqtda kamayishi tajribalar soni ortganda kuzatiladi. Ahamiyatlilik darajasi - α ma'lum bo'lganda kritik sohani shunday tanlash zarurki, $1-\beta$ maksimal qiymatga erishsin.

To'g'ri yoki noto'g'ri farazni tashlab yuborishda statistik farazlarni tekshirish nazariyasini to'g'ri qo'llash masalasiga diqqatni qaratish zarur.

Farazni qabul qilish. Agar tekshirilayotgan faraz 5% yoki undan yuqori ahamiyatlilik darajasi bilan qabul qilinsa, bu faraz to'g'ri yoki shubhali bo'lishi mumkin.

Bu holda tajribalarni qayta o'tkazish maqsadga muvofiqdir. Farazni 1% dan kichik ahamiyatlilik darajasi bilan qabul qilmaslik zarur.

Farazni tashlab yuborish. Agar faraz 1% yoki undan kichik ahamiyatlilik darajasi bilan tashlab yuborilsa, faraz tajriba ma'lumotlari bilan mos tushmasligini bildiradi. Farazni tekshirish ketma-ketligi quyidagilardan iborat:

- 1) Nolp faraz N_0 va unga teskari faraz N_1 larni tanlash;
- 2) N_0 faraz uchun mezonni, statistik xarakteristikalarini tanlash va mezonning taqsimotini aniqlash;
- 3) α - ahamiyatlilik darajasini tiklash.
- 4) N_0 farazni tekshirish uchun kritik sohani aniqlash.
- 5) Tajriba natijalari bo'yicha mezon hisoblash.
- 6) Kritik sohani aniqlovchi mezonning hisoblangan va jadval qiymatlarini solishtirish.

Ikkita gurux tajribalarini dispersiyalarini solishtirib, $\sigma_1^2=\sigma_2^2$ yoki $\sigma_1^2\neq\sigma_2^2$ ekanligini tekshirishda ko'rsatkich mezon tanlanadi.

1.8. Jarayon yoki tizim dispersiyalarini me'yoriy dispersiya bilan solishtirish

Tadqiqodchi jarayon yoki tizimni tadqiqod qilishning yangi usulini yoki strukturasini ishlab chiqishda yangi dispersiya σ^2 ga mos kelishini yoki undan farq

qilishini aniqlash masalasiga duch keladi. Bunda nolp faraz $N_0: \sigma^2 = M\{S^2\} = \sigma_0^2$ qarshi faraz $H_1: \sigma^2 = M\{S^2\} > \sigma_0^2$

Bu masalani yechish uchun

$$\chi_x^2 = \frac{(m-1)S^2\{Y\}}{\sigma_0^2} \quad (1.17)$$

hisoblanadi, bunda χ^2 taqsimot $m-1$ ozodlik darajasiga ega. χ^2 mezon hisoblangan qiymati χ_x^2 α - ahamiyatlilik darajasi bo'yicha jadval qiymati bilan solishtiriladi. Agar $\chi_x^2 < \chi_j^2 [\alpha; f=m-1]$ shart bajarilsa, N_0 faraz qabul qilinadi. Ikki tomonlama mezon qo'llanilganda N_0 farazning qabul qilinish uchun $\chi_x^2 > \chi_j^2 [1 - \frac{\alpha}{2}; f = m-1]$

yoki $\chi_x^2 < \chi_j^2 \left[\frac{\alpha}{2}; f = m-1 \right]$ tengsizlik bajarilishi zarur.

Normal qonunga bo'ysunadigan ma'lumotlar uchun dispersiyalarni solishtirish.

Dispersiyalarni solishtirish ishlariga jarayon yoki tizim natijalarining qo'yilgan talablarini qanoatlantirishini tekshirish, ko'rsatkichlarini tanlash usulini aniqlashda murojaat qilinadi. Bunday ishlar ikkita o'rta qiymat orasidagi farqning sezilarli ekanligini aniqlash uchun ham bajariladi. s_1^2 va s_2^2 normal qonunga bo'ysunuvchi jarayon yoki tizim haqidagi ma'lumotlar dispersiyalari bo'lsin

$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2; H_2: \sigma_1^2 > \sigma_2^2; H_3: \sigma_1^2 < \sigma_2^2$; farazlarga nisbatan $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$; farazning to'g'ri bo'lishini tekshirish talab qilinsin. Bu holda solishtirish mezoni sifatida $F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$

nisbatdan foydalaniladi, bunda $F > 1$ shart ta'minlanishi zarur.

Bu nisbat m_1-1 va m_2-1 ozodlik darajalariga ega bo'lgan Fisher taqsimotiga bo'ysunadi. Tekshirilayotgan faraz uchun kritik soha bir tomonlidir. Fisher me'zonining

$$F = \frac{\frac{s_1^2\{Y\}}{m_1-1}}{\frac{s_2^2\{Y\}}{m_2-1}} = \frac{\frac{1}{m_1-1} \sum_{v=1}^{m_1} (Y_{v1} - \bar{Y}_1)^2}{\frac{1}{m_2-1} \sum_{v=1}^{m_2} (Y_{v2} - \bar{Y}_2)^2} \quad (1.18)$$

hisoblangan qiymati F_j jadval qiymati bilan solishtiriladi. Agar $F_x < F_j [1 - \alpha; f\{S_1^2\} = m_1-1; f\{S_2^2\} = m_2-1]$ shart bajarilsa, N_0 faraz qabul qilinadi. Agar $F_x > F_j$ bo'lsa, $R=0,95$ ishonchlilik extimoli bilan N_0 faraz qabul qilinmaydi.

Misol. Faraz qilaylik, jarayon yoki tizimning biror ko'rsatkichini o'lchashda $s_1^2\{Y\}=2,8$; $f_1=2$; $s_2^2\{Y\}=1,6$; $f_2=12$ bo'lsin. $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$; farazning qabul qilinish imkoniyati tekshirilsin. Ishonchlilik extimoli $R_d=0,95$ bo'lganda, ikkinchi ilovadan $F_j[R_d=0,95; f_1=2; f_2=12]=3,885$ ni topamiz. $F_x = \frac{2,8}{1,6} = 1,75 < F_j = 3,885$ bo'lgani uchun

N_0 faraz qabul qilinadi.

1.9. Ikkita dispersiyalarni solishtirish uchun noko'rsatkich mezon

Agar ikkita gurux tajribalar natijalarining taqsimot qonunlari noma'lum bo'lib, ularning dispersiyalarini solishtirish talab etilsa noko'rsatkich Sidjeli-Tpyuki

mezoni qo'llaniladi. Bu mezon ikkala gurux ma'lumotlaridan tuzilgan variatsion qator ranglarining sonlarini tartiblashga asoslangan.

Bunda $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$; va $H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$; deb qabul qilamiz. Quyidagi operatsiyalarni bajaramiz:

1) Y_{1v} va Y_{2v} larning hamma $m=m_1+m_2$ qiymatlari $Y_{i,1}, Y_{i,2}, \dots, Y_{i,u}, \dots, Y_{i,m}$ o'suvchi variatsion qator ko'rinishida yoziladi;

2) Quyidagi qoida bo'yicha variatsion qatorning har bir hadiga tartib nomer – rang $r\{Y_{iv}\}$ yoziladi.

$r\{Y_{i,1}\}=1$; $r\{Y_{i,m}\}=2$; $r\{Y_{i,m-1}\}=3$; $r\{Y_{i,2}\}=4$; $r\{Y_{i,3}\}=5$; $r\{Y_{i,m-2}\}=6$; $r\{Y_{i,m-3}\}=7$; $r\{Y_{i,4}\}=8$; $r\{Y_{i,5}\}=9$;

$Y_{i,2}=Y_{i,3}$ bo'lsa, ular ranglarining o'rtachasi yoziladi, $r\{Y_{i,2}\}=r\{Y_{i,3}\}=4,5$ bo'ladi;

3) Har bir gurux uchun ranglar yig'iladi:

$$R\{Y_1\} = \sum_{u=1}^{m_1} r\{Y_{1u}\}; \quad R\{Y_2\} = \sum_{u=1}^{m_2} r\{Y_{2u}\};$$

4) Agar $m_1 > 10$ va $m_2 > 10$ bo'lsa, mezonni quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi.

$$v_b = \frac{\left| R\{Y_2\} - \frac{m_2(m+1)}{2} \right| - \frac{1}{2}}{\sqrt{\frac{1}{12}(m+1)m_1m_2}} \quad (1.19)$$

Bunda $R\{Y_2\}$ kichik hajmli gurux uchun ranglar yig'indisi, ya'ni $m_1 > m_2$ bo'lishi kerak. v_x normal taqsimlangan miqdordir, ya'ni normal taqsimot qonuniga bo'ysunadi. (1.19) mezon foydalanilganda ko'zlangan aniqlik ta'minlanadi.

5) Berilgan α - ahamiyatlilik darajasida ikki tomonlama $u_{j2}(\alpha) = Z$ jadval qiymati aniqlanadi. $F(Z) = \frac{1-\alpha}{2}$ normallangan Laplas funktsiyasi. 3- ilovadan foydalanib,

$F(Z) = \frac{1-0,05}{2} = 0,475$ bo'lganda, $Z = v_{j2}(\alpha) = 1,96$ ni topamiz. Agar $v_x < v_j$ shart bajarilsa, N_0 faraz qabul qilinadi.

Misol: 1.5 jadvalda $m_1=12$; $m_2=10$ bo'lganda, Y_{1v} va Y_{2v} larning qiymatlari keltirilgan. Bu guruxlarning dispersiyalari solishtirilsin.

Y_{1v} larni 1.6- jadvaldagi Y_{iu} variatsion qatorga keltirib, Y_{1u} va Y_{2u} satrlarga yozamiz. $r\{Y_{1u}\}$ va $r\{Y_{2u}\}$ satrlarga ranglarni yozamiz.

1.5- jadval

Mas h ma r I	Y_{i0}													m_i	Y_i	$S^2\{Y_i\}$
1	312	327	365	243	389	310	310	286	283	332	316	296	12	314	1429	
2	373	364	405	333	332	372	278	302	292	368	—	—	10	342	1711	

1.6- jadval

u_{m1+m2}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Y_{1u}	243		283	286		296		310	310	312	316	327
Y_{2u}		278			292		302					
$R\{Y_{1u}\}$	1		5	8		12		16	17	20	21	22
$R\{Y_{2u}\}$		4			9		13					

1.6- jadval (davomi)

u_{m1+m2}	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Σ
Y_{1u}		332			365				388		3768
Y_{2u}	332		333	364		368	372	373		405	3419
$R\{Y_{1u}\}$		18,5			11				3		154,5
$R\{Y_{2u}\}$	18,5		15	14		10	7	6		2	98,5

$R\{Y_1\}=154,5$ va $R\{Y_2\}=98,5$.

$$u_b = \frac{\left| 98,5 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot (22 + 1) \right| - \frac{1}{2}}{\sqrt{\frac{1}{12} (22 + 1) \cdot 12 \cdot 10}} = 1,06$$

$u_{j2}[0,05]=1,96$ $u_x < u_{j2}$ bo`lgani uchun guruxlar dispersiyalari bir-birlaridan farq qilmaydilar.

Takrorlash uchun savollar

1. Matematik model nima?
2. Statik va dinamik modellar bir-birlaridan qanday farqlanadilar?
3. Regression va korrelyatsion modellar bir-birlaridan qanday farqlanadilar?
4. Tizimlar va jarayonlarni modellashtirish masalalarini bayon qiling.
5. Markazlashgan parametrlı dinamik modelning ta'rifini ayting.
6. Taqsimlangan parametrlı dinamik modelning ta'rifini ayting.
7. "Qora yashik" nima?
8. Tasodifiy miqdorning matematik kutilishi qanday hisoblanadi?
9. Tasodifiy miqdorning qanday taqsimot qonunlarini bilasiz?
10. Tasodifiy miqdorning dispersiyasi qanaqa formula bo'yicha hisoblanadi?
11. Keskin farq qiluvchi ma'lumotlar qanaqa mezon bo'yicha aniqlanadi?
12. Statistika faraz qanday baholanadi?

II BOB. REGRESSION MATEMATIK MODELLAR

2.1. Faol tajribani rejalashtirish

Tajribani rejalashtirish – ma’lum optimal xossalarga ega bo’lgan sinovlarni oldindan tuzilgan sxema bo’yicha yo’lga qo’yishdir.

Ilgari matematik-statistik usullar faqat tajriba natijalarini qayta ishlashda qo’llanilar edi. Tajriba o’tkazish strategiyasini tanlash tadqiqotchining intuitsiyasi bo’yicha aniqlanar edi. Hozirgi davrda tajriba o’tkazish sxemasini tuzish, tajriba natijalarini tahlil qilishda tajribani rejalashtirish deb atalgan matematik statistik usullar qo’llaniladi. Bunda tadqiqotchining tajribaviy bilimlari ham hisobga olinadi.

Tajribani rejalashtirishda ikkita masala yechiladi:

Zaruriy tajribalar sonini aniqlash, ya’ni rejalashtirish matritsasini ko’rish va natijalarni qayta ishlashning matematik usullarini tanlash.

Tajribani rejalashtirish matritsasi faktorlarning har xil qiymatlari va tajriba natijalaridan tuzilgan jadvaldir. Tajribalar soni masalaning mohiyatiga qarab aniqlanadi. Tajribani bir faktorli va ko’p faktorli rejalashtirish ko’rinishlari mavjud.

Tajribani bir faktorli rejalashtirishda faktorlarning chiquvchi ko’rsatkichiga ta’sirlari navbat bilan o’rganiladi, ya’ni tajriba o’tkazishda faqat bitta faktorning qiymati o’zgartirilib, qolgan faktorlar o’zgarmas deb qaraladi.

Ikki faktorli tajribani rejalashtirish matritsasi 2.1- jadvalda keltirilgan.

2.1- jadval

X ₂ faktor- ning sathlari	X ₁ faktorning sathlari				
	X ₁ ⁽¹⁾	X ₁ ⁽²⁾	X ₁ ⁽³⁾	X ₁ ⁽⁴⁾	X ₁ ⁽⁵⁾
X ₂ ⁽¹⁾	Y ₁₁	Y ₂₁	Y ₃₁	Y ₄₁	Y ₅₁
X ₂ ⁽²⁾	Y ₁₂	Y ₂₂	Y ₃₂	Y ₄₂	Y ₅₂
X ₂ ⁽³⁾	Y ₁₃	Y ₂₃	Y ₃₃	Y ₄₃	Y ₅₃
X ₂ ⁽⁴⁾	Y ₁₄	Y ₂₄	Y ₃₄	Y ₄₄	Y ₅₄
X ₂ ⁽⁵⁾	Y ₁₅	Y ₂₅	Y ₃₅	Y ₄₅	Y ₅₅

Jadvalda X₁^(r) va X₂^(q) – faktorlarning qiymatlari sathlari, r,q- faktorlar sathlari nomerlari. X₁ ning r- sathiga, X₂ ning q- sathiga to’g’ri keluvchi chiquvchi faktorlarning qiymati Y_{rq} bilan belgilangan.

Jadvalda sathlar soni X₁ uchun ham, X₂ uchun ham K=5. Bu holda faktorlar sathlari kombinatsiyalari soni 25 ga teng. Agar har bir kombinatsiya uchun bittadan ortiq tajriba o’tkazilsa, ularning o’rtachasi olinadi.

Tajriba natijalarini qayta ishlash natijalarini olamiz:

$$X_2=X_2^{(1)} \text{ bo'lganda, } Y_1=G_1(X_1)=G(X_1, a_1, b_1, c_1),$$

$$X_2=X_2^{(2)} \text{ bo'lganda, } Y_2=G_2(X_1)=G(X_1, a_2, b_2, c_2),$$

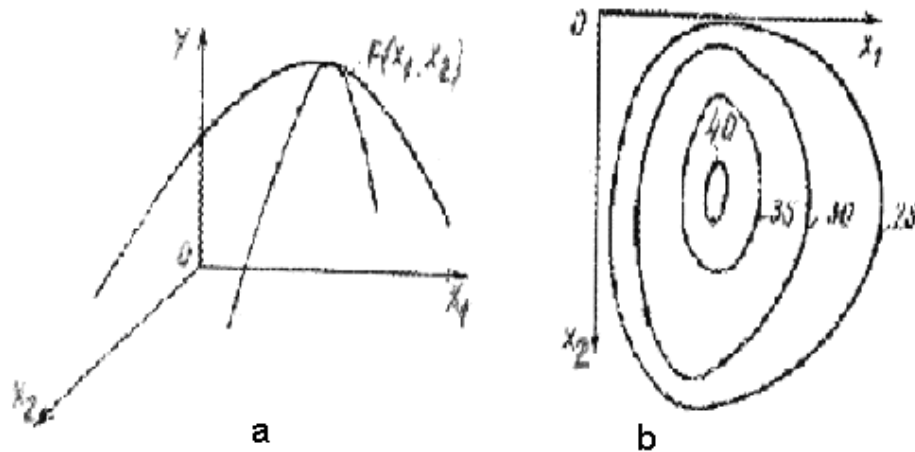
.....

$$X_2=X_2^{(k)} \text{ bo'lganda, } Y_k=G_k(X_1)=G(X_1, a_k, b_k, c_k),$$

Bunda a_i, b_i, c_i – regressiya koeffitsiyentlari,

SHunday qilib, $Y_1 = G(X_1, a, b, c)$ bog'lanishni topamiz, bunda $a = \varphi(X_2)$, $b = \psi(X_2)$, $S = \omega(X_2)$. Bularni o'rniga qo'ysak, $u = G(x_1, \varphi(x_2), \psi(x_2), \omega(x_2))$ jarayon yoki tizimning ikki faktorli matematik modeliga ega bo'lamiz.

O'qlari faktorlarning qiymatlaridan iborat bo'lgan fazo faktorli fazo deyiladi. Uning qiymatlarga mos nuqtalardan tashkil topgan sirt akslangan (otklik) sirt deyiladi (2.1.a- rasm). $U = G(X_1, X_2)$ funktsiya akslangan (otklik) funktsiya deyiladi.



2.1- rasm. a) akslangan (otklik) sirt, b) sath chiziqlari.

Agar akslangan sirtni tekislikka parallel tekisliklar bilan kesilsa, sath chiziqlari hosil bo'ladi (2.1.b- rasm).

Faktorlar qiymatlarining o'zgarish sohasi jarayon yoki tizimning texnik imkoniyatlariga bog'liq bo'ladi.

Faktorning model ekstremal qiymatlariga mos keladigan qiymatlarini aniqlashda klassik tahlil usullaridan foydalaniladi.

Natijalarning talab qilingan aniqligiga erishish uchun ko'p sondagi tajribalar o'tkazishga to'g'ri keladi. Bir faktorli modellashtirishda faktorning boshqa faktorlarga bog'liqlik darajasini aniqlab bo'lmaydi va model koeffitsiyentlari oz miqdordagi tajribalar natijalari bo'yicha aniqlanadi.

Agar tajriba o'tkazilayotgan paytda hamma faktorlar o'zgartirib turilsa, bunday modellashtirish ko'p faktorli modellashtirish deyiladi. Bunday rejalashtirish tajribalar soni oz bo'lganda yetarlicha aniqlikni ta'minlaydi.

Bu holda koeffitsiyentlarni aniqlashda hamma tajriba natijalaridan foydalanilib, ularning aniqligi yuqori bo'ladi.

Agar matematik model $Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n$ chiziqli ko'rinishda bo'lsa, uning koeffitsiyentlarini aniqlash uchun $N = (n+1)$ ta tajriba o'tkazish kifoya. Bunda faktorlar soni ortishi bilan regressiya koeffitsiyentlarining dispersiyasi kamayadi. Tajribani ko'p faktorli rejalashtirishda tajriba natijalari biror qiymatga yaqin keltiriladi (randomizatsiyalanadi). Bu holat nazorat qilinmaydigan faktorlarni chiqarib tashlash imkonini beradi.

Ko'p faktorli tajribani rejalashtirish to'la faktorli, kasr faktorli ekstremal tajribalar va dispersion tahlil o'tkazish bilan amalga oshiriladi. Har bir tajriba yoki tahlil ma'lumotlarini qayta ishlash usullari har xil bo'ladi.

2.2. Jarayon va tizimlarning kirish-chiqishdagi ko'rsatkichlari

Har qanday tajribani rejalashtirishda tadqiqodchi jarayon yoki tizimga kiruvchi va undan chiquvchi ko'rsatkichlarni aniqlaydi.

CHiquvchi ko'rsatkichlar texnik-texnologik, texnik-iqtisodiy, iqtisodiy, statistik parametrlar va shunga o'xshashlar bo'lishi mumkin.

Texnik-texnologik parametrlar – fizik, mexanik, fizik-ximik va shunga o'xshash xususiyatlar bo'lishi mumkin. **Texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlar**- maxsuldorlik, foydali ish ko'effitsiyenti, ob'yektning ishonchliligi va uzoq vaqt ishga yaroqli bo'lishi, jarayonning bir me'yorda bo'lishi kabilar. Iqtisodiy ko'rsatkichlar- ish va mashinaning maxsuldorligi, mahsulot tannarxi, foyda, rentabellik, sarf-harajat va shunga o'xshashlar. Statistik ko'rsatkichlar – o'rta qiymat, dispersiya, variatsiya ko'effitsiyenti va shunga o'xshashlar.

Jarayon va tizimning chiquvchi ko'rsatkichi sodda, oson o'lchanuvchi yoki hisoblanuvchi hamda aniqlash xatoligi hisobga olingan holda yagona sonli bahoga ega bo'lishi zarur.

Odatda jarayon yoki tizim ko'plab chiquvchi ko'rsatkichlar bilan xarakterlanadi. Lekin optimallashtirish masalasini yechishda bu ko'rsatkichdan, masala shartiga qarab, ulardan umumiyrog'i tanlanadi. Qolgan chiquvchi ko'rsatkichlarga cheklash shartlari qo'yiladi.

Tajriba ma'lumotlari bo'yicha chiquvchi ko'rsatkichlar orasidagi qo'sh korrelyatsiya ko'effitsiyentlari hisoblanib, kuchli korrelyatsiyalanuvchi ko'rsatkichlar tashlab yuboriladi. Chunki bu ko'rsatkichlar jarayon yoki tizim haqida qo'shimcha axborotlar bermaydi. Ko'rsatkichlar ichida bitta yoki bir nechta muhimlarini tanlab olib, graflar nazariyasi bo'yicha ham optimallashtirish masalasini yechish mumkin.

Kiruvchi parametrlar jarayon yoki ob'yektga tashqi muhitning ta'sirini xarakterlaydi. Kiruvchi faktorlar ob'yektning miqdor va sifat ko'rsatkichlarini xarakterlaydi.

Tajribani rejalashtirish jarayon yoki tizimni aniqlovchi hamma faktorlarni hisobga olish zarur. Agar hisobga olinmagan faktor tasodifiy bo'lib, nazorat qilinmasa, u tajriba xatoligining ortishiga olib keladi.

Har qanday faktorning boshqarilib turilishiga erishish zarur, faktorni o'zgartirish yoki bitta qiymatda ushlab turish imkoniyatlarini yaratish zarur. Tajribani rejalashtirish faktorlar qiymatlarini ma'lum sxema bo'yicha o'zgartirish mumkin bo'lgandagina amalga oshiriladi. Bundan tashqari faktor bir qiymatli bo'lib, o'lchash aniqligini yuqori bo'lishini ta'minlash talab etiladi. Ko'p faktorli tajriba o'tkazishda faktorlar bog'liq bo'lmasligi shart, ya'ni har bir faktorning qiymatlarini boshqa faktorlar qanday bo'lishidan qat'iy nazar, talab qilingan sathda ushlab turish mumkin bo'lsin. Bundan tashqari faktorlar sathlarining har bir kombinatsiyasida tajriba o'tkazish imkoniyati mavjud bo'lishini ta'minlash zarur.

Faktorlarning bog'liqmaslik va birgalikda bo'lish shartlari tajribani rejalashtirishning asosiy talablaridir.

2.3. Faktorlar asosiy sathlarining qiymatlarini tanlash

Tajriba o'tkazishda kiruvchi va chiquvchi ko'rsatkichlarning o'zgarishi texnik-iqtisodiy shart-sharoitlarga qarab cheklangan bo'ladi.

Faktorlar o'zgarish sohalarining chegaralarini tanlash jarayon yoki tizimning xossalari yoki oldin o'tkazilgan tajribalardan chiqarilgan xulosalarga qarab tanlanadi ($X_{\min} \leq X_i \leq X_{\max}$). Y funktsiyaning chegaralari ($Y_{\min} \leq Y_i \leq Y_{\max}$) ham shu tarzda aniqlanadi. X_i va Y_i larning o'zgarish chegaralari aniqlangandan keyin bu sohaning lokal bo'g'inini aniqlashga o'tiladi.

Bu bo'g'in faktor fazoda faktorning X_{0i} asosiy sathi va o'zgarish intervali I_i bilan aniqlanadi. Faktor asosiy sathining qiymati tanlangan sohaning ichida yotadi, ya'ni:

$$X_{\min} + \alpha_i I_i \leq X_{0i} \leq X_{\max} - \alpha_i I_i \quad (2.1)$$

Bunda $\alpha_i \geq 1$ - faktorning o'zgarish intervalini xarakterlovchi koeffitsiyent.

Jarayon yoki tizimni optimallashtirishda faktorlarning o'zgarish chegaralari hisobga olinib, uning talab qilingan qiymatida faktorning qabul qilishi zarur bo'lgan qiymatlari topiladi. Agar faktorlar sathlari asosiy qiymatlari haqida hech qanday axborot bo'lmasa, bu qiymatlar o'zgarish intervallari oralig'ida ixtiyoriy tanlanadi. Asosiy qiymatlar tanlangandan so'ng faktorlarning o'zgarish intervallari I_i deb shunday songa aytiladiki, bu sonni X_{0i} ga qo'shganda faktorning yuqori chegarasi $X_{yui} = X_{0i} + I_i$, X_{0i} dan ayirganda faktorning quyi chegarasi $X_{qi} = X_{0i} - I_i$ hosil bo'ladi (faktorlar faqat ikkitadan qiymat qabul qilganda). Umuman, $X_{yui} = X_{0i} + \alpha_i I_i$, $X_{qi} = X_{0i} - \alpha_i I_i$ bo'lib, bunda α_i – yelka deyiladi va amalda natural son ko'rinishida tanlanadi.

Faktorning o'zgarish intervalini tanlash, tajribani rejalashtirishning muhim shartlaridan biridir. Agar o'zgarish intervali juda kichik qilib tanlansa, faktorning modelga ta'sirini sun'iy tarzda kamaytirilishiga olib keladi. Aksincha, agar faktorning o'zgarish intervali me'yorida ortib ketsa, model chiziqli tarzda ifodalanishi mumkin. Har ikkala holda ham noqulay vaziyatdan chiqish tadqiqotchining tajribasi va intuitsiyasiga bog'liq bo'ladi.

Faktorning o'zgarish intervalini tanlashda tadqiqotchi jarayon yoki tizim haqida quyidagi ma'lumotlarni hisobga olishi zarur:

1) faktorning o'lchash aniqligi, bunda shartli ravishda 2%- yuqori, 5%- o'rtacha va 10% - past aniqlik deb qabul qilingan; bir faktorli tajribani o'tkazish natijasida aniqlangan akslanish sirtining egriligi; 2) faktor fazoning har xil nuqtalarida, chiqish ko'rsatkichi qiymatining o'zgarish miqyosi, ya'ni $\Delta y = Y_{\max} - Y_{\min}$, $\Delta u \approx \tau y$ bo'lsa - tor miqyosli, $\Delta y > \tau y$ bo'lsa - keng miqyosli ko'rsatkichlar deb atashga kelishilgan, bunda y - Y ning o'rta kvadratik og'ishi.

Faktorning o'zgarish miqyoslarini quyidagicha atashga kelishilgan:

$I_i \leq 0.1 (X_{imax}-X_{imin})$ bo'lsa, interval tor;
 $I_i \leq 0.3 (X_{imax}-X_{imin})$ bo'lsa, interval o'rtacha;
 $I_i > 0.3 (X_{imax}-X_{imin})$ bo'lsa, interval keng.

Faktorlarning o'zgarish intervalining o'lchamlari yuqoridagi ma'lumotlar bo'yicha tanlanadi.

Faktor o'zgarishining keng intervali quyidagi hollarda tanlanadi: 1) Y ko'rsatkichning o'zgarish miqyosi ixtiyoriy bo'lganda va faktorning aniqligi past bo'lganda, hamda akslanish sirti chiziqli yoki u haqida hech qanday ma'lumot bo'lmagan holda; 2) faktorning o'lchanish aniqligi o'rtacha, Y ning o'zgarish miqyosi noma'lum yoki tor va akslanish sirti chiziqli polinomdan iborat bo'lganda; 3) faktorning o'lchov aniqligi yuqori, uning o'zgarish miqyosi tor va akslanish sirtining egriligi noma'lum yoki chiziqli polinomdan iborat bo'lganda.

Faktor o'zgarishining o'rta intervali quyidagi holatlarda tanlanadi:

1) faktorni o'lchash aniqligi o'rtacha, uning ixtiyoriy o'zgarish miqyosida va akslanish sirti haqida ma'lumot yo'q yoki nochiziqli polinom bo'lganda;

2) faktorning o'lchov aniqligi o'rtacha, uning o'zgarish miqyosi keng va akslanish sirti chiziqli polinomdan iborat bo'lganda;

3) faktorning o'lchov aniqligi yuqori, uning o'zgarish miqyosi noma'lum yoki keng va akslanish sirtining egriligi haqida hech narsa ma'lum emas yoki chiziqli polinomdan iborat bo'lganda.

Faktor o'zgarishining tor intervali quyidagi hollarda tanlanadi:

1) faktorni o'lchash aniqligi yuqori, Y ning o'zgarish miqyosi ixtiyoriy va akslanish sirti nochiziqli polinom ko'rinishda bo'lganda; 2) faktorning o'lchov aniqligi o'rtacha, Y ning o'zgarish miqyosi tor yoki keng va akslanish sirti chiziqli polinom ko'rinishda bo'lganda.

Agar akslanish sirti nochiziqli polinomdan iborat bo'lib, faktorni o'lchash aniqligi past va Y ning o'zgarish miqyosi ixtiyoriy bo'lsa, faktorning o'lchash aniqligini oshirish yoki tajribalar sonini orttirish va faktorning intervalini tanlash zarur.

Faktorning o'zgarish intervali tanlangandan so'ng tajribani rejalashtirish matritsasi tuziladi. Tajriba natijalarini qayta ishlashda hisoblash ishlarini osonlashtirish maqsadida faktorning qiymatlari kodlanadi.

Kodlashning mohiyati faktor fazoning koordinatalarini chiziqli almashtirishdan, ya'ni koordinata boshini faktorning asosiy sathiga keltirilib, masshtab birligini faktorning o'zgarish intervaliga teng qilib tanlashdan iborat. Kodlashda quyidagi formuladan foydalaniladi:

$$x_i = \frac{X_i - X_{0i}}{I_i} \quad (2.2)$$

bunda x_i —i faktorning kodlangan qiymati; X_{0i} — i faktor asosiy sathining natural qiymati; X_i — i- faktorning natural qiymati; I_i — i- faktorning o'zgarish intervali.

Kodlash bitta rejalashtirish matritsasi bo'yicha bir necha jarayon yoki tizimlarni modellashtirish imkonini ham beradi. Bunda jarayon yoki tizimlarning faktorlari

soni va qo'yilgan masalalari bir xil bo'lishi shart. Demak, kodlangandan so'ng rejalashtirish matritsasi standart holga keladi va undan ko'pgina jarayon va tizimlarni modellashirishda foydalanish mumkin bo'ladi.

CHiziqli matematik modellar qurishda faktorlarni faqat bitta sathga o'zgartirish kifoya.

Misol. I- faktorning yuqori qiymati $X_{yui}=600$, quyi qiymati $X_{qi}=500$ bo'lsin.

U holda asosiy sathning natural qiymati $x_{ii} = \frac{600+500}{2} = 550$ va bu faktorning natural birlikda o'zgarish intervali $I_i = \frac{600-500}{2} = 50$ bo'ladi. I- faktorning kodlangan qiymatlari

$$\text{Yuqori satr uchun} \quad x_{yoi} = \frac{600 - 550}{50} = +1$$

$$\text{Quyi satr uchun} \quad x_{bi} = \frac{500 - 550}{50} = -1$$

$$\text{Asosiy satr uchun} \quad x_{oi} = 0.$$

Erkinlik darajasi soniga qarab, tajribalarni rejalashtirish to'yingan, to'yinmagan va o'rta to'yingan deb ataladi. Tajribalar soni N va polinomda regressiya koeffitsiyentlari soni N_k orasidagi ayirma $N-N_k$ tajribani rejalashtirish matritsasining erkinlik darajasi soni deyiladi.

$$f = N - N_k \quad (2.3)$$

ko'rinishida belgilanadi va bunda

$$N_k = M + 1 + C_M^m \quad (2.4)$$

M – faktorlar soni; m – bir-biriga ta'sir etuvchi faktorlar soni;

$$C_M^m = \frac{M(M-1)(M-2)\dots(M-m-1)}{1 \cdot 2 \cdot \dots \cdot m} \quad (2.5)$$

(2.5) formula M -ta faktordan m -tadan qilib kombinatsiyalangan hollar koeffitsiyentlari sonini ifodalaydi.

Tajribani rejalashtirish matritsasi $f > 0$ da to'yinmagan, $f = 0$ da to'yingan va $f < 0$ da o'rta to'yingan deyiladi. Amalda $f > 0$ tengsizlik ta'minlanishiga harakat qilinadi. Bu holda matematik model qurilib, bu modelning yaroqliligini tekshirish imkoniyati mavjud bo'ladi. $f = 0$ bo'lganda qurilgan modelning yaroqliligini tekshirish imkoni bo'lmaydi. $f < 0$ bo'lganda modelning koeffitsiyentlarini aniqlab bo'lmaydi.

Bir faktorli n - darajali matematik modelning umumiy ko'rinishi $Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_1^2 + \dots + a_nX_1^n$ bo'ladi. M faktorli matematik modelning umumiy ko'rinishi $Y = a_0 + a_1X_1 + \dots + a_mX_m + a_{11}X_1^2 + \dots + a_{1n}X_1^n + a_{12}\dots X_1\dots X_m$ bo'ladi. Bunda $a_0, a_1, \dots$ – noma'lum koeffitsiyentlar bo'lib, ular model qurish jarayonida aniqlanadi. Noma'lum koeffitsiyentlarni ularning tajriba va hisoblangan qiymatlari ayirmalari kvadrlarining yig'indisi minimal bo'ladigan qilib aniqlash usuli eng kichik

kvadratlar usuli deb ataladi. eng kichik kvadratlar usulini qo'llashda quyidagi shartlar bajarilishi zarur:

- 1) Har bir u – tajriba Y_u ning qiymati bog'liq bo'lmagan tasodifiy miqdor bo'lib, normal qonun bo'yicha taqsimlangan.
- 2) Y ning dispersiyasi bir jinsli.
- 3) Faktorlar sathlarining qiymatlari boshqa faktorlar sathlarining chiziqli kombinatsiyalariga teng emas.
- 4) Y ning aniqligi faktorlar sathlari miqdorlari aniqligidan pastroq bo'lishining ta'minlanishi zarur.

Agar matematik modellarni qurishda bu shartlar bajarilmasa, bu model qaralayotgan jarayon yoki tizimni to'g'ri aks ettirmaydi.

2.4. Bir faktorli chiziqli va ikkinchi tartibli regression matematik modellar. CHiziqli va kvadratik regression modellar qurishga doir misollar

Jarayon yoki ob'yektning bitta chiqish ko'rsatkichi bo'yicha regression modelini qurish uchun X faktorning keng miqyosda o'zgaradigan qiymatlari bo'yicha faol tajriba o'tkaziladi.

Faol tajriba natijalari bo'yicha rejalashtirish matritsasini tuzamiz (2.2- jadval).

2.2- jadval

u	X_u	V				
		Y_{uv}				
		1	2	3		m
1	X_1	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	.....	Y_{1m}
2	X_2	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}	.....	Y_{2m}
...	...	...	...	...		...
N	X_N	Y_{N1}	Y_{N2}	Y_{N3}	.....	Y_{Nm}

Y_{uv} larning qiymatlari bo'yicha ularning o'rta qiymatlari va dispersiyalarini hisoblaymiz:

$$\bar{Y}_u = \frac{1}{m} \sum_{v=1}^m Y_{uv}, \quad u = 1, \dots, N;$$

$$S_u^2 = \{Y\} = \frac{1}{m-1} \sum_{v=1}^m (Y_{uv} - \bar{Y}_u)^2, \quad u = 1, \dots, N$$

So'ng quyidagi operatsiyalar bajariladi:

1. Keskin farq qiluvchi ma'lumotlarni chiqarib tashlash.

Bu operatsiya Smirnov-Grabs mezonini yordamida bajariladi. Smirnov – Grabs mezonining qiymati quyidagicha hisoblanadi:

Y_{imax} uchun

$$V_{xu \max} = \frac{(Y_{u \max} - \bar{Y}_u)}{S_u \{Y\}} \sqrt{\frac{m}{m-1}},$$

Y_{imin} uchun

$$V_{xu\min} = \frac{(\bar{Y}_u - Y_{xu\min})}{S_u\{Y\}} \sqrt{\frac{m}{m-1}},$$

V_{xmax} , V_{xmin} jadval qiymatlari 1- ilovadan topilgan $V_j[r_D, m]$ bilan solishtiriladi, bunda r_D ishonchlilik ehtimoli, $r_D=1-\alpha$ (α -ahamiyatlilik sathi) va m - o'lchashlar soni. Agar $V_{xmax} > V_j[r_D, m]$ bo'lsa, V_{xmax} chiqarib tashlanib, undan keyingi eng katta qiymat uchun Smirnov-Grabs mezoni hisoblanadi va x.k.. $V_{xmin} > V_j[r_D, m]$ bo'lsa, V_{xmin} chiqarib tashlanib, undan keyingi eng kichik qiymat uchun Smirnov-Grabs mezoni hisoblanadi va x.k.. Jarayon $V_{xmax} < V_j[r_D, m]$ va $V_{xmin} < V_j[r_D, m]$ shartlar bajarilgunga qadar davom ettiriladi. So'ng chiqarib tashlangan ma'lumotlar o'rinlari yangi tajriba natijalari bilan to'ldiriladi va yana o'rta qiymat, dispersiyalar hisoblanib, yana 1- operatsiya bajariladi.

2. Y_{uv} tasodifiy miqdorlarning normal taqsimot qonuniga bo'ysunishi haqidagi farazni tekshirish.

Bu operatsiya $W_x = \frac{Q^2}{S_u^2\{Y\}}$ mezon yordamida bajariladi, bunda $Q = q_m(Y_m - Y_1) + \dots + q_{m-k+1}(Y_{m-k+1} - Y_k)$; m juft bo'lganda $k = \frac{m}{2}$; m toq bo'lganda $k = \frac{m-1}{2}$; $Y_m \geq Y_{m-1} \geq \dots \geq Y_2 \geq Y_1, i=1, 2, \dots, k; m=3, 4, \dots$ hollari uchun q_{m-i+1} ning qiymatlari 4- ilovada keltirilgan. So'ng 5- ilovadan $W_j[r_D=1-\alpha=0,95; m]$ jadval qiymati qaraladi. Agar $W_x > W_j$ shart bajarilsa, Y_{uv} tasodifiy miqdor taqsimotining Normal qonuniga bo'ysunishi haqidagi faraz tasdiqlanadi.

3. Tajriba natijalari dispersiyalarning bir jinsliligi haqidagi farazni tekshirish. Bu farazni tekshirish uchun Kochren mezoni qo'llaniladi:

$$G_x = \frac{S_{u\max}^2\{Y\}}{\sum_{u=1}^N S_u^2\{Y\}}$$

So'ng 6- ilovadan $G_j[1-\alpha; N; f\{S_u^2\}=m-1]$ jadval qiymati topilib, G_x bilan solishtiriladi. Agar $G_x < G_j$ shart bajarilsa dispersiyalarning bir jinsliligi haqidagi faraz to'g'ri deb topiladi.

4. O'rtacha dispersiyani aniqlash.

O'rtacha dispersiya
$$S_{(1)}^2\{Y\} = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N S_u^2\{Y\}$$

ko'rinishdagi formula bo'yicha aniqlanadi.

Bu dispersiyaning ozodlik darajasi soni $f\{S_1^2\}=N(m-1)$ ga teng bo'ladi.

5. Regression modelning ko'rinishini aniqlash.

Regression modelning ko'rinishini aniqlash uchun tajriba natijalari bo'yicha ma'lumotlarning bo'lingan va bo'linmagan ayirmalari hisoblanadi. Agar tajriba o'tkazish natijasida $(X_1, \bar{Y}_1), \dots, (X_u, \bar{Y}_u), \dots, (X_n, \bar{Y}_n)$ juftlik qiymatlari olingan bo'lsa, birinchi tartibli bo'lingan ayirmalar quyidagicha hisoblanadi:

$$\Delta'_{b1} = \frac{\bar{Y}_2 - \bar{Y}_1}{X_2 - X_1}, \dots, \Delta'_{bu} = \frac{\bar{Y}_{u+1} - \bar{Y}_u}{X_{u+1} - X_u}, \dots, \Delta'_{b(N-1)} = \frac{\bar{Y}_N - \bar{Y}_{N-1}}{X_N - X_{N-1}}$$

Ikkinchi tartibli bo`lingan ayirmalar

$$\Delta''_{b1} = \frac{\Delta'_{b2} - \Delta'_{b1}}{X_3 - X_1}, \dots, \Delta''_{bN-2} = \frac{\Delta'_{bN-1} - \Delta'_{bN-2}}{X_N - X_{N-2}}$$

Birinchi tartibli bo`linmagan ayirmalar

$$\Delta'_{b1} = \bar{Y}_2 - \bar{Y}_1, \dots, \Delta'_{bM} = \bar{Y}_N - \bar{Y}_{N-1}$$

Ikkinchi tartibli bo`linmagan ayirmalar

$$\Delta''_{bM1} = \Delta'_{b2} - \Delta'_{b1}, \dots, \Delta''_{bM(N-2)} = \Delta'_{bM(N-1)} - \Delta'_{bM(N-2)}$$

Bo`linmagan ayirmalardan X faktor o`zgarmas qadam bilan o`zgarganda foydalaniladi.

Agar $|\Delta'_{bi} - \Delta'_{bi-1}| \leq 2S_{(1)}\{Y\}$ yoki $|\Delta'_{bMi} - \Delta'_{bMi-1}| \leq 2S_{(1)}\{Y\}$, $i=2, \dots, N-2$ shartlar bajarilsa, matematik modelni $Y_x = a_0 + a_1x$ yoki $Y_x = d_0 + a_1(X - \bar{X})$ chiziqli funktsiyalar ko`rinishida qidiriladi, bunda a_0, a_1, d_0, d_1 noma'lum koefitsiyentlar.

Agar yuqoridagi shartlar bajarilmasa, quyidagi shartlarning bajarilishi tekshiriladi:

$$|\Delta''_{bi+1} - \Delta''_{bi-1}| \leq 2S_{(1)}\{Y\} \text{ yoki } |\Delta''_{bMi+1} - \Delta''_{bMi}| \leq 2S_{(1)}\{Y\}, i=2, \dots, N-3 \quad (*)$$

Agar bu shartlar bajarilsa, model

$$Y_x = a_0 + a_1X + a_2X^2$$

ikkinchi darajali polinom ko`rinishida qidiriladi. Agar (\*) shartlar bajarilmasa, 3-tartibli bo`lingan yoki bo`linmagan ayirmalar hisoblanib, yana yuqoridagi tengsizliklarning bajarilishi tekshiriladi, va hokazo.

6. Regressiya koefitsiyentlarini aniqlash.

Eng kichik kvadratlar usuli bo`yicha $Y_x = a_0 + a_1X$ chiziqli modelning noma'lum a_0 va a_1 koefitsiyentlari quyidagi tenglamalar tizimidan aniqlanadi.

$$\begin{cases} a_0 N + a_1 \sum_{u=1}^N X_u = \sum_{u=1}^N \bar{Y}_u \\ a_0 \sum_{u=1}^N X_u + a_1 \sum_{u=1}^N X_u^2 = \sum_{u=1}^N X_u \bar{Y}_u \end{cases}$$

Bu tizimni yechish uchun quyidagi determinantlarni hisoblaymiz:

$$\Delta = \begin{vmatrix} N & \sum_{u=1}^N X_u \\ \sum_{u=1}^N X_u & \sum_{u=1}^N X_u^2 \end{vmatrix}, \quad \Delta_{a_0} = \begin{vmatrix} \sum_{u=1}^N \bar{Y}_u & \sum_{u=1}^N X_u \\ \sum_{u=1}^N X_u \bar{Y}_u & \sum_{u=1}^N X_u^2 \end{vmatrix},$$

$$\Delta_{a_1} = \begin{vmatrix} N & \sum_{u=1}^N \bar{Y}_u \\ \sum_{u=1}^N X_u & \sum_{u=1}^N X_u \bar{Y}_u \end{vmatrix}, \quad a_0 = \frac{\Delta_{a_0}}{\Delta}, \quad a_1 = \frac{\Delta_{a_1}}{\Delta}.$$

$Y_x = d_0 + d_1(X - \bar{X})$ bo'lganda noma'lum d_0 va d_1 ga nisbatan quyidagi tenglama-lar tizimini tuzamiz:

$$\begin{cases} d_0 N + d_1 \sum_{u=1}^N (X_u - \bar{X}) = \sum_{u=1}^N \bar{Y}_u \\ d_0 \sum_{u=1}^N (X_u - \bar{X}) + d_1 \sum_{u=1}^N (X_u - \bar{X})^2 = \sum_{u=1}^N (X_u - \bar{X}) \bar{Y}_u \end{cases}$$

Bunda $\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N X_u$, $\sum_{u=1}^N (X_u - \bar{X}) = 0$ tizimni yechib $d_0 = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N \bar{Y}_u$, $d_1 = \frac{\sum_{u=1}^N (X_u - \bar{X}) \bar{Y}_u}{\sum_{u=1}^N (X_u - \bar{X})^2}$ larni

topamiz.

