

**E. Kh.Bozorov, A. E.Kubayev, K.T.Suyarov,  
D.A.Ashurova, M.E.Khojiyeva**

# **MATEMATIK MODELNI YARATISH**



**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIV TA‘LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

**SAMARQAND DAVLAT TIBBIYOT UNIVERSITETI**

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI FANLAR AKADEMIYASI  
YADRO FIZIKASI INSTITUTI**

**E. Kh.Bozorov, A. E.Kubayev, K.T.Suyarov,  
D.T.Ashurova, M.E.Khojiyeva**

# **MATEMATIK MODELNI YARATISH**

O‘quv - uslubiy qo‘llanma

**SamDTU  
axborot-resurs markazi**

**Samarqand – 2024**

UO·K: 519.86

E.Kh.Bozorov, A.E.Kubayev, K.T.Suyarov, D.T.Ashurova, M.E.Khojiyeva.  
Matematik modelni yaratish. O'quv-uslubiy qo'llanma. – Samarqand: "SamDChTI"  
nashriyoti, 2024. – 40 bet.

O'quv-uslubiy qo'llanma "Matematik modellashtirish asoslari" ma'ruza kursi asosida tuzilgan bo'lib, oliy o'quv yurtlarida matematik modellashtirish yo'nalishi bakalavrlari uchun mo'ljallangan. Qo'llanmada matematik modelni yaratish tajribasi, bosqichlari, yondashuvlar va Simulyatsiya hamda Statistik modellashtirishlar ko'rib chiqiladi. Mavzular so'ngida nazorat savollari va vazifalari berilgan. Qo'llanma universitet talabalari, aspirantlar va matematik modellashtirish jarayonlarini o'rganadigan mutaxassislar uchun mo'ljallangan.

*Ushbu o'quv-uslubiy qo'llanma № AM-PZ-2019062031 « "Yadro energetikasi", "Yadro tibbiyoti va texnologiyalari", "Radiatsion tibbiyoti va texnologiyalari" fanlari bo'yicha bakalavr va magistrlar uchun multimediali darsliklarini yaratish» nomli innovasion loyixa doirasida yozib tayorlangan materiallarning pedagogik taxlili asosida yozilgan bo'lib, darsliklar mualliflariga minnatdorchilik bildiramiz.*

**Taqrizchilar:**

Uz R FA Yadro fizikasi instituti  
Yadro tibbiyoti laboratoriyasi katta  
ilmiy xodimi, f. -m f. n.:

**N.T. Sulaymanov**

Samarqand davlat tibbiyot universiteti  
«Informatika, informatsion  
texnologiyalari» kafedrasi mudiri dotsent:

**S.A. Karabayev**

Ushbu uslubiy qo'llanma SamDTU o'quv-uslubiy kengashida 2023-yil 1-noyabr  
3-sonli bayonnoma bilan nashrga tavsiya etilgan.

© "SamDChTI" nashriyoti, 2024

## MUNDARIJA

Kirish.....	4
1. Matematik modelni yaratish tajribasi .....	6
1.1. Matematik modelni yaratish bosqichlari.....	6
1.2. Matematik modellarni yaratishga yondashuvlar.....	8
1.3. Hisoblash tajribasi.....	10
1.4. Simulyatsiya modellashtirish.....	17
1.4.1. Statistik modellashtirish .....	19
1.4.2. Monte-Karlo Usuli.....	20
1.4.3 Monte-Karlo usulining xatosini baholash .....	24
1.5. Fizika, biologiyadagi matematik modellarga misollar.....	27
1.5.1. Suyuqlik, gaz va plazma, qattiq va deformatsiyalanadigan jismlar mexanikasi muammolaridagi modellar.....	27
1.5.2. Biologiyada evolyutsiya va rivojlanish modellari, biologik tizimlarning tarqalish modellari.....	30
1.6 Yirtqich-o'lja modeli.....	33
1.7. Evolyutsiyaning umumiy modellari. Nazariy populyatsiya genetikasi usullari. M. Kimuraning betaraflik nazariyasi .....	34
Nazorat savollari va vazifalari.....	38
Adabiyotlar.....	38

ЎзРФА Дунё Физикаси Институтига,  
Катта илмий хазина Ф.-М.Ф.И. Сулейман  
Н.Т.