$Y_x = a_0 + a_1 X + a_2 X^2$ bo'lganda a_0, a_1, a_2 noma'lum ko'effitsiyentlar

$$\begin{cases} a_0 N + a_1 \sum_{u=1}^N X_u + a_2 \sum_{u=1}^N X_u^2 = \sum_{u=1}^N \bar{Y}_u \\ a_0 \sum_{u=1}^N X_u + a_1 \sum_{u=1}^N X_u^2 + a_2 \sum_{u=1}^N X_u^3 = \sum_{u=1}^N X_u \bar{Y}_u \\ a_0 \sum_{u=1}^N X_u^2 + a_1 \sum_{u=1}^N X_u^3 + a_2 \sum_{u=1}^N X_u^4 = \sum_{u=1}^N X_u^2 \bar{Y}_u \end{cases}$$

tizimdan topiladi.

Bunda quyidagi asosiy va yordamchi determinantlar hisoblanadi

$$\Delta = \begin{vmatrix} N & \sum_{u=1}^N X_u & \sum_{u=1}^N X_u^2 \\ \sum_{u=1}^N X_u & \sum_{u=1}^N X_u^2 & \sum_{u=1}^N X_u^3 \\ \sum_{u=1}^N X_u^2 & \sum_{u=1}^N X_u^3 & \sum_{u=1}^N X_u^4 \end{vmatrix}, \quad \Delta_{a_0} = \begin{vmatrix} \sum_{u=1}^N \bar{Y}_u & \sum_{u=1}^N X_u & \sum_{u=1}^N X_u^2 \\ \sum_{u=1}^N \bar{Y}_u X_u & \sum_{u=1}^N X_u^2 & \sum_{u=1}^N X_u^3 \\ \sum_{u=1}^N X_u^2 \bar{Y}_u & \sum_{u=1}^N X_u^3 & \sum_{u=1}^N X_u^4 \end{vmatrix},$$

$$\Delta_{a_1} = \begin{vmatrix} N & \sum_{u=1}^N \bar{Y}_u & \sum_{u=1}^N X_u^2 \\ \sum_{u=1}^N X_u & \sum_{u=1}^N X_u \bar{Y}_u & \sum_{u=1}^N X_u^3 \\ \sum_{u=1}^N X_u^2 & \sum_{u=1}^N X_u^2 \bar{Y}_u & \sum_{u=1}^N X_u^4 \end{vmatrix}, \quad \Delta_{a_2} = \begin{vmatrix} N & \sum_{u=1}^N X_u & \sum_{u=1}^N \bar{Y}_u \\ \sum_{u=1}^N X_u & \sum_{u=1}^N X_u^3 & \sum_{u=1}^N X_u \bar{Y}_u \\ \sum_{u=1}^N X_u^2 & \sum_{u=1}^N X_u^3 & \sum_{u=1}^N X_u^2 \bar{Y}_u \end{vmatrix},$$

$$a_0 = \frac{\Delta_{a_0}}{\Delta}, \quad a_1 = \frac{\Delta_{a_1}}{\Delta}, \quad a_2 = \frac{\Delta_{a_2}}{\Delta},$$

Agar $\sum_{u=1}^N X_u = 0$ shart bajarilsa, a_0, a_1, a_2 ko'effitsiyentlarni hisoblashda X ning kodlangan qiymatlaridan foydalanish mumkin. Bunda faktor asosiy sathining natural qiymati $X_0 = \frac{1}{2}(X_{\min} + X_{\max})$ bo'lib, faktorning o'zgarish intervali

$I = \frac{1}{N-1}(X_{\min} + X_{\max})$ bo'ladi. Noma'lum modelning kodlangan qiymati $Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2$ ko'rinishda bo'ladi,

$$b_0 = \frac{1}{B} \sum_{u=1}^N x_u^4 \sum_{u=1}^N \bar{Y}_u - \frac{1}{B} \sum_{u=1}^N x_u^2 \sum_{u=1}^N x_u^2 \bar{Y}_u$$

$$b_1 = \sum_{u=1}^N x_u \bar{Y}_u / \sum_{u=1}^N x_u^2$$

$$b_2 = \frac{N}{B} \sum_{u=1}^N x_u^2 \bar{Y}_u - \frac{1}{B} \sum_{u=1}^N x_u^2 \sum_{u=1}^N \bar{Y}_u$$

$$B = N \sum_{u=1}^N x_u^4 - \left(\sum_{u=1}^N x_u^2 \right)^2; x_u - = \frac{1}{I} (X_u - X_0), u = 1, 2, \dots, N$$

bunda a_j koefitsiyentlar quyidagicha aniqlanadi:

$$a_0 = b_0 - \frac{b_1}{I} X_0 + \frac{b_2}{I^2} X_0^2; a_1 = \frac{b_1}{I} - \frac{2b_2}{I^2} X_0; a_2 = \frac{b_2}{I^2}.$$

7. Regressiya koefitsiyentlarining ahamiyatligini aniqlash

Regressiya koefitsiyentlarining ahamiyatligini aniqlash uchun Styudent mezonidan foydalaniladi.

$t_{\alpha}\{a_i\} = \frac{|a_i|}{S\{a_i\}}, (i = 1, 2, 3)$, bunda $S\{a_i\}$ - a_i koefitsiyentning o`rtacha kvadratik og`ishi. $Y = a_0 + a_1 X$ holat uchun $S^2\{a_0\}$ va $S^2\{a_1\}$ quyidagi formulalar bo`yicha hisoblanadi:

$$S^2\{a_0\} = \frac{S^2\{Y\}}{mN};$$

$$S^2\{a_1\} = \frac{S^2\{Y\}}{m \sum_{u=1}^N (X_u - \bar{X})^2};$$

$$S^2\{Y\} = \frac{(m-1)NS_{(1)}^2\{Y\} + (N-2)S_{(2)}^2\{Y\}}{mN-2};$$

$$f\{S^2\} = mN-2; S_{(2)}^2\{Y\} = \frac{m \sum_{u=1}^N (\bar{Y}_u - Y_{bu})^2}{N - N_k}$$

CHiziqli hol uchun $N_k=2$, kvadratik hol uchun $N_k=3$ bo`ladi.

Styudent mezonining $t_j[1-\alpha; f=mN-2]$ jadval qiymati 7- ilovadan qaraladi. Agar $t_x > t_j$ shart bajarilsa, chiziqli modelning qaralayotgan koefitsiyenti ahamiyatli bo`ladi.

$Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2$ koefitsiyentlarini baholashda faktorlarning kodlangan qiymatlaridan foydalaniladi.

Quyidagilar hisoblanadi:

$$S^2\{a_0\} = \frac{1}{mNB} \sum_{u=1}^N S^2\{Y\} \sum_{u=1}^N x_u^4;$$

$$S^2\{a_1\} = \frac{\sum_{u=1}^N S^2\{Y\}}{mN \sum_{u=1}^N x_u^2};$$

$$S^2\{a_2\} = \sum_{u=1}^N S^2\{Y\}$$

So`ng Styudent mezonini hisoblanadi.

$$t_b\{a_i\} = \frac{|a_i|}{S\{a_i\}}$$

7- ilova bo'yicha $t_j[1-\alpha; f=mN-1]$ qaraladi. Agar $t_x > t_j$ bo'lsa, qaralayotgan koeffitsiyent ahamiyatli bo'ladi.

8. Hisoblangan modelning adekvatligini tekshirish

Modelning adekvatligi Fisher mezonini yordamida tekshiriladi:

$$F_x = \frac{S_{(2)}^2\{Y\}}{S_{(1)}^2\{Y\}} > 1 \quad \text{yoki} \quad F_x = \frac{S_{(1)}^2\{Y\}}{S_{(2)}^2\{Y\}} > 1$$

Fisher mezonining jadval qiymati $G_x[R_d=0.95, f\{S_{(1)}^2\}, f\{S_{(2)}^2\}]$ 2- ilovadan qaraladi. Agar $G_x < G_j$ bo'lsa, model adekvat deb qabul qilinadi.

2.5. CHiziqli va kvadratik regression modellar qurishga doir misollar

1- misol: 2.3- jadvalda X_u va Y_{uv} ning tajribalar o'tkazish natijasidagi qiymatlari keltirilgan, bunda sathlar soni $N=5$ va har bir sath bo'yicha tajribalar soni $m=5$.

2.3- jadval

U	X _u	Y _{uv}					$\bar{Y}_u$	S _u ² {Y}	V _{xumax}	V _{xumin}	W _{xu}
		V									
		1	2	3	4	5					
1	2	15,2	14,8	13,0	14,6	14,0	14,32	0,732	1,03	1,545	3,74
2	4	20,8	21,6	22,8	21,4	22,0	21,72	0,555	1,60	1,36	3,94
3	6	28,8	30,0	31,2	29,2	30,8	30,00	1,040	1,29	1,29	3,77
4	8	36,8	37,8	39,0	37,4	38,2	37,84	0,688	1,54	1,38	3,98
5	10	47,2	46,6	45,0	46,8	46,0	46,32	0,732	1,13	0,85	3,74

$u=1$ bo'lgan hol uchun bu operatsiyalar quyidagicha bajariladi.

1- operatsiya.

$$\begin{aligned} \bar{Y}_1 &= \frac{1}{5} \sum_{v=1}^5 Y_{1v} = \frac{71.6}{5} = 14.32; \\ S_1^2\{Y\} &= \frac{1}{5-1} \left[(15.2 - 14.32)^2 + \dots + (14 - 14.32)^2 \right] = 0.732 \\ V_{x1max} &= \frac{Y_{max} - \bar{Y}_1}{S_1\{Y\}} = \frac{15.2 - 14.31}{0.85} \sqrt{\frac{5}{5-1}} = 1.03; \\ V_{x1min} &= \frac{\bar{Y}_1 - Y_{min}}{S_1\{Y\}} = \frac{14.31 - 13}{0.85} \sqrt{\frac{5}{5-1}} = 1.03; \end{aligned}$$

So`ngra 1- ilova bo'yicha, $V_j[R_d=0.95; m=5]=1.869$ ni topamiz.

$V_{x1max} < V_j$, $V_{x1min} < V_j$ bo'lganligi tufayli $Y_{1vmax}=15.2$ va $Y_{1vmin}=13$ qiymatlar keskin farq qilmaydi deb qaraladi va ular ma'lumotlar jadvalidan chiqarib tashlanmaydi.

2- operatsiya.

Undan so`ng $W_{b1} = \frac{Q_2^2}{S_1^2\{Y\}}$ ni hisoblaymiz, bunda

$$Q_1 = q_5(Y_{15} - Y_{11}) + q_4(Y_{14} - Y_{12})$$

$$Y_{15} = 15.2 > Y_{14} = 14.8 > Y_{13} = 14.6 > Y_{12} = 14 > Y_{11} = 13$$

q_5 va q_4 ning qiymatlari 4- ilovadan qaraladi.

$$Q_1 = 0.6646(15.2 - 13) + 0.2413(14.8 - 14) = 1.655;$$

$$W_{b1} = \frac{1.665^2}{0.732^2} = 3.74$$

5- ilovadan $W_j[P_d=0.95; m=5]=0.762$ ni topamiz. $W_{x1} > W_j$, bo`lgani uchun  $Y_{1v}$  qiymatlarning Normal qonunga bo`ysunishi haqidagi faraz to`g`ri deb qabul qilinadi.

$u=2,3,4,5$ hollar uchun 1 - va 2 - operatsiyalar yuqoridagilarga o`xshash bajariladi.

3- opreitsiyada G_x ni hisoblaymiz.

$$G_b = \frac{S_{u \max}^2\{Y\}}{\sum_{u=1}^5 S_u^2\{Y\}} = \frac{1.04}{3.744} = 0.279$$

6- ilovadan $G_j[P_d=0.95; m=5; f\{S_u^2\}=5-1=4]=0.544$ ni topamiz, $G_x < G_j$ bo`lgani uchun, dispersiyalar bir jinslidir.

4- operatsiyada o`rtacha dispersiyani hisoblaymiz.

$$S_{(1)}^2\{Y\} = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N S_u^2\{Y\} = \frac{3.744}{5} = 0.749$$

$$\text{bunda } f\{S_{(1)}^2\} = N(m-1) = 5 \cdot 4 = 20$$

5- operatsiyada regression modelning ko`rinishini aniqlaymiz. Qaralayotgan misolda faktorning o`zgarish intervali o`zgarmas

$$I_x = 4 - 2 = 6 - 4 = 8 - 6 = 10 - 8 = 2$$

bo`lgani uchun, bo`linmagan ayirmalarni hisoblaymiz.

$$\Delta'_1 = 21.72 - 14.32 = 7.4; \Delta'_2 = 30 - 21.78 = 8.28;$$

$$\Delta'_3 = 37.84 - 30 = 7.84; \Delta'_4 = 46.32 - 37.84 = 8.48;$$

$$|\Delta'_i| < 2S_{(1)}\{Y\} = 1.724$$

shart bajarilgani uchun, matematik modelni $Y_x = a_0 + a_1 X$ yoki $Y_x = d_0 + d_1(X - \bar{X})$ chiziqli tenglama ko`rinishda qidiramiz, bunda

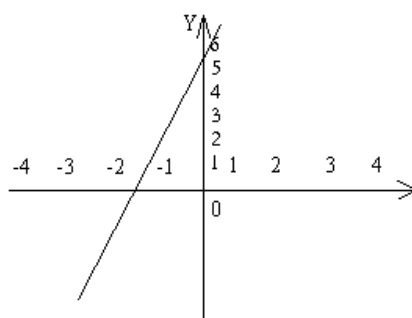
$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N X_u$$

6- operatsiyada $Y=d_0+d_1(X-6)$ hol uchun d_0 va d_1 noma'lum koeffitsiyentlarni aniqlaymiz:

$$d_0 = \frac{1}{5} \sum_{u=1}^5 \bar{Y}_u = \frac{1}{5} (14.32 + 21.74 + 30.00 + 37.8 + 46.32) \approx 30$$

$$d_1 = \frac{\sum_{u=1}^5 (X_u - 6) \bar{Y}_u}{\sum_{u=1}^5 (X_u - 6)^2} = \frac{160.24}{40} \approx 4$$

Izlangan tenglama quyidagicha bo'ladi: $Y=30+4(X-6)$ yoki $Y=6+4X$. Bu funktsiyaning grafigi 2.2- rasmda ko'rsatilgan.



2.2- rasm. Bir faktorli chiziqli regression modelning grafigi.

7- operatsiyada Styudent mezoni yordamida regressiya koeffitsiyentlari ahamiyatlilikini aniqlaymiz.

Styudent mezoni quyidagicha hisoblanadi:

$$t_x\{a_0\} = \frac{|a_0|}{S\{a_0\}}, \quad t_x\{a_1\} = \frac{|a_1|}{S\{a_1\}};$$

$$S^2\{a_0\} = \frac{S^2\{Y\}}{mN} = \frac{S^2\{Y\}}{5 \cdot 5} = \frac{S^2\{Y\}}{25};$$

$$S^2\{a_1\} = \frac{S^2\{Y\}}{m \sum_{u=1}^5 (X_u - \bar{X})^2} = \frac{S^2\{Y\}}{5 \sum_{u=1}^5 (X_u - 6)^2};$$

$$S_{(2)}^2\{Y\} = \frac{5}{5-2} \sum_{u=1}^5 (\bar{Y}_u - Y_{bu})^2, \text{ bunda}$$

$$Y_{x1}=6+4 \cdot 2=14; \quad Y_{x2}=6+4 \cdot 4=22; \quad Y_{x3}=6+4 \cdot 6=30; \quad Y_{x4}=6+4 \cdot 8=38; \quad Y_{x5}=6+4 \cdot 10=46;$$

$$S_{(2)}^2\{Y\} = \frac{5}{3}[(14,32 - 14)^2 + (21,7 - 22)^2 + (30 - 30)^2 + (37,84 - 38)^2 + (46,32 - 46)^2] = 0,515;$$

$$S^2\{Y\} = \frac{(m-1)NS_{(1)}^2\{Y\} + (N-2)S_{(2)}^2\{Y\}}{mN-2} = 0,718;$$

$$S^2\{a_0\} = \frac{0,718}{5 \cdot 5} = 0,0287; \quad S^2\{a_1\} = \frac{0,718}{5 \cdot 40} = 0,0036;$$

$$S\{a_0\} = 0,169; \quad S\{a_1\} = 0,06$$

$$t_b\{a_0\} = \frac{30}{0,169} = 177,5; \quad t_b\{a_1\} = \frac{4}{0,06} = 66,6;$$

$$f\{S^2\} = mN - 2 = 5 \cdot 5 - 2 = 23;$$

$$f\{S_{(2)}^2\} = 5 - 2 = 3;$$

7- ilova bo'yicha Styudent mezonining jadval qiymatini topamiz.

$$t_j[R_D=0,95; f\{S^2\}=23]=2,07$$

$t_x\{a_0\} > t_j$, $t_x\{a_1\} > t_j$ bo'lgani uchun topilgan a_0 va a_1 koeffitsiyentlar ahamiyatlidir.

8- operatsiya. Olingan modelning adekvatligini (yaroqliligini) aniqlash uchun Fisher mezonini hisoblaymiz:

$$F_b = \frac{S_{(2)}^2\{Y\}}{S_{(1)}^2\{Y\}} > 1 \quad \text{yoki} \quad F_b = \frac{S_{(1)}^2\{Y\}}{S_{(2)}^2\{Y\}} > 1$$

So'ngra 2- ilova bo'yicha Fisher mezonining $G_j[R_d=0.95, f\{S_{(1)}^2\}, f\{S_{(2)}^2\}$ jadval qiymatini topiladi. $G_x < G_j$ shart bajarilganligi uchun modelning yaroqliligi haqidagi faraz qabul qilinadi.

2- misol. 2.4- jadvalda X_u faktorning qiymatlari bo'yicha 5ta ($m=5$) tajribadagi $\bar{Y}_u$ va $S_u^2\{Y\}$ larning qiymatlari keltirilgan.

2.4- jadval

X_u	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
$\bar{Y}_u$	13.055	13.83	14.21	13.51	12.35
$S_u^2\{Y\}$	0.0625	0.0476	0.0311	0.0584	0.0799

Ma'lumotlar bo'yicha 1- va 2- operatsiyalarni bajarishning imkoniyati bo'lmagani tufayli ishni 3- operatsiyani bajarishdan boshlaymiz.

$$G_b = \frac{S_{u \max}^2\{Y\}}{\sum_{u=1}^5 S_u^2\{Y\}} = \frac{0,0799}{0,2795} = 0,286.$$

6- ilova bo'yicha $G_j[R_d=0.95; N=5; f=5-1=4]=0,54$.

$G_x < G_j$ bo'lgani uchun dispersiyalar bir jinsliligi haqidagi faraz to'g'ridir.

4- operatsiyada

$$S_{(1)}^2\{Y\} = \frac{1}{5} \sum_{u=1}^5 S_u^2\{Y\} = \frac{0,2795}{5} = 0,0559, \text{ ni hisoblaymiz.}$$

$$f\{S_{(1)}^2\} = 5(5-1) = 20$$

5- operatsiyada quyidagilar hisoblanadi.

$$\begin{aligned}\Delta'_1 &= |13,83 - 13,05| = 0,78; \Delta'_2 = |14,21 - 13,83| = 0,38; \\ \Delta'_3 &= |13,51 - 14,21| = 0,70; \Delta'_4 = |12,35 - 13,51| = 1,16; \\ \Delta''_1 &= |0,38 - 0,78| = 0,40; \Delta''_2 = |0,70 - 0,38| = 0,32; \\ \Delta''_3 &= |1,16 - 0,70| = 0,46; S_{(1)}\{Y\} = 0,23; 2S_{(1)}\{Y\} = 0,46.\end{aligned}$$

$\Delta''_3 = 2S_{(1)}\{Y\}$ bo'lgani uchun, uchinchi tartibli bo'linmagan ayirmalarni hisoblaymiz:

$\Delta'''_1 = |0,32 - 0,40| = 0,08; \Delta'''_2 = |0,46 - 0,32| = 0,14; \Delta'''_i < 2S_{(1)}\{Y\}, (i=1,2)$ bo'lgani uchun, izlangan modelning ko'rinishini ikkinchi darajali ko'phad shaklida yozamiz:

$$Y = a_0 + a_1X + a_2X^2$$

6- operatsiyada a_0, a_1, a_2 noma'lum koeffitsiyentlar chiziqli tenglamalar tizimidan aniqlanadi.

$$\begin{cases} 5a_0 + 35a_1 + 247,5a_2 = 66,95 \\ 35a_0 + 247,5a_1 + 1767,5a_2 = 467,49 \\ 247,5a_0 + 1767,5a_1 + 12742,12a_2 = 3300,74 \end{cases}$$

Bu tenglamalar tizimini yechish natijalari 2.5- jadvalda keltirilgan.

2.5- jadval.

u	X_u	X_u^2	X_u^3	X_u^4	$\bar{Y}_u$	$X_u \bar{Y}_u$	$X_u^2 \bar{Y}_u$
1.	6,0	36,00	216,000	1296,0000	13,05	78,300	468,800
2.	6,5	42,25	274,625	1785,0625	13,83	89,805	584,3175
3.	7,0	49,00	343,000	2401,0000	14,21	99,740	696,2900
4.	7,5	56,25	421,875	3164,0625	13,51	101,325	759,9375
5.	8,0	64,00	512,000	4096,0000	12,35	98,800	790,4000
6.	35,0	247,50	1767,500	12742,125	66,95	467,790	3300,7450

Tenglamani X faktorning kodlangan holatida yechish qulaydir:

$$X_0 = \frac{1}{2}(X_{\min} + X_{\max}) = \frac{1}{2}(6 + 8) = 7;$$

$$\mathfrak{S} = \frac{X_{\min} + X_{\max}}{N - 1} = \frac{8 - 6}{5 - 1} = 0,5;$$

$$x_1 = \frac{1}{I}(X_1 - X_0) = \frac{1}{0,5}(6 - 7) = -2;$$

$$x_2 = -1; \quad x_3 = 0; \quad x_4 = 1; \quad x_5 = 2;$$

x ning kodlangan qiymatlari uchun izlangan model $Y = b_0 + b_1x + b_2x^2$ ko'rinishda bo'ladi.

$$B = N \sum_{u=1}^N x_u^4 - \left(\sum_{u=1}^N x_u^2 \right)^2 = 5 \cdot 34 - 10^2 = 70;$$

$$b_0 = \frac{\sum_{u=1}^5 x_u^4 \sum_{u=1}^5 \bar{Y}_U - \sum_{u=1}^5 x_u^2 \sum_{u=1}^5 x_u^2 \bar{Y}_U}{B} = \frac{34 \cdot 66,95 - 10 \cdot 128,94}{70} = 14,098;$$

$$b_1 = \frac{\sum_{u=1}^5 x_u \bar{Y}_U}{\sum_{u=1}^5 x_u^2} = -\frac{1,72}{10} = -0,172$$

$$b_2 = \frac{5 \sum_{u=1}^5 x_u^2 \bar{Y}_U - \sum_{u=1}^5 x_u^2 \sum_{u=1}^5 \bar{Y}_U}{B} = \frac{5 \cdot 128,94 - 10 \cdot 66,95}{70} = -0,354;$$

SHunday qilib, x faktorning kodlangan qiymatlari uchun izlangan model $Y=14,098 - 0,172x - 0,354x^2$ ko'rinishda bo'ladi.

a_0, a_1 va a_2 lar quyidagi formulalar bo'yicha hisoblanadi:

$$a_0 = b_0 - \frac{b_1}{I} X_0 + \frac{b_2}{I^2} X_0^2 = 14,098 + \frac{0,172}{0,5} \cdot 7 - \frac{0,172}{(0,5)^2} \cdot 7^2 = -52,878;$$

$$a_1 = \frac{b_1}{I} - \frac{2b_2}{I^2} X_0 = \frac{0,172}{0,5} + \frac{2 \cdot 0,354}{(0,5)^2} \cdot 7 = 19,48;$$

$$a_2 = \frac{b_2}{I^2} = -\frac{0,354}{0,25} = -1,416.$$

U holda, X ning natural qiymatlari bo'yicha matematik modeli quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi: $Y=-52,87+19,48x - 1,416x^2$

7- operatsiyada tenglama koeffitsiyentlarining ahamiyatliligini tekshiramiz.

$$S^2\{b_0\} = \frac{1}{5 \cdot 5 \cdot b} \sum_{u=1}^5 S_u^2\{Y\} \sum_{u=1}^5 x_u^2 = \frac{0,01118 \cdot 34}{70} = 0,0054;$$

$$S\{b_0\} = 0,074;$$

$$S^2\{b_1\} = \frac{\sum_{u=1}^5 S_u^2\{Y\}}{5 \cdot 5 \cdot \sum_{u=1}^5 x_u^2} = \frac{0,01118}{10} = 0,000112;$$

$$S\{b_1\} = 0,0334;$$

$$S^2\{b_2\} = \frac{\sum_{u=1}^5 S_u^2\{Y\}}{5 \cdot B} = \frac{0,2795}{350} = 0,000799;$$

$$S\{b_2\} = 0,0283.$$

Endi Student mezonini hisoblaymiz:

$$t_{\text{b}}\{b_0\} = \frac{14,098}{0,0737} = 190,5; \quad t_{\text{b}}\{b_1\} = \frac{0,172}{0,0334} = 5,22; \quad t_{\text{b}}\{b_2\} = \frac{0,354}{0,0283} = 12,15.$$

7- ilova bo'yicha Student mezonining jadval qiymatini topamiz:

$$t_c = [m_D = 0,95; f\{S_{(1)}^2\} = N(m-1) = 5 \cdot (5-1) = 20] = 2,086;$$

$$t_b\{b_i\} > t_{\alpha c} (i = 0, 1, 2).$$

bo'lgani uchun, b_0 , b_1 va b_2 koeffitsiyentlar ahamiyatlidir.

8- operatsiyada qurilgan modelning yaroqliligini tekshirish uchun 2.6- jadvalni to'ldiramiz:

2.6- jadval

u	X_u	Y_u	Y_{xu}	$(\bar{Y}_u - Y_{xu})$	$(\bar{Y}_u - Y_{xu})^2$
1	-2	13,05	12,976	0,074	0,005476
2	-1	13,83	13,866	0,036	0,001296
3	0	14,21	14,098	0,112	0,012544
4	1	13,51	13,522	0,012	0,000144
5	2	12,35	12,288	0,062	0,003844
				Σ	0,023304

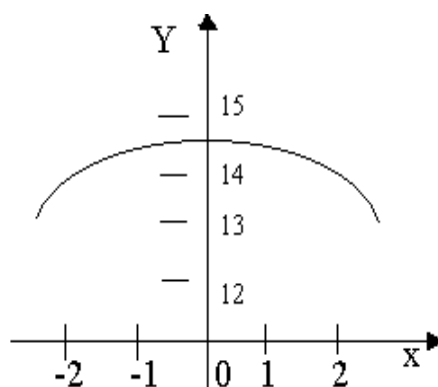
$$S_{(2)}^2\{Y\} = \frac{m \sum_{u=1}^5 (\bar{Y}_u - Y_{xu})^2}{N - B} = \frac{5 \cdot 0,021304}{2} = 0,5825;$$

$$f\{S_{(2)}^2\} = 5 - 3 = 2.$$

Fisher alomatining hisoblangan qiymati quyidagicha bo'ladi:

$$F_u = \frac{S_{(2)}^2\{Y\}}{S_{(1)}^2\{Y\}} = \frac{0,05825}{0,0559} = 1,04.$$

$G_x < G_j$ bo'lgani uchun qurilgan model qaralayotgan jarayonga mos keladi. Modelga mos grafik 2.3- rasmda keltirilgan.



2.3- rasm. Nochiziqli modelning grafigi.

2.6. Ko'p faktorli regression model qurish

To'la faktorli faol tajriba natijalari bo'yicha ko'p faktorli regression matematik model qurish jarayonini ko'rib chiqamiz.

$Y=b_0+b_1x_1+...+b_ix_i+...+b_Mx_M+b_{12}x_1x_2+...+b_{M-1M}x_{M-1}x_M$ ko`rinishdagi matematik model qurish bilan shug`ullanamiz. Bunda: x_i – faktorlarning kodlangan qiymatlari ($i=\overline{1,M}$), b_i , b_{ij} –noma'lum koeffitsiyentlar, ($i, j=\overline{1,M}$), $x_{oi} = \frac{X_{oi} - X''_i}{I_i}$; $x_{hi} = \frac{X_{hi} - X''_i}{I_i}$; X_{oi} – i- faktor natural qiymatining asosiy sathi; X_{yui} , X_{qi} – i- faktorning yuqori va quyi natural qiymatlari; I_i – i- faktorning o`zgarish intervali. 2.7- va 2.8- jadvallarda ikki faktorli va uch faktorli rejalashtirish matritsalarini keltirilgan.

2.7- jadval

u	Faktorlar		Y_{uv}				SSH B
	X_1	X_2	Y_{u1}	Y_{u2}		Y_{um}	
1	-1	-1	Y_{u11}	Y_{u12}		Y_{1m}	(1)
2	+1	-1	Y_{u21}	Y_{u22}		Y_{2m}	A
3	-1	+1	Y_{u31}	Y_{u32}		Y_{3m}	V
4	+1	+1	Y_{u41}	Y_{u42}		Y_{4m}	Av

Jadvallarda SSHB- satrlarni shartli belgilashni bildiradi. Bunda a, b, c,...lar $x_1, x_2, x_3,...$ faktorlar yuqori sathdagi qiymatlarni qabul qilganligini bildiradi. Agar hamma faktorlar yuqori sathdagi qiymatni qabul qilsa (1) bilan belgilash kelishilgan.

Ko`p faktorli model qurish uchun  $\bar{Y}_u$ ,  $S_u^2\{Y\}$  lar hisoblanib, so`ng 8 ta operatsiya ketma-ket bajariladi. Bulardan 1- , 2- , 3- , 4- , va 8- operatsiyalar bir faktorli model qurishda ishlatilgan formulalar bo`yicha bajariladi.

2.8- jadval

u	Faktorlar			Y_{uv}			SSHB
	X_1	X_2	X_3	Y_{u1}		Y_{um}	
1	-	-	-	Y_{u11}		Y_{1m}	(1)
2	+	-	-	Y_{u21}		Y_{2m}	A
3	-	+	-	Y_{u31}		Y_{3m}	V
4	+	+	-	Y_{u41}		Y_{4m}	Av
5	-	-	+	Y_{u51}		Y_{5m}	S
6	+	-	+	Y_{u61}		Y_{6m}	As
7	-	+	+	Y_{u71}		Y_{7m}	Vs
8	+	+	+	Y_{u81}		Y_{8m}	Avs

5- operatsiyada modelning ko`rinishi aniqlanadi. Modelni  $Y=b_0+b_1x_1+...+b_ix_i+...+b_Mx_M+b_{12}x_1x_2+...+b_{M-1M}x_{M-1}x_M$  ko`rinishda qidiramiz. Agar model $Y=b_0+b_1x_1+...+b_ix_i+...+b_Mx_M$ chiziqli ko`rinishda bo`lsa, yettinchi operatsiyada model hadlarining chiziqsiz qismi chiqarib tashlanadi.

6- operatsiyada regressiya koeffitsientlari quyidagi formulalar bo`yicha hisoblanadi:

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N \bar{Y}_u;$$

$$b_1 = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N x_{iu} \bar{Y}_u; \quad (i=\overline{1, M}),$$

$$b_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N x_{iu} x_{ju} \bar{Y}_u; \quad i \neq j$$

bunda N- sathlar kombinatsiyalari soni.

7- operatsiyada regressiya koeffitsientlarining ahamiyatliligi tekshiriladi. Bunda Styudent alomatidan foydalaniladi:

$$t_b = \frac{|b_i|}{S\{b_i\}},$$

bunda,

$$S^2\{b_i\} = S^2\{b_{ij}\} = \frac{1}{mN^2} \sum_{u=1}^N S_u^2\{Y\}, \quad f\{S_b^2\} = N(m-1)$$

7- ilovadan Styudent alomatining $t_j[Rd=0,95; f\{S_b^2\}=N(m-1)]$ jadval qiymati qaraladi.

Agar $t_x < t_j$ tengsizlik bajarilsa, modelning tekshirilayotgan koeffitsiyenti ahamiyatli emas, deb faraz qilinadi.

Misol. 2.9- jadvalda keltirilgan rejalashtirish matritsasi ma'lumotlari bo'yicha uch faktorli matematik model qurilsin.

Yechish: $\bar{Y}_u$, $S_u^2\{Y\}$ hamda 1- , 2- operatsiyalarning natijalari 2.6- jadvalning o'ng tomonida keltirilgan.

1- ilovadan $V_j[0,95;3]=1,412$ va 5- ilovadan $W_j[0,95;3]=0,767$ larni topamiz. $u=1,2,...,8$ qiymatlar uchun $V_{uxmin} < V_j$, $V_{uxmax} < V_j$, $W_{ux} > W_j$, tajribaviy ma'lumotlarning eng kichik va eng katta qiymatlari chiqarib yuborilmaydi, ular normal qonunga bo'ysunadi.

3- operatsiya. Kochren mezonining hisoblangan qiymatini topamiz:

$$G_b = \frac{S_{u\max}^2\{Y\}}{\sum_{u=1}^N S_u^2\{Y\}} = \frac{7}{31} = 0,226.$$

6- ilovadan $G_j[Rd=0,95; f\{S_u^2\}=m-1=2; N=8]=0,516$. $G_x < G_j$ bo'lgani uchun $S_u^2\{Y\}$ dispersiyalar bir jinslidir.

u	Faktorlar			Y _{uv}			$\bar{Y}$	$S_u^2\{Y\}$	V _{uxmin}	V _{uxmax}	W _x
	X ₁	X ₂	X ₃	Y _u 1	Y _u 2	Y _u 3					
1	-1	-1	-1	8	11	8	9	3	0,7	1,4	1,1
2	+1	-1	-1	13	15	11	13	4	1,2	1,2	2,0
3	-1	+1	-1	14	16	12	14	4	1,2	1,2	2,0
4	+1	+1	-1	20	18	16	18	4	1,2	1,2	2,0
5	-1	-1	+1	16	15	14	15	1	1,2	1,2	2,0
6	+1	-1	+1	22	20	18	20	4	0,6	0,6	2,0
7	-1	+1	+1	17	18	13	16	7	0,51	0,38	1,8
8	+1	+1	+1	21	19	17	19	4	0,6	0,6	2,0

4- operatsiya. O`rtacha dispersiyani hisoblaymiz.

$$S_{(1)}^2\{Y\} = \frac{1}{8} \sum_{u=1}^8 S_u^2\{Y\} = \frac{31}{8} = 3,875,$$

$$f\{S_{(1)}^2\} = N(m-1) = 8 \cdot 2 = 16.$$

5- operatsiya. Noma'lum modelni $Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3$ ko`rinishida qidiramiz.

6- operatsiya. Bu operatsiyada noma'lum regressiya koeffitsiyentlarini aniqlaymiz.

$$b_0 = \frac{1}{8} \sum_{u=1}^8 \bar{Y}_u = \frac{1}{8} (9 + 13 + \dots + 19) = 15,5;$$

$$b_1 = \frac{1}{8} \sum_{u=1}^8 x_{1u} \bar{Y}_u = \frac{1}{8} (-9 + 13 - 14 + \dots - 16 + 19) = 2;$$

$$b_2 = \frac{1}{8} \sum_{u=1}^8 x_{2u} \bar{Y}_u = \frac{1}{8} (-9 - 13 + \dots + 16 + 19) = 1,25;$$

$$b_3 = \frac{1}{8} \sum_{u=1}^8 x_{3u} \bar{Y}_u = \frac{1}{8} (-9 - 13 + \dots + 16 + 19) = 2;$$

$$b_{12} = \frac{1}{8} \sum_{u=1}^8 x_1 x_2 \bar{Y}_u = \frac{1}{8} (9 - 13 - \dots - 16 + 19) = -0,25;$$

$$b_{13} = \frac{1}{8} \sum_{u=1}^8 x_1 x_3 \bar{Y}_u = \frac{1}{8} (9 - 13 + \dots - 16 + 19) = 0;$$

$$b_{23} = \frac{1}{8} \sum_{u=1}^8 x_2 x_3 \bar{Y}_u = \frac{1}{8} (9 + 13 - \dots + 16 + 19) = -1,25.$$

Natijada, quyidagi ko`p faktorli regression modelga ega bo`lamiz:
 $Y = 15,5 + 2x_1 + 1,25x_2 + 2x_3 - 0,25x_1x_2 - 1,25x_2x_3.$

7- operatsiya. Model koeffitsiyentlarining ahamiyatliligini aniqlash uchun Styudent mezonini hisoblaymiz:

$$t_b\{b_i\} = \frac{|b_i|}{S\{b_i\}},$$

$$S^2\{b_i\} = \frac{1}{mN^2} \sum_{u=1}^8 S_u^2\{Y\} = \frac{3 \cdot 875}{24} = 0.16, S\{b_i\} = 0.4;$$

$$t_b\{b_1\} = \frac{2}{0.4} = 5; \quad t_b\{b_2\} = \frac{1.25}{0.4} = 3.1;$$

$$t_b\{b_3\} = \frac{2}{0.4} = 5; \quad t_b\{b_{12}\} = \frac{0.25}{0.4} = 0.62;$$

$$t_b\{b_{13}\} = \frac{0}{0.4} = 0; \quad t_b\{b_{23}\} = \frac{1.25}{0.4} = 3.1.$$

7- ilovadan Styudent mezonining jadval qiymatini topamiz:

$t_j[Rd=0.95; f=8(3-1)=16]=2.12$. t_x va t_j larni solishtirib, b_1, b_2, b_3, b_{23} koeffitsiyentlarning ahamiyatli ekanligini topamiz. Modelning oxirgi ko'rinishi $Y=15.5+2x_1+1.25x_2+2x_3-1.25x_2x_3$ bo'ladi.

8- operatsiya. Modelning adekvatligini tekshirish uchun Fisher mezonini hisoblaymiz:

$$F_x = \frac{S_{(2)}^2\{Y\}}{S_{(1)}^2\{Y\}} > 1 \quad \text{yoki} \quad F_x = \frac{S_{(1)}^2\{Y\}}{S_{(2)}^2\{Y\}} > 1,$$

bunda $S_{(2)}^2\{Y\} = \frac{3 \sum_{u=1}^8 (\bar{Y}_u - Y_{xu})^2}{8-3} = 1$, $S_{(2)}^2\{Y\}$ ni hisoblash 2.10- jadvalda keltirilgan.

2.10- jadval

u	Y_{xu}	$\bar{Y}_u$	$(\bar{Y}_u - Y_{xu})$	$(\bar{Y}_u - Y_{xu})^2$
1	9	9	0	0
2	13	13	0	0
3	14	14	0	0
4	18	18	0	0
5	15,5	15	-0,5	0,25
6	19,5	20	0,5	0,25
7	15,5	16	0,5	0,25
8	19,5	19	-0,5	0,25
$S_{(2)}^2\{Y\} =$				1,00

SHunday qilib,

$$F_b = \frac{S_{(1)}^2\{Y\}}{S_{(2)}^2\{Y\}} = 3.875 > 1.$$

2- ilovadan $F_j[Rd=0.95; f\{S_{(1)}^2\}=16; f\{S_{(2)}^2\}=3]=8.69$ ni topamiz.

$G_x < G_j$ bo'lgani uchun qurilgan model adekvat deb qabul qilinadi.

Takrorlash uchun savollar

1. Faol tajribani rejalashtirish jarayoni qanday amalga oshiriladi?
2. Qanaqa model regression model deyiladi?
3. Rejalashtirish matritsasi qaysi hollarda to'yinmagan, to'yingan va o'rta to'yingan deyiladi?
4. Faktorlarni o'zgarish intervallarini tahlil qiling.
5. CHiziqli regression modelning koeffitsiyentlarini aniqlash algoritmini bayon qiling.
6. Polinomial ko'rinishdagi regression model qurish uchun qanday operatsiyalarni bajarish zarur bo'ladi?
7. Qanday hollarda nochiziqli model quriladi?
8. To'la faktorli tajribani ma'nosini izohlang.
9. Ko'p faktorli regression model qurish algoritmini bayon qiling.
10. Modelning yaroqliligi qanaqa mezon bo'yicha baholanadi?

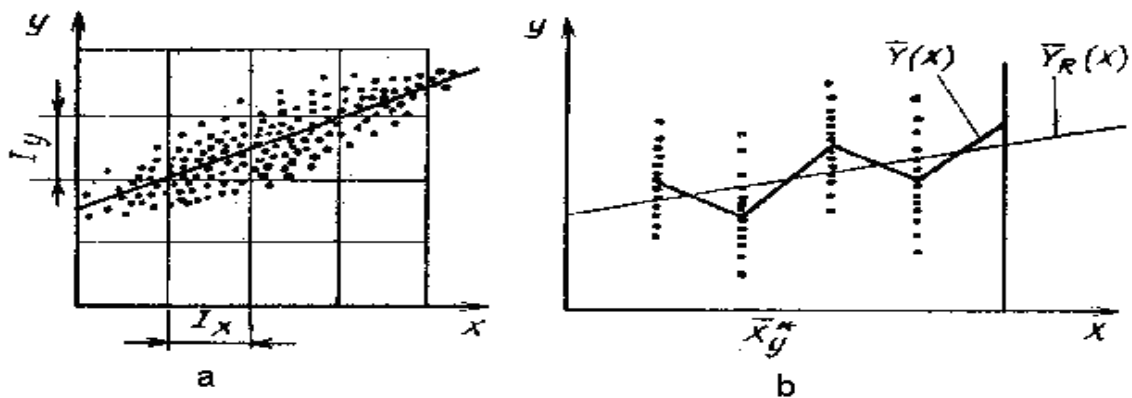
III BOB. KORRELYATSION MODELLAR

3.1. Bir faktorli korrelyatsion modellar

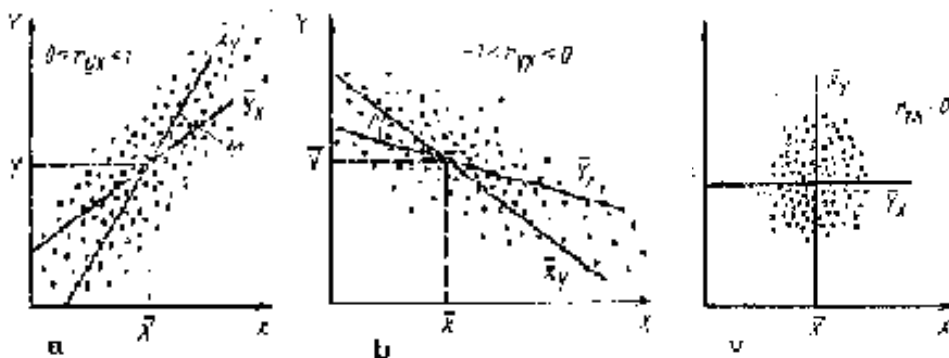
Ko`pincha, jarayonlar va tizimlarni matematik modellashtirishda kiruvchi ko`rsatkichlar(faktorlar) ham, chiquvchi ko`rsatkichlar ham tasodifiy miqdordan iborat bo`ladi. Agar X – faktor va Y - chiquvchi ko`rsatkichlar diskret tasodifiy miqdorlardan iborat bo`lsa, u holda nafaol tajriba o`tkazish natijasida quyidagicha ikkita ketma-ket qiymatlarga ega bo`lamiz:

$$\begin{aligned} X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_m \\ Y_1, Y_2, \dots, Y_j, \dots, Y_m \end{aligned}$$

Agar ko`rsatkichlar uzluksiz tarzda o`zgarsa, u holda ko`rsatkichlarning qiymatlari vaqt bo`yicha kvantlanadi, ya`ni diskretlashtiriladi.  $(X_j Y_j)$  juftliklarga mos keluvchi OXY koordinata tekisligining nuqtalar to`plami korrelyatsion maydon deyiladi (3.1- rasm). Bu nuqtalar bo`yicha qurilgan matematik model korrelyatsion model, qurish usuli esa korrelyatsion tahlil deyiladi.



3.1-rasm. Korrelyatsion maydon va uni almashtirish



3.2- rasm. Korrelyatsion koeffitsiyentining har xil qiymatlariga mos keluvchi qo`shma to`g`ri chiziqlar grafiklari.

3.1. a) rasmdan ko`rinadiki,  $X_j$  ning bir qiymatiga  $Y$  ning bir necha qiymatlari mos keladi. 3.1- rasmda  $X$ - tasodifiy miqdorning qiymatlari to`plamini J_x intervallarga ajratib, ularning o`rtalarini $\bar{X}_y = \bar{X}_j$ bilan, Y tasodifiy miqdorning

qiymatlari to'plamini I_y intervallarga ajratib, $\bar{Y}_x = \bar{Y}_j$ bilan belgilaymiz. X_j^* va Y_j^* qiymatlar, shartli o'rta qiymatlar deyiladi.

Agar $\bar{Y}_x$ nuqtalarni to'g'ri chiziq kesmalari yordamida tutashtirsak, korrelyatsion bog'lanishning empirik chizig'i deb ataluvchi siniq chiziqqa ega bo'lamiz. (3.1.b- rasm). Agar nuqtalar sonini orttirib, I_x intervallarni kichiklashtirsak siniq chiziq egri chiziqqa aylanadi.

Agar $\bar{Y}_x$ korrelyatsion bog'lanishning empirik chizig'i deb ataluvchi siniq bo'g'inlarini orttirib, I_x intervallarni kichiklashtirsak siniq chiziq egri chiziqqa aylanadi. Bu chiziqqa mos $Y(X)$ tenglama korrelyatsion tenglama deyiladi. Y va X tasodifiy miqdorlarning o'zaro korrelyatsion bog'liqligini xarakterlovchi $Y(X)$ va $X(Y)$ tenglamalarga mos keluvchi egri chiziqlar qo'shma egri chiziqlar deyiladi. (3.2 - rasm).

Agar korrelyatsion maydonni o'lchovlari I_x va I_y bo'lgan katakchalarga ajratib, har bir katakdagi nuqtalar sonini m_{ij} bilan belgilasak, korrelyatsion jadval deb ataladigan jadvalga ega bo'lamiz. (3.1- jadval).

3.1- jadval

Y/X	$\bar{X}_j^*$	.....	$\bar{X}_j^*$	.....	$\bar{X}_r^*$	m_{yj}	$\bar{X}_y$
$\bar{Y}_1^*$	M_{11}	.....	m_{j1}	.....	m_{r1}	m_{y1}	$\bar{X}_1$
.....							
$\bar{Y}_i^*$	m_{li}	.....	m_{ji}	.....	m_{ri}	m_{yi}	$\bar{X}_i$
.....							
$\bar{Y}_q^*$	M_{1q}	.....	M_{jq}	.....	m_{rq}	m_{yq}	$\bar{X}_q$
m_{xj}	m_{x1}	.....	m_{xj}	.....	m_{xr}	M	$\bar{X}$
$\bar{Y}_x$	$\bar{Y}_1$	.....	$\bar{Y}_j$	.....	$\bar{Y}_r$	$\bar{Y}$	---

Korrelyatsion jadvalda quyidagi belgilashlar qabul qilingan:

$\bar{X}_j^*$ - X qiymatlarning j – intervaldagi o'rta qiymati;

$\bar{Y}_i^*$ – Y qiymatlarning i – intervaldagi o'rta qiymati;

m_{ji} – $(X_j; Y_i)$ ga mos keluvchi nuqtalar soni.

$$m_{xj} = \sum_{i=1}^q m_{ji} \quad (3.1)$$

$$m_{yi} = \sum_{j=1}^p m_{ji} \quad (3.2)$$

$$m = \sum_{i=1}^q m_{yi} = \sum_{j=1}^p m_{xj}; \quad (3.3)$$

Korrelyatsion jadval bo'yicha, $\bar{Y}_x$ va $\bar{X}_u$ shartli o'rta qiymatlar quyidagicha aniqlanadi:

$$\bar{Y}_x = \bar{Y}_j = \frac{1}{m_{xj}} \sum_{i=1}^q m_{ji} \bar{Y}_i^*; \quad (3.4)$$

$$\bar{X}_y = \bar{X}_i = \frac{1}{m_{yi}} \sum_{j=1}^p m_{ji} \bar{X}_j^*; \quad (3.5)$$

Korrelyatsion maydonda nuqtalarning taqsimlanish markazini xususiyatlovchi umumiy o`rta qiymatlar  $\bar{Y}$  va  $\bar{X}$  quyidagi formulalar bo`yicha aniqlanadi:

$$\bar{Y} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^p m_{xj} \bar{Y}_j \quad (3.6)$$

$$\bar{X} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^q m_{yi} \bar{X}_i \quad (3.7)$$

X va Y tasodifiy miqdorlarning to`la dispersiyalari quyidagi formulalar bo`yicha aniqlanadi:

$$S^2\{Y\} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (Y_i - \bar{Y})^2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^q m_{yi} (Y_i^* - \bar{Y})^2; \quad (3.8)$$

$$S^2\{X\} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (X_j - \bar{X})^2 = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^p m_{xj} (X_j^* - \bar{X})^2; \quad (3.9)$$

Korrelyatsion jadvalning ma'lumotlaridan foydalanib, quyidagi masalalar yechiladi:

- 1) Korrelyatsion aloqa darajasi va aloqa darajasi ko`rsatkichlarining statistik bahosi aniqlanadi;
- 2) Jarayon yoki tizimning fizik tahlili yoki biror boshqa mezondan foydalanib, bog`lanishning ko`rinishi aniqlanadi;
- 3) Eng kichik kvadratlar usuli bo`yicha modelning koeffitsiyentlari hisoblanadi va bu koeffitsiyentlar statistik usullar yordamida baholanadi;
- 4) Korrelyatsion modelning ishonch chegaralari aniqlanadi.

Amalda, jarayon va tizimlarning chiziqli va nochiziqli, bir faktorli korrelyatsion modellari ko`p uchraydi. Qo`shma to`g`ri chiziqlarning tenglamalari quyidagi ko`rinishda aniqlanadi:

$$Y_x(X) = d_{ox} + d_{1x}(X - \bar{X}); \quad (3.10)$$

$$X_y(Y) = d_{oy} + d_{1y}(Y - \bar{Y}); \quad (3.11)$$

Ikkita tasodifiy miqdor chiziqli bog`lanishining darajasini baholash uchun korrelyatsiya koeffitsiyenti (KK) deb atalgan sonli xususiyat qo`llanadi.

Har qanday X va Y uchun korrelyatsion maydonda nuqtalar qanchalik kamroq yoyilgan bo`lsa, bu tasodifiy miqdorlar orasidagi bog`lanish zichligi shunchalik yuqori bo`ladi,  $Y_x(X)$  va  $X_y(Y)$  qo`shma to`g`ri chiziqlar orasidagi ϕ burchak ham kichiklashib boradi. Bunda juftlik korrelyatsiya koeffitsiyenti -

$1 \leq r_{yx} \leq 1$ shartni qanoatlantirishi zarur. 3.2- rasmda korrelyatsiya koeffitsiyentining har xil qiymatlari uchun qo'shma to'g'ri chiziqlarning grafiklari ko'rsatilgan.

Amalda, shartli ravishda, korrelyatsion bog'lanish quyidagicha baholanadi:

$0,3 \leq |r_{yx}| \leq 0,4$ bo'lganda bo'sh;
 $0,4 < |r_{yx}| \leq 0,7$ bo'lganda o'rta;
 $0,7 < |r_{yx}| \leq 0,9$ bo'lganda kuchli;
 $0,9 < |r_{yx}|$ bo'lganda juda kuchli.

Juftlik korrelyatsiya koeffitsiyenti Y va X tasodifiy miqdorlar ikki o'lchovli normal taqsimot qonuniga bo'ysunganda ular orasidagi bog'lanish darajasini aniq baholashiga asoslangan. Bunda, $Y_j - \bar{Y}$ ayirma ham normal qonunga bo'ysunib, $\bar{Y}, \bar{X}, S\{Y\}, S\{X\}$, r_{yx} lar Y va X orasidagi korrelyatsion bog'lanishni yaqqol xarakterlaydi.

Boshqa hollarda korrelyatsiya koeffitsiyentiga extiyotkorlik bilan yondoshish zarur.

Y_j va X_j juftliklarning kam sonli qiymatlarida ($m < 30$) korrelyatsiya koeffitsiyenti quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$r_{yx} = \frac{\sum_{j=1}^m (X_j - \bar{X})(Y_j - \bar{Y})}{(m-1)S\{X\}S\{Y\}} \quad (3.12)$$

O'lchashlar soni katta bo'lganda ($m \geq 30$) korrelyatsiya koeffitsiyenti 3.1-jadval bo'yicha aniqlanadi:

$$r_{yx} = \frac{\sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^p m_{ji} (X_j - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{mS\{X\}S\{Y\}} \quad (3.13)$$

yoki

$$r_{yx} = \frac{\sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^p m_{ji} Y_i X_j - m\bar{Y}\bar{X}}{mS\{X\}S\{Y\}} \quad (3.14)$$

Agar Y va X ni

$$y = \frac{Y - Y_0}{I_y}; \quad (3.15)$$

$$x = \frac{X - X_0}{I_x}; \quad (3.16)$$

ko'rinishda almashtirsak, u holda korrelyatsiya koeffitsiyenti

$$r_{yx} = \frac{\sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^p m_{ji} y_i x_j - m\bar{y}\bar{x}}{mS\{x\}S\{y\}} \quad (3.17)$$

formula bo'yicha hisoblanadi, bunda Y_0, X_0, I_y, I_x – o'zgarmas sonlar; $\bar{y}, \bar{x}$ – kodlangan tasodifiy miqdorlarning o'rta qiymatlari;

$$S\{y\} = \frac{1}{I_y} S\{Y\}; \quad (3.18)$$

$$S\{x\} = \frac{1}{I_x} S\{X\}; \quad (3.19)$$

Tasodifiy miqdorlarning ixtiyoriy ko'rinishdagi korrelyatsion bog'lanishlarini korrelyatsion nisbat h yoki dispersion nisbat h^2 yordamida baholanadi. Dispersion nisbatning tanlanma qiymati quyidagi formulalar bo'yicha hisoblanadi:

$$h_{yx}^2 = \frac{S^2\left\{\bar{Y}_x / \bar{Y}\right\}}{S^2\{Y\}}; \quad (3.20)$$

$$h_{xy}^2 = \frac{S^2\left\{\bar{X}_y / \bar{X}\right\}}{S^2\{X\}}; \quad (3.21)$$

bunda

$$S^2\left\{\bar{Y}_x / \bar{Y}\right\} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^p m_{xj} (\bar{y}_{xj} - \bar{Y})^2 = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^p m_{xj} \bar{y}_{xj}^2 - \bar{Y}^2 \quad (3.22)$$

$$S^2\left\{\bar{X}_y / \bar{X}\right\} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^q m_{yi} (\bar{x}_{yi} - \bar{X})^2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^q m_{yi} \bar{x}_{yi}^2 - \bar{X}^2; \quad (3.23)$$

$S^2\{Y\}$ va $S^2\{X\}$ (3.8) va (3.9) formulalar bo'yicha hisoblanadi.

Korrelyatsion nisbatlar uchun $0 \leq h_{yx} \leq 1$; $0 \leq h_{xy} \leq 1$; munosabatlar o'rinli. Korrelyatsiya koeffitsiyentidan farqli ravishda korrelyatsion nisbat uchun simmetriklik xossasi o'rinli emas, ya'ni $r_{yx} = r_{xy}$ bo'lib, $h_{yx} \neq h_{xy}$ bo'ladi. h_{yx}^2 va r_{yx}^2 ni bir-biriga mos qo'yish yo'li bilan tasodifiy miqdorlar orasidagi chiziqli bog'lanish baholanadi. Agar h_{yx}^2, r_{yx}^2 dan sezilarli darajada kattaroq bo'lsa, Y va X orasida bog'lanish nochiziqli deb hisoblanadi. Agar Y va X orasida chiziqli korrelyatsion bog'lanish mavjud bo'lsa,

$$F_x = \frac{\left(h_{yx}^2 - r_{yx}^2\right) / (p-2)}{\left(1 - h_{yx}^2\right) / (m-p)} \quad (3.24)$$

miqdor Fisher qonuni bo'yicha taqsimlanadi.

Bunda G_x Fisherning jadval qiymati G_j dan kichik bo'lishi zarur (2- ilova). Bu shart bajarilganda, h_{yx} va r_{yx} orasidagi farq tasodifiy deb qaraladi. Agar bir faktorli korrelyatsion model chiziqli bo'lsa, uning koeffitsiyentlari quyidagicha aniqlanadi:

$$d_{ox} = \bar{Y}; \quad (3.25)$$

$$d_{1x} = \frac{r_{yx} S\{Y\}}{S\{X\}}; \quad (3.26)$$

$$d_{0x} = \bar{Y}; \quad (3.27)$$

$$d_{1y} = \frac{r_{yx} S\{X\}}{S\{Y\}}; \quad (3.28)$$

Agar $G_x > G_j$ shart bajarilsa, korrelyatsion bir faktorli modelni nochiziqli ko'rinishda qidiriladi.

Misol. Nofaol tajribalar o'tkazish natijasida Y va X juftliklarning m=100 ta qiymatlari olingan. Y va X tasodifiy miqdorlar orasidagi bog'lanishni xarakterlovchi korrelyatsion modelni aniqlash uchun quyidagi operatsiyalar bajariladi(3.2- jadval).

1. Korrelyatsion jadvalni tuzish uchun

$$K_y \approx K_x \approx 1 + 3,32 \lg m$$

empirik formuladan fodalanib, K_y va K_x intervallar soni aniqlanadi. Bu misolda $K_y = K_x = 10$

2. I_x va I_y intervallar miqdorlari aniqlanadi:

$$I_x = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{K_x} = \frac{350,1 - 168,1}{10} = 18,2;$$

$$I_y = \frac{Y_{\max} - Y_{\min}}{K_y} = \frac{6,2 - 2,8}{10} = 0,34;$$

3. X va Y uchun intervallarning o'rtacha qiymatlari aniqlanadi. 3.2- korrelyatsion jadvalda intervallarning chegaralari $X_j \div X_{j+1}$; $Y_i \div Y_{i+1}$ hamda bu intervallarning o'rta qiymatlari X_j^* ; $\bar{Y}_i^*$ keltirilgan.

4. m_{ji} chastotalarni aniqlash uchun hamma juftliklar soni korrelyatsion jadvalning kataklariga tarqatiladi. 3.2- jadvalda bu sonlar katakning o'ng, yuqori qismlariga yozilgan.

5. Hisoblash ishlarini osonlashtirish uchun X va Y tasodifiy miqdorlarning qiymatlari kodlanadi. Kodlangan o'rta qiymatlar quyidagi formulalar bo'yicha aniqlanadi:

$$x_j = \frac{\bar{X}_j^* - \bar{X}_0^*}{I_x} = \frac{\bar{X}_j^* - 250}{18,2}$$

$$y_i = \frac{\bar{Y}_i^* - \bar{Y}_0^*}{I_y} = \frac{\bar{Y}_i^* - 4,33}{0,34}$$

bunda X_0^*, Y_0^* – maksimal chastotaga ega bo'lgan katakka mos keluvchi jadval shartli markazining koordinatalari.

Birinchi interval uchun $\bar{X}_1^* = 177,2$ bo'lib, interval o'rtasining kodlangan qiymati $x_1 = (177,2 - 250)/18,2 = -4$ ga teng bo'ladi.

Birinchi interval uchun $\bar{Y}_1^* = 2,97$ bo'lib, $y_1 = (2,97 - 4,33)/0,34 = -4$ ga teng bo'ladi. x_j, y_i larning qolgan qiymatlari ham 3.2- jadvalda keltirilgan.

6. m_{ji} chastota yozilgan katakning chap, yuqori qismiga $m_{ji}y_i$ larning qiymatlari, chap quyi qismiga esa $m_{ji}x_i$ larning qiymatlari yozilgan.

7. Kodlangan tasodifiy miqdorlarning umumiy o'rta qiymatlari aniqlanadi:

$$\bar{x} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^p m_{x_j} x_j = \frac{72}{100} = 0,72$$

$$\bar{y} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^q m_{y_i} y_i = \frac{157}{100} = 1,57$$

bunda m_{x_j}, m_{y_i}, m (3.1) – (3.3) formulalar bo'yicha aniqlanadi.

Bu qiymatlar va $m_{x_j}, x_j, m_{y_i}, y_i$ larning qiymatlari 3.2- jadvalning mos kataklarida keltirilgan.

8. Natural tasodifiy miqdorlarning umumiy o'rta qiymatlari aniqlanadi:

$$\bar{X} = I_x \bar{x} + X_0^* = 18,2 \cdot 0,72 + 250 = 263,1 \quad (3.29)$$

$$\bar{Y} = I_y \bar{y} + Y_0^* = 0,34 \cdot 1,57 + 4,33 = 4,864 \quad (3.30)$$

9. Kodlangan tasodifiy miqdorlarning dispersiyalari aniqlanadi:

$$s^2\{x\} = \frac{1}{m} \left[\sum_{j=1}^p m_{x_j} x_j^2 - m(\bar{x})^2 \right] = \frac{1}{100} [464 - 100(0,72)^2] = 4,122$$

$$s^2\{y\} = \frac{1}{m} \left[\sum_{i=1}^q m_{y_i} y_i^2 - m(\bar{y})^2 \right] = \frac{1}{100} [847 - 100(1,57)^2] = 6,01$$

10. Kodlangan tasodifiy miqdorlarning o'rtacha kvadratik og'ishlari aniqlanadi:

$$s(x) = 2,03; \quad s(y) = 2,45.$$

11. (3.18) va (3.19) formulalardan foydalanib X va Y tasodifiy miqdorlar natural qiymatlarining dispersiyalari aniqlanadi:

$$S^2\{X\} = I_x^2 S^2\{x\} = 18,2^2 \cdot 4,125 = 1365,3025$$

$$S^2\{Y\} = I_y^2 S^2\{y\} = 0,34^2 \cdot 6,01 = 0,6939$$

12. Tasodifiy miqdorlar natural qiymatlarining o'rta kvadratik og'ishi hisoblanadi:

$$S(X) = 36,946, \quad S(Y) = 0,833.$$

13. (3.17) formula bo'yicha korrelyatsiya koeffitsiyenti aniqlanadi:

$$r_{yx} = \frac{507 - 100 \cdot 0,72 \cdot 1,57}{100 \cdot 2,03 \cdot 2,45} = 0,792$$

Determinatsiya koeffitsiyenti $KD_r = r_{yx}^2 = 0,6272$.

Bu koeffitsiyent chiquvchi ko'rsatkich o'zgarishining 62,72 foizi kiruvchi ko'rsatkichning o'zgarishiga, 37,28 foizi esa boshqa tasodifiy faktorlarga to'g'ri keladi.

14. Styudent mezonidan foydalanib, korrelyatsiya koeffitsiyentining ahamiyatliligi aniqlanadi:

$$t_{\{t_{yx}\}} = \frac{r_{yx} \sqrt{m-2}}{\sqrt{1-r_{yx}^2}} = \frac{0,792 \sqrt{100-2}}{\sqrt{1-0,792^2}} = 12,85$$

$\bar{X}_i$ N_i	T_i	$\bar{X}$	$\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_{10}$										m_{yi}	$m_{yi} y_i$	$m_{yi} y_i^2$	$\sum m_{ji} x_j$	$y_i \sum m_{ji} x_j$	$(\sum m_{ji} x_j)^2$	$\frac{(\sum m_{ji} x_j)^2}{m_{yi}}$
			$\bar{X}_i$																
			$\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_{10}$																
			$\bar{X}_i$																
			168,1- 186,3	186,3- 204,5	204,5- 222,7	222,7- 240,9	240,9- 258,1	258,1- 277,3	277,3- 295,5	295,5- 313,7	313,7- 331,9	331,9- 350,1							
177,2	195,4	213,6	231,8	250	268,2	286,4	304,6	322,8	341										
			-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5							
280-314	297	-4	-41	-41	-41	-	-	-	-	-	-	-	3	-12	48	-9	36	81	27,00
314-348	331	-3	-	-31	-62	-62	-	-	-	-	-	-	5	-15	45	-9	27	81	16,20
348-382	365	-2	-	-21	-63	-42	-	-	-	-	-	-	6	-12	24	-11	22	121	20,17
382-416	399	-1	-	-	-6	-2	-44	-11	-	-	-	-	5	-5	5	-4	4	16	3,20
416-450	433	0	-	-	01	03	08	01	-	-	-	-	13	0	0	-4	0	16	1,23
450-484	467	1	-	-	22	22	66	44	11	11	-	-	16	16	16	3	3	9	0,56
484-518	501	2	-	-	-	-	0	2	4	3	-	-	8	16	32	9	18	81	10,125
518-552	535	3	-	31	-	-	124	124	31	186	62	-	18	54	162	29	87	841	46,72
552-586	569	4	-	-	-	-	82	205	-	287	41	-	15	60	240	30	120	900	60,00
586-620	603	5	-	-	-	-	0	5	204	51	153	153	11	55	275	38	190	1444	131,27
m_{yi}			1	4	9	13	24	16	8	16	6	3	100	157	847	72	507	-	316475
$m_{yi} x_j$			-4	-12	-18	-13	0	16	16	48	24	15	72	$m_{ji}, x_j, m_{ji} x_j$ m_{ji}, x_j Обозначения					
$m_{yi} x_j^2$			16	36	36	13	0	16	32	144	96	75	464						
$\sum m_{ji} y_i$			-4	-6	-14	-12	31	40	28	54	25	15	157						
$\sum m_{ji} y_i^2$			16	18	28	12	0	40	56	162	100	75	507						
$(\sum m_{ji} y_i)^2$			16	36	196	144	961	1600	784	2916	625	225	7503						
$\frac{(\sum m_{ji} y_i)^2}{m_{yi}}$			16	9	21,77	11,07	40,04	100	98	182,25	104,16	75	657,29						

3.2 – jadval.

Mezonning jadval qiymatini 7- ilovadan qaraladi:

$t_j[R_d=0,95; f=m-2=98]=1,98$. $t_x=12,85 > t_j=1,98$, bo'lgani uchun, korrelyatsiya koeffitsiyenti ahamiyatli, Y va X orasida korrelyatsion bog'lanish borligi haqidagi faraz inkor etilmaydi.

15. Fisher almashtirishidan foydalanib, korrelyatsiya koeffitsiyentining ishonchlilik intervallari aniqlanadi:

$$r_{yx} = \tanh Z \quad \text{yoki} \quad Z = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r_{yx}}{1-r_{yx}}$$

Bu usuldan X va Y tasodifiy miqdorlar qiymatlari har qanday bo'lganda ham foydalanilaveriladi.

Bunda Z quyidagi sonli xususiyatlarga ega bo'lgan normal taqsimot qonuniga bo'ysunadi:

$$\bar{Z} = 1,1513 \lg \frac{1+r_{yx}}{1-r_{yx}} + \frac{r_{yx}}{2(m-1)} = 1,1513 \lg \frac{1+0,792}{1-0,792} + \frac{0,792}{2(100-1)} = 1,0801$$

$$S^2\{Z\} = \frac{1}{m-3} = \frac{1}{97}$$

$\bar{Z}$ miqdorning absolyut ishonchlilik xatoligi.

$$\varepsilon\{\bar{Z}\} = t_{th}[P_D = 0,95] \quad S\{Z\} = \frac{1,96}{\sqrt{97}} = 0,199 \quad \text{bunda tt.n -} R_d=0,95$$

bo'lganda, normal taqsimotning ko'rsatkichi.

Z tasodifiy miqdor o'rta qiymati ishonchlilik intervalining chegaralari:

$$Z_1 = \bar{Z} - \varepsilon\{\bar{Z}\} = 1,0801 - 0,199 = 0,8811;$$

$$Z_2 = \bar{Z} + \varepsilon\{\bar{Z}\} = 1,0801 + 0,199 = 1,2791$$

va shuning uchun, $0,8811 \leq \bar{Z} \leq 1,2791$.

Korrelyatsiya koeffitsiyenti r_{yx} ishonchlilik intervalining chegaralari quyidagicha aniqlanadi:

$$r_{yx}^{bl} = \frac{e^{2Z_1} - 1}{e^{2Z_1} + 1} = \frac{e^{7,622} - 1}{e^{7,622} + 1} = 0,7069$$

$$r_{yx}^{to} = \frac{e^{2Z_2} - 1}{e^{2Z_2} + 1} = \frac{e^{2,5582} - 1}{e^{2,5582} + 1} = 0,8569$$

SHuning uchun, $0,7069 \leq r_{yx} \leq 0,8569$ bo'ladi.

16. 3.2- jadval bo'yicha dispersion va korrelyatsion nisbatlar aniqlanadi:

$$h_{yx}^2 = \frac{m \sum_{j=1}^p \frac{1}{m_{xj}} \left(\sum_{i=1}^q m_{ji} y_i \right)^2 - \left(\sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^q m_{ji} y_i \right)^2}{m \sum_{i=1}^q m_{yi} y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^q m_{yi} y_i \right)^2} \quad (3.30a)$$

$$h_{yx}^2 = \frac{100 \cdot 657,29 - 157^2}{100 \cdot 847 - 157^2} = 0,684; \quad h_{yx} = 0,827$$

$$h_{xy}^2 = \frac{m \sum_{i=1}^q \frac{1}{m_{yi}} \left(\sum_{j=1}^p m_{ji} x_j \right)^2 - \left(\sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^q m_{ji} x_j \right)^2}{m \sum_{j=1}^p m_{xj} x_j^2 - \left(\sum_{j=1}^p m_{xj} x_j \right)^2} \quad (3.31)$$

$$h_{xy}^2 = \frac{100 \cdot 316,475 - 72^2}{100 \cdot 464 - 72^2} = 0,642; \quad h_{xy} = 0,801$$

17. Styudent mezonidan foydalanib, korrelyatsion nisbatning ahamiyatliligi aniqlanadi:

$$t_b\{h_{yx}\} = \frac{h_{yx} \sqrt{m-2}}{\sqrt{1-h_{yx}^2}} = \frac{0,827 \sqrt{100-2}}{\sqrt{1-0,827^2}} = 14,13$$

$$t_b\{h_{yx}\} = \frac{h_{yx} \sqrt{m-2}}{\sqrt{1-h_{yx}^2}} = \frac{0,827 \sqrt{100-2}}{\sqrt{1-0,827^2}} = 14,13$$

7- ilovadan Styudent mezonining

$$t_j[Rd=0,95; f=m-2=98]=1,98.$$

jadval qiymatini topamiz, $t_x > t_j$ bo'lgani uchun, korrelyatsion nisbat ahamiyatli hamda Y va X orasidagi korrelyatsion bog'lanishning mavjudligi inkor etilmaydi.

Korrelyatsion nisbatning ishonchlilik intervali ham korrelyatsiya koeffitsiyenti uchun foydalanilgan formulalar bo'yicha aniqlanadi.

18. Y va X orasida chiziqli bog'lanishning mavjudligi (3.24) Fisher mezonini bo'yicha aniqlanadi:

$$F_b = \frac{(0,684 - 0,627) / (10 - 2)}{(1 - 0,68) / (100 - 10)} = 2,03$$

Fisher mezonining jadval qiymati 2- ilovadan topiladi.

$$F_j[Rd=0,95; f_{surat}=r-2=10-2=8; f_{maxraj}=m-r=100-10=90]=2,99.$$

$G_x < G_j$ bo'lgani uchun, X va Y tasodifiy miqdorlar orasida chiziqli bog'lanish borligi haqidagi faraz inkor etilmaydi.

19. (3.25) – (3.28), (3.29), (3.30) formulalar bo'yicha (3.10) va (3.11) qo'shma to'g'ri chiziqlar korrelyatsion tenglamalarining koeffitsiyentlari aniqlanadi:

$$d_{0x} = \bar{Y} = 4,864; d_{1x} = 0,792 \cdot (0,833/36,946) = 0,0178;$$

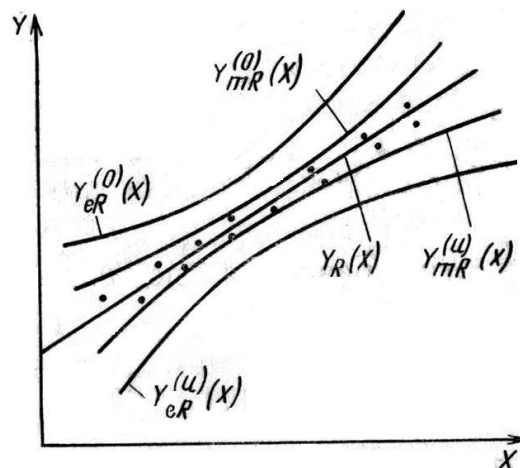
$$d_{0y} = \bar{X} = 263,1; d_{1y} = 0,792 \cdot (36,946/0,833) = 35,1275.$$

SHunday qilib, qo'shma korrelyatsion tenglamaning ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$Y_x(X) = 4,864 + 0,0178(X - 263,1) = 0,181 + 0,0178X;$$

$$X_x(Y) = 263,1 + 35,1275(Y - 4,869) = 92,244 + 35,1275Y.$$

Bu tenglamalar bo'yicha qo'shma to'g'ri chiziqlarning grafiklari yasaladi (3.3- rasm). $Y_x(\bar{X}_j^*)$ ning hisoblangan qiymatlari 3.3- jadvalda keltirilgan.



3.3- rasm. CHiziqli korrelyatsion bir faktorli modellarning grafiklari va ularning ishonchlilik intervallari.

20. Styudent mezonidan foydalanib, qo'shma korrelyatsion tenglamalar koeffitsiyentlarining ahamiyatliligi aniqlanadi:

$$t_b\{d_1\} = \frac{|d_1|}{S\{d_1\}} = \frac{|d_1|S\{X\}\sqrt{m-2}}{S\{Y\}\sqrt{1-r_{yx}^2}}$$

$$t_b\{d_{1x}\} = \frac{0,0178 \cdot 36,946\sqrt{100-2}}{0,833\sqrt{1-0,792^2}} = 12,801$$

$$t_b\{d_{1y}\} = \frac{35,1275 \cdot 0,833\sqrt{100-2}}{36,946\sqrt{1-0,792^2}} = 12,842$$

Styudent mezonining jadval qiymati 7- ilovadan topiladi:

$t_j[R_D=0,95; f=m-2=98]=1,98$. $t_x\{d_{1x}\} > t_j$, $t_x\{d_{1y}\} > t_j$, shartlar bajarilganligi uchun ikkala koeffitsiyentlar ham ahamiyatlidir.

21. Izlangan tenglamalar koeffitsiyentlarining ishonchlilik intervallari quyidagi tengsizliklardan aniqlanadi::

$$\begin{aligned}d_{1x} - \varepsilon\{d_{1x}\} &\leq \delta_x \leq d_{1x} + \varepsilon\{d_{1x}\} \\d_{1y} - \varepsilon\{d_{1y}\} &\leq \delta_y \leq d_{1y} + \varepsilon\{d_{1y}\}\end{aligned}$$

bunda koeffitsiyentlarning absolyut ishonchlilik xatoliklari quyidagi formulalardan aniqlanadi:

$$\begin{aligned}\varepsilon\{d_{1x}\} &= \frac{S\{Y\}\sqrt{1-r_{yx}^2}}{S\{X\}\sqrt{m-2}} t_{TH}[P_d = 0,95] = \frac{0,833\sqrt{1-0,792^2}}{36,946\sqrt{100-2}} \cdot 1,96 = 0,00272 \\ \varepsilon\{d_{1y}\} &= \frac{S\{X\}\sqrt{1-r_{yx}^2}}{S\{Y\}\sqrt{m-2}} t_{TH}[P_d = 0,95] = \frac{36,946\sqrt{1-0,792^2}}{0,833\sqrt{100-2}} \cdot 1,96 = 5,36133\end{aligned}$$

SHunday qilib, (3.10) va (3.11) korrelyatsion tenglamalar koeffitsiyentlarining izlangan intervallari quyidagicha bo`ladi:

$$\begin{aligned}0,0178-0,00272=0,01508 \leq \delta_x \leq 0,0178+0,00272=0,02052; \\ 35,1275-5,3613=29,7662 \leq \delta_u \leq 35,1275+5,3613=40,4888.\end{aligned}$$

22. $\bar{X}_j^*$ ning har bir qiymati uchun, Y ning shartli o`rta qiymati aniqlanadi:

$$\bar{Y}(X) = \bar{Y}(\bar{X}_j^*) = \frac{1}{m_{xj}} \sum_{i=1}^q m_{ji} \bar{Y}_i^* = \frac{I_y}{m_{xi}} \sum_{i=1}^q m_{ji} y_i + Y_0^*$$

bunda, $\bar{Y}_j^* = I_y y_i + Y_0^*$.

I_y i Y_0^* ning qiymatlarini o`rniga qo`yib,

$$\bar{Y}(X) = \frac{0,34}{m_{xj}} \sum_{i=1}^q m_{ji} y_i + 4,33 \quad \text{ga ega bo`lamiz.}$$

$\bar{Y}(X) = \bar{Y}(\bar{X}_j)$ ning qiymatlari 3.2- jadvalda keltirilgan. Olingan qiymatlar bo`yicha 3.3- rasmdagi uning shartli o`rta qiymatining o`zgarishini xarakterlovchi empirik siniq chiziqni yasaymiz.

23. $\bar{X}_j^*$ ning fiksirlangan qiymati bo`yicha Y hisoblangan qiymatining dispersiyasini quyidagi formula bo`yicha aniqlaymiz:

$$S_m^2\{Y_b(X_j)\} = S^2\{d_{0x}\} + S^2\{d_{1x}\}(\bar{X}_j^* - \bar{X})^2.$$

bunda

$$\begin{aligned}S^2\{d_{0x}\} &= S^2\{Y\} \frac{(1-r_{yx}^2)}{m-2} = 0,6939 \frac{(1-0,792^2)}{100-2} = 0,002639; \\ S^2(d_{1x}) &= \frac{S^2\{Y\}(1-r_{yx}^2)}{S^2(X)(m-2)} = \frac{0,002639}{1365,3}; \\ S_m^2\{Y_b(\bar{X}_j^*)\} &= 0,002639[1 + \frac{(\bar{X}_j^* - \bar{X})^2}{1365,3}].\end{aligned}$$

Y ning dispersiyasi va o`rta kvadratik og`ishining qiymatlari 3.3- jadvalda keltirilgan.

24. X ning fiksirlangan qiymati uchun, Y o`rta qiymatining ishonchlilik intervallari quyidagi tengsizliklardan aniqlanadi:

$Y_{mx}^u(X) = Y_{mb}^u(\bar{X}_j^*) - \varepsilon_m\{Y_b\} \leq \eta_j < \bar{Y}_b(\bar{X}_j^*) + \varepsilon_m\{Y_{xj}\} = Y_{mb}^{(0)}(\bar{X}_j^*) = Y_{mx}^{(0)}(X)$ bunda, Y hisoblangan qiymatining absolyut ishonchlilik xatoligi $\varepsilon_m\{Y_{xj}\} = S_m\{Y_b(\bar{X}_j^*)\} t_{\alpha} [p_D = 0,95; f = m - 2]$ bo`ladi.

3.3- rasmda $Y_{mb}^{(u)}(X)$ va $Y_{mb}^0(X)$ larning grafiklari tasvirlangan. Bunda, 0,95 extimollik bilan $\bar{Y}(\bar{X}_j^*)$ shartli o`rta qiymatga mos keluvchi nuqtalar grafiklar orasida joylashgan.

25. $\bar{X}_j^*$ ning fiksirlangan qiymatida Y ning individual qiymatlari η_j uchun ishonchlilik intervallari quyidagi tengsizlikdan aniqlanadi:

$$Y_{eb}^{(u)}(X) = Y_{eb}^{(u)}(\bar{X}_j^*) - \varepsilon_e\{Y_{bj}\} \leq \eta_j \leq \bar{Y}_b(\bar{X}_j^*) + \varepsilon_e\{Y_{bj}\} = Y_{eb}^{(0)}(\bar{X}_j^*) = Y_{eb}^{(0)}(X)$$

bunda $\varepsilon_e\{Y_{bj}\}$ - alohida tajriba qiymatlari bo`yicha Y birlik qiymatining absolyut ishonchlilik xatoligi. U quyidagicha hisoblanadi:

$$\begin{aligned} \varepsilon_e\{Y_{bj}\} &= S_e\{Y_{bj}\} t_{\alpha} [p_D = 0,95; f = m - 2 = 98] = S_e\{Y_{bj}\} 1,98 \\ S_e^2\{Y_b(\bar{X}_j^*)\} &= S^2\{d_{0x}\} \left[1 + m + \frac{(\bar{X}_j^* - \bar{X})^2}{S^2\{X\}} \right] \\ S_e^2\{Y_b(\bar{X}_j^*)\} &= 0,002639 \left[1 + 100 + \frac{(\bar{X}_j^* - 263,1)^2}{1365,3} \right] \end{aligned}$$

3.3- rasmda 0,95 extimollik bilan Y ning $Y_{xj}=Y_j$ alohida qiymatiga mos keluvchi nuqtalar orasiga joylashishi zarur bo`lgan $Y_{eb}^{(u)}(X)$ va $Y_{eb}^{(0)}(X)$ funktsiyalarning grafiklari keltirilgan.

Y ning dispersiyasi $S_e^2\{Y_b(\bar{X}_j^*)\}$ va uning alohida qiymatlarining o`rta kvadratik og`ishlari 3.3- jadvalda keltirilgan.

3.2. Ko`p faktorli chiziqli korrelyatsion modellar

Nofaol eksperiment o`tkazish natijasida

$$Y_j, X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{ij}, \dots, X_{mj} \quad (j=1, m)$$

qiymatlarni olaylik.

$\bar{X}_i^*$	177,2	195,4	213,6	231,8	250,0
$Y_R(X)=Y_R(\bar{X}_i^*)$	3,334	3,658	3,982	4,306	4,630
$\sum m_{ji}y_i$	-1	-6	-14	-12	131
$\frac{l_y}{m_{xi}} \sum m_{ji}y_i$	-1,36	-0,510	-0,529	-0,6314	-0,435
$\bar{Y}_x - \bar{Y}(\bar{X}_i^*)$	-2,97	+3,82	-3,801	-4,016	-4,765
$\bar{X}_i^* - \bar{X}$	85,90	-07,7	-49,6	-31,3	-13,1
$(\bar{X}_i^* - \bar{X})^2$	7978,82	4583,29	2450,25	073,69	171,61
$S_m^2\{Y_R(\bar{X}_i^*)\}$	0,016903	0,011499	0,007376	0,004533	0,002971
$S_m\{Y_R(\bar{X}_i^*)\}$	0,130011	0,107233	0,095882	0,067327	0,054507
$S_m\{Y_R\}$	0,153413	0,126635	0,101341	0,079446	0,064318
$S_e^2\{Y_R(\bar{X}_i^*)\}$	0,281	0,276418	0,271295	0,268452	0,266890
$S_e\{Y_R(\bar{X}_i^*)\}$	0,53	0,524803	0,520860	0,518124	0,516614
$\varepsilon_m(Y_{Re})$	1,05	1,039109	1,031302	1,025884	1,892896
$\bar{X}_i^*$	268,2	286,4	304,6	322,8	341,0
$Y_R(X)=Y_R(\bar{X}_i^*)$	4,954	5,277	5,602	5,926	6,250
$\sum m_{ji}y_i$	+40	+28	+54	+28	+15
$\frac{l_y}{m_{xi}} \sum m_{ji}y_i$	0,850	1,198	1,148	1,416	1,70
$\bar{Y}_x - \bar{Y}(\bar{X}_i^*)$	+5,180	+5,520	5,478	-5,746	-6,03
$\bar{X}_i^* - \bar{X}$	5,1	23,3	41,5	59,7	77,9
$(\bar{X}_i^* - \bar{X})^2$	26,01	542,89	1722,25	3564,09	6068,41
$S_m^2\{Y_R(\bar{X}_i^*)\}$	0,002689	0,003689	0,005968	0,009529	0,01437
$S_m\{Y_R(\bar{X}_i^*)\}$	0,051860	0,060734	0,07255	0,097615	0,119874
$\bar{X}_i^*$	268,2	286,4	304,6	322,8	341,0
$\varepsilon_m(Y_{Ri})$	0,061195	0,071688	0,091161	0,115186	0,141451
$S_e^2\{Y_R(\bar{X}_i^*)\}$	0,266608	0,267608	0,269887	0,273448	0,278289
$S_e\{Y_R(\bar{X}_i^*)\}$	0,516341	0,517308	0,519507	0,522922	0,527531
$\varepsilon_m(Y_{Re})$	1,022356	1,024270	1,028624	1,035386	1,044511

Bu qiymatlarni 3.4- jadval ko`rinishida joylashtiramiz.

Tajriba nomeri	Faktorlar				CHiqish ko`rsatkichi
	X_1	X_2	X_i	X_M	
1	X_{11}	X_{21}	X_1	X_{M1}	Y_1
.....					
j	X_{1j}	X_{2j}	X_{ij}	X_{Mj}	Y_j
.....					
M	X_{1m}	X_{2m}	X_{im}	X_{Mm}	Y_m

Jadvaldagi ma'lumotlar bo'yicha quyidagi xarakteristikalarini aniqlaymiz:
O'rta qiymatlar:

$$\bar{Y} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m Y_j \quad (3.32)$$

$$\bar{X}_i = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m X_{ij} \quad (3.33)$$

dispersiyalar:

$$S^2\{Y\} = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (Y_j - \bar{Y})^2 \quad (3.34)$$

$$S^2\{X_i\} = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (X_{ij} - \bar{X}_i)^2 \quad (3.35)$$

Ko'p faktorli chiziqli korrelyatsion modelni

$$Y_x = a_0 + a_1 X_1 + \dots + a_M X_M; \quad (3.36)$$

yoki

$$t_x = q_1 t_1 + \dots + q_M t_M \quad (3.37)$$

ko'rinishda qidiramiz, bunda $a_0, a_1, a_2, \dots, a_m$ qolgan faktorlar o'zgarmas deb faraz qilinganda, X_i faktor bir birlikka o'zgarganda Y model qanchaga o'zgarishini xarakterlovchi noma'lum koeffitsiyentlar;

$q_1, q_2, \dots, q_M$ – korrelyatsion modelning faktorlar

$$t_j = \frac{Y_j - \bar{Y}}{S\{Y\}} \quad (3.38)$$

$$t_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_i}{S\{X_i\}} \quad (3.39)$$

ko'rinishda standartlashtirilgandagi noma'lum koeffitsiyentlari.

q_i koeffitsiyentlar qolgan faktorlar o'zgarmas deb faraz qilinganda, faktor $S\{X_i\}$ birlikka o'zgarganda model $q_i S\{Y\}$ ga o'zgarishini bildiradi.

SHunday qilib, $q_1, q_2, \dots, q_M$ lar faktorlarning modelga solishtirma ta'sirini bildiradi. Tasodifiy miqdorlarni standartlashtirish faktorlarning o'rta qiymatlari $\bar{X}_i$ va o'rta

kvadratik og'ishlari $S\{X_i\}$ lar bir-birlaridan katta miqdorga farq qilganlarida tavsiya etiladi.

Tasodifiy miqdorlarni standartlashtirish korrelyatsion bog'lanishning statistik xarakteristikalarini hisoblash ishlarini sezilarli darajada soddalashtiradi.

Har qanday faktorlar va chiquvchi ko'rsatkichlar uchun $\bar{t}_i=0$ va $S^2\{t_i\}=1$ bo'lib, juftlik korrelyatsiya koeffitsiyentlari

$$r_{yX_i} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m t_j t_{ij} \quad (3.40)$$

$$r_{X_i X_v} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m t_{ij} t_{vj} \quad (3.41)$$

formulalar bo'yicha hisoblanadi.

a_i koeffitsiyentlar va standartlashtirilgan koeffitsiyentlar q_i oralaridagi o'zaro bog'lanish quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$a_i = q_i \frac{S\{Y\}}{S\{X_i\}} \quad (3.42)$$

$$a_0 = \bar{Y} - \sum_{i=1}^M a_{ij} \bar{X}_i \quad (3.43)$$

$Y, X_1, \dots, X_M$ tasodifiy miqdorlar orasidagi bog'lanishning qalinligi $R_{y, X_1, \dots, X_M}$ to'la yoki ko'plik korrelyatsiya koeffitsiyenti yordamida aniqlanadi. Bu koeffitsiyent faktorlarning Y ga birgalikdagi ta'sirini aniqlaydi va standartlashtirilgan tasodifiy miqdorlar uchun

$$R_{t, t_1, \dots, t_M} = R_{y, X_1, \dots, X_M} = \sqrt{q_1 r_{yX_1} + \dots + q_M r_{yX_M}} \quad (3.44)$$

formula bo'yicha aniqlanadi:

Agar juftlik korrelyatsiya koeffitsiyentlari aniq bo'lsa, ko'plik korrelyatsiya koeffitsiyenti quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi.

$$R_{y, X_1, \dots, X_M} = \sqrt{1 - \frac{D}{D_{yy}}}, \quad (3.45)$$

bunda

$$D = \begin{vmatrix} 1 & r_{yX_1} & r_{yX_2} & \dots & r_{yX_M} \\ r_{yX_1} & 1 & r_{X_1X_2} & \dots & r_{X_1X_M} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{X_MY} & r_{X_MX_1} & r_{X_MX_2} & \dots & 1 \end{vmatrix}$$

(M+1)- tartibli determinantdan iborat bo'lib,

$$D = \begin{vmatrix} 1 & r_{X_1X_2} & \dots & r_{X_1X_M} \\ r_{X_2X_1} & 1 & \dots & r_{X_2X_M} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{X_MX_1} & r_{X_MX_2} & \dots & 1 \end{vmatrix}$$

bu determinantning 1- satr, 1- ustuniga mos minoridan iboratdir.

CHiziqli ikki faktorli korrelyatsion model uchun (3.45) formula soddalashib, quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$R_{yx_1x_2} = \sqrt{\frac{r_{yx_1}^2 + r_{yx_2}^2 - 2r_{yx_1}r_{yx_2}r_{x_1x_2}}{1 - r_{x_1x_2}^2}} \quad (3.46)$$

Ko'plik korrelyatsiya koeffitsiyenti har doim musbat bo'lib, nol bilan bir oralig'ida o'zgaradi. Korrelyatsiya koeffitsiyentidan bog'lanish qalinligining o'lchovi sifatida va ishonchlilik intervalini aniqlashda tasodifiy miqdorlar ko'p o'lchovli normal taqsimot qonuniga bo'ysungan holdagina foydalaniladi. Bu shart amalda ko'p faktorli korrelyatsion matematik model qurish imkoniyatini cheklaydi. Bundan tashqari, modelning chiziqli bo'lishi ham talab etiladi.

Faktorning Y bilan bog'lanish qalinligini bir yoki bir necha faktorlarning ta'sirini hisobga olmay baholovchi korrelyatsiya koeffitsiyentini xususiy korrelyatsiya koeffitsiyenti deyiladi. Tadqiqodchining bir vaqtning o'zida bir necha faktorlarni o'zgarmas qilib turish imkoni bo'lmaganligi uchun xususiy korrelyatsiya koeffitsiyenti, korrelyatsion tahlil ahamiyatini yuqori ko'taradi.

Agar ikki faktorli korrelyatsion model uchun juftlik korrelyatsiya koeffitsiyentlari ma'lum bo'lsa, xususiy korrelyatsiya koeffitsiyentlari quyidagi formulalar bo'yicha aniqlanadi.

$$r_{yx_1(x_2)} = \frac{r_{yx_1} - r_{yx_2}r_{x_1x_2}}{\sqrt{(1 - r_{yx_2}^2)(1 - r_{x_1x_2}^2)}} \quad (3.47)$$

$$r_{yx_2(x_1)} = \frac{r_{yx_2} - r_{yx_1}r_{x_1x_2}}{\sqrt{(1 - r_{yx_1}^2)(1 - r_{x_1x_2}^2)}} \quad (3.48)$$

Xususiy korrelyatsiya koeffitsiyenti ham nol va bir oralig'ida o'zgaradi.

Ko'plik korrelyatsiya koeffitsiyentining ahamiyatliligi va uning ishonchlilik intervallarining chegaralari Styudent mezonni yordamida aniqlanadi:

$$t_b \{R_{yx_1 \dots x_M}\} = \frac{R_{yx_1 \dots x_M}}{S \{R_{yx_1 \dots x_M}\}}, \quad (3.49)$$

bunda

$$S \{R_{yx_1 \dots x_M}\} = \frac{(1 - R_{yx_1 \dots x_M}^2)}{\sqrt{m - M - 1}}. \quad (3.50)$$

$R_d=0,95$; $f=m-M-1$ shartlarida $t_x \{R_{yx_1 \dots x_M}\}$ ning qiymati 7- ilovadagi t_j jadval qiymati bilan solishtiriladi. Agar $t_x > t_j$ shart bajarilsa, korrelyatsion bog'lanishning mavjudligi haqidagi faraz inkor etilmaydi.

Ko'plik korrelyatsiya koeffitsiyentining absolyut ishonchlilik xatoligi

$$\varepsilon \{R_{yx_1 \dots x_M}\} = S \{R_{yx_1 \dots x_M}\} t_{\alpha} [p_D f] \quad (3.51)$$

formula bo'yicha aniqlanadi.

Ko'plik korrelyatsiya koeffitsiyenti qiymati ishonchlilik intervalining chegaralari quyidagi tengsizlikdan aniqlanadi:

$$R_{y_{x_1} \dots x_M} - \varepsilon \{R_{y_{x_1} \dots x_M}\} \leq P_{y_{x_1} \dots x_M} \leq R_{y_{x_1} \dots x_M} \leq R_{y_{x_1} \dots x_M} + \varepsilon \{R_{y_{x_1} \dots x_M}\} \quad (3.52)$$

Ko'p faktorli korrelyatsion modelning koeffitsiyentlari eng kichik kvadratlar usuli yordamida aniqlanadi. Ikki faktorli korrelyatsion model uchun tenglamalar tizimi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\begin{cases} q_1 + q_2 r_{x_1 x_2} = r_{y x_1} \\ q_1 r_{x_1 x_2} + q_2 = r_{y x_2} \end{cases} \quad (3.53)$$

Bu tenglamalar tizimini q_1 va q_2 ga nisbatan yechamiz:

$$q_1 = \frac{r_{y x_1} - r_{y x_2} r_{x_1 x_2}}{1 - r_{x_1 x_2}^2} \quad (3.54)$$

$$q_2 = \frac{r_{y x_2} - r_{y x_1} r_{x_1 x_2}}{1 - r_{x_1 x_2}^2} \quad (3.55)$$

Bu koeffitsiyentlarning dispersiyalari quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$S^2\{q_1\} = S^2\{q_2\} = \frac{1 - R_{y_{x_1} \dots x_M}^2}{(1 - r_{x_1 x_2}^2)(m - 2)} \quad (3.56)$$

Koeffitsiyentlarning ahamiyatligi Styudent mezoni yordamida aniqlanadi.

Misol. X_1 , X_2 , Y tasodifiy miqdorlar bo'yicha $m=100$ ta tajribalar o'tkazilgan va quyidagi statistik xarakteristikalar aniqlangan:

$$\begin{array}{lll} \bar{Y}=204.2; & \bar{X}_1=7.71; & \bar{X}_2=11.92; \\ S\{Y\}=20.47; & S\{X_1\}=0.584; & S\{X_2\}=0.753; \\ r_{yx1}=0.8995; & r_{yx2}=0.5332; & r_{x1x2}=0.1937. \end{array}$$

$Y=f(X_1, X_2)$ ikki faktorli korrelyatsion model qurilsin.

Masalani yechish uchun quyidagi operatsiyalarni bajaramiz:

1. (3.46) formula bo'yicha ko'plik korrelyatsiya koeffitsiyentini aniqlaymiz:

$$R_{y_{x_1 x_2}} = \sqrt{\frac{0,8995^2 + 0,5332^2 - 2 \cdot 0,8995 \cdot 0,5332 \cdot 0,1937}{1 - 0,1937^2}} = 0,97107$$

Ko'plik determinatsiya koeffitsiyenti $R_{yx1x2}^2=0.9428$. SHunday qilib, modelga kiritilmagan tasodifiy faktorlar dispersiyasiga 5,72 foiz ta'sir etadi.

2. Ko'plik korrelyatsiya koeffitsiyentining o'rtacha kvadratik og'ishini (3.50) formula yordamida aniqlaymiz:

$$S\{R_{y_{x_1x_2}}\} = \frac{1-0,971^2}{\sqrt{100-2-1}} = 0,00582$$

3. (3.49) formula bo'yicha ko'plik korrelyatsiya koeffitsiyentining ahamiyatliligini aniqlaymiz:

$$t_u(R_{y_{x_1x_2}}) = \frac{0,97107}{0,00582} = 167,4$$

7- ilova bo'yicha Styudent mezonining $t_j[R_d=0.95; f=m-M-1=97]=1,99$ jadval qiymatini topamiz, $t_x > t_j$ bo'lgani uchun, ko'plik korrelyatsiya koeffitsiyenti ahamiyatlidir.

4. (3.52) tengsizlik bo'yicha ishonchlilik intervalini aniqlaymiz:

$$0,97107-1,99 \cdot 0,00582 = 0,960 \leq R_{y_{x_1x_2}} \leq 0,97107 + 1,99 \cdot 0,00582 = 0,9822$$

5. (3.54) va (3.55) formulalar bo'yicha standartlashtirilgan tasodifiy miqdorlar uchun ikki faktorli korrelyatsion modelning koeffitsiyentlarini aniqlaymiz:

$$q_1 = \frac{0,8995 - 0,5332 \cdot 0,1937}{1 - 0,1937^2} = 0,827$$

$$q_2 = \frac{0,5332 - 0,8995 \cdot 0,1937}{1 - 0,1937^2} = 0,373$$

6. Topilgan koeffitsientlarning dispersiyalarini (3.56) formula bo'yicha aniqlaymiz:

$$S^2\{q_1\} = S^2\{q_2\} = \frac{1-0,97107^2}{(1-0,1937^2)(100-2)} = 0,000607$$

$$S\{q_1\} = S\{q_2\} = 0,0246$$

7. q_1 va q_2 regressiya koeffitsiyentlarining ahamiyatliligini aniqlaymiz:

$$t_x\{q_1\} = 0,827/0,0246 = 33,62; \quad t_x\{q_2\} = 0,373/0,0246 = 15,2$$

Styudent mezonining jadval qiymati

$$t_j[r_D=0.95; f=m-2=98]=1,99.$$

$$t_x\{q_1\} > t_j \quad \text{va} \quad t_x\{q_2\} > t_j,$$

lar bajarilganligi uchun q_1 va q_2 koeffitsiyentlar ahamiyatlidir.

8. Ko'p faktorli korrelyatsion model koeffitsiyentlarining ishonchlilik intervallarini aniqlaymiz:

$$0,827-1,99 \cdot 0,0246 = 0,778 \leq \gamma_1 \leq 0,827 + 1,99 \cdot 0,0246 = 0,876;$$

$$0,373-1,99 \cdot 0,0246 = 0,324 \leq \gamma_2 \leq 0,373 + 1,99 \cdot 0,0246 = 0,422.$$

9. Standartlashtirilgan t_x , t_1 , t_2 tasodifiy miqdorlar uchun ikki faktorli korrelyatsion model $t_x = 0.827t_1 + 0.373t_2$ ko'rinishda bo'ladi.
10. (3.42) va (3.43) formulalar bo'yicha Y , X_1 , X_2 tasodifiy miqdorlar (3.36) ikki faktorli korrelyatsion modelning koeffitsiyentlarini aniqlaymiz:

$$a_1 = 0,827 \frac{20,47}{0,584} = 28,987 \quad a_2 = 0,373 \frac{20,47}{0,753} = 10,14$$

$$a_0 = 204.2 - 28.957 \cdot 7.71 - 10.14 \cdot 11.92 = -139.927$$

11. Faktorlarning natural qiymatlari bo'yicha ikki faktorli korrelyatsion model

$$Y_x = -139.927 + 28.987 X_1 + 10.14 X_2.$$

ko'rinishda bo'ladi.

12. (3.47) va (3.48) formulalar bo'yicha xususiy korrelyatsiya koeffitsiyentlarini aniqlaymiz:

$$r_{yx_1}(x_2) = \frac{0,8995 - 0,5332 \cdot 0,1937}{\sqrt{(1 - 0,5332^2)(1 - 0,1937^2)}} = 0,9593$$

$$r_{yx_2}(x_1) = \frac{0,5332 - 0,8995 \cdot 0,1937}{\sqrt{(1 - 0,8995^2) \cdot (1 - 0,1937^2)}} = 0,8376$$

Takrorlash uchun savollar

1. Korrelyatsion modelni ta'riflang.
2. Nofaol tajriba o'tkazish metodikasini bayon qiling.
3. Qaysi hollarda korrelyatsion jadval tuziladi?
4. Bir faktorli chiziqli korrelyatsion model qurish algoritmini bayon qiling.
5. Ko'rsatkichlar orasida korrelyatsion bog'lanishni mavjudligi qanday baholanadi?
6. Korrelyatsiya koeffitsiyentini tahlil qiling.
7. Ko'p faktorli chiziqli korrelyatsion model qurish algoritmini bayon qiling.

IV BOB. O`XSHASHLI MODELLAR

4. 1. O`xshashli hisoblash mashinasi (O`XM), uning tuzilmaviy sxemasi va unda yechiladigan masalalar

Hozirgi davrda maxsus, umumiy tipdagi masalalarni yechishga va boshqarishga mo`ljallangan O`XM lar mavjud. Amalda chiziqli, nochiziqli oddiy hosilali differentsial tenglamalar tizimi va algebraik tenglamalar bilan ifodalanuvchi jarayonlar va tizimlarni tadqiqot qilishda umumiy tipdagi masalalarni yechishga mo`ljallangan O`XM lardan foydalaniladi.

Yechilayotgan differentsial tenglamaning tartibiga qarab O`XM lar uchta guruxga ajratiladi:

10- tartibgacha differentsial tenglamalarni yechishga mo`ljallangan O`XM lar kichik quvvatli mashinalar deyiladi. Bu guruxga MN-7, MN-7m (6-tartibli), EMU-6 (6-tartibli), LMU-1 (9-tartibli), MN-10 (10-tartibli) va boshqalar.

2- guruxga 16-24- tartibgacha differentsial tenglamalarni yechish uchun mo`ljallangan o`rta quvvatli mashinalar kiradi. Bu guruxga sektsiyali yoki blokli tamoyillarga asoslangan MPT-9 (16-tartibli), MN-14 (20-tartibli), eMU-10 (24-tartibli), va boshqalar kiradi.

3- guruxga kiruvchi mashinalar katta quvvatli mashinalar deyilib, katta tartibli differentsial tenglamalarni yechish uchun mo`ljallangan. Bu mashinalar sektsiyali tamoyil asosida qurilgan bo`lib, har bir sektsiya-javon bir xil tipdagi funktsional bloklardan tuzilgan.

Hamma O`XM lar bir xil tuzilmaviy sxemaga egadirlar (4.1a- rasm)
Ular quyidagilardan iborat.

1. **O`zgarmas tokni kuchaytiruvchi bloklar (UPT).** O`XMning asosiy elementi bo`lib kuchaytirish koefitsiyenti  $10^5$ - $10^6$  bo`lgan o`zgarmas tokni operatsion kuchaytirgich (OUPT) hisoblanadi.

Hamma funktsional bloklar OUPT asosida shakllanadi. Qo`shish, ko`paytirish, integrallash, va boshqa operatsiyalar rezistorlar, kondensatorlar kabi elementlar yordamida bajariladi.

2. **O`zgarmas va o`zgaruvchi koefitsiyentlar bloki** kuchaytirgichlar bilan birgalikda o`zgarmas va o`zgaruvchi koefitsiyentlarga ega bo`lgan tenglamalar hadlarini olish imkonini beradi.

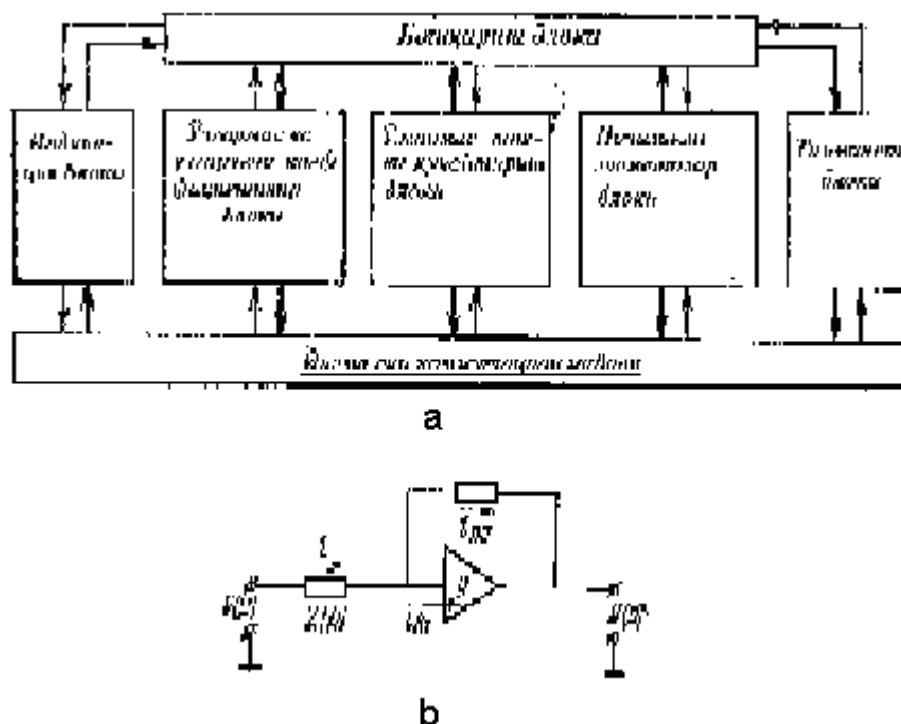
3. **Nochiziqli yechuvchi qurilmalar bloki** ikki yoki undan ortiq o`zgaruvchilarni ko`paytirish va bir yoki ikki o`zgaruvchining funktsiyasini hosil qilish imkonini beradi.

4. **Terish yoki kommutatsiyalash bloki.**

Bu blok funktsional bloklar orasida o`rnashib, (simlar yordamida) masalani yechishning tuzilmaviy sxemasini tuzish imkonini beradi.

5. **O`XM ni nazorat qilishni boshqarish bloki.**

6. **Masalaning yechilish natijalarini vizual kuzatish uchun mo`ljallangan indikatsiyalash bloki.** Bu blokda registratsiyalash va o`lchash priborlari yig`ilgan.



4.1- rasm. O`XM ning tuzilmaviy sxemasi a), va OUPT b).

7. Ta'minot bloki mashinani elektr tarmog`iga ulab, O`XM ning hamma elementlarini elektr toki bilan ta'minlab turadi. O`XM ishga tushgandan so`ng uning yechuvchi qurilmalarida tenglamani ifodalovchi elektrik jarayonlar ro'y beradi. O`XM da yechiladigan masalalar o`zlarining murakkablik tamoyillari bo'yicha hisoblash, nazorat qilish, optimallashtirish va bashorat qilish masalalariga ajratiladi.

Tenglama yoki tenglamalar tizimi ko'rsatkichlarning va boshlang'ich shartlarning fiksirlangan qiymatlarida yechilsa bunday masala hisoblash masalasi deyiladi. Texnologik jarayon yoki ob'yektni tadqiq qilish yoki loyihalashdagi alohida masalalar ham hisoblash masalasi qatoriga kiradi.

Nazorat masalalari- ob'yekt haqidagi ma'lumotlarning to'g'riligini, ma'lum bir shartlarda uning harakatlarini tekshirish masalalari bo'lishi mumkin. Bunday masalalar hisoblash masalalaridan ob'yekt boshlang'ich shartlari va ko'rsatkichlari o'zgarish sohaslarining kengligi bilan farqlanadi.

Optimallashtirish masalasi- ob'yekt omillari va ko'rsatkichlarining optimallashtirish ko'rsatkichi ekstremal qiymatini ta'minlovchi holatlari kombiniyalari ichida eng yaxshisini qidirish masalasidir. Bunda o'zgaruvchilarning o'zgarish sohalari hisoblash va nazorat qilish masalalariga qaraganda kengroq bo'ladi.

Bashorat qilish masalasi omillar o'zgarish sohaslarini yanada kengaytirib, ob'yektni yangi shart-sharoitlarda modellashtirishni talab etadi. Bu shartlarda qurilgan matematik model ob'yektning ekstrapolyatsion xossalarini ta'minlashi zarur.

4.2. O`XM ning chiziqli matematik operatsiyalarni bajaruvchi qurilmalari

O`XM da chiziqli matematik operatsiyalarni bajarish uchun quyidagi yechuvchi qurilmalar zarur: masshtabli kuchaytirgich, invertor, integrator, differentsiyalovchi qurilma va summator. Bu qurilmalar UPT(usititel postoyannogo toka) (4.1b- rasm)

va uning kiruvchi ($Z(r)$), chiquvchi ($Z_{ma}(r)$) qismlariga oʻrnatilgan elementlardan tuzilgan OUP(T) (operatsionniy usilitel postoyannogo toka) asosida yaratiladi.

OUP(T) ning meʼyoriy ishlashi uchun UPT katta kuchaytirish koʻeffitsiyentiga ega boʻlishi zarur. OUP(T) dagi hamma kuchlanish qandaydir umumiy nuqtaga nisbatan potentsial koʻrinishida boʻladi.

Elektr zanjirlari nazariyasida OUP(T) dagi kiruvchi va chiquvchi kuchlanishlar nisbati,

$$W(p) = \frac{U(p)}{V(p)} = - \frac{Z_{ma}(P)}{Z(P)} \quad (4.1)$$

tenglama koʻrinishida yoziladi. Bunda $W(r)$ -OUP(T)ning uzatuvchi funktsiyasi;

$U(r)=L\{u(t)\}$ va $V(r)=L\{v(t)\}$ OUP(T) ning chiquvchi $u(t)$ va kiruvchi $v(t)$ kuchlanishlariga mos Laplas tasvirlari.

$f(t)$ funktsiyaning Laplas almashtirishi

$$F(p) = L\{f(t)\} = \int_0^t e^{-pt} f(t) dt$$

formula koʻrinishida yoziladi.

Kirish va teskari aloqa zanjirlari rezistorlar va kondensatorlardan iborat qoʻshqutblarni tashkil etadi. Qoʻshqutblar sxemalari OUP(T) bajaradigan matematik operatsiyaning koʻrinishini aniqlaydi.

1. Oʻzgarmas songa koʻpaytirish operatsiyasi.

Agar OUP(T) ning teskari aloqa va kirish zanjirlari $Z_{ta}(R)=R_{ta}$ va $Z(R)=R$ koʻrinishidagi rezistorlardan iborat boʻlsa (4.1-jadval 1-qator), (4.1) tenglamaga koʻra

$$W(r)=U(r)/V(r)=-R_{ta}/R=-k, \quad (4.2.)$$

bunda k – OUP(T) ning kuchaytirish koʻeffitsiyenti
(4.2) ifodadan

$$U(r)=-kV(r) \quad (4.3)$$

tenglikka ega boʻlamiz.

Laplasning teskari almashtirishidan soʻng bu ifoda

$$u(t)=-kv(t) \quad (4.4)$$

koʻrinishga keladi.

SHunday qilib faol qarshiliklar-rezistorlarni qoʻllab oʻzgarmas koʻeffitsiyent k ni hosil qiluvchi masshtabli yechuvchi qurilmani yaratamiz.

Avtomatik sozlash tizimi (SAR) tipik boʻgʻinining inertsiasiz yoki kuchaytiruvchi deb atalgan uzatuvchi funktsiyasi(4.2) koʻrinishda boʻladi. SHuning uchun masshtabli yechuvchi qurilma SAR inertsiasiz boʻgʻinining oʻxshashli modelidir.

2. Funktsiya ishorasini oʻzgartirish operatsiyasi.

Agar $R_{ta}=R$ boʻlsa, yaʼni $k=+1$ boʻlsa, bu holda OUP(T) kiruvchi signalning fazasini 180° ga oʻzgartirib, amplitudasini oʻzgartirmaydi va inverter deb ataladi,

$$u(t) = -v(t)$$

(4.5)

4.1- jadval

№	YEchuvchi qurilma	YEchuvchi qurilmaning sxemasi	Matematik operatsiyaning ko`rinishi	Belgilanishi
1.	Masshtabli (o`z-garmas koeffitsientlar bloki)		$U(p) = -kV(p)$ $u(t) = -kV(t)$ $k = R_{OC}/R$	
2.	Inventor		$U(p) = -V(p)$ $u(t) = -V(t)$ $R_{OC} = R \quad k = +1$	
3.	Summalovchi – masshtablovchi		$U(p) = -[k_1V_1(p) + k_2V_2(p)]$ $u(t) = -[k_1V_1(t) + k_2V_2(t)]$	
4.	Integrallovchi		$U(p) = -(k/p)V(p)$ $u(t) = -k \int_0^t v(t)dt + u(0)$ $k = 1/RC_{OC}$	
5.	Integrallovchi – masshtablovchi		$U(p) = -1/p [k_1V_1(p) + k_2V_2(p)]$ $u(t) = -\int_0^t [k_1v_1(t) + k_2v_2(t)]dt + u(0)$ $k_1 = 1/R_1C_{OC} \quad k_2 = 1/R_2C_{OC}$	
6.	Differentsiallovchi		$U(p) = -kpV(p)$ $u(t) = -kdv(t)/dt$ $k = CR_{OC}$	
7.	Potentsiomet r		$U(p) = \alpha V(p)$ $u(t) = \alpha v(t)$	

3. Qo`shish operatsiyasi.

Agar OUPT $V_1(R)$, $V_2(R)$ operator kuchlanishlarga va R_1 , R_2 rezistorlarga mos ikkita kirish zanjirlariga ega bo`lsa, u holda OUPTning chiqish kuchlanishi

$$U(r) = W_1(r)V_1(r) + W_2(r)V_2(r) \quad (4.6)$$

bo`ladi. Bunda  $W_1(R)$  va  $W_2(R)$ - mos ravishda OUPT ning birinchi va ikkinchi kirish zanjirlari bo`yicha uzatish funktsiyalaridir.

(4. 1) formulaga ko`ra

$$W_1(r)=-R_{ta}R_1=-k_1 \quad W_2(r)=-R_{ta}R_2=-k_2.$$

U holda

$$U(p)=-k_1V_1(p)-k_2V_2(p), \quad (4.7)$$

$$u(t)=-k_1v_1(t)-k_2v_2(t). \quad (4.8)$$

Agar $k_1=k_2=1$ bo`lsa,

$$U(r)=-[V_1(r) + V_2(r)] \quad (4.9)$$

$$u(t)=-[v_1(t) + v_2(t)]. \quad (4.10)$$

bo`ladi. Bu holda OUP T qo`shish operatsiyasini bajaradi. (4. 10), (4. 4) va (4. 5)ni solishtirsak, masshtabli qurilma va invertor qo`shish qurilmasining xususiy hollari ekanini ko`ramiz.

4. Integrallash operatsiyasi.

Agar teskari aloqa zanjiriga $Z_{TA}=(rS_{TA})^{-1}$ operator qarshilik ko`rinishidagi kondensator va kirish zanjiriga  $Z(R)=R$ - rezistor qarshiligi ulangan bo`lsa OUP Tning uzatish funktsiyasi

$$W(p) = \frac{U(p)}{V(p)} = -(pC_{TA}R)^{-1} = -k/p \quad (4. 11)$$

ko`rinishida bo`lib,

$$U(p)=- V(p) / (RRC_{ta}) \quad (4.12)$$

bo`ladi.

Bunda

$$u(t) = -\frac{1}{T} \int_0^t v(t)dt + u(0) = -k \int_0^x v(t)dt + u(0), \quad (4. 13)$$

bo`ladi,  $K=1/T$ - o`tkazish koeffitsiyenti;

$T=RS_{TA}$ - vaqt o`zgaruvchisi.

Demak, bu holda OUP T integrallash operatsiyasini bajaradi va integrator deyiladi. Bunday OUP T bo`g`inning modelidir.

5. Qo`shish va integrallashni birlashtirish operatsiyasi.

Agar OUP T ning kirish qismiga bir necha o`zgaruvchi kuchlanishlar  $v_i(t)$  larni bir vaqtda qo`shib, integrallovchi kiruvchi rezistorlar R_i lar ulansa, bunday yozuvchi qurilma

$$u(t) = -\frac{1}{C_{TA}} \sum_i \frac{1}{R_i} \int_0^t V_i(t)dt + u(0) \quad (4.14)$$

ko`rinishdagi matematik operatsiyani ifodalab, integrosummator deyiladi.

6. Differentsiallash operatsiyasi.

Agar OUP T ning kirish zanjiriga $Z(R)=(RC)^{-1}$ operator qarshilikli kondensator, teskari aloqaga faol qarshilik rezistor $Z_{ta}(R)=R_{ta}$ ulansa bunday OUP T ning uzatish funksiyasi

$$W(r)=-R_{ta}Cr=-kr, \quad (4.15)$$

bo`ladi, bunda $k=R_{ta}S$ - kuchaytirgichning uzatish koeffitsiyentidir.(4.15) ifodadan

$$U(r)=-V(r)kr \quad (4.16)$$

ga ega bo`lamiz,

yoki,

$$u(t)=-kdv(t)/dt. \quad (4.17)$$

SHunday qilib, ko`rsatilgan shartlarda OUP T differentsiallash operatsiyasini bajaradi va differentsiallovchi qurilma deb ataladi.

Bunday yechuvchi qurilmaning sxemasi SAR ideal differentsiallovchi bo`g`inning modelidir. SHuni aytish zarurki O`XM differentsiallovchi qurilmasining aniqligi boshqa qurilmalarning aniqligiga nisbatan pastroq bo`ladi. SHuning uchun bu qurilmadan kamroq foydalanishga intilish maqsadga muvofiqdir.

7. Tenglamadagi o`zgar mas va o`zgaruvchi koeffitsiyentlarini hosil qilish.

O`XMda o`zgar mas koeffitsiyent kuchlanishni bo`luvchi yoki qo`shuvchi masshtabli yechuvchi qurilmalar yordamida hosil qilinadi. Bunda

$$u=\alpha v \quad (4.18)$$

ko`rinishidagi matematik operatsiya bajariladi. YAkka bo`luvchi sxemasi sifatida potentsiometrdan foydalaniladi. Bunda $\alpha \leq r/R \leq 1$ bo`lib, R- potentsiometrning to`la qarshiligini, r- potentsiometrning yelkasi ajratgan qarshiligini bildiradi. Ba`zi hollarda qarshiliklarni bo`lish magazinlaridan ham foydalaniladi. Agar $\alpha > 1$ bo`lsa,  $\alpha = \alpha_1 \alpha_2$  ko`rinishida ifodalanib, $\alpha_1 \leq 1$ bo`luvchi qurilma yordamida  $\alpha_2 > 1$  qo`shuvchi yoki masshtabli qurilma yordamida hosil qilinadi,

$$u(t)=\alpha(t)v(t). \quad 0 \leq \alpha(t) \leq 1 \quad (4.19)$$

Matematik operatsiyalarning $\alpha(t)$ o`zgaruvchi koeffitsiyenti o`zgaruvchi koeffitsiyentlar sektsiyalari SPK-2 tarkibiga kiruvchi SB-5-2-0 tipidagi o`zgaruvchi koeffitsiyentlar bloklari va SB-5-2-P tipidagi dasturli o`zgaruvchi koeffitsiyentlar bloklari yordamida hosil qilinadi.

4.3. O`XM ning nochiziqli matematik operatsiyalarini bajaruvchi qurilmalari

O`XM da nochiziqli matematik operatsiyalarni bajarish uchun quyidagi bloklardan foydalaniladi: bir o`zgaruvchining funksiyasi $u=f(v)$ ni hosil qilish bloki; ikki o`zgaruvchining funksiyasi $u=v_1 v_2$ yoki $u=v_1 f(v_2)$ ni hosil qilish bloki.

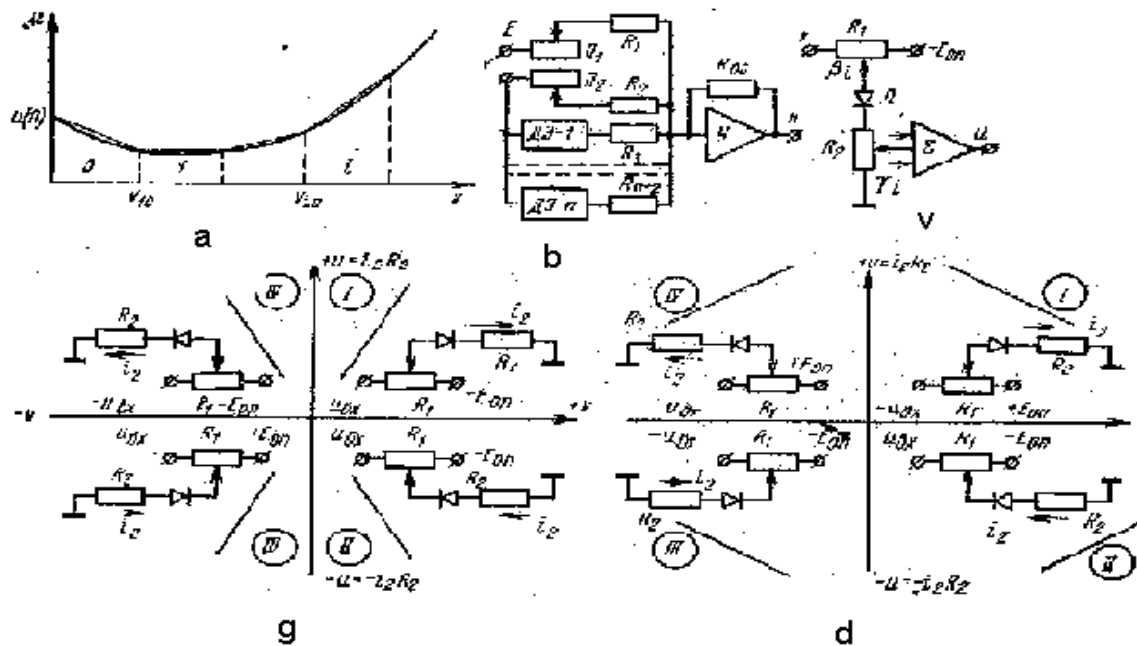
Nochiziqli operatsiyalarni bajaruvchi qurilmalar funktsiyaning ko`rinishi va amallar tamoyillari bo`yicha farqlanadi.

$u=f(v)$ funktsiyani hosil qiluvchi yechuvchi qurilmalar funktsional almashtirgichlar deyiladi. $u=v_1v_2$ ifodani hosil qiluvchi qurilma ko'paytirish qurilmasi deyiladi. $u=v_1f(v_2)$ ni hosil qilishda qurilmalar kombinatsiyalanadi.

O'XM ning noxiziqli qurilmalari elektron va elektromexanik qurilmalarga ajraladi. Elektron qurilmalar funktsional almashtirgichlar va ko'paytiruv qurilmalar sifatida qo'llaniladi. Elektron funktsional almashtirgichlarda OUPIT ga diodli elementlar ulanadi va diodli funktsional almashtirgich(DFP) deyiladi. DFP MN-7, MNB-16, eMU-10, MN-14, MN-17 O'XM lari tarkibida mavjud. $u=v_1v_2$ ko'rinishdagi ifodani O'XM elektron qurilmasi $u=1/4[(v_1+v_2)^2-(v_1-v_2)^2]$ ko'rinishida bajarib, yig'indi va ayirma kvadratlari kvadrator almashtirgichlarda hosil qilinadi.

Bunday qurilmalar MN-7, MN-14, MN-17M, MN-1 kabi O'XM larida mavjud. elektromexanik noxiziqli yechuvchi qurilmalar ko'paytiruvchi va funktsional almashtirgichlarning kombinatsiyalari sifatida qo'llaniladi. Bunday qurilmalar noxiziqli funktsiyani bo'lakli chiziqli approksimatsiyalash uslubi asosida ishlaydi. Bu uslubda ishlaydigan qurilmalar MNB-1, (NB-5 bloki), EMU-10, MN-14, MN-17M (BSS-3 bloki) kabi O'XMIlari tarkibida mavjud.

Noxiziqli funktsiyalarni hosil qilish. DFPning ishlashi noxiziqli funktsiya grafigini approksimatsiyalashga asoslangan(4.2a- rasm).



4.2a- rasm. Egri chiziqni approksimatsiyalash (a) va noxiziqlilik bloking tuzilmaviy sxemasi (b-d).

Egri chiziqni bo'laklarga bo'lish tartibi uning shakliga va talab qilingan hisoblash aniqligiga bog'liq bo'ladi. Approksimatsiyalovchi sinik chiziq

$$u = u(0) + kV + \sum_{i=1}^m b_i(V - V_{i0}), \quad (4.20)$$

tenglama bo'yicha aniqlanadi. Bunda $u(0)$ va k -mos ravishda chiqish kuchlanishi va grafik egriligining boshlang'ich qiymatlari; v_{i0} - grafikning i - bo'lagi boshiga mos elementga kiruvchi kuchlanish:

$v_i = \text{tg} \alpha_i = k_i - k_{i-1}$ sinik chiziq i - intervalidagi burchak koeffitsiyentlar ayirmasi; i -v hisoblanayotgan interval nomeri;

$V < V_{i0}$ bo'lganda $v_i(V - V_{i0}) = 0$, $V > V_{i0}$ bo'lganda $v_i(V - V_{i0}) = \text{const}$ bo'ladi.

(4.20) formuladan ko'ramizki funktsional bog'liqlik approksimatsiyalanuvchi egri chiziq kesmalariga mos kuchlanishlarni qo'shish natijasida hosil qilinadi.

Boshlang'ich intervalda ($i=0$) chiqish kuchlanishi $u(0)$ P_1 potentsiometr yordamida hosil qilinadi (4.2b- rasm). Uning kirish zanjiriga E kuchlanish va P_2 potentsiometr yordamida hosil qilingan kV kuchlanish beriladi. Grafikning 1-intervaliga o'tishda $V_{01} < V < V_{02}$ bo'lib, $\Delta u_1 = v_1(V - V_{i0})$ qo'shiladi, ikkinchi intervalga o'tishda $\Delta u_2 = v_2(V - V_{20})$ qo'shiladi va x.k. $\Delta u_i = v_i(V - V_{i0})$ DFPda uch qutbli diodli-potentsiometrik elementlar yordamida shakllanadi. DFPdagi bunday elementlar soni (4.20) tenglama bo'yicha m ga teng bo'ladi.

Har bir diodli element (4.2v- rasm) ikkita R_1 va R_2 potentsiometrlar va D dioddan iborat tuziladi. Kiruvchi tayanch kuchlanish E_T ishorasi va tayanch diodni ulash yo'nalishi keyingi i - intervalda joylashgan to'g'rilovchi funktsiya grafigining qaysi kvadrantda joylashishiga qarab tanlanadi. V va E_t ning qiymatlari hamda diod ulanishining yo'nalishlari kombinatsiyalari bo'yicha siniiq chiziqlarning mumkin bo'lgan sakkizta tiplari ikkita guruxga ajraladi: 1) $|V| \geq |V_{i0}|$ bo'lganda diodlarni chiqarib tashlaydigan siniiq chiziqlar; 4.3.1g- rasmda to'rtta kvadrat uchun to'rtta shunday siniiq chiziq ko'rsatilgan; 2) $|V| < |V_{i0}|$ bo'lganda diodlarni to'sib qo'yadigan siniiq chiziqlar (4.2d). i - diodli element chiqish zanjiridagi kuchlanish

$$\Delta u_i = \gamma_i (V - V_{i0}) / \left(1 + \frac{V_{i0}}{E_T} + \beta_i \frac{R_1}{R_2} \right), \quad (4.21)$$

bunda,

$$V_{i0} = \frac{\beta_i}{1 - \beta_i} E_T \quad (4.22)$$

$$b_i = \gamma_i / \left(1 + \frac{V_{i0}}{E_T} + \beta_i \frac{R_1}{R_2} \right), \quad (4.23)$$

(4.22) tenglikdan ko'rinadiki, R_1 potentsiometr yelkasining holati β_i interval boshini bir qiymatli aniqlaydi. β_i , $v_i = \text{tg} \alpha_i$ va (4.23) formuladan foydalanib, γ_i ning miqdori aniqlanadi.

DFPda maxsus moslagichlar bo'lib, bu moslagichlar yordamida zarur kvadrantlarga moslab turiladi. 4.3.1- jadvalda nochiziqli yechuvchi qurilmalar sxemalari keltirilgan.

Ko'paytirish operatsiyasi. Ko'paytirish operatsiyasining

$$u = v_1 v_2 = 0,25[(v_1 + v_2)^2 - (v_1 - v_2)^2] \quad (4.24)$$

munosabatga asoslangan elektron qurilmaning tuzilmaviy sxemasi (4.2a)-rasmda keltirilgan. Bu sxemada quyidagilar mavjud:

ikkita invertor; har birida ikkitadan bir xil rezistori bo'lgan to'rtta summator Σ ;
juft-juft bo'lib ishlaydigan to'rtta diod;

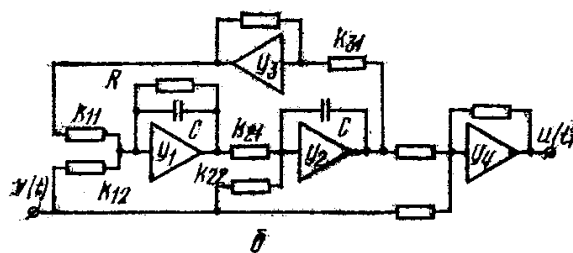
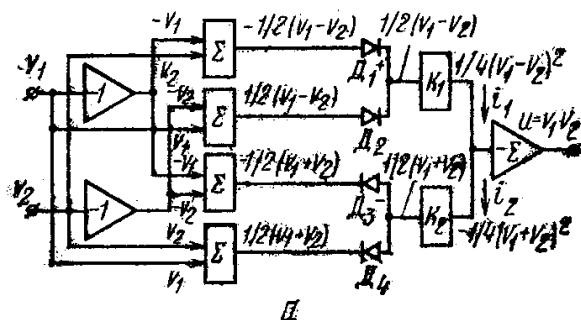
diodli elementlardan foydalanilgan ikkita kvadrator K_1 va K_2 . Siniq chiziq quyidagicha kombinatsiyalanadi

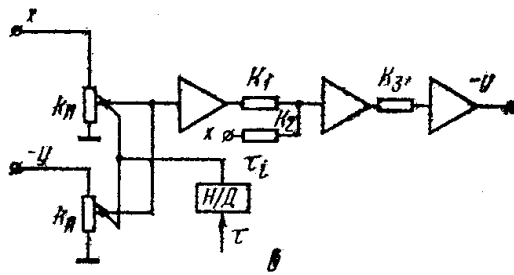
$$i = kV + \sum_{i=1}^n b_i(V - V_{i0}). \quad (4.25)$$

Umumiy tokning boshlang'ich kesma kV ga proporsional qismi kirish rezistorlari orqali aniqlanadi. $v_i(V - V_{i0})$ kesmalarga proporsional nuqtalar diodli elementlar yordamida hosil qilinadi (4.3.1- jadval, 2- qator).

4.3.1- jadval

№	Echuvchi qurilma	Qurilmaning ulanish sxemasi	Matematik opera-tsiyaning ko`rinishi	Belgilanishi
1	Funksional o`zgartirgich (nochiziqli blok)		$u = f(V)$	
2	Ko`paytiruvchi (ko`paytirish bloki)		$u = k_{\pi} V_1 V_2$	
3	Bo`luvchi (bo`lish bloki)		$u = \frac{V_1}{V_2}$	
4	Kvadrat ildiz chiqarish bloki		$u = \sqrt{k_y V}$	
5	O`zgarmas kechikish bloki		$u(t) = V(t - \tau)$ $\tau \approx R_0 C_0$	
6	Sozlanuvchi (o`zgaruvchi) kechikish bloki		$u(t) = V[t - \tau(t)]$	





4.3- rasm. Ko`paytirish (a), doimiy (b) va o`zgaruvchi (v) kechikish bloklarining tuzilmaviy sxemasi.

**Bo`lish operatsiyasi.** Ko`paytirish qurilmasidan ikkita o`zgaruvchini bir-biriga bo`lish $u = kv_1/v_2$ operatsiyasini bajarishda ham foydalanish mumkin. O`XM da bu operatsiyani ikki xil uslubda bajarish mumkin:  $v_1$  ni  $1/v_2$  ga ko`paytirish yo`li bilan yoki oshkormas funktsiya uslubi bilan.

Birinchi uslubda v_1 va $f(v_2)$ funktsional almashtirgichlar ko`paytiriladi (4.3.1-jadval,3- qator,a)- sxema). Ikkinchi uslubda(4.3.1- jadval,3- qator,b)- sxema) o`zgaruvchilar to`g`ridan-to`g`ri bo`linadi.OUPT ning chiqish qiymati kuchaytirish koeffitsiyenti cheksiz katta bo`lib, UPT ning kirish kuchlanishi cheksiz kichik bo`lganda, chekli bo`lishini hisobga olsak,

$$\frac{v_1}{R_1} + \frac{kuv_2}{R_2} = 0 \quad (4.26)$$

tenglikdan

$$u = -k_1 v_1 / v_2 \quad (4.27)$$

bo`ladi. Bunda  $k_1 = R_2 / (k R_1)$ - masshtabli ko`paytuvchi.

Kvadrat ildiz chiqarish operatsiyasi.

O`XMda bu operatsiyani bajarish uchun OUPT teskari aloqa zanjiriga katta kuchaytirish koeffitsiyentiga ega bo`lgan maxsus nochiziqli element ulanadi(4.3.1-jadval, 4- qator). Agar ko`paytirish blokining kirish zanjiriga ixtiyoriy  $u(t)$  kuchlanish berilsa, nochiziqli elementning chiqish zanjirida kiruvchi signal kvadratiga proporsional  $k_1 u^2(t)$  kuchlanish paydo bo`ladi. Qurilmada kuchlanish ikkinchi kiruvchi kuchlanish $v(t)$ dan ayriladi. $v(t) - k_1 u^2(t)$ kuchaytirgichda k_u marta kuchaytiriladi.SHunday qilib, hosil bo`lgan signalni  $u(t)$  ko`rinishida kvadratga ko`taruvchi elementga kiritsak, $u(t) = k_y (v(t) - k_1 u^2(t))$

yoki $v(t) - k_1 u^2(t) = u(t) / k_u$ ga ega bo`lamiz.  $k_u$  ni shunday tanlaymizki,  $v(t) - k_1 u^2(t) = 0$  bo`lsin.

Bundan

$$u(t) = \sqrt{v(t) / k_1} \quad (4.28)$$

Argumentning doimiy yoki o`zgaruvchi kechikishini hosil qilish.

Jarayon va tizimlarni modellashtirishda kechikuvchi argumentli tenglamalar tuzishga to`g`ri keladi. Bunday tenglamaning eng sodda ko`rinishi

$$y(t) = x(t - \tau(t)) \quad (4.29)$$

shaklda bo`ladi. O`XMda bu operatsiya $\tau = const$ bo`lganda BPZ,  $\tau \neq const$  bo`lganda BRZ deb atalgan bloklarda bajariladi (4.3.1- jadval 5- va 6- qatorlar). Bu bloklar murakkab tuzilgan bo`lib, imkoniyatlari cheklangandir.

OUPt ning teskari aloqa zanjiriga S_{TA} kondensator va R_{TA} rezistor parallel ulanganda, kirish zanjiriga R_1 rezistor ulanganda doimiy kechikish soddaroq hosil qilinadi. Bunday qurilmaning uzatish funktsiyasi

$$W(p) = -\frac{k_2}{p + k_1} = -\left(\frac{k_2}{k_1}\right) \left(\frac{1}{p\tau + 1}\right), \quad (4.29.a)$$

ko`rinishida bo`ladi. Bunda $k_1 = (R_{TA}C_{TA})^{-1}$; $k_2 = (R_1C_{TA})^{-1}$; $\tau = k_1^{-1}$.

Bunday uzatish funktsiyasi SAR ning birinchi tartibli tipik bo`g`iniga (inertsion yoki aperiodik) ega bo`ladi. Bu qurilmalarning kamchiligi: kirish signali chastotasi imkoniyatlari kichikligi va kechikish vaqtining kichik bo`lishi zarurligi.

Bunda $\tau(t)$ - kechikish vaqti bo`lib, o`zgarmas, o`zgaruvchi, tasodifiy miqdor yoki vaqtning funktsiyasi bo`lishi mumkin. Agar τ o`zgarmas bo`lsa, (4.29) ifodani

$$y(t) = x(t - \tau) \quad (4.30)$$

ko`rinishda yozish mumkin, bunda τ - kechikish vaqti. Bu funktsiyaning Laplas tasviri

$$Y(p) = e^{-p\tau} X(p) \quad (4.31)$$

ko`rinishda bo`ladi.

SAR nazariyasida $\tau = const$ bo`lgandagi (4.30) tenglama kechikishning tipik bo`g`ini ishini xarakterlaydi. Bunday bo`g`inning dinamik xarakteristikalarini quyidagicha bo`ladi: uzatuvchi funktsiya

$$W(p) = Y(p) / X(p) = \exp(-p\tau) \quad (4.32)$$

amplitudali-chastotali xarakteristika (ACHX)

$$A(\omega) = 1; \quad (4.33)$$

faza-chastotali xarakteristika (FCHX)

$$\varphi(\omega) = -\omega\tau, \quad (4.34)$$

bunda ω -doiraviy chastota.

(4.30) yoki (4.31) almashtirishlar tufayli (4.35) funktsiyani hosil qiluvchi yechuvchi qurilma kam qo`llaniladi. O`XM yechuvchi qurilmalari yordamida hosil qilinadigan doimiy kechikishning tuzilmaviy sxemasi 4.3b- rasmda keltirilgan. Bu sxemada OUPt ning uzatish koeffitsiyenti quyidagi shartlarni qanoatlantirishi zarur:

$$k_{12} = k_{21} = k_{22} = 12/\tau; (R_{TA}C_{TA})^{-1} = 6/\tau; k_{11} = k_{21} = k_{31} = 2/\tau; \quad (4.36)$$

Bunda kuchaytirgich uzatish koeffitsiyentining o`zgarishiga qarab τ - ning miqdorini sekin-asta sozlab borish mumkin.

O`zgaruvchi kechikishini hosil qilish uchun magnit yozuvli standart blok BPZ dan foydalaniladi. O`zgaruvchi kechikishini O`XM yozuvchi qurilmalarida hosil qilish kechikuvchi argumentning o`zgarishiga asoslangan. $\tau(t)$ ning o`zgarish sohasini kichik  $\Delta t$  intervallarga ajratib, uning vaqt bo`yicha kvantlangan qiymatlarini aniqlashimiz mumkin. U holda o`zgaruvchi kechikishi sxemasini o`zgarmas kechikishi sxemasiga o`xshash

tuzish mumkin. Bunda o'zgaruvchi kechikish bo'g'inining uzatish funktsiyasi har bir Δt vaqt uchun

$$W(r)=e^{-r\tau} \simeq (1-0,5r\tau)/(1+0,5r\tau) \quad (4.38)$$

ko'rinishda bo'ladi. Bu bo'g'inining diferentsial tenglamasi

$$0,5\tau_i(dy(t)/dt)+y(t)=-0,5\tau_i(dx(t)/dt)+x(t) \quad (4.39)$$

ko'rinishda bo'lib, bunda $\tau_i\{i\Delta t \leq t \leq (i+1)\Delta t\}=\tau(t=i\Delta t)$; $i=0, 1, 2, \dots$. Bu tenglamani yechishning tuzilmaviy sxemasi 4.3v- rasmda tasvirlangan (N/D – uzluksiz miqdorni diskret miqdorga almashtirishni bildiradi).

4.4. Dinamik tizimlar va jarayonlarning matematik modellarini tadqiq qilish uchun O`XMda dasturlash usullari

Odatda jarayon yoki tizimning dinamik modeli yuqori tartibli bitta differentsial tenglama yoki birinchi tartibli tenglamalar tizimi ko'rinishida ifodalanadi. Tenglamaning ko'rinishi va tadqiq qilinayotgan masalaning mohiyatiga qarab, berilgan tenglama O`XMda modellashtirishga qulay ko'rinishga keltiriladi. Har xil dinamik tizimlarni modellashtirishda bir-birlaridan farq qiluvchi yechuvchi qurilmalar yig'uvining tuzilmaviy sxemalarini (EQYTS) yaratish mumkin.

Aytaylik, dinamik tizim yoki jarayon o'zgarmas koeffitsiyentli ikkinchi tartibli bir jinsli bo'lmagan

$$A_2 y'' + A_1 y' + A_0 y = x \quad (4.40)$$

differentsial tenglama bilan yoki operator ko'rinishda

$$A_2 p^2 y + A_1 p y + A_0 y = x \quad (4.41)$$

tenglama bilan ifodalansin.

Bunda A_0, A_1, A_2 - lar o'zgarmas koeffitsiyentlar; x - t ning funktsiyasi yoki o'zgarmas bo'lib, tashqi ta'sirni bildiradi; $r=d/dt$ - differentsial operator; t - real jarayon vaqti.

(4.40) va (4.41) tenglamalarni y'' va $r^2 y$ larga nisbatan yechamiz.

$$y'' = b_0 x - a_0 y - a_1 y'; \quad (4.42)$$

$$p^2 y = b_0 x - a_0 y - a_1 p y, \quad (4.43)$$

bunda $b_0 = 1/A_2$; $a_2 = A_0/A_2$; $a_1 = A_1/A_2$ (4.40) va (4.41) tenglamalarni y ga nisbatan yechsak,

$$y = d_0 x - c_1 y' - c_2 y'' \quad (4.44)$$

$$y = d_0 x - c_1 p y - c_2 p^2 y, \quad (4.45)$$

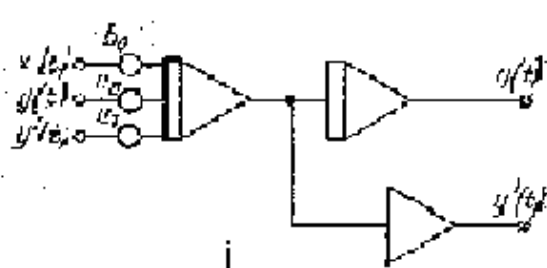
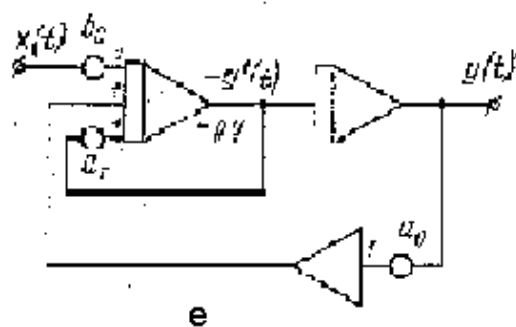
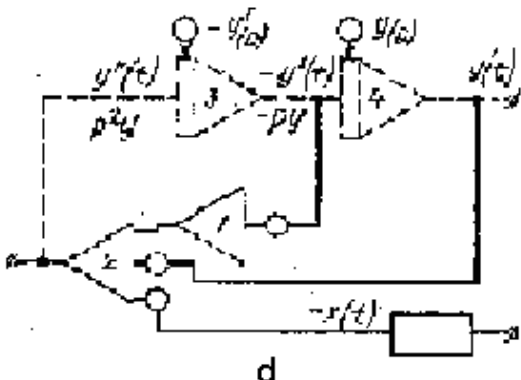
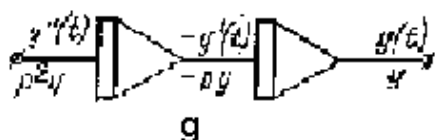
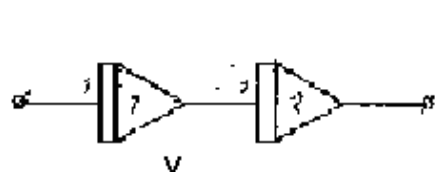
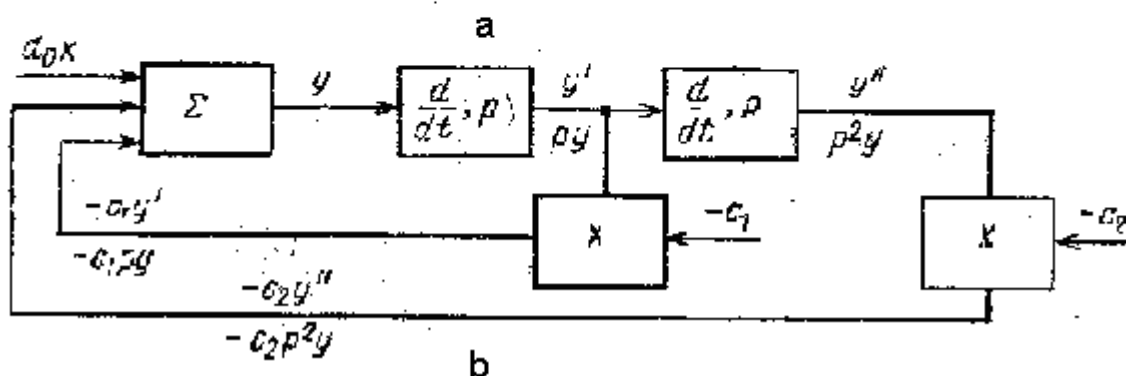
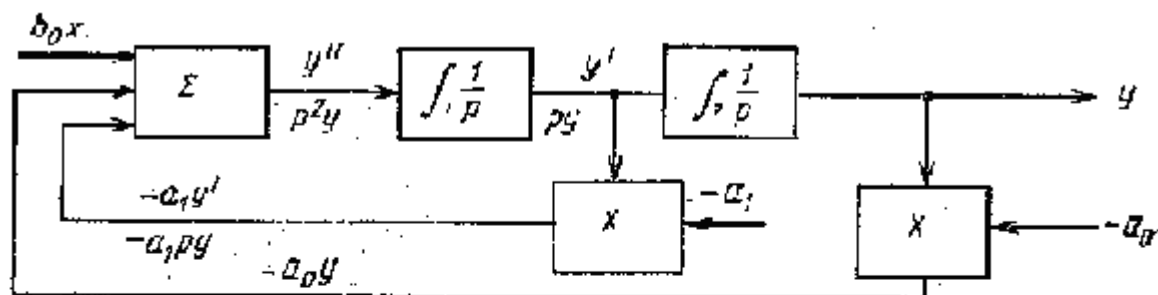
bo'lib, bunda $d_0 = 1/A_0$; $c_1 = A_1/A_0$; $c_2 = A_2/A_0$.

4.4 a), v), g), d), j)- rasmlarda y'' yoki $r^2 y$ ma'lum deb qaralib, ketma-ket integrallash sxemasi, 4.4.b)- rasmda y ma'lum deb qaralib, ketma-ket differentsiallash sxemasi keltirilgan. Bunda yopiq tizim hosil qilinib, izlangan yechim y hosil qilingan yechuvchi qurilmadan olinadi.

Differentsiallash qurilmasining xatoligi yuqori bo'lgani uchun 4.4.b) sxemadan amalda foydalanilmaydi. Differentsial tenglamasini integrallashning

4. 4.a) sxema bo'yicha usuli dasturlashning umumiy usul deyiladi. Bundan tashqari yuqori tartibli differentsial tenglamalarni ham integrallash imkonini beradigan dasturlashning kanonik usuli deb atalgan usul ham mavjud.

O`XM da programmalashda blok-sxema, tuzilmaviy sxema, kommutatsion sxema va elektrik sxemalardan foydalaniladi. Tuzilmaviy sxemada alohida yechuvchi qurilmalar ko'rsatilib, ular aloqalarining asosiy ideallari va tamoyillari aks ettiriladi. Kommutatsion sxema yechuvchi qurilmalarning O`XM tipiga oid birlashtirish xususiyatlarini aks ettiradi. Kommutatsion sxemada yechuvchi qurilmalarning nomeri, masshtabi hisobga olingan mashina o'zgaruvchilari, masshtabi hisobga olingan yechuvchi qurilmalar va potentsiometrlar o'tkazish ko'effitsiyentining sonli qiymatlari belgilanadi. Elektrik sxemada kommutatsion sxemadagi yechuvchi qurilmalarning elementlari aks ettiriladi.



4.4- rasm. Differentsial tenglamani yechishning blok sxemasi

va EQYTS ni qurish ketma-ketligi.

4.5. Dasturlashning umumiy usuli

Dasturlashning umumiy usulini (4.40) tenglama uchun ko'rib chiqamiz:

- 1) (4.40) tenglama yuqori tartibli hosilaga nisbatan yechilib, (4.42) yoki (4.43) tenglamalar shakliga keltiriladi;
- 2) Ikkita ketma-ket ulangan integratorlar zanjiri chiziladi (4.4.1v- rasm);
- 3) Har bir yechuvchi qurilmadan ishorani hisobga olib, integratorlarning kiruvchi va chiquvchi o'zgaruvchilari belgilanadi (4.4g- rasm);
- 4) (4.42) yoki (4.43) tenglamalar o'ng tomonlarini hosil qiluvchi yechuvchi qurilmalar sxemasi tasvirlanadi (4.4.1d- rasmdagi uzluksiz chiziq). Sxemada inverter-1, summator-2, bilan belgilangan, $x(t)$ ni hosil qilish bloki ko'rsatilgan. Summatorda $-a_1y' - a_0y + b_0x$ yoki $-a_1ry - a_0y + b_0x$ ga mos kuchlanish hosil qilinadi;
- 5) 2 summatorning chiqish qismi 3 integratorning kirish qismiga ulanadi (4.4d-rasm). Yechuvchi qurilmalar yig'uv sxemasidagi teskari aloqa fakti (4.42) yoki (4.43) tenglama chap va o'ng tomonlarining tengligini ifodalaydi;
- 6) Ishorasi chiqish o'zgaruvchilariga mos keladigan qilib 3 va 4 integratorlarning boshlang'ich shartlari belgilanadi (4.4.1d- rasm). Yechuvchi qurilmalar yig'uvchi tuzilmaviy sxemasi (4.42) yoki (4.43) tenglamaning yechilishini ta'minlaydi.

SHunday qilib, operatsiyalarni ketma-ket bajarish o'xshashli modelni qurish jarayonini tasvirlaydi. Masshtabni hisobga olib O'XM da modelni tergandan so'ng mashina "reshenie" rejimiga o'tkaziladi va dinamik sistema modelining chiqish ko'rsatkichlari o'zgara boshlaydi.

EQYTS ni tasvirlashda quyidagi qoidalarni qo'llash qulay: 1) kiruvchi ko'rsatkichlarni chap tomonda, chiquvchi ko'rsatkichlarni o'ng tomonda tasvirlash; 2) kiruvchi va chiquvchi ko'rsatkichlar bir-birlaridan aniq ajratilib, dinamik tizim yoki jarayonga mos tushishlari zarur; 3) kirish, chiqish va sxemaning maxsus qismlari oralaridagi bog'lanishlarni ko'rsatish shart emas (4.4.1j- rasm); 4) sxemada nolga teng bo'lgan boshlang'ich shartlarga mos potentsiometrlarni ko'rsatmaslik.

Tuzilmaviy sxemani tuzishda yechuvchi qurilmalar sonini qisqartirish uchun har xil usullar qo'llaniladi. Ikkita umumiy usulni ko'rib chiqamiz. Birinchi usulda qo'shimcha summatorlardan foydalanish hisobiga inverterlar sonini kamaytiriladi. Bunda kuchlanishlarni qo'shish bilan birgalikda yig'indining ishorasi ham o'zgaradi. Buni

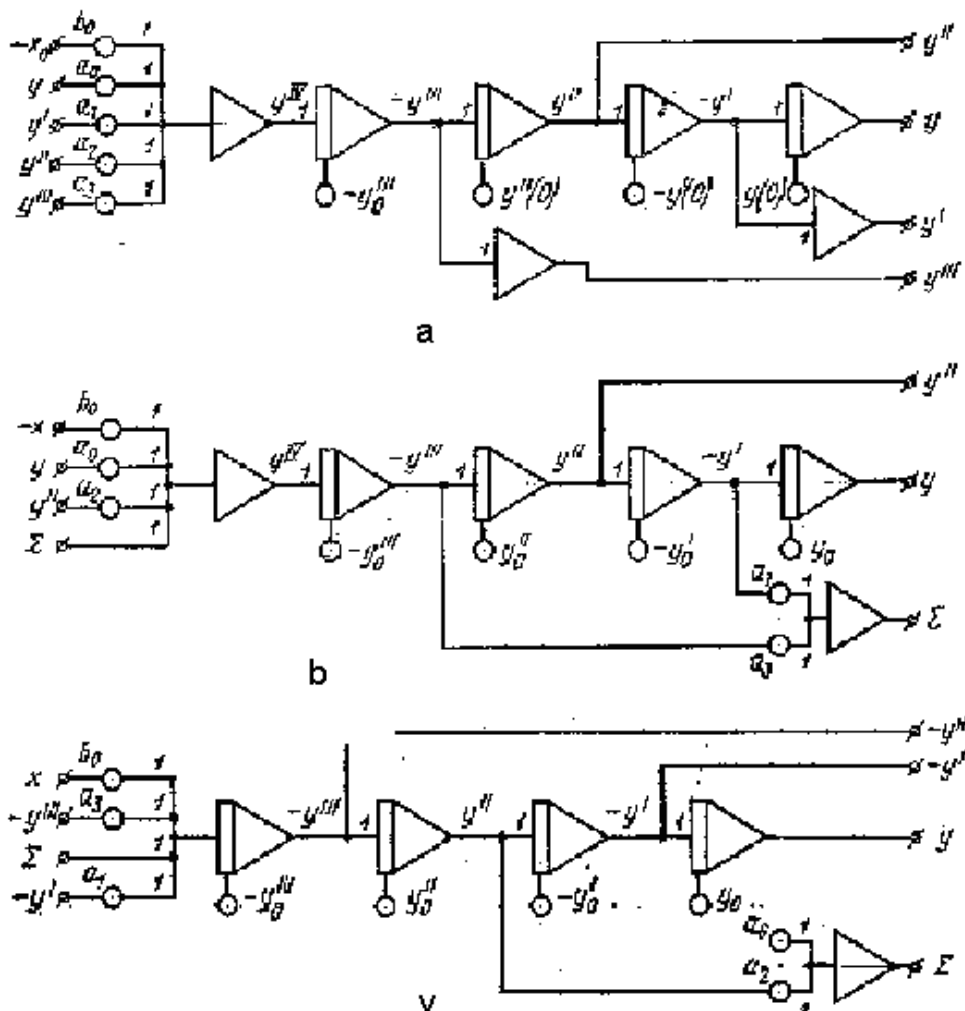
$$y^{IV} = b_0x - a_0y - a_1y' - a_2y'' - a_3y''' \quad (4.46)$$

tenglamaning EQYTS sini tuzishda kuzatish mumkin (4.5a- rasm qisqartirilmasdan oldin, 4.5b- rasm qisqartirilgandan so'ng). Bunday operatsiya 4.4e- rasmda ham bajarilgan.

Ikkinchi usulda eng katta hosilaning o'zgarishi tadqiq qilinmaydi. Bu holda integrallashdan keyin (4.46) tenglama

$$y''' = -1/r(-b_0x + a_0y + a_1y' + a_2y'' + a_3y''')$$

ko'rinishiga keladi. Bunda tenglamaning o'ng tomonidagi yig'indi 4.5v- rasmda ko'rsatilgan summalovchi-integralovchi qurilmada hosil qilinadi.



4.5- rasm. Differentsial tenglamani qisqartirilgan sondagi yechuvchi qurilmalardan foydalanib yechishning tuzilmaviy sxemalari

YEchuvchi qurilmalar yig'uvchi tuzilmaviy sxemasini tuzishda dasturlashning umumiy usuli qo'llanilganda summator yoki summalovchi-yig'uvchi qurilmaga kiruvchi ko'rsatkichlar soni imkoniyatdan yuqori miqdorda talab qilinadi. n- tartibli differentsial tenglamani n ta 1- tartibli differentsial tenglamalar tizimi bilan almashtirish yo'li bilan sxemada yechuvchi qurilmaga kirishlar sonini kamaytirish mumkin.

Dasturlashning umumiy usuli dinamik tizim yoki jarayon differentsial tenglamalar tizimi ko'rinishda ifodalanganda ham qo'llaniladi. Bunda har bir tenglama yuqori tartibli hosilga nisbatan yechiladi. Keyin hamma tenglamalar integrallanib, kirish va chiqish zanjirlari ulanadi, boshlang'ich shartlar beriladi. Bu jarayonni quyidagi differentsial tenglamalar tizimi uchun ko'rib chiqamiz:

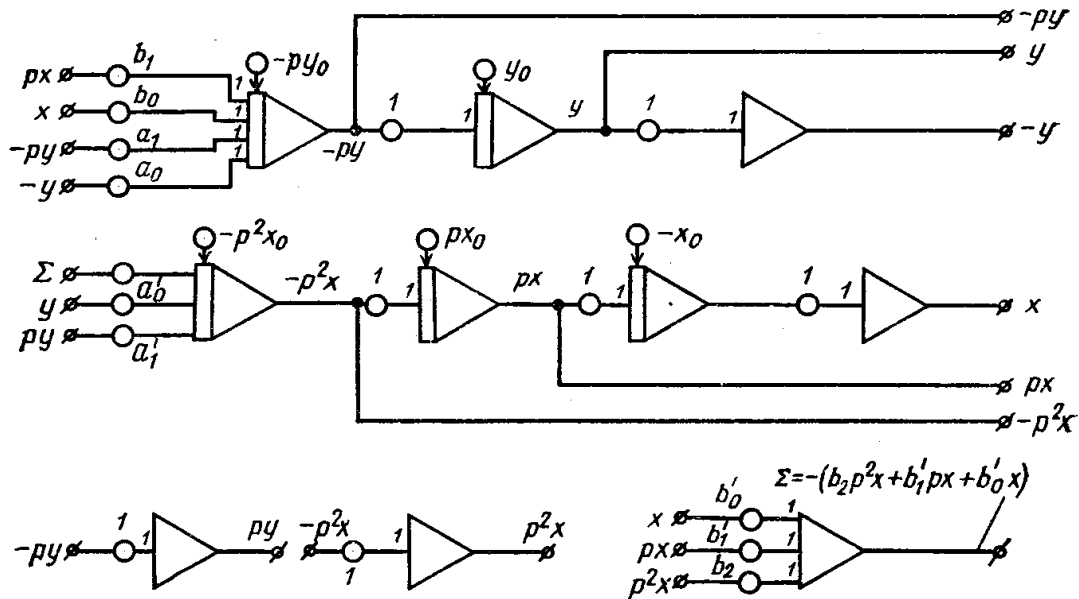
$$\begin{cases} p^2 y + a_1 p y + a_0 y = b_1 p x + b_0 x \\ a'_1 p y + a'_0 y = p^3 x + b'_2 p^2 x + b'_1 p x + b'_0 x, \end{cases} \quad (4.47)$$

boshlang'ich shartlar: $Y(0)=Y_0$; $x(0)=x_0$; $r^2 x(0)=rx(0)=rY(0)=0$.

Agar $r^3 x$ va $r^2 x$ larni hosil qilishning zarurati bo'lmasa, chiqish qismlarida ry va $r^2 x$ larni hosil qiladigan ikkita integro-summalovchi qurilmalarni qo'llash mumkin. (4.47) tenglamalar tizimidan topilgan bu hosilalar

$$\begin{cases} py = -1/p (a_1 py + a_0 y - b_1 px - b_0 x) \\ p^2 x = -1/p (b'_2 p^2 x + b'_1 px + b'_0 x - a'_1 py - a'_0 y), \end{cases} \quad (4.48)$$

4.6- rasmda yechuvchi qurilmalar sonini qisqartirishga tavsiyalari bilan (4.47) tenglamalar tizimini yechishning EQYTSsi tasvirlangan.



4.6- rasm. Differentsial tenglamalar tizimini yechish uchun EQYTS si.

4.6. Kanonik shaklda dasturlash usuli

Bu usulni umumiy usuldan foydalanish qiyin yoki mumkin bo'lmagan holda qo'llaniladi. Masalan yuqori n- tartibli bir jinsli differentsial tenglamani yechishda summalovchi qurilmada n/2 dan ortiq kirish zanjiri talab etilib, kichik quvvatli O`XM larda bunday imkoniyat yo`q. Umumiy usuldan yuqori tartibli bir jinsli bo'lmagan differentsial tenglamalarni yechishda ham foydalanib bo'lmaydi. Dinamik tizim yoki jarayon

$$A_3 p^3 y + A_2 p^2 y + A_1 p y + A_0 y = B_3 p^3 x + B_2 p^2 x + B_1 p x + B_0 x, \quad (4.49),$$

differentsial tenglama bilan ifodalansin deylik. Tenglikning ikkala tomonini A_3 ga bo'lib,

$$p^3 y + a_2 p^2 y + a_1 p y + a_0 y = b_3 p^3 x + b_2 p^2 x + b_1 p x + b_0 x, \quad (4.50)$$

tenglikka ega bo'lamiz, bunda

$$a_2 = A_2/A_3; a_1 = A_1/A_3; a_0 = A_0/A_3; b_3 = B_3/A_3; b_2 = B_2/A_3; b_1 = B_1/A_3; b_0 = B_0/A_3.$$

Boshlang'ich shartlar quyidagicha bo'ladi:

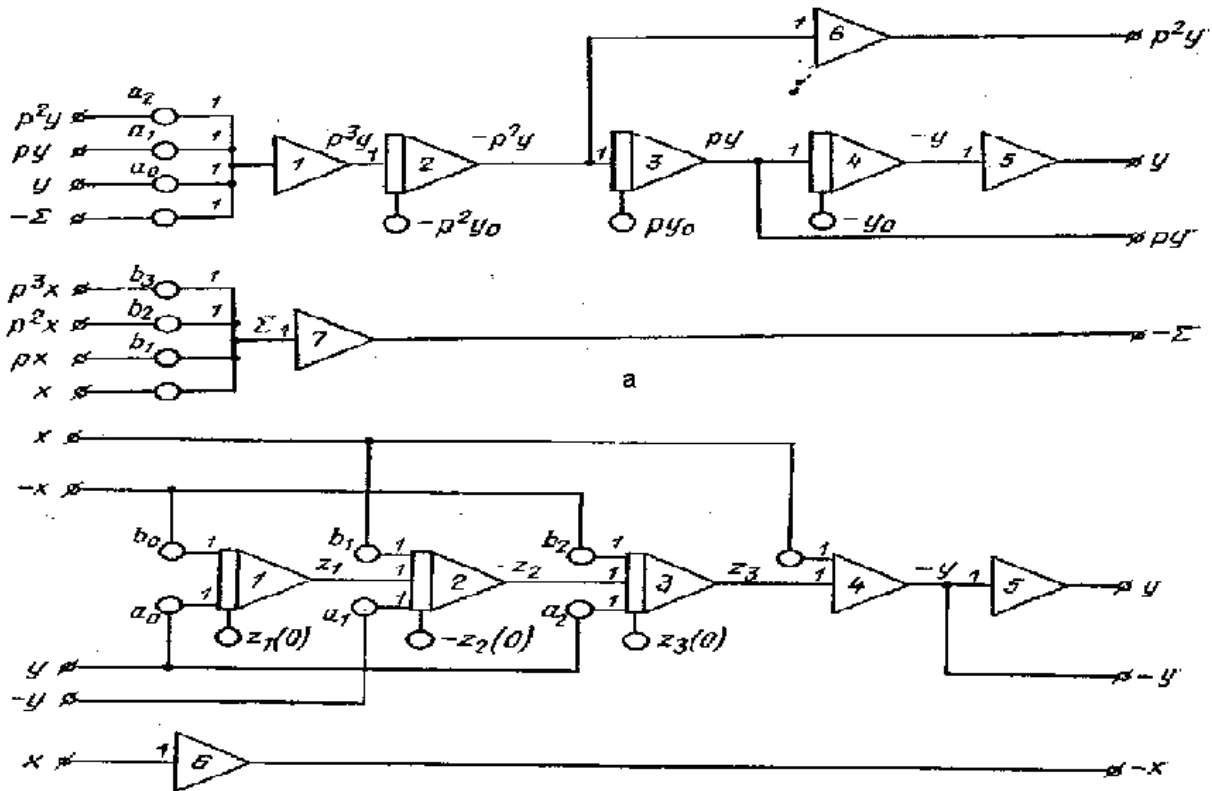
$$p^i y(0) = p^i y_0; i=0, 1, \dots, (n-1); p^j x(0) = p^j x_0; j=0, 1, 2, \dots, (m-1).$$

Dasturlashning umumiy usuli bo'yicha (4.50) tenglamani yuqori tartibli hosilaga nisbatan yechamiz va 4.7a) da tasvirlangan EQYTS sini tuzamiz:

$$p^3 y = -a_2 p^2 y - a_1 p y - a_0 y + b_3 p^3 x + b_2 p^2 x + b_1 p x + b_0 x.$$

Sxemadan ko`rinadiki, 7 summatorga ta'sir etuvchi x dan rx , r^2x , r^3x , hosilalarga mos signallarni ham kiritish zarur. Bu signallarni hosil qilish uchun yuqori xatolikka olib keladigan differentsiallovchi qurilmalardan ham foydalanishga to'g'ri keladi. Bunda (4.49) tenglamada $V_i=0$, $i=1, 2, 3$ bo'lgan holdagina og'ir vaziyatdan chiqish mumkin.

Kanonik shaklda dasturlash usulining mohiyati shundaki, bunda (4.49) tenglama kanonik shakldagi tenglamalar tizimiga keltirilib, so'ngra umumiy usul bo'yicha dasturlanadi.



4.7- rasm. Differentsial tenglamani kanonik shaklda yechish uchun EQYTS.

Almashtirish tenglamani n marta integrallash va integral belgisi bo'lgan hadlarni tenglamaning o'ng tomoniga o'tkazilib, yangi o'zgaruvchi Z orqali belgilash yo'li bilan olib boriladi. (4.50) tenglikni model uchun birinchi integrallash va almashtirishdan keyin

$$p^2y + a_2py + a_1y - b_3p^2x - b_2px - b_1x = (b_0x - a_0y)/p = z_1,$$

ikkinchi integrallash va almashtirishdan keyin

$$py + a_2y - b_3px - b_2x = (z_1 + b_1x - a_1y)/p = z_2,$$

uchinchi integrallash va almashtirishdan keyin

$$y - b_3x = (z_2 + b_2x - a_2y)/p = z_3$$

tengliklarga ega bo'lamiz. Oxirgi tenglikdan $y = z_3 + b_3x$. bog'lanish tenglamasini topamiz.

SHunday qilib, (4.49) tenglama

$$\begin{aligned} z_1 &= (b_0x - a_0y)/p; \\ z_2 &= (z_1 + b_1x - a_1y)/p; \\ z_3 &= (z_2 + b_2x - a_2y)/p \end{aligned} \quad (4.51)$$

tenglamalar tizimiga keltiriladi, bunda $z_0=0$; $y = z_3 + b_3x$.

Bu tizim (4.50) tenglamaning kanonik shakli deyiladi.

$$p^n y + a_{n-1}p^{n-1}y + \dots + a_1py + a_0y = b_m p^m x + b_{m-1}p^{m-1}x + \dots + b_2p^2x + b_1px + b_0x, \quad (4.52)$$

tenglamaning kanonik shakli

$$z_i = (z_{i-1} + b_{i-1}x - a_{i-1}y)/p, \quad (4.53)$$

ko`rinishda bo`ladi, bunda $z_0=0$; $y=z_n+b_nx$; $i=1,2,\dots,m$.

4.7b) rasmda kanonik shaklda dasturlash usulining EQYTS si keltirilgan. Bu sxemada $y(t)$ funktsiyaning o`zgarishi ma`lum deb faraz qilinib, integrosummatorga a_0y va $-b_0x$ kiritiladi. 1 integrosummatordan $z_1=-(a_0y-b_0x)/r$ funktsiyaga mos kuchlanish chiqadi. 2 va 3 integrosummatordlardan z_2 va z_3 funktsiyalarga mos, 4 summatordan esa $y=-(z_3+b_3x)$, 5 va 6 invertorlardan y va $-x$ ga mos kuchlanishlarni olish uchun foydalaniladi. Boshlang`ich shartlar quyidagi formulalar bo`yicha hisoblanadi:

$$z_1(0)=p^2y_0+a_2py_0+a_1y_0-(b_3p^2x_0+b_2px_0+b_1x_0);$$

$$z_2(0)=py_0+a_2y_0-(b_3px_0+b_2x_0); z_3=y_0-b_3x_0.$$

(4.52) ko`rinishdagi differentsial tenglamani yechish uchun boshlang`ich shartlar

$$z_i(0)=p^{n-i}y_0+\dots+a_iy_0-(b_np^{n-i}x_0+\dots+b_ix_0). \quad (4.54).$$

ko`rinishda hisoblanadi.

Hosilalarning dinamik tizimga ta`siri sxemada aks etmasligi kanonik shaklda dasturlashning kamchiligidir.

4.7. Masshtablarni tanlash. Uzatish koefitsiyentlari va boshlang`ich shartlarni hisoblash

O`XMda kiruvchi, oraliq, chiquvchi o`zgaruvchilar kuchlanish ko`rinishidagi mashina o`zgaruvchilariga almashtiriladi. Agar o`zgaruvchilar birliklari kuchlanish birligi (1V) bilan mos kelsa, mashina yechimlari miqdorlari bilan bir xil bo`ladi. Bunday holatdan tenglamaning o`zgaruvchilari, koefitsiyentlari, yechimlari o`zgarish sohalari kuchlanishning o`zgarishi sohasidan ortib ketmaganda foydalanish mumkin.

Ko`pchilik O`XM larda kuchlanish $\pm 100V$ oralig`ida o`zgarib, tenglamaning real o`zgaruvchilari va koefitsiyentlari bilan ishlash imkonini bermaydi. SHuning uchun O`XMda dinamik modellarni qurishda masshtab koefitsiyentlari kiritiladi. Bu koefitsiyentlar masalani O`XMda bekamu ko`st yechish imkonini beradi.

x o`zgaruvchining masshtabi yoki masshtab koefitsiyenti deb shunday o`zgarmas ko`paytuvchi  $m_x$  ga aytiladiki, uni  $x$  ga ko`paytirganda mashina o`zgaruvchisi  $v$  hosil bo`ladi,

$$v=m_x x \text{ yoki } u=m_y y. \quad (4.55)$$

Masshtab har doim o`lchovga ega bo`ladi. Masalan, x ning miqdori amperda o`lchansa, mashina o`zgaruvchisi Voltda o`lchanib, masshtabning o`lchovi (V/A) bo`ladi. Uslubiy nuqtai nazardan, agar real o`zgaruvchi va mashina o`zgaruvchilarining o`lchovlari bir xil bo`lgan taqdirda ham masshtab o`lchovi ko`rsatiladi.

O`zgarish sohasi  $\pm 100$  bo`lgan O`XM larda hamma o`zgaruvchilar uchun masshtablarni shunday tanlash zarurki, mashina o`zgaruvchilari  $\pm 100V$  oralig`idan chiqib ketmasin. Masshtab koefitsiyentlarini tanlashda

$$m_x |x|_{\max} \leq 100 \quad (4.56)$$

shartdan kelib chiqish lozim bo`ladi. Bunda  $|x|_{\max}$  – real o`zgaruvchilarning absolyut qiymatlari bo`yicha maksimal qiymatlari.

$|x|_{\max}$ ning miqdori taqribiy tanlanadi. Agar miqdor noto`g`ri bahoansa mashina o`zgaruvchisining miqdori absolyut qiymati bo`yicha 100V dan ortib ketib, modellashtirish jarayoni amalga oshmay qolishi mumkin. Bu holda masshtab

koeffitsiyentini kamaytirish zarur. Aksincha, masshtabni o'ta kichik tanlash ham maqsadga muvofiq emasdir.

Vaqt masshtabi. O'XM ning qimmatli xususiyati-qaralayotgan dinamik tizim yoki jarayonlarni sekinlashtirilgan, tezlashtirilgan yoki real holatlarda tadqiqot qilish imkoniyatidir. Vaqt masshtabi kiritilishining mohiyati shundaki, tadqiqotchining hohishiga qarab, jarayon yoki tizimlarni ularning real o'zgaruvchilariga proporsional ravishda tezlashtirish yoki sekinlashtirish mumkin. Mashina vaqti

$$\tau = m_t t, \quad (4.57)$$

ko'rinishida aniqlanadi, bunda τ - mashina vaqti; m_t - vaqt masshtabi; t - real vaqt.

Ko'pchilik jarayon va tizimlar juda sekinlik bilan amalga oshadi. Vaqtni tejash maqsadida bunday jarayon va tizimlar modellarini tezlashtirilgan holda qurish zarurati tug'iladi, bunda $m_t < 1$ qilib tanlanadi. Bu holda mashina vaqti real vaqtdan kichik bo'lib, jarayon m_t marta tezlashadi. SHunga o'xshash $m_t > 1$ bo'lganda mashina vaqti real vaqtdan katta bo'lib, jarayon m_t marta sekinlashadi. $\tau = t$ hol O'XM tashqi apparaturalar bilan bog'langanda qo'llanilishi mumkin. Ba'zan vaqt masshtabi uzatish koeffitsiyentlarini tenglashtirish uchun ham kiritiladi. Vaqt masshtabini tanlashda yechuvchi qurilmalar texnik xususiyatlari ham hisobga olinadi.

Ma'lumki vaqt o'tishi bilan integratorning chiqish kuchlanishi xatoligi o'sib boradi. Bu holat integrallash vaqtini cheklashni talab etadi va O'XM ning texnik pasportida zaruriy cheklashlar ko'rsatiladi, shuning uchun m_t ni o'ta katta qilib tanlash mumkin emas. SHunga o'xshash m_t ni o'ta kichik qilib ham tanlash mumkin emas.

Mashina tenglamalari. Masshtab koeffitsiyentlarini kiritish hisobiga mashina modellarining koeffitsiyentlari real koeffitsiyentlardan farq qiladi, ya'ni, real tenglamadan mashina tenglamasiga o'tiladi. Mashina tenglamasini tuzish jarayonini ko'rib chiqamiz. (4. 42) tenglamani

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = F(t) - a_1 \frac{dy}{dt} - a_0 y$$

ko'rinishda yozamiz.

(4. 55) va (4. 57) masshtab munosabatlaridan foydalanib,

$$y = \frac{u}{m_y}; \quad t = \frac{\tau}{m_t}; \quad \frac{dy}{dt} = \frac{m_t}{m_y} \frac{du}{d\tau};$$

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = \frac{d\left(\frac{m_t}{m_y} \frac{du}{d\tau}\right)}{dt} = \frac{m_t}{m_y} \frac{d^2 u}{d\tau^2} \quad (4. 58)$$

tengliklarni yozamiz. Bu munosabatlarni berilgan tenglamaga qo'yib,

$$\frac{d^2 u}{d\tau^2} = \frac{m_y}{m_t^2} F\left(\frac{\tau}{m_t}\right) - \frac{a_1}{m_t} \frac{du}{d\tau} - \frac{a_0}{m_t^2} u \quad (4. 59)$$

tenglamaga ega bo'lamiz.

(4.59) tenglama u va τ mashina o'zgaruvchilari orasidagi funktsional bog'lanishni ifodalaydi va shuning uchun **mashina tenglamasi** deb ataladi. Bu tenglama real

tenglamaga o'xshash bo'lib, faqat koeffitsiyentlari bilan farq qiladi. SHuning uchun real va mashina tenglamalarini yechishning tuzilmaviy sxemalari bir xil bo'ladi.

(4.59) tenglamadan ko'rinadiki, masshtabni kiritish uzatish koeffitsiyentlari qiymatlarini tenglashtirish imkonini beradi(4.59). Mashina tenglamasida masshtab y va t o'zgaruvchilar uchun kiritilgan. Umumiy holda masshtab hamma o'zgaruvchilar va hosilalar uchun kiritilishi mumkin. Mashina tenglamasini tuzish metodikasi hamma tenglamalar uchun bir xildir.

Ba'zi masalalarni yechish har xil vaqt intervallarida bir-birlaridan keskin farq qiluvchi natijalar olinadi. Bu holat ba'zi intervallarda foydali signalning juda kichik bo'lishi hisobiga nisbiy xatolikning keskin o'sishiga olib keladi. Bunday masalalar uchun o'zgaruvchi masshtab kiritish usulini qo'llash foydalidir. Bu holda masalani yechish oraliq kichik oraliqlarga bo'linib, har bir kichik oraliqda masshtablar va yechuvchi qurilmalarning uzatish koeffitsiyentlari aniqlanadi. Dasturli boshqarish sxemasi yordamida uzatish koeffitsiyentlarining o'zgarishi avtomatik tarzda bajariladi.

Bog'liqmas o'zgaruvchilarni masshtab bo'yicha almashtirish. O'XMda bog'liqmas o'zgaruvchi bo'lib ko'pincha t vaqt xizmat qiladi. Lekin ba'zi masalalarda yo'l, tezlik, temperatura kabilar ham o'zgaruvchi rolini o'ynashi mumkin. Bunday hollarda tenglamani oldindan vaqtga bog'lab, so'ng mashina vaqtiga o'tiladi,

$$\tau = m_{x \rightarrow t} x \quad (4.60)$$

almashtirish bajariladi. Bunda $m_{x \rightarrow t}$ masshtab koeffitsiyenti yuqoridagi qoidalarga amal qilgan holda bajariladi. Masalan, $dy/dx = x + y$. tenglama berilgan bo'lsin (4.60) munosabatdan foydalanib x o'zgaruvchini τ mashina o'zgaruvchisiga almashtiramiz:

$$m_{x \rightarrow t} \frac{dy}{d\tau} = \frac{\tau}{m_{x \rightarrow t}} + y$$

$$\text{yoki} \quad (4.61)$$

$$\frac{dy}{d\tau} = \frac{\tau}{m_{x \rightarrow t}^2} + \frac{y}{m_{x \rightarrow t}}$$

Agar x bog'liqmas o'zgaruvchining maksimal qiymati mumkin bo'lgan maksimal integrallash vaqtidan ortib ketmasa, $m_{x \rightarrow t} = 1$ qilib olinadi. Ba'zi masalalarni yechishda integrallash yo'nalishini o'zgartirib olish maqsadga muvofiq bo'ladi. Masalan, turg'unmas tenglamalar tizimining yechimini aniqroq olish yoki chegaraviy masalani tezroq yechish jarayonini ko'raylik. Buning uchun $m_{x \rightarrow t}$ masshtab koeffitsiyentining ishorasini o'zgartirish kifoya. Bu holda boshlang'ich shartlarning ham ishoralarini o'zgartirish zarur.

Hadlab masshtablash. Mashina tenglamasiga yuqoridagi uslub bo'yicha o'tish nochiziqli masalalarni yechishda ba'zi qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi. Bundan tashqari mashina tenglamasining ba'zi koeffitsiyentlari me'yoridan ortib ketishi tufayli, uni bitta yechuvchi qurilmaga kiritish imkoni bo'lmay qoladi. Bunda uzatuvchi koeffitsiyentlarni alohida yechuvchi elementlarga taqsimlashga to'g'ri keladi. Bu taqsimotni oraliq o'zgaruvchilar o'zgarishi chegaralarini hisobga olgan holda bajariladi. Bunday qiyinchiliklarni bartaraf etish uchun ko'pchilik hollarda hadlab masshtablash uslubi qo'llaniladi.

Hadlab masshtablash uzatish koeffitsiyentlarini har bir yechuvchi kuchaytirgich uchun alohida hisoblashni taqazo etadi. O`tkazish koeffitsiyenti kiruvchi va chiquvchi miqdorlar masshtablari va berilgan tenglamaning mos koeffitsiyentlari orasidagi moslik bajarilayotgan matematik operatsiyalarni solishtirish orqali tekshiriladi. Masalan,

$$y = \sum_{i=1}^d a_i x_i \quad (4.62)$$

summalash operatsiyasini bajarish talab etilsin. Summalovchi kuchaytirgich:

$$u = \sum_{i=1}^d k_i v_i.$$

ko`rinishdagi operatsiyani bajaradi, bunda u- kuchaytirgichning chiqish qismidagi kuchlanish.

$u = m_y y$ va $v_i = m_{x_i} x_i$ munosabatlardan

$$m_y y = \sum_{i=1}^d m_{x_i} k_i x_i$$

yoki

$$y = \sum_{i=1}^d [(m_{x_i} k_i) / m_y] x_i. \quad (4.63)$$

(4.62) ifodaning (4.63) ifodaga mos kelishi uchun

$$a_i = (m_{x_i} k_i) / m_y, \quad i = 1, \dots, d \quad (4.64)$$

tenglikning bajarilishi zarur bo`ladi.

(4.64) ifoda berilgan uzatish koeffitsiyentlari bo`yicha kiruvchi o`zgaruvchilar x_i -larning masshtablarini yoki x_i va y o`zgaruvchilarning berilgan masshtablari bo`yicha o`tkazish koeffitsiyentlari k_i - larni aniqlash imkonini beradi. Amalda uzatish koeffitsiyentlari

$$k_{ci} = (m_y / m_{x_i}) a_i \quad i = 1, \dots, d \quad (4.65)$$

ko`rinishda hisoblanadi, bunda  $k_{ci}$ - kuchaytirgichning i- kirishiga mos uzatish koeffitsiyenti;  $m_y$ - chiquvchi miqdor masshtabi;  $m_{x_i}$ - kuchaytirgichning i- kirishiga mos masshtab;  $a_i$ - tenglamaning  $x_i$ - o`zgaruvchisiga mos koeffitsiyenti. Agar vaqt masshtabi

kiritilmasa, u holda, $y = a \int_0^t x dt$ integrallash operatsiyasi uchun koeffitsiyentlar (4.64) ifoda

bo`yicha hisoblanadi. Agar m_t vaqt masshtabi kiritilsa

$$k_u = (a m_y) / (m_x m_t) = 1 / (RC). \quad (4.66)$$

Bunda $RC = T$ vaqt o`lchoviga ega bo`lib, o`zgarmas vaqt deb ataladi. Bu holda

T o`zgarmas vaqt masshtabi  $T_m$  ga proporsional bo`ladi.

$$T_m = m_t T \quad (4.67)$$

bunda T_m - mashina vaqti o`zgarmasi;  $T$ - real vaqt o`zgarmasi.

Bunday munosabat tuzilmaviy modellashtirishda tez-tez qo`llaniladi. Masshtab o`zgarganda hamma integrallovchi va inertsiya bo`g`inlarda vaqt o`zgarmasini  $m_i$  ga ko`paytirish kifoya. Bu ish mashina tenglamasiga o`tish va undagi uzatish koeffitsiyentlarini o`zgartirishdan ko`ra osonroqdir.

**Boshlang`ich shartlar.** Boshlang`ich shartlarni O`XM ga kiritish uchun qabul qilingan masshtablar bo`yicha uning qiymatlari mashinaga moslashtiriladi.

Faraz qilaylik, uchinchi tartibli tenglama boshlang`ich shartlarining qiymatlari  $y(0)$ ,  $y'(0)$ ,  $y''(0)$  bo`lsin. Mashina boshlang`ich shartlari quyidagicha ifodalanadi:

$u(0)=m_y y(0)$; $u'(0)=(m_y/m_t)y'(0)$; $u''(0)=(m_y/m_t^2)y''(0)$. Umumiy holda $y^{(n)}(0)$ boshlang'ich shart uchun mashina boshlang'ich sharti

$$u^{(n)}(0)=(m_y/m_t^n)y^{(n)}(0) \quad (4.68)$$

bo'ladi. Agar hosilalar $m_{y^{(n)}}$ masshtab koeffitsiyentlariga ega bo'lsa, u holda mashina boshlang'ich shartlari

$$u^{(n)}(0)=m_{y^{(n)}}y^{(n)}(0) \quad (4.69)$$

ko'rinishda hisoblanadi.

O'zgaruvchilarni ko'paytirish va nochiziqli almashtirishlar. Nochiziqli masalalarni yechish jarayonida o'zgaruvchi miqdorni ko'paytirish, bo'lish va har xil nochiziqli almashtirishlarga to'g'ri keladi. O'zgaruvchi miqdorlarni ko'paytirish va bo'lishda (BP) ko'paytirish blokidan foydalaniladi. Nochiziqli almashtirishlarni bajarishda nochiziqli funktsiyalar bloki (BNF) dan foydalaniladi. Ba'zi tipik nochiziqli modellar maxsus yechuvchi qurilmalar sxemalari bo'yicha quriladi.

Berilgan nochiziqli bog'lanishlarni nochiziqli bloklarga kiritish uchun ularda tegishli almashtirishlar bajariladi. Bu almashtirishlar bo'lakli-chiziqli siniq chiziq yoki polinom ko'rinishida bo'lishi mumkin. Amalda ko'pincha diodli elementli BNF yordamida bo'lakli-chiziqli approksimatsiyalash usuli qo'llaniladi. Bunda egri chiziq xatolik minimal bo'ladigan qilib bo'laklarga ajratiladi.

Nochiziqli bog'lanishni polinom ko'rinishida ifodalaganda koeffitsiyentlar eng kichik kvadratlar usuli yordamida aniqlanadi. Polinom bo'yicha approksima-tsiyalashda ko'paytiruvchi va summalovchi qurilmalardan foydalaniladi.

O'zgaruvchi koeffitsiyentli differentsial tenglamalarni yechishda o'zgaruvchi yoki uning hosilasini $a(t)$ o'zgaruvchiga ko'paytirish talab qilinadi. Bunda integrallovchi qurilma BNF va BP ketma-ket ulanadi.

Nochiziqli elementlar uchun masshtabli almashtirish. Nochiziqli almashtirishlarni bajarishda shunday masshtab munosabatlarini tanlash zarurki, nochiziqli bloklar chiqish qismidagi maksimal kuchlanishlar $\pm 100V$ dan oshmasin. SHu bilan birga matematik operatsiyalar bajarilishining eng yuqori aniqligi ta'minlanadi. Ko'paytirish bloki uchun chiquvchi miqdor masshtabini aniqlashda $u=k_k v_1 v_2$ tenglamada $k_k (k_k=0.01)$ koeffitsiyentni hisobga olish zarur. Masalan,

$$z=axy \quad (4.70)$$

operatsiyani hisoblash talab qilinsin. Umumiy masshtab munosabati bo'yicha $z=(k_k m_x m_y / m_z)xy$ ifodani olamiz. (4.70) tenglamaga ko'ra $(k_k m_x m_y) / m_z = a$, bo'lib,

$$m_z=(k_p m_x m_y) / a, \quad (4.71)$$

bo'ladi. (4.71) munosabatdan ko'rinadiki, x, y, z o'zgaruvchilardan birining masshtabi qolgan ikkitasining natijasidir, shuning uchun uni erkin tanlab bo'lmaydi. Boshqa ko'rinishdagi nochiziqli operatsiyalarni ham shunga o'xshash aniqlanadi.

4.8. Masalalarni O`XM da yechish va tadqiqot qilishga tayyorlashga oid misollar

Oddiy hosilali differentsial tenglamalarni yechishning EQYTS sini tuzishni quyidagi misolda ko'rib chiqamiz.

$$2\frac{d^2y}{dt^2} + 3\frac{dy}{dt} + 4y = 0$$

tenglama va $t=0, y(0)=2, y'(0)=5$ boshlang'ich shartlar berilgan bo'lib, bu tenglamani O'XM da yechish talab qilinsin.

1. Aytaylik. $m_t=1$ $y_{\max}=5$, $y'_{\max}=20$ bo'lsin. U holda $m_y=u_{\max}/y_{\max}=100/5=20$; $m_{y'} = V_{y_{\max}} / y'_{\max} = 100 / 20 = 5$; $m_t=\tau/t=1$, bo'ladi.

2. Masalanig tuzilmaviy sxemasini tuzamiz. Buning uchun berilgan tenglamani yuqori tartibli hosilaga nisbatan yechamiz.

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -1.5\frac{dy}{dt} - 2y.$$

Ikkinchi tartibli hosilaga proporsional kuchlanishni olish uchun o'ng tomondagi hadlarga mos kuchlanishlarni qo'shiladi, so'ng integrallanadi. Agar 4.8a - rasmdagi 1 integrosummalovchi blok kirish qismiga $-1.5\frac{dy}{dt}$ va $-2y$ ga proporsional kuchlanishlarni kiritsak chiqish qismida $-y'$ ga proporsional kuchlanishni olamiz (yechuvchi qurilma ishoralarini qarama-qarshisiga o'zgartirib chiqaradi).

2 integrallovchi blok yordamida integrallash natijasida izlangan yechim y ga proporsional kuchlanishni olamiz. 1 blokdan chiqqan $-y'$ blokning kirish qismiga va 2 blokdan chiqqan u ham 3 invertorda $-y$ ga aylantirilib, 1 blokning kirish qismiga yuboriladi va shu bilan tuzilmaviy sxema tuzish jarayoni tugaydi.

3. Uzatish koeffitsiyentlarini hisoblaymiz.

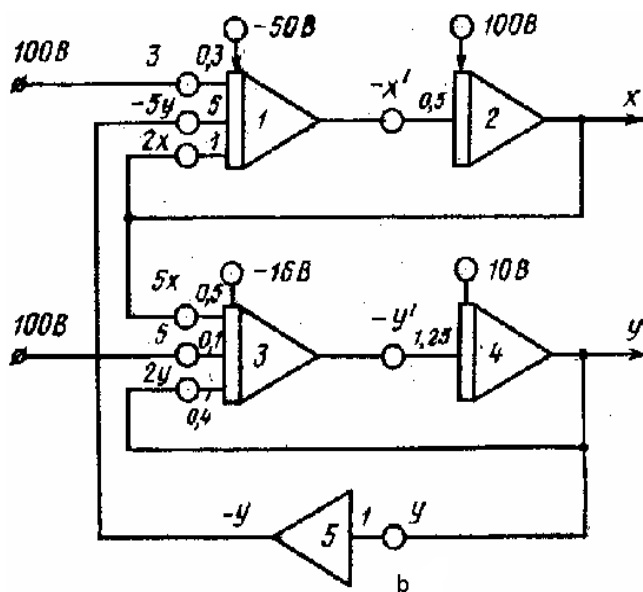
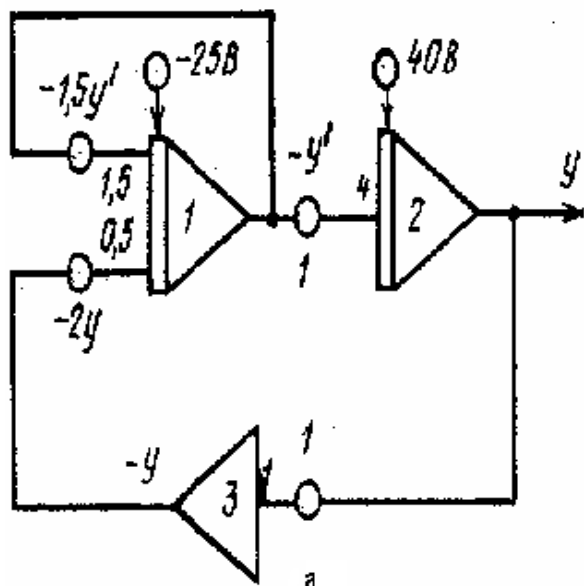
Bunda uzatish koeffitsiyentlarini tuzilmaviy sxema hamma bloklarining kirish qismlari uchun aniqlanadi.

$$k_1 = \frac{m_{y'} a_1}{m_{y'} m_t} = \frac{5 \cdot 1.5}{5 \cdot 1} = 1.5;$$

$$k_2 = \frac{m_{y'} a_0}{m_y m_t} = \frac{5 \cdot 2}{20 \cdot 1} = 0.5;$$

$$k_4=1.$$

k_3 ni hisoblashda $a_2=1$ bo'lganligi uchun blok faqat integrallash operatsiyasini bajaradi. Tuzilmaviy sxemada uzatish koeffitsiyentlari yechuvchi blok kirish rezistorlarining ustiga yoziladi.



4.8- rasm. Ikkinchi tartibli differentsial tenglama va differentsial tenglamalar tizimini yechish uchun EQYTS

4. Boshlang'ich shartlarga mos kuchlanishlarni quyidagi formulalar orqali aniqlaymiz:

$$u_{y_0} = \text{sign}(y)y_0 m_{y_0} = +2 \cdot 20 = +40;$$

$$u_{y'_0} = \text{sign}(y')y'_0 m_{y'} = -5 \cdot 5 = -25;$$

$u_{y'_0}$ boshlang'ich shartga mos kuchlanish manfiy bo'ladi, chunki boshlang'ich blokdan $-y'$ chiqadi va $\text{sign}(y') = -1$ bo'ladi. Tuzilmaviy sxemada boshlang'ich shartlar blok ustiga aylanasimon belgi pastga yo'naltirib qo'yiladi. Belgi yoniga boshlang'ich shartga mos kuchlanishning qiymati yoziladi.

5. Masalani yechish imkoniyatiga ega bo'lgan O`XM ni tanlaymiz. O`XM da ishlab chiqilgan tuzilmaviy sxema teriladi, uzatish koeffitsiyentlari va boshlang'ich shartlarga mos kuchlanishlar kiritiladi. SHundan so'ng mashinaning "pusk" tugmachasi bosilib, dinamik model qurilishi boshlanadi.

Differentsial tenglamalar tizimini yechishning tuzilmaviy sxemasini tuzishni quyidagi misolda ko'ramiz:

$$\begin{cases} \frac{d^2 x}{dt^2} + 5y - 2x = 3 \\ \frac{d^2 y}{dt^2} - 2y - 5x = 5 \end{cases}$$

$$x_0=5, x'_0=2.5, y_0=1, y'_0=4.$$

1. Faraz qilaylik, tenglamalar tizimini $m_t=\tau/t=2$, sekinlashtirilgan masshtabda yechish talab qilinsin. $x_{\max}=5, x'_{\max}=5, y_{\max}=10, y'_{\max}=25$ bo'lsin. O'zgaruvchilar masshtablarini aniqlaymiz:

$$m_x = V_{x_{\max}} / x_{\max} = 100 / 5 = 20;$$

$$m_y = V_{y_{\max}} / y_{\max} = 100 / 10 = 10;$$

$$m_{x'} = V_{x'_{\max}} / x'_{\max} = 100 / 5 = 20;$$

$$m_{y'} = V_{y'_{\max}} / y'_{\max} = 100 / 25 = 4.$$

2. Masalaning tuzilmaviy sxemasini tuzamiz. Buning uchun tizimdagi har bir tenglamani yuqori tartibli hosilalarga nisbatan yechamiz:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -5y + 2x + 3; \frac{d^2y}{dt^2} = 2y + 5x + 5.$$

Tuzilmaviy sxemani har bir tenglama uchun alohida-alohida tuzib, so`ng ularni birlashtiramiz (4.8b- rasm). Ikkala tenglamaning ham o`ng tomonlarida uchtdan hadlari bor. SHuning uchun uchtdan kirish qismlariga ega bo`lgan ikkita integrosummalovchi bloklardan foydalanish zarur. 1- integrosummalovchi blokning kirish qismiga - u beriladi. 4- blokning chiqish qismidan +u chiqadi. SHuning uchun 5-invertordan foydalanilgan. Ikkala tenglamada ham o`zgarmas hadlar qatnashganligi tufayli 1 va 3 bloklar kirish qismiga o`zgarmas kuchlanishlar beriladi.

3. (4.65) va (4.66) formulalar bo`yicha kuchaytirgichlarning uzatish koeffitsiyent-larini aniqlaymiz:

$$k_1 = \frac{m_{x'} b_1}{100 m_t} = \frac{20 \cdot 3}{100 \cdot 2} = 0.3; \quad k_2 = \frac{m_{x'} a_1}{m_y m_t} = \frac{20 \cdot 5}{10 \cdot 2} = 5;$$

$$k_3 = \frac{m_{x'} a_2}{m_x m_t} = \frac{20 \cdot 2}{20 \cdot 2} = 1; \quad k_4 = \frac{m_{x'} a}{m_x m_t} = \frac{20 \cdot 1}{20 \cdot 2} = 0.5;$$

$$k_5 = \frac{m_{y'} a_3}{m_x m_t} = \frac{4 \cdot 5}{20 \cdot 2} = 0.5; \quad k_6 = \frac{m_{y'} b_2}{100 m_t} = \frac{4 \cdot 5}{100 \cdot 2} = 0.1;$$

$$k_7 = \frac{m_{y'} a_4}{m_y m_t} = \frac{4 \cdot 2}{10 \cdot 2} = 0.4; \quad k_8 = \frac{m_{y'} a}{m_{y'} m_t} = \frac{10 \cdot 1}{4 \cdot 2} = 1.25.$$

4. Boshlang`ich shartlarga mos kuchlanishlarni quyidagicha aniqlaymiz:

$$V_{x_0} = \text{sign}(x) x_0 m_x = +20 \cdot 5 = 100;$$

$$V_{x'_0} = \text{sign}(x') x'_0 m_{x'} = -20 \cdot 2.5 = -50;$$

$$u_{y_0} = \text{sign}(y) y_0 m_y = +10 \cdot 1 = 10;$$

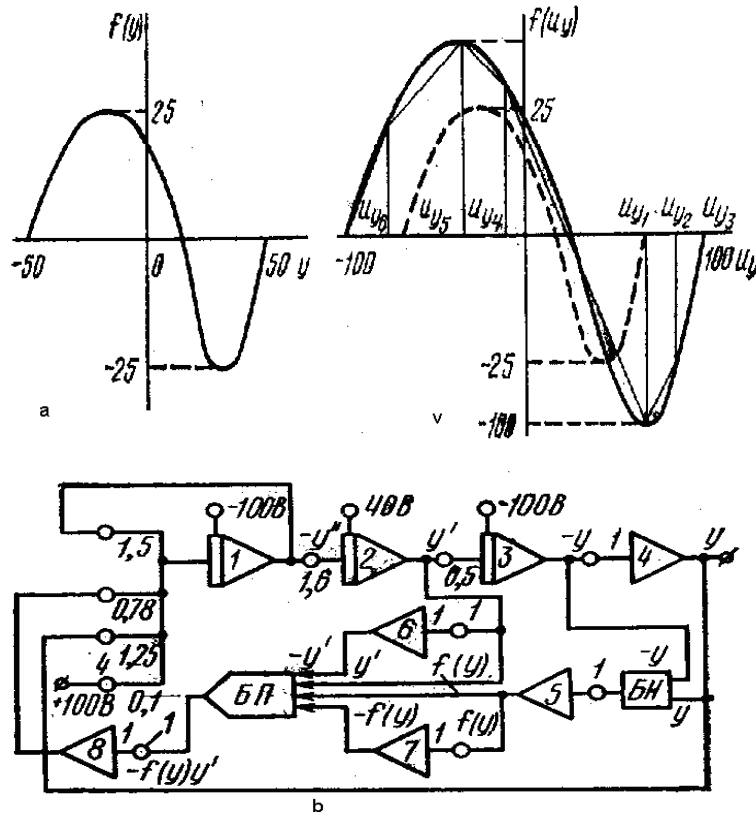
$$u_{y'_0} = \text{sign}(y') y'_0 m_{y'} = -4 \cdot 4 = -16.$$

5. Tenglamalar tizimini yechish imkoniyatiga ega bo`lgan O`XM ni tanlaymiz. So`ngra O`XM ning zarur bo`lgan operatsion kuchaytirgichlari va rezistorlarini aniqlaymiz, ularning nomerlarini tuzilmaviy sxemada ko`rsatamiz. Yechimlar 2 va 4 bloklarning chiqish qismida olinadi.

Nochiziqli differentsial tenglamani yechishga tayyorlash jarayonini quyidagi misolda ko`rib chiqamiz:

$$2 \frac{d^3 y}{dt^3} + 3 \frac{d^2 y}{dt^2} + f(y) \frac{dy}{dt} - 2y = 8$$

nohiziqli differentsial tenglamani $y_0''=40, y_0'=10, y_0=-50$ boshlang'ich shartlarda yechilsin. Bunda $f(u)$ nohiziqli koeffitsiyent 4.9a- rasmda grafik ko'rinishida berilgan. $m_t=1$ masshtabda tenglamani O`XM da yechish algoritmi tuzilsin.



4.9- rasm. 3- tartibli nohiziqli differentsial tenglamani yechishda a) $f(u)$ ga mos grafigi; b) EKYTS si; v) $f(u)$ approksimatsiyasi.

1. $y_{\max}''=40, y_{\max}'=25, y_{\max}=50$ bo'lsin, u holda,

$$m_t = \tau / t = 1; m_y = u_{y_{\max}} / y_{\max} = 100 / 50 = 2;$$

$$m_{y'} = u_{y'_{\max}} / y'_{\max} = 100 / 25 = 4; m_{y''} = u_{y''_{\max}} / y''_{\max} = 100 / 40 = 2.5;$$

$$m_{\text{кщп}} = 0.01 \frac{m_y m_{y'}}{a} = 0.01 \frac{4 \cdot 4}{1} = 0.16;$$

$$m_{f(y)} = \frac{u_{f_{\max}}}{f_{\max}} = 100 / 25 = 4.$$

2. Masalani yechishning tuzilmaviy sxemasini tuzamiz. Buning uchun berilgan tenglamani yuqori tartibli hosilaga nisbatan yechamiz:

$$\frac{d^3 y}{dt^3} = -1.5 \frac{d^2 y}{dt^2} - 0.5 f(y) \frac{dy}{dt} + y + 4.$$

Bunday tenglamaning tuzilmaviy sxemasini tuzish ham chiziqli tenglamanikiga o'xshash bo'ladi (4.9b- rasm). Tenglama o'ng tomonining miqdorlari birinchi integrosummalovchi blokning kirish qismiga beriladi va 2 hamda 3 bloklar yordamida hosilaning tartibi pasaytirib boriladi. 1 blokning chiqish qismida $-y''$, 2 blokning chiqish qismida $+y''$, va 3 blokning chiqish qismida $-y$ ga teng miqdorlar olinadi. Tenglikning o'ng tomonidagi qolgan miqdorlar qo'shimcha bloklar yordamida olinib, 1 integrosummatorning kirish qismiga ulanadi. 1 blokning chiqish qismida olinadigan $-y''$ miqdor shu blokning kirish qismiga ulanadi. 3 blokdan chiqadigan $-u$ ham 4 invertorda ishorasi o'zgartirilib, 1 blokning kirish qismiga ulanadi. O'zgarmas hadga mos o'zgarmas kuchlanish 1 blokka $+100V$ manbadan kiritiladi. $-0.5f(y)y'$ hadga mos sxema quyidagicha hosil qilinadi. Nochiziqli bog'lanishni terish uchun BN nochiziqli blokdan foydalaniladi. 4.9v- rasmda nochiziqli bog'lanishning hamma kvadratda chekli sondagi kesmalar bilan approksimatsiyalanishi tasvirlangan. SHuning uchun nochiziqli blokka u plyus va minus ishoralar bilan kiritiladi. 5 kuchaytirgichda $f(y)$ hosil qilinadi. $f(y)$ va u larning ko'paytmasi BP ko'paytirish blokida hosil qilinadi. Bunda ko'paytuvchilar plyus va minus ishoralar bilan kiritiladi. $f(y)$ va u larning ishoralari mos ravishda 7 va 6 invertorlarda almashtiriladi. 8 kuchaytirgichda ko'paytma olinadi.

3. Uzatish koeffitsiyentlarini hisoblaymiz:

$$\begin{aligned}\kappa_1 &= \frac{m_{y''} a_1}{m_{y''}} = \frac{2.5 \cdot 1.5}{2.5} = 1.5; & \kappa_2 &= \frac{m_{y''} a_2}{m_{\text{кцп}}} = \frac{2.5 \cdot 0.5}{0.16} = 0.78; \\ \kappa_3 &= \frac{m_{y''} a_3}{m_y} = \frac{2.5 \cdot 1}{2} = 1.25; & \kappa_4 &= \frac{m_{y''} b}{100} = \frac{2.5 \cdot 4}{100} = 0.1; \\ \kappa_5 &= \frac{m_{y_i} a}{m_{y''}} = \frac{4 \cdot 1}{2.5} = 1.6; & \kappa_6 &= \frac{m_y a}{m_{y'}} = \frac{2 \cdot 1}{4} = 0.5; \\ \kappa_7 &= \kappa_8 = \kappa_9 = 1.\end{aligned}$$

4. Boshlang'ich shartlarga mos kuchlanishlarni aniqlaymiz:

$$\begin{aligned}u_{y_0} &= \text{sign}(y)y_0 m_y = -(-50)2 = 100; \\ u_{y_0'} &= \text{sign}(y')y_0' m_{y'} = +10 \cdot 4 = +40; \\ u_{y_0''} &= \text{sign}(y'')y_0'' m_{y''} = -40 \cdot 2.5 = -10.\end{aligned}$$

3 integrallovchi blokdan manfiy natija chiqishi va u tenglamada manfiy ishora bilan qatnashishi tufayli u_{y_0} musbat qiymatni qabul qiladi.

5. Nochiziqli blokda $f(y)$ nochiziqli bog'lanish kuchlanish orqali foydalanilgan koordinatalarga transformatsiyalanishi zarur. Bu holda ikkala o'q bo'yicha ham maksimal kuchlanish $100V$ bo'lishini hisobga olinadi. Grafik talab qilingan aniqlik bo'yicha chekli kesmalar bilan approksimatsiyalanadi.

6. Tenglamani yechish imkoniyatiga ega O'XM ni tanlaymiz. Mashinada kuchaytirgichlar, chiziqli va nochiziqli elementlarni aniqlab, ularni tuzilmaviy sxemada nomerlaymiz. So'ngra O'XM da sxemani terib, uzatish koeffitsiyentlari va boshlang'ich shartlarni o'rnatamiz.

Nochiziqli blokda nochiziqli bog`lanishni terib, "pusk" tugmachasini bosamiz va vaqtga bog`liq ravishda izlangan yechimlarni kuzatamiz.

4. 9. Differentsial tenglamalarni O`XM da yechish uchun ba`zi maxsus tayyorgarliklar

O`zgaruvchilar qiymatlarini ma`lum bir oraliqqa, tenglama koefitsiyentlarini bitta sathga keltirish ishlarini o`zgaruvchilar va vaqt masshtablarini o`zgartirish bilan erishiladi. Odatda har bir tipdagi O`XM uchun yechuvchi bloklar uzatish koefitsiyentlarining  $k_{\max}$ ,  $k_{\min}$  qiymatlari boshqa tipdagi O`XM larnikidan farq qiladi. Agar o`tkazish koefitsiyenti mumkin bo`lgan oraliqdan chiqib ketsa, masala noto`g`ri yechiladi. O`XM lar uzatish koefitsiyentlarining maksimal qiymatlari odatda 10 dan 50 gacha bo`ladi. Uzatish koefitsiyentlarining maksimal va minimal qiymatlari masalani yechish xatoligi minimal bo`lishini ta`minlash shartida tanlanadi.

Uzatish koefitsiyenti blokining sonli qiymati berilgan tenglama koefitsiyentlari va o`zgaruvchilar masshtablari bilan aniqlanadi.

Tenglamani O`XM da yechishga tayyorlash jarayonida o`zgaruvchilarning maksimal qiymatlarida uzatish koefitsiyentlari ko`rsatilgan chegaradan chiqib ketishi mumkin. Bundan tashqari, tenglama koefitsiyentlarining o`zgarish miqyosi o`ta keng bo`lib, uzatish koefitsiyentlari bloklari bir-birlaridan katta farq qilishlari mumkin. Tuzilmaviy sxemada ba`zi o`ta kichik koefitsiyentlarni tashlab yuborib, ba`zilarini saqlab qolishga to`g`ri keladi. Bunday ishlarni masshtablarni o`zgartirish yordamida amalga oshiriladi.

Masshtablarni o`zgartirish jarayonini quyidagi differentsial tenglamalar tizimi uchun ko`rib chiqamiz:

$$\begin{cases} \frac{dy_1}{dt} = a_{11}y_1 + a_{12}y_2 + a_{13}y_3 \\ \frac{dy_2}{dt} = a_{21}y_1 + a_{22}y_2 + a_{23}y_3 \\ \frac{dy_3}{dt} = a_{31}y_1 + a_{32}y_2 + a_{33}y_3 \end{cases}, \quad (4.72)$$

bunda y_{10}, y_{20}, y_{30} lar boshlang`ich shartlar.

O`zgaruvchilarning maksimal qiymatlari va masshtablar aniqlangan bo`lsin. Faraz qilaylik, o`zgaruvchilarning o`zgarish intervallari bir-birlaridan keskin farq qilsin. SHuning uchun masshtablarni o`zgaruvchilarning qiymatlari bir-birlariga yaqin bo`ladigan qilib o`zgartiramiz, yangi o`zgaruvchilar kiritamiz:

$$y_1 = \gamma_1 \bar{y}_1; y_2 = \gamma_2 \bar{y}_2; y_3 = \gamma_3 \bar{y}_3. \quad (4.73)$$

U holda berilgan tizim quyidagi ko`rinishga ega bo`ladi:

$$\begin{cases} \frac{d\bar{y}_1}{dt} = a_{11}\bar{y}_1 + a_{12} \frac{\gamma_2}{\gamma_1} \bar{y}_2 + a_{13} \frac{\gamma_3}{\gamma_1} \bar{y}_3 \\ \frac{d\bar{y}_2}{dt} = a_{21} \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \bar{y}_1 + a_{22}\bar{y}_2 + a_{23} \frac{\gamma_3}{\gamma_2} \bar{y}_3 \\ \frac{d\bar{y}_3}{dt} = a_{31} \frac{\gamma_1}{\gamma_3} \bar{y}_1 + a_{32} \frac{\gamma_2}{\gamma_3} \bar{y}_2 + a_{33}\bar{y}_3. \end{cases} \quad (4.74)$$

Boshlang'ich shartlar quyidagicha o'zgartiriladi:

$$\bar{y}_{10} = y_{10} / \gamma_1; \bar{y}_{20} = y_{20} / \gamma_2; \bar{y}_{30} = y_{30} / \gamma_3. \quad (4.75)$$

Bunda $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$, koeffitsiyentlarni tanlash hisobiga o'zgaruvchilarning bir-birlariga yaqin qiymatlarini olishga erishiladi. Masala yechilgandan so'ng u_1, u_2, u_3 larning qiymatlari (4.73) tengliklardan aniqlanadi.

Misol. $u_0; u'_0; u''_0$ boshlang'ich shartlarda

$$1000 \frac{d^3 y}{dt^3} + 500 \frac{d^2 y}{dt^2} - 25 \frac{dy}{dt} + 5y = 1$$

differentsial tenglamani O'XM da yechish talab qilinsin.

Faraz qilaylik, uzatish koeffitsiyentlari $k_{\max} = 10$ va $k_{\min} = 0,1$ bo'lgan O'XM tanlansin $y_{\max}'' = y_{\max}' = y_{\max} = 100$ bo'lsin. U holda $m_{y''} = m_{y'} = m_y = 1$ bo'lib, vaqt masshtabi $m_t = 1$ deylik. Tenglamani yuqori tartibli hosilaga nisbatan yechamiz:

$$\frac{d^3 y}{dt^3} = -0.5 \frac{d^2 y}{dt^2} + 0.025 \frac{dy}{dt} - 0.005y + 0.001$$

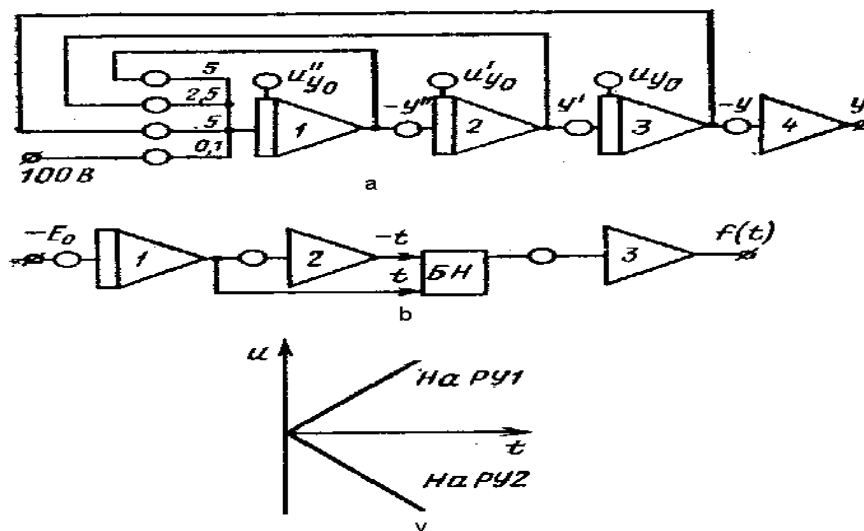
va tenglamani yechishning tuzilmaviy sxemasini tuzamiz (4.10a- rasm).

Uzatish koeffitsiyentlarini hisoblaymiz:

$$\begin{aligned} k_1 &= \frac{m_{y''} a_1}{m_{y''} m_t} = 0.5; & k_2 &= \frac{m_{y''} a_2}{m_{y''} m_2} = 0.025; \\ k_3 &= \frac{m_{y''} a_3}{m_{y''} m_t} = 0.005; & k_4 &= \frac{m_{y''} b}{100} = 0.00001; & k_5 &= k_6 = k_7 = 1. \end{aligned}$$

Uzatish koeffitsiyentlarini tahlil qilsak, k_1 ning tartibi k_2 ning tartibidan bitta, k_3 ning tartibidan ikkita birlik yuqori. Bundan tashqari k_2, k_3 va k_4 ning qiymatlari $k_{\min} = 0, 1$ dan kichik. Bu kamchiliklar $m_t = 0, 1$ deb tanlash yo'li bilan bartaraf etiladi. Bu holda berilgan tenglama

$$\frac{d^3 y}{dt^3} + 5 \frac{d^2 y}{dt^2} - 2.5 \frac{dy}{dt} + 5y = 1, \quad \text{ko'rinishga keladi.}$$



4.10- rasm. Differentsial tenglamani yechishga tayyorlash

Uzatish koeffitsiyentlari $k_1 = 5$, $k_2 = 2.5$, $k_3 = 5$, $k_4 = 0.1$, $k_5 = k_6 = k_7 = 1$ bo'lib, ruhsat etilgan sohada o'zgaradi va bir xildagi tartibga ega bo'ladi.

Koeffitsiyentlarning hosilaviy tartibi o'sib borishi bilan o'sib yoki kamayib borgan hollarda ham vaqt masshtabini o'zgartirish yordamida noqulay vaziyatdan chiqish mumkin. Koeffitsiyentlar kamayib borganda $m_t > 1$ qilib tanlash zarur.

Differentsial tenglamaning o'ng tomonida o'zgaruvchi qatnashgan holni

$$\frac{d^n y}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 y = x \quad (4.76).$$

ko'rinishdagi misolda ko'rib chiqamiz. Bunda $x = f(t)$ uzluksiz funktsiyadir.

$u = f(y)$ bo'lganda tenglama nochiziqli funktsional bloklar yordamida yechilishi ilgari ko'rib o'tilgan edi. Bu yerda $x = f(t)$ funktsiyani hosil qilishni ko'rib chiqamiz.

Bu masalani yechishning tuzilmaviy sxemasi 4.10b- rasmda keltirilgan. Bu sxema 1 integrallovchi blok, 2 invertor, nochiziqli blok BN va 3 summalovchi bloklardan tuzilgan. 1 integrallovchi blokka E_0 o'zgarmas kuchlanish beriladi. Bunda blok

$$u = -\frac{1}{RC} \int_0^t (-E_0) dt = -\frac{E_0}{RC} t.$$

ko'rinishdagi operatsiyani bajaradi.

Agar $E_0/RC = 1$ bo'lsa, u holda $u = t$, ya'ni integrallovchi blok vaqtni taqlidlaydi (4.10v- rasm). Invertorda $u = -t$ ishora olinib, $\pm t$ nochiziqli blok BN kiritiladi va $x = f(t)$ hosil qilinadi.

$f(x)$ va $f(t)$ funktsiyalarni mashinada terish uchun nochiziqli bloklardan foydalaniladi. Ba'zi hollarda bu funktsiyalarni hosil qilish tuzilmaviy sxemalarini nochiziqli bloklardan foydalanmasdan ham tuzish mumkin.

Takrorlash uchun savollar

1. O`XM tiplarini bayon qiling.
2. O`XM ning afzalliklari va kamchiliklarini tahlil qiling.
3. O`XM ning qurilmalarini sanab o`ting.
4. Umumiy va kanonik dasturlash usullarining mohiyatlarini bayon qiling.
5. Indikatsiyalash qurilmasi qanday operatsiyani bajarish uchun ishlatiladi?
6. Qaysi qurilmaning hisoblash xatoligi nisbatan yuqori foizni tashkil etadi?
7. YEchuvchi qurilmalarning shartli belgilarini chizing va izohlang.
8. Dinamik modellar qanaqa ko`rinishdagi tenglamalar bilan ifodalanadi?
9. Masalani yechishga tayyorlash algoritmini bayon qiling.
10. Masshtablarni tanlashda qanaqa shartlarning bajaralishi zarur?

V BOB. TAQLIDIY MODELLAR

5.1. Taqlidiy statistik modelning asosiy elementlari va modellashtirishning umumiy sxemasi

Jarayon va tizimlarni statistik taqlidlash usuli EXM va kompg'yuterlarni modellashtirish jarayoniga qo'llash imkoniyatlarini kengaytiradi. Taqlidiy model-lashtirish usuli sifatida ko'pdan buyon ma'lum bo'lib, tizimlarning trenajyorlari, maketlari tarzida qo'llanib kelingan. Tezkor EXM, kompyuterlarning yuzaga kelishi bilan taqlidiy modellashtirish usuli murakkab tizimlar va jarayonlarni ilmiy tadqiq qilish usuliga aylandi.

Taqlidiy model modellashtirilayotgan tizimning tuzilmaviy aloqalari, mantiqi va vaqt bo'yicha funktsional ketma-ketligini EXM dasturi ko'rinishida soddalashtirib aks ettiradigan algoritmdir. SHuning uchun, taqlidiy model dinamik modellar qato-riga kiradi. Bunda modellashtirish jarayoni tenglamalarni yechish yo'li bilan emas, qaralayotgan tizim yoki jarayonni taqlidlovchi tajribalarni mashinada o'tkazish yo'li bilan olib boriladi. Taqlidiy modellashtirish-ikkita tsiklik bosqichlarni takrorlashdir: modelning algoritmini qurish va modelni mukammallashtirishni ta'minlovchi mashi-na tajribasini o'tkazish. Taqlidiy modellashtirish usulini boshqa usulni qo'llash imko-niyati bo'lmagan hollarda qo'llash mumkinligi uning ahamiyatini yanada oshiradi. Bu usulning real tajribalar o'tkazish imkoni bo'lmagan, qiyin yoki qimmat bo'lganda qo'llanish imkoniyati mavjuddir.

Taqlidiy statistik model(TSM) bir qator o'zgarmas va o'zgaruvchi miqdorlarni EXM da qayta ishlash natijasida quriladi. Bu miqdorlar quyidagilar.

1.**Dastlabki ma'lumotlar**- taqlidlash uchun TSM ga kiritish zarur bo'lgan sonli ko'rsatkichlar va massivlar to'plami.

2.**Kiruvchi miqdorlar**- qiymatlari jarayon yoki tizim holatiga bog'liq bo'lmay-digan, lekin atrof-muhit va tashqi omillarning unga ta'sirini taqlidlovchi o'zgarmas va o'zgaruvchi miqdorlar to'plami.

3.**Ichki miqdorlar**- tadqiqotchi biror aniq masalani yechish uchun foydalan-maydigan, jarayon yoki tizimni taqlidlash uchun zarur bo'lgan, jarayon yoki tizim holatini xarakterlovchi, aniqlovchi va unga bog'liq bo'lgan o'zgarmas va o'zgaruv-chi miqdorlar to'plami.

4.**CHiquvchi miqdorlar**- taqlidning borishi va natijalari haqida axborot beruvchi modelni ifodalovchi o'zgarmas va o'zgaruvchi miqdorlar to'plami.

5.**Fizik miqdorlar**- jarayon yoki tizimning ma'lum xususiyatlariga va ko'rsatkich-lariga mos keluvchi miqdorlar to'plami.

6.**YOrdamchi miqdorlar**- taqlidiy modellashtirish jarayoniga xizmat qiluvchi, biror jarayon yoki tizimni ifodalamaydigan, TSM ning funktsional qismi uchun zarur bo'lgan o'zgaruvchi va o'zgarmas miqdorlar to'plamidir.

7.**Tasodifiy bo'lmagan miqdorlar**- modellashtirish jarayonida tasodifiy qiy-matlarni qabul qilmaydigan o'zgaruvchi va o'zgarmas miqdorlar to'plamidir.

8.**Tasodifiy o'zgaruvchilar**- TSM ning (psevdo) soxta tasodifiy sonlar generatori (STSG) yordamida ishlab chiqilgan yoki soxta tasodifiy sonlar qatnashgan almashtirishlar natijasida olingan o'zgaruvchilardir.

YUqoridagi ta'riflar shartli bo'lib, bitta miqdor bir necha guruxlarga kirishi mumkin.

TSM imitator-dasturga kiritiladigan formula, massiv ko`rinishidagi har xil funktsional bog`lanishlar va tasodifiy miqdorlarning taqsimotlaridan ham foydalanadi. Bu bog`lanishlar modelning kiruvchi, ichki va chiquvchi xususiyatlari rolini o`ynashi mumkin.

Modelning bosishga chiqariladigan chiquvchi miqdorlari ichida modellashtirish natijalari va modellashtirilayotgan jarayon samaraliligini baholovchi, samaradorlik ko`rsatkichlari ajratib olinadi. Samaralilik ko`rsatkichlari vaqtning tasodifiy funktsiyasi $y(t)$ ko`rinishida bo`lib, aniq texnologik, fizik-mexanik yoki iqtisodiy jarayonni aks ettiruvchi ichki o`zgaruvchilar bazasida shakllanadi.

Samaradorlik ko`rsatkichlari sifatida amalda matematik kutilish  $y(t)$ , dispersiya, o`rta kvadratik chetlanish, taqsimot funktsiya, dispersiyaning spektral zichligi, korrelyatsion va o`tish funktsiyalaridan foydalaniladi.

Tizimli vaqt. Tizimli vaqt T jarayon yoki tizimning holatini vaqtning qaysi holatida turganligini ko`rsatadi. Tizimli vaqt TSM ning zaruriy elementi bo`lib hisoblanadi. Modellashtirish jarayonida T_b - boshlang`ich qiymatdan  $T_o$  - oxirgi qiymatgacha uzluksiz o`zgarib boradi. Mashinaning diskret hisoblash xususiyatiga moslangan diskret taqlidiy modellashtirish jarayoni ΔT -diskret vaqt qadami bo`yicha o`zgaradi.

ΔT ning o`zgarish qonuni bo`yicha TSM asinxron va sinxron TSM larga ajraladi. ("hodisa bo`yicha" va "takt bo`yicha" modellashtirish). Asinxron modellashtirishda ΔT -tasodifiy miqdor bo`lib, oldindan noma'lum bo`ladi va taqlidlash jarayonida generatsiyalanadi. SHuning uchun, $T_o = T_\epsilon + \sum_i (\Delta T)_i$ tasodifiy miqdordan iborat bo`ladi.

Sinxron TSM da ΔT -tasodifiy miqdor bo`lmay, oldindan beriladigan o`zgarmas miqdor-tizimli vaqt qadamidir.

Asinxron TSM uslubi tasodifiy intervallarda bo`laklari holati tez o`zgarib turadigan tizim va jarayonlarni modellashtirishda kutilgan samarani beradi. Asinxron modellashtirish jarayonni diskretlashtirish natijasida yuzaga keladigan xatolikni bartaraf etish imkonini beradi.

ΔT ning kichik qiymatlarida mashina vaqtining ortib ketishi va T_o - T_b vaqtning tasodifiy bo`lishi hisobiga modelning xatoligi ortishi asinxron modellashtirish tamoyilining kamchiligidir. Bunday xatolik  $\Delta T$ ning o`rtacha qiymati kattalashganda yanada ortadi. Mavjud statistik usullar ΔT ning o`zgarmas qiymati uchun yaroqli bo`lganligi tufayli vaqt qatori realizatsiyasini statistik qayta ishlash jarayoni ham murakkablashadi.

Sinxron modellashtirish tamoyilida taqlidlashning har bir taktida T vaqtga ΔT o`zgarmas vaqtni qo`shib boriladi. Sinxron TSM da taqlidlash tezligini ΔT va taktlar sonini o`zgartirish bilan o`zgartiriladi. Lekin bunda modellashtirish uslubining xatoligi ortadi. SHunga qaramay, ko`pgina uzluksiz jarayonlar va tizimlarni model-lashtirishda  $\Delta T$  ni sharoitga mos holda tanlash hisobiga sinxron modellashtirish tamoyili qulay bo`ladi.

Ko`p tarmoqli o`zaro bog`langan tizimlarni modellashtirishda asinxron tamoyil har bir elementar tarmoq uchun alohida $T_k (k=1, \dots, m)$ tizimli vaqtni tanlashni taqozo etadi. Bunda tizim uchun tizimli vaqt $T = \min(T_1, \dots, T_m)$ munosabatdan aniqlanadi. Buning uchun, vaqtning keyingi momentlarida jarayonning holatlarini aniqlash uchun zarur bo`lgan xususiyatlarni to`plash zarur bo`ladi. Bunda keyingi holatlar uchun zarur bo`lmagan xususiyatlar chiqarib yuboriladi.

Ma'lumotlarni saqlash va almashtirish ishlari ko'p aloqali tizimlarni asinxron tamoyil bo'yicha modellashtirish jarayonini qiyinlashtiradi. Bunday masalalarni yechish uchun ko'plab dasturlar yaratilgan. Ko'p aloqali tizimlarni sinxron tamoyil asosida taqlidiy modellashtirish maqsadga muvofiqdir.

5.2. Jarayonlarning taqlidiy statistik modellashtirishning umumiy sxemasi

Har qanday jarayon va tizim uchun TSM ni qurish bir o'lchovli yoki ko'p o'lchovli taqsimot qonuniga ega bo'lgan, modellashtirish jarayoni uchun zarur bo'lgan kiruvchi ko'rsatkichlarni aniqlashdan boshlanadi. Undan keyin(psevdo) soxta tasodifiy sonlarni hosil qiluvchi mashina yordamida tasodifiy miqdor bo'ysunadigan ko'p o'lchovli taqsimot xususiyatlarining qiymatlari hosil qilinadi. Bu qiymatlarni hosil qilish algoritmi jarayon mexanizmi haqidagi axborotlar bo'yicha TSM muallifi tomonidan ishlab chiqiladi. Olingan qiymatlar EXM yoki kompyuter xotirasida saqlanib, bu qiymatlarni hosil qilish jarayonini talab qilingan miqdordagi qiymatlar to'plangunga qadar davom ettiriladi. Modellashtirish jarayoni tizimli vaqt yordamida sinxronlashtiriladi va boshqariladi.

Bitta jarayonning modellari bir-birlaridan ob'yektning elementlarini detallash-tirish va sinxron yoki asinxron modellashtirish tamoyilini qo'llash bilan farq qila-dilar. Ko'p bog'lanishli tizimlarni modellashtirishda taqlidiy modellashtirish tizim dinamikasini aks ettiruvchi tenglamalar tizimini sonli yechish masalasiga keltiriladi.

TSM qurish jarayonini o'ta detallashtirish mashina vaqtini me'yoridan ortiqcha sarflashga olib keladi. SHuning uchun, TSM ni yaratish sanoati jarayon yoki tizimni detallashtirishning ratsional darajasini tanlashdan iborat. Jarayon yoki tizimning bir qismini sinxron tamoyil asosida, bir qismini asinxron tamoyil asosida modellashtirish TSM usulini qo'llash imkoniyatlarini sezilarli darajada kengayti-radi. Bunda tizim elementlarini qanaqa tartibda modellashtirish shart-sharoitlar bo'yicha tanlanadi.

(T_b, T_0) vaqt oralig'ida jarayon yoki tizimni bir karrali taqlidlashning umumiy sxemasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

- 1.Dastlabki ma'lumotlarni kiritiladi.
- 2.Modellashtirilayotgan jarayonning dastlabki holatini aniqlanadi. Ichki va chiquvchi tasodifiy miqdorlarning dastlabki qiymatlarini hosil qilinadi.
- 3.Tizimli vaqtga $T=T_b$ dastlabki qiymatni beriladi.
4. ΔT orttirmani aniqlanadi.
- 5.Jarayon yoki tizim holatining navbatdagi o'zgarish momenti $T=T+\Delta T$ ni aniqlanadi.
- 6.Modellashtirish jarayonining tugashini tekshirish: $T>T_0$ bo'lsa, 9- bandga, aks holda 7-bandga o'tiladi.
- 7.Jarayon yoki tizimning holatini o'zgartirish: zarur bo'lgan hamma almashtirishlar bajariladi, talab etilgan tuzilmaviy o'zgartirishlar kiritiladi, foydalaniladigan tasodifiy miqdorlarning qiymatlari hosil qilinadi, jarayon yoki tizimlarning keyingi holatlarini o'zgartirish uchun zarur bo'lgan qiymatlar xotirada saqlab qolinadi.
- 8.Taqlidlash qadamida olingan statistik ma'lumotlarni to'planadi: 4- bandga qaytiladi.
- 9.Taqlidlash qadamida to'plangan statistik ma'lumotlarni ishlab chiqiladi. TSM-ning bajarilgan qadami uchun samaradorlikning chiqish ko'rsatkichlarini rasmiylashtiriladi.

Bu erda sxemaning ba'zi operatsiyalarini tushuntirib o'tamiz.

2-bandda EXMga boshlang'ich shartlar sifatida kiritilmagan tasodifiy miqdorlarni hisoblash va hosil qilish ishlari bajariladi.

Soxta tasodifiy miqdorlarni hosil qiluvchi mashina taqsimot qonunining ko'rsatkichlari dastlabki shartlar sifatida kiritilgan tasodifiy miqdorlarni hosil qiladi yoki 2- bandda hosil qilinib, 7- bandda o'zgartiriladi. 4- bandda sinxron tamoyil bo'yicha modellashtirishda ΔT oldindan o'zgaras qilib tanlab olinadi, asinxron tamoyil bo'yicha modellashtirishda esa, modellashtirilayotgan jarayon mexanizmi-ning xususiyatlari bo'yicha tasodifiy miqdor sifatida hosil qilinadi.

Taqlidiy modellashtirish usuli hamma operatsiyalarni EXM yoki kompyuter yordamida avtomatik tarzda bajarishni taqazo etadi.

5.3. Mashina tajribasi va modelning to'g'riligini tekshirish

Jarayonlar va tizimlarni taqlidiy modellashtirishda axborotlarni olishning bosh vositasi-mashina tajribasidir. Mashina tajribasining umumiy masalalari va maqsadlari yechilayotgan muammo bo'yicha aniqlanadi. Taqlidiy statistik model qurilgandan so'ng uning yaroqli yoki yaroqli emasligi mashina tajribasi yordamida tekshiriladi.

Modelning yaroqliligini tekshirish modellashtirish jarayonining murakkab masalalaridan biri hisoblanadi. Agar taqlidiy statistik model ob'yektni to'g'ri aks ettirmasa, mashina tajribasining natijalari real natijalardan keskin farq qiladi. Ko'rsatilgan holatlar to'plamini ma'lum xatolik bilan aniqlanganligi modelning yaroqliligini rasmiylashtirish masalasini murakkablashtiradi. Taqlidiy statistik modelning yaroqliligini tekshirish ishlarini model va ob'yektning murakkabligi, tajriba o'tkazishning noqulayligi, modellashtirish ob'yekti tabiatining tasodifiyligi ham qiyinlashtiradi. Modellashtirish ob'yekti loyihalanayotgan paytda modelning yaroqli yoki yaroqsiz ekanligini tekshirishning umuman imkoniyati bo'lmaydi. SHuning uchun, modelning yaroqliligi mashina tajribasi yordamida tekshirib boriladi.

Mashina tajribasining statistik ishonchliligi modelni qayta qurish hisobiga ta'minlanadi.

Taqlidiy statistik modelning yaroqliligini quyidagi algoritm bo'yicha tekshirish maqsadga muvofiqdir:

- 1) jarayon yoki tizimning statsionar holatida model va modellashtirilayotgan ob'yektning asosiy ko'rsatkichlarini solishtirish;
- 2) Taqlidiy statistik model bo'yicha olingan natijalarni boshqa usul yordamida qurilgan modellar natijalari bilan solishtirish;
- 3) Taqlidiy statistik model va modellashtirish ob'yekti dastlabki ma'lumotlarning mos kelishini tekshirish;
- 4) elementlarni va ularning bog'lanish tuzilmasini taqlidlash algoritmlarining to'g'riligini tahlil qilish.

Taqlidiy modellashtirishda juda ko'p axborotlarni qog'ozga chiqariladi va bu holat taqlidiy modelga ishonchni orttiradi. SHuning uchun, taqlidiy modelning yaroqliligini tekshirish jarayoniga alohida ahamiyat berish zarur.

Mashina tajribasining tuzilmasi quyidagi ketma-ket amallardan iborat:

- 1)tajriba rejasini va dastlabki ma'lumotlarni kiritish; $k=1$ deb qabul qilinadi;
- 2)tajribaning rejasini bo'yicha k - tajriba uchun kiruvchi o'zgaruvchilarning qiymatlari-ni tanlanadi;

3)kiruvchi o'zgaruvchilarning tanlangan qiymatlari bo'yicha takroriy imitatsion statistik model qurish va k- tajriba bo'yicha samarali ko'rsatkichlar uchun statistik ma'lumotlarni to'plash;

4) $k=k+1$ deb qabul qilinadi; $k \leq n$ bo'lsa, 2- bandga, aks holda 5- bandga qaytiladi;

5)hamma tajribalar bo'yicha natijalarni olish va ularni n ta tajribalar natijalari asosida ishlab chiqish.

Bu erda 3- band bitta dastlabki ma'lumot bo'yicha tasodifiy miqdorlarning har xil qiymatlarida zaruriy miqdordagi taqlidiy statistik modellar qurishni anglatadi. Bu holat natijalarining statistik ahamiyatini oshiradi. Modellarning takroriy soni tajriba o'tkazish rejasi va natijalarini ishlab chiqish rejasi bo'yicha ajratilgan mashina vaqti va statistik aniqlik nuqtai nazarlaridan aniqlanadi. Mashina tajribasi bosqichlarining ba'zilar avtomatik tarzda, ba'zilar avtomatlashtirilgan tarzda bajariladi.

5.4. Taqlidiy model asosida tarmoq ilmiy-texnik jarayonini boshqarish masalasi

Tarmoq ilmiy-texnika jarayonini boshqarishni ichki (endogen, boshqariluvchi) ko'rsatkichlarning o'zgarishiga bog'liq holda tashqi (ekzogen, boshqaruvchi) o'zgaruvchilarning o'zgarishini aks ettiruvchi taqlidiy model ko'rinishida ifodalaymiz.

Boshqarish jarayonini taqlidiy modellashtirish qaralayotgan tarmoq uchun endogen va egzogen o'zgaruvchilarni aniqlashdan boshlanadi.

Ekzogen o'zgaruvchilar sifatida, ishlab chiqarish hajmi, tovar-mahsulot, toza mahsulot, mexnat unumdorligi, iqtisodiy samara(foйда) va ishning sifati tanlanadi. Endogen o'zgaruvchilar sifatida esa kompleks mexanizatsiyalash, avtomatlashtirish va texnologiyalar, avtomatlashtirish jixozlari tarkibi, ishlab chiqarishning moddiy sig'imi va energiya bilan ta'minlanganligi ko'rsatkichlarni tanlaymiz.

Masalaning bunday qo'yilishida taqlidiy model ishlab chiqarishning mexanizatsiyalashtirilganligi, energiya bilan ta'minlanganligi va moddiy sig'imi bo'yicha ishlab chiqarish samaradorligi va ishning sifatini baholaydi.

Model qurish uchun dastlabki ma'lumotlarni shunday guruxlash zarurki, har-bir ekzogen o'zgaruvchiga endogen o'zgaruvchilarni bir xildagi birikmalari mos kelsin.

5.4.1- jadvalda texnologik jarayonlarni boshqarish bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan. Taqlidiy model alohida texnologiyalar(quyuvchi ishlab chiqarish, lazer texnologiyasi, metallarga bosim bilan ishlov berish, plastmassani qayta ishlash) bo'yicha ham butun tarmoq bo'yicha ham quriladi(5.4.1- jadval).

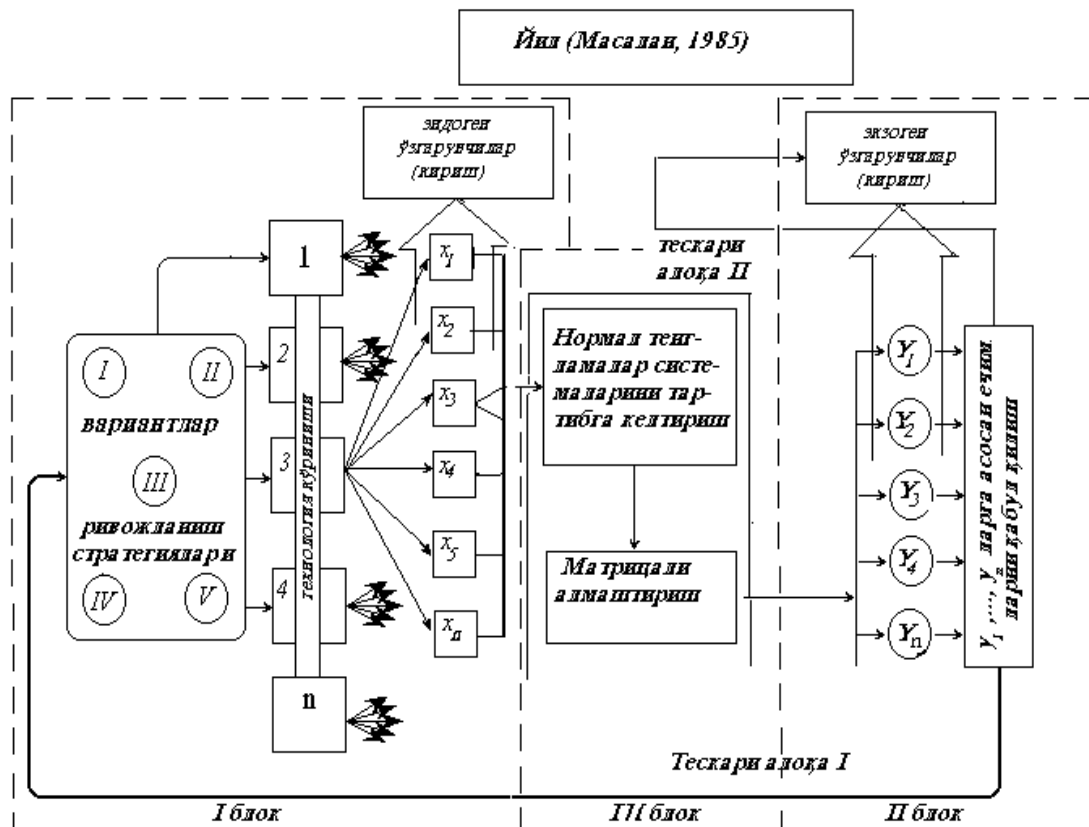
5.4.1- jadval bo'yicha quyidagicha funktsional bog'lanishlar o'rnatiladi:

$$\begin{cases} y_1 = f_1(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, t) \\ y_2 = f_2(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, t) \\ y_3 = f_3(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, t) \\ y_4 = f_4(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, t) \end{cases}'$$

bunda t -vaqt omili.

Umumiy holda:

	0			....						
										
	200	1395,2	133,1	18,6	0,98					
5	0	4	2	3	0,92	1,00	1,00	-	-	0,995
	198	228,82	21,83	3,05	...	0,21	0,161	-	-	0,474
	0	.....	.....	...	....	.....	....	.....	.....	.....
										
	200	1967,8	187,7	26,2	0,99	1,00	1,00	-	-	1,00
	0	4	5	7						



5.1- rasm. Tarmoqni boshqarishning taqlidiy modeli.

Taqlidiy model grafik ko`rinishda alohida texnologiya yoki tarmoqni  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , t- endogen o`zgaruvchilari va $y_1, y_2, \dots, y_m$, t- ekzogen o`zgaruvchilar aloqalari shaklida tasvirlanadi (5.1- rasm, I-II- bloklar).

Birinchi ekzogen o`zgaruvchi uchun dastlabki ma'lumotlar matritsasi quyidagicha yoziladi:

$$M_{y_1} = \begin{matrix} t & \left\| \begin{array}{cccc} 1 & 2 & . & . & n \end{array} \right. \\ y_1 & \left\| \begin{array}{cccc} y_{11} & y_{12} & . & . & y_{1n} \end{array} \right. \\ x_1 & \left\| \begin{array}{cccc} x_{11} & x_{12} & . & . & x_{2n} \end{array} \right. \\ . & \left\| \begin{array}{cccc} . & . & . & . & . \end{array} \right. \\ . & \left\| \begin{array}{cccc} . & . & . & . & . \end{array} \right. \\ x_m & \left\| \begin{array}{cccc} x_{m1} & x_{m2} & . & . & x_{mn} \end{array} \right. \end{matrix} \quad (5.3)$$

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

SHunday qilib, dastlabki ma'lumotlarning matritsalarini bir-birlaridan ekzogen o'zgaruvchilar $y_1, y_2, \dots, y_m$ larning qiymatlari bilan farq qiladi.

$a_0, a_1, \dots, \bar{a}_n$ noma'lum koeffitsiyentlar eng kichik kvadratlar usuli bo'yicha hisoblanadi:

$$\min \sum_{j=1}^n \left[|M_{ki}| - \left(a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x_{ij} + \sum_{i=1}^n \bar{a}_i t_i \right) \right]^2 = \mathfrak{Z}_k \quad (5.4)$$

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

(5.4) tenglikdan noma'lum koeffitsiyentlar bo'yicha xususiy hosilalarni olib, nolga tenglab, tenglamalar tizimlarini hosil qilamiz va bu tizimlardan noma'lum $a_0, b_0, c_0, a_i, b_i, c_i, \bar{a}_i, \bar{b}_i, \bar{c}_i$ - koeffitsiyentlarning har xil kombinatsiyalarini topamiz.

SHunday qilib, har bir ekzogen o'zgaruvchi uchun taqlidiy model qurish algoritmini tahlil qildik. Kompyuterda har xil holatlar uchun tekshirish operatsiyalarini bajarib, modelning yaroqliligi masalasi tahlil qilinadi.

Faraz qilaylik, 2005 yilda tarmoq ko'rsatkichi (ish unumdorligining ortishi) 10% bo'lishi talab qilinsin. Buning uchun avvalo 5.2- jadvalning 1- variantiga mos keluvchi fond sig'imi kamroq va moddiy sarf kamroq talab etiladigan texnologiya ko'rinishlari tahlil qilinadi. Agar ko'zlangan maqsadga erishilmasa, keyingi variantlar tahlil etiladi.

5.4.2- jadval

Taraqqiyot Varianti	Taraqqiyot mezonlari
1	2
I	Ishlab chiqarish texnologik talablarni minimal darajada qondirish hisobiga kengaytirilib, rivojlantiriladi.
II	Ishlab chiqarish texnologik talablarni maksimal darajada qondirish hisobiga kengaytirilib rivojlantiriladi.
III	Ishlab chiqarish yangi texnikani joriy qilish hisobiga rivojlantiriladi.
IV	Ishlab chiqarish bir vaqtning o'zida texnologik talablarni minimal qondirish hisobiga kengaytirilib va yangi texnikani joriy qilib rivojlantiriladi.
V	Ishlab chiqarish bir vaqtning o'zida texnologik talablarni maksimal qondirish hisobiga kengaytirilib va yangi texnikani joriy qilib rivojlantiriladi.

Misol. Faraz qilaylik, eng kichik kvadratlar usulini qo'llash natijasida (5.2) ko'rinishdagi modellar uchun

$$\begin{cases} 1a_0 + 3a_1 + 5\bar{a}_1 = 1 \\ 2a_0 + 4a_1 + 4\bar{a}_1 = 2 \\ 2a_0 + 2a_1 + 3\bar{a}_1 = 3 \end{cases}$$

chiziqli tenglamalar tizimi olingan bo'lsin. Kramer qoidasini qo'llab, $a_0=2, a_1=-2, \bar{a}_1=1$ yechimlarni topamiz.

Demak, izlangan taqlidiy model $Y=2-2x+t$ ko`rinishga ega bo`ladi.

O`zgaruvchilar soni 3 tadan ortiq bo`lganda taqlidiy modellashtirish usuli texnologik jarayonlarni boshqarish uchun muhim qulayliklar tug`diradi.

Takrorlash uchun savollar

1. Tizimli vaqt nima?
2. Sinxron modellashtirish tamoyili nima?
3. Asinxron modellashtirish tamoyili nima?
4. Taqlidiy modellashtirish jarayonining umumiy sxemasini bayon qiling.
5. Soxta tasodifiy sonlar generatori qanday vazifani bajaradi?
6. Tasodifiy miqdorning taqsimot qonuni deganda nima tushuniladi?
7. Mashina tajribasi nima uchun o`tkaziladi?
8. Mashina tajribasini o`tkazishning algoritmini bayon qiling.
9. Taqlidiy modellashtirish usulining afzalliklarini bayon qiling.
10. Tarmoqni taqlidiy modellashtirish bo`yicha fikr-mulohazalaringizni bildiring.

VI BOB. BA'ZI MAHSULOT SIFAT KO'RSATKICHLARINI MODELLASHTIRISH VA BOSHQARISHNING HOZIRGI DAVRDAGI HOLATI

6.1. Ishlab chiqarilayotgan tsement va gazlama sifatini modellashtirish va boshqarishning hozirgi davrdagi holati

Hozirgi davrda ishlab chiqarilayotgan mahsulot sifat ko'rsatkichlarini modellashtirish va boshqarish jarayonlarini tsement va gazlama ishlab chiqarish misollarida ko'rib chiqamiz.

Mahsulot sifat ko'rsatkichlarini modellashtirishda ko'p tarqalgan usullardan biri regression tahlildir. Matematik model qurish hamda modelning ko'rsatkichlarini baholashda chiziqli va nochiziqli modellashtirish uslublaridan foydalaniladi. Bunda eng kichik kvadratlar usuli qo'llaniladi.

Ba'zi hollarda nochiziqli modellar har xil almashtirishlar vositasida chiziqli ko'rinishga keltiriladi. Bunday modellar kvazichiziqli modellar deyiladi.

Chiziqli modellarni qurishda chiziqli tenglamalar tizimini yechishga to'g'ri keladi. Nochiziqli modellarni qurishda tenglamalar tizimini yechish murakkablashadi. Ba'zan model qurishda eng kichik kvadratlar usulini qo'llash qisman mumkin bo'ladi yoki umuman bu usulni qo'llash imkoni bo'lmay qoladi.

Umumiy holda mahsulot biror sifat ko'rsatkichining texnologik ko'rsatkichlari bilan bog'lanishini

$$K(x) = y(X_1, X_2, \dots, X_N), \quad (6.1.)$$

ko'rinishda yozaylik, bunda y - mahsulotning sifat ko'rsatkichi;

$X_1, X_2, \dots, X_N$ - mahsulotning sifat ko'rsatkichiga ta'sir etuvchi ko'rsatkichlar. Bunda asosiy masala ko'rsatkichlarni va ularni aniqlash usullarini to'g'ri tanlash masalasidir.

Odatda har bir yangi deb tan olingan model jarayon yoki tizimni eski modelga nisbatan aniqroq aks ettiradi. SHuning uchun quyidagi qoida o'rinli bo'ladi:

$$\sum_{j=1}^n (K_j(x) - K_j'(x))^2 \leq \sum_{i=1}^n (K_j(x) - K_j''(x))^2 \quad (6.2)$$

bunda j - tajriba nomeri; $K_j(x)$ - real sifat; $K_j'(x)$ - yangi model bo'yicha aniqlangan sifat; $K_j''(x)$ - eski model bo'yicha aniqlangan sifat;

Hozirgi davrda ishlab chiqarilayotgan tsement yoki gazlamaning sifat ko'rsatkichlarini modellashtirish bo'yicha juda ko'p usullar qo'llanilgan. SHulardan ba'zilarini ko'rib chiqamiz.

1. 3,7 va 28 kun qotirilgan tsement ustunchalarida fizik-mexanik sinovlar o'tkazish usuli. Bunda ustunchalarning mustahkamligi egib sindirish va siqib sindirish yo'llari bilan o'lchanadi. Bu sinovlar ko'rsatkichlari bo'yicha tsementning sifa-ti haqida baholar hisoblab chiqiladi. Namunalarni tayyorlash texnologiyasi va shart-sharoitlariga aniq rioya qilinganda bu usulning xatoligi 5 foizdan oshmaydi.

2. Ba'zi tsement zavodlarida tsement sifatini yuqori bosim va temperaturali par yordamida fizik modellashtirish usuli qo'llaniladi. Bunda tsement ustunchalar 15-20 soat mobaynida 28 kunlik mustahkamlikka erishadi. Bu holda tsementning sifat ko'rsatkichi quyidagicha aniqlanadi.

$$K(x) = F \cdot K_{\mu}(x), \quad (6.3)$$

bunda, $K(x)$ - real sifat;

$K_{\mu}(x)$ - qo'llanilayotgan usul bo'yicha aniqlangan sifat;

F- muntazam sozlanib turiladigan hamda texnologik ko'rsatkichlarga bog'liq bo'lgan tuzatish koeffitsiyenti, ya'ni:

$$F = f(x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (6.4)$$

Hozirgi davrda tuzatish koeffitsiyenti uchun biror me'yor qabul qilinmagan. SHuning uchun, bu usul 1- usul bilan parallel tarzda qo'llaniladi. Bu usulni qo'llash jarayoni qiyinchiliklarni vujudga keltirib, xom ashyo yoki texnologik jarayon keskin o'zgarganda yaroqsiz natijalarni beradi.

3. Korxonada ko'pincha tsementning ba'zi xususiyatlarini tahlil qilinadi. Masalan, xom ashyoga, klinkerga qo'shilayotgan faol moddalar va erkin ohak miqdorlarini maydalash va kuydirish jarayonlariga sezilarli ta'sir etadi. Qo'shilmalarning miqdoriy xususiyatlarini formula yoki jadval bo'yicha aniqlanadi. Agar qo'shilmalar soni bittadan ortiq bo'lsa, ularni tahlil qilish ancha qiyin kechadi. erkin ohak miqdorini petrografik usulda aniqlanadi. Usulni qo'llashda yuqori malaka, toza reaktivlar, sifatli asbob-uskunalar va shartlarni aniq bajarish talab etilganligi tufayli bu usuldan kam foydalaniladi.

4. To'la va aniq ximiyaviy va fizik tahlil o'tkazish masalasini yechish qiyinchiliklar tug'dirganligi sababli, tsement tarkibi, sifati bo'yicha bunday tahlillar saralash yo'li bilan ma'lum muddatlarda o'tkaziladi.

To'la va har tomonlama tahlil mineralogik tarkib me'yorida bo'lib, ko'zda tutilgan sifat ko'rsatkichlariga erishilmagan paytlarda bu ko'rsatkichlarning me'yorida bo'lishini ta'minlash maqsadida o'tkaziladi.

5. Statistik usul tsementning 28- kunlik faolligini fizik-mexanik sinovlar va ba'zi ximiyaviy xususiyatlar yordamida modellashtirish jarayonida qo'llaniladi. Modelning umumiy ko'rinishi

$$A_{28} = A_{28}(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (6.5)$$

bo'ladi, bunda A_{28} bashorat qilinayotgan faollik.

Bu usul quyidagi sabablarga ko'ra, keng ko'lamda qo'llaniladi:

a) ko'p sondagi bir-biriga bog'liq fizik-mexanik xususiyatlarning mavjudligi. Tezkorlik bilan olinadigan boshqa ko'rsatkichlar tsementning faolligiga kam ta'sir qiladi. bu ko'rsatkichlar faollikning 10 foizini tashkil qiladi;

b) ximiyaviy ma'lumotlarni tezkor va aniq olish imkoniyati har doim ham mavjud bo'lavermaydi. SHunga qaramay, tsementning faolligini ximiyaviy ma'lumotlar bo'yicha tahlil o'tkazmay bashorat qilish mumkin emas;

v) ishlab chiqarish korxonasida modellashtirish ishlarini bajara oladigan mutaxassislar kam.

6. YUqorida ko'rib o'tilgan usullarning bir nechtasini bir vaqtda qo'llash yaxshi natijalar beradi. Bunday tajriba Qirg'iziston Respublikasining Kant tsement zavodida qo'llanilmoqda. Bunda tsement ustunchalari 1 sutka mobaynida yuqori bosim va temperaturada saqlanib, 28- kunlik pishiqlik hosil qilinadi. So'ngra bu ustunchalarda sinovlar o'tkaziladi. Sinov natijalari, ezilish maydaligi, sirt hissasi ko'rsatkichlari EXM ga kiritilib, 28 kunlik faollik bashorat qilinadi.

Tsementning faolligini bashorat qilish algoritmi sifatida tsement sifatini u yoki bu markaga ajratuvchi adaptatsiyaning noko'rsatkich algoritmidan foydalaniladi. Algoritm quyidagilardan iborat:

$$\hat{C}(U) = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^S DWY(i) \cdot \Phi Y(1 - u_1(i)) / \delta_j Y(i) - \dots - u_j(i) / \delta_j Y(i), \quad (6.6)$$

bunda, $\hat{C}_s(U)$ - noko`rsatkich baho; DWY(i)- u yoki bu yechimni qabul qilishda yo`qotish funksiyasi; S- statistikalar soni; Y(i)- chiquvchi ko`rsatkich;
 $u_j(i)$ - kiruvchi ko`rsatkich;  $j=1, 2, \dots, n$  - kiruvchi ko`rsatkichlar soni;
 $\delta_j Y(i)$ - identifikatsiyalovchi obraz.
 Yechish qoidasi quyidagi formula bo`yicha aniqlanadi:

$$Y(i) \in M300, \quad \hat{C}_s \leq 0; \text{ bo`lsa};$$

$$Y(i) \in M400, \text{ esli } \hat{C}_s > 0 \text{ bo`lsa},$$

bunda M300, M400- tsementning markalari.

TSement markasining bu algoritmgaga asoslangan avtomatlashtirilgan bashorat qilish tizimi quyidagi sxema bo`yicha bajariladi:

- 1) Tegirmon tagidan sinov o`tkazish uchun zarur miqdordagi tsementni olish.
- 2) 008 elakdagi qoldiqlar, sirt hissasi miqdorlarini o`lchash va qo`shimchalar ro`yxatini yozish.
- 3) TSement ustunchalarini yasash, tsement konusining tarqalishini o`lchash.
- 4) Namunaviy tsementni gidravlik vannada saqlash.
- 5) Namunani par kamerasida yuqori bosim ostida va yuqori temperaturada qizdirish.
- 6) Par kamerasidan chiqqan namunaning mustahkamligini sinash.
- 7) Sinov natijalarini EXM ga kiritish.
- 8) Korxonaga jo`natilayotgan tsementning markasini EXMda bashorat qilish.
- 9) Natijani laboratoriyaga ma'lum qilish.

Bayon qilingan usul talab etilgan aniqlik va tezkorlikni ta'minlaydi.

7. Keyingi davrda rentgen texnikasi va rentgen tahlili usullaridan keng foydalanilmoqda. Bu usul o`zining yuqori darajadagi aniqligi va tezkorligi bilan boshqa usullardan ustun turadi.

Hozirgi davrda rentgen texnikasini qo`llash usuli tsement ishlab chiqarish jarayonini nazorat qilish va boshqarishda keng qo`llanilmoqda. Ko`pgina tsement korxonalari rentgen apparatlari bilan ta'minlangan. Ayniqsa, FRK-1B rentgento-spektral analizator(kvantometrni) hamma tsement zavodlarida uchratish mumkin.

Kvantometr xom ashyo tashkil etuvchilarining miqdoriy ko`rsatkichlarini aniqlash imkonini beradi. Bunda ximiyaviy tahlil uchun zarur bo`ladigan ko`pgina apparatlarga extiyoj yo`qoladi, reaktivlar tejaladi. Tahlilning maqsadiga qarab natijalar signallar, raqamlar, jadval ko`rinishida chiqarib beriladi. Bu holat tsementning sifat ko`rsatkichlarini modellashtirishda axborotlarni yig`ish jarayonini avtomatlashtirish imkonini beradi. Ko`plab tekshirishlar natijalari tsementning sifatiga uning mineralogik tarkibi hal qiluvchi ta'sir etishini ko`rsatdi. Lekin spektral taxlil yordamida tsementning mineralogik tarkibini aniqlashda ba'zi qiyinchiliklar tug`iladi. SHunga qaramay hozirgi paytda tsementning mineralogik tarkibini aniqlash jarayonini kvantometr apparatlari yordamida avtomatlashtirish usullari ishlab chiqilgan.

Ximiyaviy elementning qaysi tuzilmaga tegishli bo`lishini oldindan bilish zarurligi kvantometrdan tsementning sifat ko`rsatkichlarini boshqarishda foydalanishni keskin cheklaydi.

Kvantometr moddaning mineralogik tarkibini aniqlash uchun mo`ljallanmaganligi tufayli bu sohada qo`shimcha ishlarni bajarishga to`g`ri keladi. Kvantometrdan muvaffaqiyatli foydalanish ko`rsatkichlarga va ularning soniga bog`liq bo`ladi.

Modda mineralogik tarkibini aniqlash va boshqarishda difraktometrdan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Bunda ma'lumotlar difraktogramma ko'rinishida olinadi. Difraktogrammadagi cho'qqilar intensivligi biror faza(molekula) ning kon-tsentratsiyasiga mos bo'ladi. Moddadagi hamma fazalarning kontsentratsiyalarini aniqlash uchun ko'p kanalli yoki dastur yordamida ishlaydigan difraktometrlardan foydalanish zarur. Hozirgi davrda EXM yordamida boshqariladigan difraktometrlar ham yaratilgan. TSement sanoatida qo'llanilayotgan 4 kanalli difraktometr DRPMK-20 bir yo'la 4 ta fazaning kontsentratsiyalarini aniqlash imkonini beradi. Lekin difraktogrammani tahlil qilish uchun yana qo'shimcha ishlarni bajarishga to'g'ri keladi. Bunda aniqlangan xarakterli chiziqlar bo'yicha qaralayotgan fazaning moddadagi kontsentratsiyasi hisoblanadi. Lekin zavod texnologik jarayonlarining xususiyatiga qarab chiziqlarning intensivligi bir-biridan farq qilishi mumkin. SHuning uchun, difraktometrdan foydalanishda har bir zavod uchun alohida qo'shimcha ishlarni bajarishga to'g'ri keladi. Bu esa difraktometrdan tsement sifat ko'satkichlarini modellashtirish jarayonida foydalanish ishlarini murakkablashtiradi.

SHunday qilib, tsementning sifat ko'satkichlarini modellashtirishda qarab chiqilgan har bir usul o'ziga xos xususiyatlarga ega bo'lib, shular ichida rentgeno-tuzilma tahlili usuli jarayonni avtomatlashtirish imkonini beradi.

Bu usulning afzalligi quyidagilardir:

1. Eng katta tezkorlik.
2. Qiyinchiliklarning kamligi.
3. TSementning fazaviy tarkibini aniqlashda EXM ning qo'llanilishi.
4. TSementning 28 kunlik faolligini bashorat qilishda EXM lardan foydalanish.

Endi ishlab chiqarilayotgan gazlamaning sifat ko'satkichlarini modellashtirish jarayonida qo'llaniladigan ba'zi usullarni tahlil qilishga kirishamiz.

Gazlamaning massasini kamaytirish masalasi to'qimachilik sanoatining dolzarb masalasidir. Bunday masalani hal etish uchun

$$K_T = T_f / T_N, \quad K_{ru} = R_{uf} / R_{un}, \quad K_{ug} = (U_{GF} - U_{GN} / 100) + 1$$

ko'rinishidagi matematik modellardan foydalanish taklif etilgan.

Bunda, K_T - ip chiziqli zichligining koeffitsiyenti;

T_f, T_N - ipning faktik va nominal o'rtalashtirilgan zichliklari;

K_{ru} - arqoq ipining texnologik zichligi;

K_{ug} - chiqindi iplar;

R_{uf}, R_{un} - gazlama arqoq ipining faktik va nominal o'rtacha zichligi (10 sm.dagi iplar soni);

U_{gf}, U_{gn} - o'rtacha faktik va nominal chiqindi iplar.

Ko'pgina olimlar gazlama ishlab chiqarish jarayonini regression tahlil asosida modelashtirish bo'yicha ishlar bajarganlar. Lekin bu holda modelning tuzilmasi ixtiyoriy tanlanib, modelning jarayon yoki tizimga mosligi model qurishda foydalanilgan ma'lumotlar bo'yicha baholanadi.

To'qimachilik jarayonini extimoliy matematik modellar ko'rinishida ifodalash bo'yicha ham ko'pgina ishlar bajarilgan. Bunda alohida jarayon yoki tizimlar uchun taqsimot funktsiyalari yaratilgan.

Gazlama ishlab chiqarish jarayonini nazorat qilish va loyihalash masalalari o'zaro bog'langan va ular bitta uslubiy asosda hal etilishi zarur. Lekin hozirgi davrda bu masala to'la hal etilmagan. Gazlamani loyihalash asosida omillar orasidagi empi-rik va nazariy bog'lanishlardan foydalanish yotadi. Gazlamaning pishiqligi va zichligi orasidagi, ipning pishiqligi va massasi orasidagi, ipning uzilish kuchi hamda zichligi va gazlamaning uzilish kuchi orasidagi, gazlamaning zichligi va ipning dia-metri orasidagi(N.S.Xromova

usuli), to'ldirish koeffitsiyenti va ipning shakli, o'lcha-mi, to'qilish sxemasi orasidagi(V.P.Sklyannikov usuli) bog'lanishlar shular jumlasidandir. Lekin bu bog'lanishlar gazlamaning geometrik o'zgarishlarini hisobga olinmasdan va texnologik jarayonlar statsionar deb faraz qilinib o'rnatilgan. Bundan tashqari tahlil qilingan bog'lanishlarda iplarning cho'zilish xossalari ham hisobga olinmagan.

Demak, gazlamani loyihalashda nafaqat uning geometrik sxemasini va ipning fizik-ximiyaviy xossalari hisobga olish, balki ishlab chiqarish texnologiyasini, stanoklarning ko'rinishini, bo'yoqning xossalari ham hisobga olish maqsadga muvofiqdir.

SHuning uchun amalda ideal farazlarga asoslangan nazariy munosabatlar o'rniga real holatni aks ettiradigan empirik bog'lanishlardan foydalaniladi.

Tahlil va tadqiqot qilingan faktlar shuni tasdiqlaydiki, tsement va gazlamaning sifat ko'rsatkichlarini loyihalash va nazorat qilish masalalarini yechishda o'zi boshqariladigan matematik modellashtirish uslubini qo'llash maqsadga muvofiqdir.

6.2. Mahsulot sifatini modellashtirish asosida uni boshqarish samaradorligini oshirish omillari

Hozirgi bozor iqtisodiyoti davrida mahsulot ishlab chiqarishni rivojlantirish yo'nalishini, mavjud imkoniyatlardan foydalanish yo'llarini, to'g'ri boshqaruv yechimlarini topishni aniqlash muhim masaladir. Bunday ishlar iqtisodiy matematik uslublar va kompyuterlardan foydalanib, chuqur nazariy tahlil qilish asosida amalga oshiriladi.

Hozirgi zamon ilm-fanining xususiyati shundaki, alohida elementlar orasidagi sodda bog'lanishlarni tadqiq qilishdan ko'ra ko'p sonli murakkab bog'lanishlarga ega bo'lgan ob'yektlarni bir butun deb qarab o'rganish keng yoyilmoqda. Bunday tizimli yondashuvning paydo bo'lishi ma'lum ob'yektlar sinfini tadqiqot qilishda traditsion mexanik uslublarning yaroqsiz bo'lib qolishi bilan bog'liqdir.

Tizimli yondashuvni qo'llashni talab etuvchi murakkab ob'yektlarni tahlil etish natijalari uni maqsadga muvofiq ravishda faoliyat ko'rsatishi uchun ob'jekt elementlari orasidagi asosiy aloqalar va munosabatlarni xususiyatlovchi adekvat matematik modellar yaratishni taqazo etadi.

Tizimning funktsional xususiyatlariga qarab, qo'llanilgan matematik apparat-larning ko'rinishlariga qarab matematik modellar bir-birlaridan keskin farq qilsalarda, uni qurish jarayonida umumlashgan tuzilma mavjuddir.

Matematik model- boshqarish ob'jekti funktsiyasini amalga oshirish jarayonini tartibga keltirish natijasidir. Tartibga keltirish jarayoni quyidagicha amalga oshiriladi. Birinchi navbatda modeli qurilayotgan ob'jektning dolzarb masalasi tanlanadi. So'ngra tanlangan masala uchun ahamiyatli bo'lgan omillar aniqlanadi. Undan keyin ko'rsatkichlar orasidagi munosabatlar aniqlanadi. Buning uchun ba'zan ishlash jarayoni ko'p sonli elementar operatsiyalarga ajratilsa, ba'zan tadqiq qilinayotgan jarayonning fizik tabiati bo'yicha olingan statistik ma'lumotlar asosida matematik model quriladi. Ko'pincha, qurilgan chiziqli matematik modellardan birini maqsad funktsiya deb tanlanib, qolganlariga cheklanishlar beriladi va chiziqli dasturlash masalasi yechiladi.

Murakkab kompleks jarayonlarni modellashtirish quyidagi bosqichlarga ajratiladi. Birinchi qadamda tadqiqot qilinayotgan jarayonning tabiati va sonli xususiyatlari, bu jarayonni tashkil etuvchi operatsiyalar, operatsiyalar orasidagi munosabatlarning xususiyati va darajasi, har bir operatsiyaning joylanishi va qiymati haqidagi ma'lumotlar

yig'iladi. Keyingi qadamlarda jarayonlarni o'rganish natijalari, o'tkazilgan tajribalar natijalari, loyihalarnayotgan tizimga o'xshash sinovlardan foydalanish natijalari yoziladi. Bular jadval, grafiklar ko'rinishida bo'ladi.

Ishlab chiqarilayotgan tsement va gazlamaning sifat ko'rsatkichlarini tahlil qilish va yuqori ko'tarish masalalarini ko'rib chiqamiz.

TSement ishlab chiqarish hajmi yildan-yilga o'sib bormoqda. SHu bilan birga ishlab chiqarilayotgan tsementning tan narxi ortib bormoqda. Buning ikkita sababi bor.

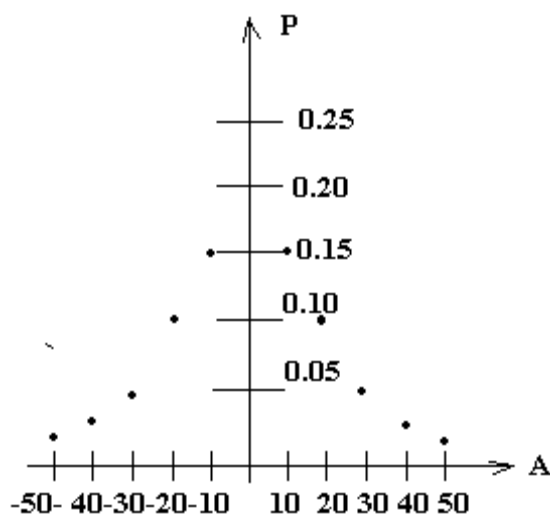
Birinchi sabab- yuqori markali tsement ishlab chiqarishga intilishdir. Hisoblarga qaraganda tsementning markasini 100 birlikka oshirish uning hajmini 10–15 % oshirishga ekvivalentdir.

TSement tannarxi ortishining ikkinchi sababi texnologik xodimning tsement markasini 100 birlikka oshirish uchun uning faolligini necha birlikka oshirish zarurligi haqida ma'lumotga ega bo'lmasligidadir. Bunda ba'zan sarf-harajat ko'pay-ganligi bilan hech qanday foydaga erishilmaydi. Bu holat ko'pgina tsement zavodlarida qo'llanilib, qolgan zavodlarda ham qo'llanish tavsiya etilgan «TSement zavodlarida Mahsulot Sifatini Boshqarishning Kompleks Tizimi (MSBKT) ni ishlab chiqish bo'yicha usulik materiallar» da ham yaqqol ko'zga tashlanadi. Bu materiallar bo'yicha muxandis-texnik xodimlar, ishchilar kuydirishda har 5 birlik oshirilgan klinker faolligi uchun 0,3 me'yoriy koefitsiyent mukofot bilan, maydalash jarayonida har 5 ming tonna yuqori faollikka ega bo'lgan rejadan tashqari ishlab chiqarilgan tsement uchun 0,1 me'yoriy koefitsiyent mukofot bilan taqdirlanadilar. TSement faolligining va hajmining kamayishi esa ishchilarni mukofotdan mahrum etadi.

SHunday qilib, tsement markasining ortishini ta'minlamaydigan 60-70 birlik faollik uchun xodimlar va ishchilarga mukofot beriladi. Masalan faollik 410 birlikdan 480 birlikka orttirilganda hamma ishchi va xodimlar mukofot oladilar. Buning uchun esa ortiqcha yoqilg'i, elektr energiyasi, maydalovchi vositalar sarflanadi. TSementning markasi esa o'zgarmaydi, ya'ni uning tannarxi ortadi. Bu holat MSBKT ning kamchiligidir. Bunday kamchiliklarni yo'qotish uchun tsementning faolligini qaysi holatlarda oshirish zarurligi haqida tavsiyalar ishlab chiquvchi mexanizm yaratilishi maqsadga muvofiqdir. Hozirgi davrda tsementning sifat ko'rsatkichlari texnologik ko'rsatkichlar va texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlar bilan bog'lanmagan.

1990 yilda 400 markaga ega bo'lgan tsement faolligining o'zgarishini tahlil qilinganda quyidagi ma'lumotlar olingan: Quvasoy tsement zavodida sulfatostoykiy tsementining faolligi 416 dan 472 birlikkacha, mineral qo'shimchali portland tsementining faolligi 407 dan 446 birlikkacha o'zgargan; Bekobod tsement zavodida asbestoshifr tsementining faolligi 407 dan 485 birlikkacha, Yangi yo'l tsementining faolligi 407 dan 476 birlikkacha o'zgargan. Oxangaron, Navoiy tsement zavodlarida ham shunga o'xshash natijalar kuzatilgan. Bunday natijalar keyingi yillarda kam o'zgargan.

Ko'plab o'tkazilgan ilmiy-tadqiqot ishlari tsement faolligining o'zgarishini normal qonun bo'yicha taqsimlanganligini tasdiqlaydi(6.2.1- rasm).



6.2.1- rasm. TSement faolligi o`rtacha yillik og`ishining taqsimot qonuni

TSement korxonalari tsement faolligini 350, 450, 550 va x.k. qiymatlarga keltirishga harakat qilishadi. Nega shunday qilishadi? TSementning faolligini orttirish uchun qo`shimcha yoqilg`i, elektr energiyasi, maxsus qo`shilmalar sarf bo`ladi-ku?

Gap shundaki, tsementning aniq faolligi tsement ustunchalarini maxsus sharoitlarda 28 kun qotirilgandan so`ng fizik-mexanik sinovlar natijasida ma`lum bo`ladi. 28 kun ishlab chiqarilgan tsementni zavodda saqlab turish imkoniyati bo`lmaganligi tufayli 2-3 kun ichida uning markasini ma`lum xatolik bilan bashorat qilib, kafolatlanadi va qurilish korxonalariga jo`natib yuboriladi. Kafolatlash davrida ximiyaviy laboratoriya boshlig`i tsement faolligining kafolatlanayotgan markadan past bo`lmasligi uchun tsement faolligini toboro ko`tarib borishga intiladi. CHunki qurilish korxonasida ro`y berishi mumkin bo`lgan halokatning javobgarligi oxir-oqibatda unga kelib taqaladi.

SHunday qilib, korxona tsementning faolligini markadan 70-80 birlik oshirib sotishga harakat qiladi. Agar tsementning faolligini markadan 10-20 birlik orttirib ishlab chiqarilsa faollikning markadan past bo`lib qolish extimoli yoki tsement korxonasi xodimlarining javobgarlikka tortilish extimoli ko`payadi.

Ko`pgina olimlar tsementning maydaligi stabillashganda uning faolligi faqat mineralogik tarkibga bog`liq bo`ladi, deb hisoblaydilar. Lekin tsementning mineralogik tarkibini aniqlash masalasi alohida muammoni hal etishni taqazo etadi. Bunda asosiy maqsad-olinadigan yechimning tezkor bo`lishini ta`minlashdir. Bu masalaning yechilmasligi tsement sanoatini ishonchli mahsulot tayyorlash imkoniyatidan mahrum etadi.

SHunday qilib tsement ishlab chiqarish jarayonida uning sifat ko`rsatgichlarini tezkor boshqarib borish masalasi dolzarb masaladir.

Har qanday tsementning fazaviy tarkibi o`nlab har xil mineralogik birikmalardan iborat. SHulardan tsementning sifatiga ko`proq ta`sir etadiganlari quyidagilardir:

- uch kaltsiyli silikat (alit) - Sa_3S ;
- ikki kaltsiyli silikat (belit) - Sa_2S (alfa va gamma);
- kaltsiy alyumoferritlari - Ca_4AF_2 , $\text{Ca}_6\text{A}_2\text{F}$, $\text{Ca}_8\text{A}_3\text{F}$;
- kaltsiy ferriti - Sa_2G ;
- alyuminatlar - CaAl_3 , Ca_3Al , Sa_5Al ;
- erkin ohak- Ca Osv ;

- periklaz - Mg O ;
- shelochi - $\text{C}_8\text{N}_2\text{O A}_3$, $\text{C}_{23}\text{K}_2\text{O Si}_2$;
- oltingugurt angidridi - S O_3 ;
- fosfor angidridi - R_2O_5 ;
- qo`shimchalar.

Bitta fazaning bir necha birikmalarda ishtirok etishi tsementning sifatiga sezilarli ta'sir etadi. Ba'zan tayyor klinker tarkibida asosiy faza va bir necha fazalar birikmalari ham ishtirok etadi. TSementning sifatiga bulardan tashqari uning granulometrik tarkibi ham ta'sir etadi.

Endi ishlab chiqarilayotgan gazlamaning sifat ko'rsatkichlarini modellashtirish va boshqarish masalalarini tahlil qilamiz.

Gazlamaning sifatini aniqlovchi asosiy omillar quyidagilar: gazlamani tayyorlash uchun me'yoriy-texnik va loyixaviy xujjatlarning sifati; xom-ashyoning sifati va miqdori; asosiy va yordamchi asbob-uskunalar, mashinalar ishining sifati; bajaruvchilar mexnatining sifati; nazorat qilishning sifati.

Gazlama to`qilish jarayonini modellashtirishda optimallashtirish funksiyasiga omillar ta'sirlarining hissalari aniqlanadi. Bunday omillar qatoriga to`quv dastgohi ishini xarakterlovchi omillar-dastgoh bosh o`qining aylanish chastotasi, bosib turish miqdori, iplarning ajralish balandligi, iplarning taranglashish darajasi, arqoq ipini jipslashtirish boshlangan paytda tanda iplarining taranglashish darajasi, arqoq ipining tanda iplari bilan qisilgan paytdagi tarangligi, urilish burchagi, navodagi tanda ipining diametri, tanda ipini o`tkazish holati, dastgoxda tanda ipi va gazlamaning uzunliklari, iplar ajralishining ko`rinishi shakli va shunga o`xshashlar kiradi. Ishlab chiqarilayotgan gazlamaning to`qilishini xarakterlovchi omillar-tanda va arqoq iplarining chiziqli zichligi, tanda va arqoq iplari bo'yicha gazlamaning zichligi, to`qilishning ko`rinishi, ipning ko`rinishi, tanda va arqoq iplari bo'yicha gazlamaning to`ldirilish koeffitsiyenti, gazlamaning to`qilish fazasi.

Optimallashtirish funksiyasi sifatida gazlamaning zichligi, qisqarishi, kengligi, puxtaligi, cho`zilishi, massasi, yemirilishga bardoshlilik olinadi.

To`qimachilik sanoati asbob uskunolari unumdorligining ortishi, texnologiyalar murakkabligining o`sishi munosabati bilan ishlab chiqarish jarayonlarini boshqarish muammolarini hal etish qiyinlashib bormoqda. Bunday qiyin shart-sharoitlarda texnologik jarayonlarni, mashina va tizimlarni yangi usullar, algoritmlar yordamida avtomatlashtirilgan tarzda ratsional boshqarish muammolarini hal etish muhim o`rin egallaydi.

Takrorlash uchun savollar

1. Ishlab chiqarilayotgan mahsulot sifat ko'rsatkichlarini modellashtirish masalasining dolzarbligini asoslang.
2. Modellashtirish asosida boshqarilayotgan jarayon va tizimlarga misollar keltiring.
3. TSementning sifat ko'rsatkichlarini sanab o`ting.
4. Gazlamaning sifat ko'rsatkichlarini sanab o`ting.
5. TSementning sifat ko'rsatkichlarini baholovchi qanaqa usullar mavjud?
6. Gazlamaning sifat ko'rsatkichlarini baholashda qaysi usullar qo`llaniladi?
7. Mahsulot sifat ko'rsatkichlarini yuqori ko'tarish yo'llarini tahlil qiling.

ADABIYOTLAR

1. Севастьянов А.Г. – Методы и средство исследования механико – технологических процессов текстильной промышленности. М., Легкая индустрия, 1980г.
2. Ивахненко А.Г. – Индуктивный метод саморганизации моделей сложных систем. Киев., Наука – Думка, 1982г.
3. Тетельбаум И.М., Шнайдер Ю. Р.- Практика аналогового моделирования динамических систем. М., Энергоиздат, 1987г.
4. Алиев Э.М., Уразов Н. – Прогнозирование и управление качеством технологических продукции. Т., Фан, 1984г.
5. Кадыров Ш. М., Мухитдинов М.М., Уразов Н. – Моделирование и управление качеством промышленных изделий. Т., Фан 1994г.
6. Уразов Н. и др. – методические указания “Построение однофакторных регрессионных математических моделей”, Фергана, ФерПИ, 1989г.
7. Уразов Н. и др. – методические указания “Построение однофакторных регрессионных математических моделей”, Фергана, ФерПИ, 1990г.
8. Ивахненко А.Г. – Моделирование сложных систем по экспериментальным данным, М., Радио и связь, 1987
9. Пугачева В. С. – Основы автоматического управления, М., Наука, 1968г.
10. Уразов Н., Ахунов К.Х. – Конспект лекций по дисциплине “Моделирование процессов и систем”, Часть I и II, Фергана, 2000г.

ILOVALAR

1 - ilova

V_T – Smirnov – Grabs mezonining jadval qiymatlari

Ketma ketlik	R_D		
M	0.99	0.95	0.90
3	1.414	1.412	1.406
4	1.723	1.689	1.645
5	1.955	1.869	1.791
6	2.130	1.996	1.894
7	2.265	2.093	1.974
8	2.374	2.172	2.041
9	2.464	2.237	2.097
10	2.540	2.294	2.146
11	2.606	2.343	2.190
12	2.663	2.387	2.229
13	2.714	2.426	2.264
14	2.759	2.461	2.297
15	2.800	2.493	2.326
16	2.837	2.523	2.354
17	2.871	2.551	2.380
18	2.903	2.577	2.404
19	2.932	2.600	2.426
20	2.959	2.623	2.447
21	2.984	2.644	2.467
22	3.008	2.664	2.486
23	3.030	2.683	2.504
24	3.051	2.701	2.502
25	3.071	2.717	2.537

2 - ilova

$F_{T[r_D=0.95, f_2; f_1]}$ – Fisher mezonining qiymatlari (f_2 – katta dispersiya ozodlik darajasi, f_1 – kichik dispersiya ozdlik darajasi)

$f_1 \backslash f_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.69
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.38
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04
120	3.922	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88

2 – ilova (davomi)

	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	241.9	243.9	245.9	248.0	249.	250.1	251.1	252.2	253.3	254.3
2	19.40	19.41	19.43	19.45	1	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50.
3	8.79	8.74	8.70	8.66	19.4	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
4	5.96	5.91	5.86	5.80	5	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
5	4.74	4.68	4.62	4.56	8.64	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36
6	4.06	4.00	3.94	3.87	5.77	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	3.64	3.57	3.51	3.44	4.53	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	3.35	3.28	3.22	3.15	3.84	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	3.14	3.07	3.01	2.94	3.41	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
10	2.98	2.91	2.85	2.77	3.12	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
11	2.85	2.79	2.72	2.65	2.90	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
12	2.75	2.69	2.62	2.54	2.74	2.47	2.43	2.38	2.34	2.35
13	2.67	2.60	2.53	2.46	2.61	2.38	2.34	2.30	2.25	2.30
14	2.60	2.53	2.46	2.39	2.51	2.31	2.27	2.22	2.18	2.21
15	2.54	2.48	2.40	2.33	2.42	2.25	2.20	2.16	2.11	2.13
16	2.49	2.42	2.35	2.28	2.35	2.19	2.15	2.11	2.06	2.07
17	2.45	2.38	2.31	2.23	2.29	2.15	2.10	2.06	2.01	2.01
18	2.41	2.34	2.27	2.19	2.24	2.11	2.06	2.02	1.97	1.96
19	2.38	2.31	2.23	2.16	2.19	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
20	2.35	2.28	2.20	2.12	2.15	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
21	2.32	2.25	2.18	2.10	2.11	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
22	2.30	2.23	2.15	2.07	2.08	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
23	2.27	2.20	2.13	2.05	2.05	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
24	2.25	2.18	2.11	2.03	2.03	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
25	2.24	2.16	2.09	2.01	2.01	1.92	1.87	1.82	1.77	1.69
26	2.22	2.15	2.07	1.99	1.98	1.90	1.85	1.80	1.75	1.67
27	2.20	2.13	2.06	1.97	1.96	1.88	1.84	1.79	1.73	1.65
28	2.19	2.12	2.04	1.96	1.95	1.87	1.82	1.77	1.71	1.64
29	2.18	2.10	2.03	1.94	1.93	1.85	1.81	1.75	1.70	1.62
30	2.16	2.09	2.01	1.93	1.91	1.84	1.79	1.74	1.68	1.51
40	2.08	2.00	1.92	1.84	1.90	1.74	1.69	1.64	1.58	1.39
60	1.99	1.92	1.84	1.75	1.89	1.65	1.59	1.53	1.47	1.25
120	1.91	1.83	1.75	1.66	1.79	1.55	1.50	1.43	1.35	1.00
∞	1.83	1.75	1.67	1.57	1.70	1.39	1.39	1.32	1.22	1.71
					1.61					
					1.52					

Laplasning normalangan funktsiyasi $\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_z^0 \exp(-\frac{z^2}{2}) dz$

z	Z uchun yuzdan bir ulushlar									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.0	0.0000	0040	0080	0120	0160	0199	0239	0279	0319	0359
0.1	0398	0438	0478	0517	0557	0596	0636	0675	0714	0753
0.2	0793	0832	0871	0910	0948	0987	1026	1064	1103	1041
0.3	0.1179	1217	1255	1293	1331	1368	1406	1443	1480	1517
0.4	1554	1591	1628	1664	1700	1736	1772	1808	1844	1879
0.5	1915	1950	1985	2019	2054	2088	2123	2157	2190	2224
0.6	0.2257	2291	2324	2357	2389	2422	2454	2486	2517	2549
0.7	2580	2511	2642	2673	2703	2734	2764	2794	2823	2852
0.8	2881	2910	2939	2967	2995	3023	3051	3078	3106	3133
0.9	0.3159	3186	3212	3238	3264	3289	3315	3340	3365	3189
1.0	3415	3437	3461	3485	3508	3531	3554	3577	3599	3623
1.1	3643	3665	3686	3708	3729	3749	3770	3790	3810	3830
1.2	3849	3869	3888	3907	3925	3944	3962	3980	3997	4015
1.3	0.4032	4049	4066	4082	4099	4115	4131	4147	4162	4177
1.4	4192	4207	4227	4236	4251	4265	4279	4292	4306	4319
1.5	4332	4345	4357	4370	4382	4394	4406	4418	4429	4441
1.6	4452	4463	4474	4484	4495	4505	4515	4525	4535	4545
1.7	4554	4564	4573	4582	4591	4599	4608	4616	4625	4633
1.8	4641	4649	4656	4664	4671	4678	4686	4693	4699	4706
1.9	4713	4719	4726	4732	4738	4744	4750	4756	4761	4767
2.0	4772	4778	4783	4788	4793	4798	4803	4808	4812	4817
2.1	4821	4826	4810	4834	4838	4842	4846	4850	4854	4857
2.2	4861	4864	4867	4871	4874	4877	4880	4883	4886	4889
2.3	4966	474	906	263	545	755	894	969	962	893
	4893	4895	4898	4900	4903	4906	4908	4911	4912	4915
2.4	753	659	296	969	581	53	625	060	437	758
	4918	4920	4922	4924	4926	4928	4930	4932	4934	4936
2.5	025	237	397	506	564	572	531	493	308	128
	4937	4939	4941	4944	4946	4947	4949	4949	4950	4952
2.6	903	634	323	969	574	139	664	151	600	012
	4953	4954	4956	4957	4958	4959	4960	4962	4963	4964
2.7	388	729	035	308	547	754	930	074	089	274
	4965	4966	4967	4968	4969	4970	4971	4971	4972	4973
2.8	330	358	356	333	280	202	099	972	821	646
	0.4974	4975	4975	4976	4977	4978	4978	4979	4980	4980
2.9	449	229	988	726	443	140	818	476	116	738
	4981	4981	4982	4983	4983	4984	4984	4985	4985	4986
3.0	342	929	498	052	689	111	618	110	588	051
	4986	4986	4987	498	4988	4988	4988	4989	4989	4989
	501	938	361	772	171	558	933	297	650	992

3 – ilova (davomi)

z	Z uchun yuzdan bir ulushlar									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3.1	4990	4990	4990	4991	4991	4991	4992	4992	4992	4992
	324	646	957	260	653	836	112	378	636	886
3.2	4993	4993	4993	4993	4994	4994	4994	4994	4994	4994
	129	363	590	810	024	230	429	623	810	991
3.3	4995	4995	4995	4995	4995	4995	4996	4996	4996	4996
	166	335	499	658	811	959	103	242	376	505
3.4	4996	4995	4996	4996	4997	4997	4997	4997	4997	4997
	631	752	689	982	091	197	299	398	473	585
3.5	4997	4997	4997	4997	4997	4998	4998	4998	4998	4998
	674	759	842	922	999	074	146	215	282	347
3.6	4998	4998	4998	4998	4998	4998	4998	4998	4998	4998
	409	469	527	583	637	689	739	787	834	879
3.7	4998	4998	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999
	922	964	004	043	080	116	150	184	216	247
3.8	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999
	274	305	333	359	385	409	433	456	478	499
3.9	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999
	519	539	557	575	593	609	625	641	655	670
4.0	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999	499
	683	696	709	721	733	744	755	765	775	784
4.1	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999
	793	802	811	819	826	834	841	848	854	861
4.2	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999
	867	872	878	883	888	893	898	902	907	911
4.3	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999
	915	918	922	925	929	932	935	938	941	943
4.4	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999	499	4999	4999
	946	948	951	953	955	957	959	961	963	964
4.5	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999	4999
	966	968	969	971	972	973	974	976	977	978
4.6	4999									
	997									

4 – ilova

m=3,4,...,18 hollar uchun tajriba natijalari normal qonunga bo'ysunishini tekshirishda q_{m-i+1} ning qiymatlari

I	M							
	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.7071	0.6872	0.6646 0.2413	0.6431	0.6233	0.6052	0.5888	0.5739
2		0.1677		0.2806	0.3031	0.3164	0.3244	0.3291
3	-	-	-	0.0875	0.1401	0.1743	0.1976	0.2141
4	-	-	-	-	-	0.0561	0.0947	0.1224
5	-	-	-	-	-	-	-	0.0399

i	M							
	11	12	13	14	15	16	17	18
1	0.5601	0.5475	0.5359	0.5251	0.5150	0.5056	0.4968	0.4886
2	0.3315	0.3325	0.3325	0.3318	0.3306	0.3290	0.3273	0.3253
3	0.2260	0.2347	0.2412	0.2460	0.2495	0.2521	0.2540	0.2553
4	0.1429	0.1586	0.1707	0.1802	0.1878	0.1939	0.1988	0.2027
5	0.0695	0.0922	0.1099	0.1240	0.1353	0.1447	0.1524	0.1587
6	-	0.0303	0.0539	0.0727	0.0880	0.1005	0.1109	0.1197
7	-	-	-	0.0240	0.0433	0.0593	0.0725	0.0837
8	-	-	-	-	-	0.0196	0.0359	0.0496
9	-	-	-	-	-	-	-	0.0163

5 – ilova

m=3,4,...,25 hollar uchun tajriba natijalarining normal qonunga bo'ysunishini tekshirishda
W ning qiymatlari

M	R _D				
	0.99	0.98	0.95	0.90	0.50
3	0.753	0.756	0.767	0.789	0.959
4	0.687	0.707	0.748	0.792	0.935
5	0.686	0.715	0.762	0.806	0.927
6	0.713	0.743	0.788	0.826	0.927
7	0.730	0.760	0.803	0.838	0.928
8	0.749	0.778	0.818	0.851	0.932
9	0.764	0.791	0.829	0.859	0.935
10	0.781	0.806	0.842	0.869	0.938
11	0.792	0.817	0.850	0.876	0.940
12	0.805	0.828	0.859	0.883	0.943
13	0.814	0.837	0.866	0.889	0.945
14	0.825	0.846	0.874	0.895	0.947
15	0.835	0.855	0.881	0.901	0.950
16	0.844	0.863	0.887	0.906	0.952
17	0.851	0.869	0.892	0.910	0.954
18	0.858	0.874	0.897	0.914	0.956
19	0.863	0.879	0.901	0.917	0.957
20	0.868	0.884	0.905	0.920	0.959
21	0.873	0.888	0.908	0.923	0.960
22	0.878	0.892	0.911	0.926	0.961
23	0.881	0.895	0.914	0.928	0.962
24	0.884	0.898	0.916	0.930	0.963
25	0.888	0.901	0.918	0.931	0.964

Tajriba natijalari dispersiyalarning bir jinsliligini tekshirishda
 $G_T[R_D=0,95; f=m-1, N]$ ning qiymatlari

N	F						
	Ishonchlilik extimolligi 0,95						
	1	2	3	4	5	6	7
2	0.9985	0.9750	0.9392	0.9057	0.8772	0.8534	0.8332
3	0.9669	0.8709	0.7977	0.7457	0.7071	0.6771	0.6530
4	0.9065	0.7679	0.6841	0.6287	0.5859	0.5598	0.5365
5	0.8412	0.6838	0.5981	0.5441	0.5065	0.4783	0.4564
6	0.7808	0.6161	0.5321	0.4803	0.4447	0.4184	0.3980
7	0.7271	0.5612	0.4800	0.4307	0.3974	0.3726	0.3535
8	0.6798	0.5157	0.4377	0.3910	0.3595	0.3362	0.3185
9	0.6385	0.4775	0.4027	0.3584	0.3286	0.3067	0.2901
10	0.6020	0.4450	0.3733	0.3311	0.3029	0.2823	0.2666
12	0.5410	0.3924	0.3264	0.2880	0.2624	0.2439	0.2299
15	0.4709	0.3346	0.2758	0.2419	0.2195	0.2034	0.1911
20	0.3894	0.2705	0.220	0.1921	0.1735	0.1602	0.1501
24	0.3434	0.2354	0.1907	0.1656	0.1493	0.1374	0.1286
30	0.2929	0.1980	0.1593	0.1377	0.1237	0.1137	0.1061
40	0.2370	0.1576	0.1259	0.1082	0.0968	0.0887	0.0827
60	0.1737	0.1131	0.0895	0.0765	0.0682	0.0623	0.0583
12	0.0998	0.0632	0.0495	0.0419	0.0371	0.0337	0.0312
0	0	0	0	0	0	0	0
∞							

6 – ilova (davomi)

N	F						
	Ishonchlilik extimolligi 0.95						
	8	9	10	16	36	144	∞
2	0.8159	0.8010	0.7880	0.7341	0.6602	0.5813	0.5000
3	0.6333	0.6167	0.6025	0.5466	0.4748	0.4031	0.3333
4	0.5175	0.5017	0.4884	0.4366	0.3720	0.3093	0.2500
5	0.4387	0.4241	0.4118	0.3645	0.3066	0.2513	0.2000
6	0.3817	0.3682	0.3568	0.3135	0.2612	0.2119	0.1667
7	0.3384	0.3259	0.3154	0.2756	0.2278	0.1833	0.1429
8	0.3043	0.2926	0.2829	0.2462	0.2022	0.1616	0.1250
9	0.2768	0.2659	0.2568	0.2226	0.1820	0.1446	0.1111
10	0.2541	0.2439	0.2353	0.2032	0.1655	0.1308	0.1000
12	0.2187	0.2098	0.2020	0.1737	0.1403	0.1100	0.0833
15	0.1815	0.1736	0.1671	0.1429	0.1144	0.0889	0.0667
20	0.1422	0.1357	0.1303	0.1108	0.0879	0.0675	0.0500
24	0.1216	0.1160	0.1113	0.0994	0.0743	0.0567	0.0417
30	0.1002	0.0958	0.0921	0.0717	0.0604	0.0457	0.0333
40	0.0780	0.0745	0.0713	0.0595	0.0462	0.0347	0.0250
60	0.0552	0.0520	0.0497	0.0411	0.0316	0.0234	0.0167
12	0.0292	0.0279	0.0266	0.0218	0.0165	0.0120	0.0083
0	0	0	0	0	0	0	0
∞							

$t_T[r_D; f]$

Student mezonining qiymatlari

F	R_D				
	Ikki tomonlama kriteriy				
	0.8	0.9	0.95	0.99	0.999
1	3.078	6.314	12.706	63.657	636.62
2	1.886	2.620	4.303	9.925	31.598
3	1.638	2.353	3.182	5.841	12.924
4	1.533	2.132	2.776	4.604	8.610
5	1.476	2.015	2.571	4.032	6.869
6	1.440	1.943	2.447	3.707	5.959
7	1.415	1.895	2.365	3.499	5.408
8	1.397	1.860	2.306	3.355	5.041
9	1.383	1.833	2.365	3.250	4.781
10	1.372	1.812	2.262	3.169	4.587
11	1.363	1.796	2.228	3.106	4.437
12	1.356	1.782	2.201	3.055	4.318
13	1.350	1.771	2.179	3.012	4.221
14	1.345	1.761	2.160	2.977	4.140
15	1.341	1.753	2.145	2.947	4.073
16	1.337	1.746	2.131	2.921	4.015
17	1.333	1.740	2.120	2.898	3.965
18	1.330	1.734	2.110	2.878	3.922
19	1.328	1.72	2.101	2.861	3.883
20	1.325	1.725	2.093	2.854	3.850
21	1.323	1.721	2.086	2.831	3.819
22	1.321	1.717	2.080	2.819	3.792
23	1.319	1.714	2.074	2.807	3.767
24	1.318	1.711	2.069	2.797	3.745
25	1.316	1.708	2.064	2.787	3.725
26	1.315	1.706	2.060	2.779	3.707
27	1.314	1.703	2.056	2.771	3.690
28	1.313	1.701	2.052	2.763	3.674
29	1.311	1.699	2.048	2.756	3.659
30	1.310	1.697	2.045	2.750	3.646
40	1.303	1.684	2.042	2.704	3.551
60	1.296	1.671	2.021	2.660	3.460
120	1.289	1.658	2.000	2.617	3.373
∞	1.282	1.645	1.960	2.576	3.291
p_D	0.90	0.95	0.975	0.995	0.9995
Bir tomonlama kriteriy					

Regression model qurish uchun variantlar jadvali

Vari- antlar	X	Y	Y	Y	Variant- lar	X	Y	Y	Y
1	536	0,42	0,39	0,44	16	520	0,27	0,33	0,38
	607	0,40	0,58	0,63		626	0,29	0,41	0,47
	676	0,68	0,54	0,41		732	0,32	0,54	0,71
2	500	0,73	0,38	0,71	17	482	0,24	0,29	0,42
	600	0,39	0,31	0,29		591	0,30	0,24	0,27
	700	0,53	0,66	0,51		700	0,19	0,29	0,33
3	545	0,44	0,48	0,47	18	626	0,38	0,20	0,17
	603	0,31	0,34	0,49		674	0,21	0,23	0,28
	661	0,46	0,41	0,44		722	0,27	0,20	0,16
4	512	0,40	0,28	0,27	19	390	7,6	16,0	24,12
	593	0,50	0,21	0,29		394	5,2	5,9	2,3
	670	0,33	0,37	0,38		398	3,9	5,1	5,1
5	552	0,24	0,67	0,68	20	240	13,5	8,3	21,2
	658	0,28	0,46	0,32		320	14,6	4,7	4,5
	764	0,35	0,40	0,47		400	3,8	6,9	6,3
6	422	0,56	0,38	0,60	21	260	13,4	11,4	13,3
	481	0,48	0,61	0,43		330	2,4	5,3	8,2
	540	0,69	0,51	0,49		400	1,1	11,0	5,7
7	402	0,56	0,43	0,61	22	320	3,2	5,4	2,1
	480	0,52	0,79	0,70		370	6,9	4,3	7,5
	552	0,43	0,38	0,69		420	7,8	4,1	3,8
8	410	0,40	0,37	0,61	23	360	6,3	5,2	5,4
	525	0,71	0,43	0,58		380	4,8	3,2	4,3
	640	0,55	0,51	0,57		400	3,6	4,4	2,3
9	415	0,32	0,41	0,38	24	260	4,2	2,8	5,6
	503	0,37	0,29	0,36		330	5,8	4,6	4,3
	591	0,26	0,46	0,31		400	4,8	6,9	3,2
10	543	0,23	0,30	0,42	25	240	7,6	7,3	8,5
	612	0,30	0,25	0,30		315	4,8	5,8	3,9
	681	0,26	0,30	0,25		390	6,0	7,3	5,1
11	480	0,25	0,23	0,37	26	280	6,0	3,2	5,1
	602	0,65	0,39	0,26		340	5,5	4,2	7,2
	724	0,35	0,55	0,30		400	5,7	3,1	6,3
12	555	0,32	0,38	0,22	27	280	5,7	4,8	7,4
	626	0,23	0,46	0,23		330	8,1	5,7	4,5
	697	0,29	0,33	0,31		380	5,3	2,1	5,6
13	529	0,18	0,21	0,20	28	4,90	0,79	0,7	0,71
	614	0,26	0,24	0,16		556	0,51	0,82	0,88
	699	0,25	0,19	0,16		622	0,71	0,69	0,93
14	574	0,35	0,47	0,41	29	518	2,08	1,45	2,1
	620	0,35	0,31	0,36		603	2,00	2,6	1,3
	665	0,29	0,47	0,45		688	1,51	1,63	2,5

15	527	0,37	0,34	0,35	30	425	1,12	0,9	1,2
	610	0,59	0,36	0,53		542	0,95	0,82	2,4
	693	0,21	0,44	0,62		659	0,72	0,8	0,6

9–ilova

Korrelyatsion model qurish uchun variantlar jadvali

№	Variant 1		Variant 2		Variant 3		Variant 4		Variant 5		Variant 6		Variant 7	
Taj-riba	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	685	0,48	655	0,66	666	0,37	540	0,60	475	0,56	535	0,40	660	0,42
2	715	0,54	546	0,82	590	0,50	393	0,56	463	0,50	497	0,32	530	0,30
3	537	0,42	600	0,48	502	0,28	575	0,60	552	0,38	527	0,37	563	0,26
4	515	0,39	558	0,61	720	0,33	465	0,60	520	0,44	472	0,29	705	0,31
5	607	0,40	501	0,71	582	0,21	455	0,62	329	0,39	463	0,41	725	0,23
6	640	0,77	560	0,41	650	0,33	552	0,43	450	0,41	467	0,47	612	0,33
7	690	0,41	585	0,45	682	0,22	529	0,38	492	0,76	480	0,30	576	0,25
8	687	0,50	700	0,71	647	0,26	460	0,79	475	0,31	510	0,29	549	0,30
9	600	0,63	676	0,53	637	0,37	455	0,64	463	0,35	460	0,38	612	0,30
10	605	0,58	573	0,62	530	0,27	402	0,56	418	0,39	465	0,33	647	0,42
11	617	0,66	640	0,39	670	0,33	472	0,42	410	0,34	510	0,38	543	0,39
12	625	0,69	547	0,55	590	0,29	460	0,70	520	0,28	455	0,57	705	0,61
13	599	0,38	650	0,41	645	0,32	455	0,69	502	0,29	444	0,38	725	0,54
14	622	0,46	640	0,31	532	0,27	552	0,54	548	0,25	431	0,31	620	0,37
15	645	0,39	660	0,46	665	0,38	529	0,37	540	0,20	472	0,37	660	0,39
16	670	0,68	612	0,59	547	0,72	462	0,25	496	0,21	438	0,33	637	0,66
17	600	0,45	625	0,36	607	0,33	410	0,40	454	0,36	412	0,27	480	0,25
18	605	0,43	600	0,31	549	0,27	452	0,32	560	0,30	518	0,23	596	0,43
19	625	0,58	638	0,47	567	0,68	445	0,37	468	0,32	497	0,74	612	0,65
20	635	0,53	632	0,67	572	0,67	508	0,52	454	0,34	432	0,20	562	0,37
21	558	0,44	760	0,46	665	0,35	467	0,87	436	0,37	450	0,35	622	0,34
22	501	0,38	545	0,48	552	0,24	462	0,42	470	0,30	462	0,31	660	0,30
23	558	0,49	585	0,41	650	0,28	522	0,43	472	0,35	415	0,43	565	0,26
24	501	0,73	592	0,42	685	0,46	442	0,49	402	0,27	517	0,40	705	0,35
25	532	0,41	582	0,56	650	0,32	450	0,50	487	0,41	595	0,24	725	0,55
26	610	0,39	655	0,49	668	0,40	452	0,57	455	0,35	431	0,25	540	0,39
27	546	0,38	525	0,47	467	0,48	529	0,58	465	0,37	431	0,25	580	0,43
28	618	0,31	611	0,34	457	0,61	456	0,68	557	0,46	420	0,21	612	0,29
29	612	0,31	666	0,46	455	0,43	436	0,56	560	0,31	675	0,33	587	0,35
30	647	0,26	600	0,49	490	0,52	508	0,71	415	0,32	675	0,25	660	0,26
31	635	0,34	625	0,39	460	0,54	470	0,59	467	0,27	608	0,23	665	0,30
32	600	0,29	785	0,30	487	0,50	462	0,65	460	0,44	681	0,30	600	0,26
33	660	0,51	517	0,40	535	0,69	410	0,61	485	0,86	582	0,50	612	0,19
34	585	0,46	462	0,20	517	0,51	616	0,51	495	0,31	602	0,26	582	0,24
35	610	0,59	668	0,55	520	0,49	641	0,55	590	0,26	620	0,25	636	0,28

9–ilova(davomi)

№	Variant 8		Variant 9		Variant 10		Variant 11		Variant 12		Variant 13		Variant 14	
Taj-riba	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	605	0,30	625	0,24	682	0,47	631	0,49	637	0,16	360	0,45	320	0,37
2	557	0,23	665	0,19	662	0,55	632	0,37	685	0,22	240	0,13	340	0,51
3	580	0,32	667	0,16	680	0,32	547	0,42	679	0,21	360	0,59	400	0,54
4	560	0,38	572	0,26	660	0,62	610	0,41	626	0,38	340	0,35	220	0,15
5	615	0,23	590	0,24	612	0,42	647	0,42	644	0,23	380	0,59	400	0,62
6	616	0,46	595	0,19	657	0,68	680	0,31	630	0,20	240	0,83	171	0,10
7	605	0,21	597	0,15	645	0,59	667	0,39	640	0,19	360	0,57	280	0,10
8	557	0,22	570	0,32	655	0,44	645	0,38	630	0,20	400	0,66	300	0,12
9	623	0,23	742	0,37	562	0,37	730	0,54	644	0,27	260	0,16	320	0,73
10	580	0,26	600	0,18	622	0,34	650	0,31	723	0,20	380	0,70	380	0,53
11	573	0,20	492	0,20	677	0,49	737	0,36	310	0,47	280	0,47	270	0,11
12	717	0,27	560	0,22	672	0,32	660	0,62	280	0,18	240	0,21	420	0,50
13	602	0,20	562	0,19	640	0,36	602	0,45	360	0,59	360	0,52	440	0,57
14	610	0,16	680	0,24	655	0,35	562	0,35	420	0,39	320	0,14	370	0,69
15	592	0,37	761	0,28	693	0,44	625	0,47	300	0,27	320	0,13	340	0,24
16	540	0,28	585	0,26	637	0,25	700	0,19	380	0,46	260	0,47	330	0,32
17	520	0,37	643	0,20	677	0,62	582	0,30	340	0,80	380	0,47	380	0,65
18	575	0,25	577	0,22	642	0,56	635	0,48	240	0,22	340	0,13	340	0,28
19	632	0,26	630	0,23	640	0,60	625	0,28	350	0,65	340	0,35	380	0,43
20	715	0,33	600	0,27	655	0,71	685	0,29	350	0,46	200	0,34	400	0,47
21	735	0,31	512	0,16	610	0,45	660	0,25	360	0,87	400	0,88	360	0,76
22	615	0,27	567	0,35	647	0,34	672	0,24	360	0,46	300	0,14	340	0,83
23	605	0,34	627	0,35	615	0,53	575	0,26	280	0,17	360	0,41	340	0,53
24	665	0,29	645	0,29	527	0,34	470	0,24	400	0,60	400	0,53	350	0,10
25	553	0,18	655	0,30	690	0,21	535	0,18	240	0,17	300	0,82	400	0,78
26	610	0,20	637	0,36	655	0,28	632	0,22	280	0,15	360	0,11	380	0,44
27	624	0,17	607	0,31	633	0,42	617	0,42	280	0,15	400	0,56	320	0,54
28	645	0,25	657	0,47	564	0,35	617	0,66	220	0,17	400	0,49	420	0,41
29	550	0,20	612	0,22	520	0,27	602	0,43	400	0,33	380	0,55	360	0,71
30	657	0,25	590	0,41	575	0,33	660	0,21	380	0,51	320	0,83	380	0,63
31	602	0,26	550	0,28	690	0,23	595	0,44	220	0,17	340	0,67	420	0,36
32	620	0,30	645	0,39	655	0,29	482	0,24	380	0,48	260	0,11	380	0,48
33	595	0,16	655	0,45	580	0,39	482	0,29	380	0,38	380	0,80	380	0,32
34	487	0,18	634	0,24	732	0,32	644	0,22	400	0,38	260	0,13	400	0,36
35	605	0,19	656	0,40	677	0,36	630	0,23	350	0,63	400	0,35	400	0,44

9–ilova(davomi)

№	Variant 15		Variant 16		Variant 17		Variant 18		Variant 19		Variant 20		Variant 21	
Taj-riba	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	400	0,28	400	0,57	380	0,52	360	0,58	562	0,91	518	0,71	525	0,25
2	380	0,47	400	0,52	320	0,45	400	0,25	548	0,81	521	0,21	467	0,89
3	360	0,63	400	0,61	360	0,55	620	0,71	632	0,51	628	0,51	530	0,84
4	360	0,52	320	0,57	380	0,38	622	0,69	538	0,61	691	0,52	673	0,57
5	400	0,61	320	0,43	320	0,33	573	0,62	598	0,92	596	0,22	683	0,67
6	300	0,41	380	0,44	360	0,42	558	0,51	595	0,62	671	0,91	623	0,62
7	380	0,60	380	0,66	400	0,31	553	0,82	560	0,92	670	0,61	588	0,39
8	360	0,53	340	0,71	280	0,60	550	0,59	532	0,81	720	0,22	652	0,25
9	380	0,52	380	0,60	360	0,70	490	0,79	550	0,73	595	0,79	548	0,65
10	400	0,39	400	0,73	340	0,60	580	0,99	683	0,63	720	0,82	560	0,85
11	400	0,30	360	0,57	400	0,64	573	0,82	518	0,82	573	0,21	635	0,22
12	380	0,51	320	0,48	360	0,42	573	0,62	593	0,61	495	0,32	624	0,46
13	380	0,27	360	0,77	360	0,54	538	0,90	591	0,41	666	0,41	708	0,56
14	360	0,20	240	0,76	340	0,82	538	0,77	585	0,52	666	0,56	724	0,83
15	380	0,50	340	0,91	400	0,56	570	0,64	523	0,54	613	0,73	640	0,38
16	400	0,44	300	0,68	360	0,74	583	0,90	628	0,82	672	0,11	543	0,50
17	400	0,45	300	0,72	360	0,49	502	0,70	608	0,84	741	0,68	682	0,42
18	340	0,72	320	0,58	320	0,64	538	0,86	508	0,44	603	0,36	748	0,22
19	360	0,59	320	0,38	400	0,45	490	0,96	653	0,62	685	0,24	728	0,85
20	380	0,73	320	0,46	340	0,57	621	0,95	545	0,77	714	0,60	697	0,11
21	320	0,51	250	0,73	300	0,71	658	0,72	785	0,64	648	0,93	705	0,42
22	400	0,62	290	0,82	360	0,43	653	0,80	695	0,30	667	0,35	448	0,50
23	380	0,55	340	0,63	420	0,55	437	0,90	603	0,35	630	0,25	607	0,37
24	230	0,42	320	0,69	380	0,33	476	0,99	560	0,29	507	0,11	585	0,18
25	260	0,28	380	0,39	380	0,21	593	0,67	603	0,59	608	0,99	542	0,10
26	400	0,48	400	0,54	380	0,37	608	0,98	683	0,54	582	0,16	453	0,08
27	340	0,58	360	0,82	380	0,57	460	0,88	620	0,50	615	0,11	608	0,19
28	460	0,43	340	0,52	380	0,23	526	0,95	600	0,40	562	0,11	555	0,20
29	360	0,51	300	0,33	280	0,57	523	0,82	614	0,21	636	0,28	770	0,18
30	400	0,69	380	0,49	280	0,48	500	0,68	505	0,36	610	0,22	580	0,21
31	340	0,46	320	0,51	300	0,47	477	0,97	612	0,50	660	0,83	610	0,36
32	400	0,34	390	0,57	380	0,55	611	0,96	585	0,99	605	0,23	625	0,20
33	340	0,49	380	0,39	420	0,42	425	0,95	596	0,86	575	0,14	655	0,21
34	340	0,56	380	0,64	300	0,30	545	0,90	615	0,91	583	0,13	645	0,36
35	400	0,46	320	0,45	400	0,14	545	0,99	595	0,92	527	0,17	590	0,42

9-ilova(davomi)

№	Variant 22		Variant 23		Variant 24		Variant 25		Variant 26		Variant 27		Variant 28	
Tajri-ba	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	660	0,43	655	0,21	580	0,22	510	0,10	535	0,21	645	0,08	710	0,69
2	680	0,86	510	0,26	520	0,13	550	0,14	607	0,16	545	0,08	690	0,71
3	650	0,34	495	0,26	560	0,11	500	0,18	656	0,19	510	0,11	580	0,28
4	520	0,31	620	0,13	560	0,11	525	0,10	655	0,13	575	0,09	640	0,32
5	510	0,33	610	0,10	600	0,40	595	0,18	635	0,32	615	0,07	685	0,43
6	610	0,31	650	0,13	545	0,19	585	0,13	655	0,10	600	0,05	605	0,58
7	585	0,31	700	0,11	510	0,10	530	0,10	635	0,18	690	0,05	610	0,17
8	650	0,44	645	0,12	445	0,15	510	0,18	640	0,26	645	0,21	670	0,37
9	625	0,36	620	0,17	575	0,19	575	0,19	600	0,15	620	0,34	665	0,44
10	740	0,26	565	0,19	445	0,16	530	0,26	525	0,14	680	0,11	680	0,47
11	780	0,27	600	0,19	425	0,19	675	0,19	600	0,15	660	0,14	665	0,16
12	665	0,48	715	0,17	545	0,12	620	0,15	710	0,13	600	0,08	655	0,18
13	720	0,51	760	0,11	530	0,12	555	0,17	717	0,26	585	0,13	585	0,35
14	565	0,16	700	0,14	520	0,11	535	0,19	675	0,30	610	0,07	580	0,54
15	515	0,13	670	0,13	500	0,18	655	0,17	620	0,16	625	0,12	580	0,49
16	657	0,47	545	0,30	540	0,11	580	0,20	820	0,12	665	0,05	590	0,40
17	697	0,91	540	0,30	665	0,13	603	0,16	640	0,58	540	0,05	680	0,22
18	545	0,20	615	0,22	565	0,13	660	0,07	645	0,52	665	0,06	660	0,16
19	665	0,23	635	0,27	585	0,08	727	0,13	600	0,20	710	0,07	600	0,21
20	600	0,38	685	0,11	545	0,22	730	0,14	685	0,17	655	0,13	655	0,23
21	680	0,41	655	0,16	560	0,19	612	0,18	635	0,20	635	0,12	620	0,25
22	755	0,23	680	0,18	575	0,10	423	0,17	645	0,17	700	0,08	625	0,28
23	735	0,29	660	0,21	590	0,09	578	0,20	620	0,05	685	0,09	665	0,25
24	745	0,24	485	0,19	545	0,04	587	0,20	655	0,06	707	0,15	635	0,20
25	760	0,24	490	0,22	555	0,03	593	0,15	625	0,14	730	0,19	680	0,33
26	685	0,25	523	0,19	500	0,14	585	0,15	640	0,11	495	0,26	710	0,29
27	665	0,22	560	0,18	510	0,18	414	0,18	695	0,05	553	0,28	615	0,19
28	630	0,18	468	0,22	580	0,08	352	0,13	705	0,06	660	0,20	575	0,18
29	610	0,16	425	0,18	610	0,10	655	0,13	660	0,07	558	0,14	660	0,18
30	570	0,12	442	0,18	510	0,13	535	0,16	670	0,06	662	0,20	600	0,22
31	530	0,14	372	0,19	635	0,09	630	0,10	645	0,26	567	0,27	685	0,17
32	725	0,51	462	0,17	650	0,13	655	0,14	675	0,29	600	0,35	610	0,19
33	625	0,28	475	0,19	665	0,12	700	0,23	510	0,08	585	0,42	645	0,22
34	740	0,21	523	0,19	510	0,18	755	0,23	645	0,07	635	0,36	665	0,20
35	625	0,16	600	0,28	545	0,17	550	0,18	630	0,09	600	0,35	600	0,05

9–ilova (davomi)

№	Variant 29		Variant30	
Tajriba	X	Y	X	Y
1	690	0,05	327	0,65
2	620	0,15	346	0,81
3	815	0,54	407	0,33
4	755	0,28	366	0,81
5	640	0,34	387	0,60
6	665	0,17	412	0,37
7	625	0,12	261	0,23
8	625	0,12	363	0,18
9	675	0,22	345	0,16
10	590	0,19	320	0,10
11	620	0,20	314	0,14
12	660	0,12	328	0,88
13	715	0,19	328	0,71
14	735	0,11	280	0,12
15	650	0,24	361	0,58
16	340	0,74	422	0,60
17	300	0,95	312	0,12
18	360	0,66	412	0,34
19	340	0,12	361	0,67
20	360	0,71	384	0,71
21	380	0,41	421	0,41
22	360	0,22	425	0,47
23	321	0,16	326	0,78
24	341	0,56	368	0,84
25	362	0,85	369	0,34
26	300	0,18	368	0,88
27	384	0,59	365	0,61
28	411	0,98	364	0,81
29	320	0,57	344	0,63
30	300	0,42	415	0,44
31	325	0,10	412	0,59
32	221	0,25	328	0,66
33	364	0,53	259	0,17
34	329	0,47	364	0,56
35	349	0,64	328	0,12