## KIRISH

Matematik modellashtirishning turli elementlari bir vaqtning o'zida aniq fanlarning paydo bo'lishi bilan ishlatilgan. Ushbu fakt bilan bog'liq bo'lgan narsa shundaki, ularning ba'zilari ilm- fan arboblari, masalan, Nyuton va Eyler ismlarini olib yurishadi, "algoritm" esa o'rta asr olimi Al-Xorazmiy nomidan kelib chiqqan. Ushbu metodologiyaning ikkinchi "tug'ilishi" XX asrning 40-50-yillari oxiri va 50 — yillari boshlariga to'g'ri keldi va kamida ikkita sababga bog'liq edi: kompyuterlarning paydo bo'lishi, garchi hozirgi standartlarga muvofiq kamtarona bo'lsa-da, ammo shunga qaramay olimlarni juda katta hajmdagi hisoblash ishlaridan xalos qildi va misli ko'rilmagan ijtimoiy buyurtma. an'anaviy usullar bilan amalga oshirib bo'lmaydigan raketa-yadro qalqonini yaratish bo'yicha SSSR va AQSh milliy dasturlarini amalga oshirish. Matematik modellashtirish yordamida ushbu muammo hal qilindi. Birinchi bosqichda yadroviy portlashlar va raketalarning parvozlari kompyuterlar yordamida simulyatsiya qilindi, keyinchalik ular amalda amalga oshirildi. Ushbu fakt modellashtirish metodologiyasini yanada rivojlantirishga yordam berdi, ularsiz hozirgi kunda keng ko'lamlı texnologik, ekologlar yoki iqtisodiy loyihalar amalga oshirilmayapti.

Zamonaviy ilm- fan tomonidan o'rganilgan texnik, ekologik, iqtisodiy va boshqa texnologiyalar endi an'anaviy nazariy usullar bilan o'rganishga imkon bermaydi. Ular ustida to'g'ridan- to'g'ri tabiiy tajriba uzoq, qimmat, ko'pincha xavfli yoki shunchaki mumkin emas, chunki bu si-stemlarning aksariyati "yagona nusxada" mavjud. Ularga nisbatan xatolar va noto'g'ri hisob-kitoblarning narxi qabul qilinishi mumkin emas. Shu nuqtai nazardan, matematik modellashtirish ilmiy va texnologik taraqqiyotning muqarrar tarkibiy qismidir.

Matematik modellashtirish metodologiya bo'lib, matematika, fizika va biologiya kabi ilmiy fanlar vositasi sifatida ishlatiladi va ular bilan raqobatlashmaydi. Ijodiy faoliyatning deyarli barcha sohalarida tadqiqotchilardan tortib harbiy rahbarlarga qadar modellashtirish qo'llaniladi. Matematik modellashtirish quyidagi talablarning bajarilishi bilan ta'minlanishi kerak: asosiy tushunchalar va taxminlarni aniq shakllantirish, tajriba asosida (posteriori), ishlatilgan modellarning etarliligini tahlil qilish, hisoblash algoritmlarining kafolatlangan

aniqligi va boshqalar. Formalizatsiya qilish qiyin bo'lgan ob'ektlarni modellashtirishda matematik va matematik bo'lmagan atamalarning farqlanishini, shuningdek mavjud matematik apparatlardan foydalanish xususiyatlarini qo'shimcha ravishda hisobga olish kerak ob'ektlar ta'limotidan.

# 1. MATEMATIK MODELNI YARATISH TAJRIBASI

## 1.1. Matematik modelni yaratish bosqichlari

Matematik modellarning keskinligi juda qiyin jarayon bo'lib, u moddiy va vaqtinchalik resurslarning katta miqdorini o'z ichiga oladi, shuningdek bu fan sohasida ham, amaliy matematika, raqamli usullar, dasturlash, zamonaviy hisoblash tizimlari kabi sohalarda ham malakaga ega bo'lgan yuqori darajadagi mutaxassislariga ehtiyoj borligini anglatadi.

Modellarni qurish jarayonining bosqichlari orasida quyidagilarni ajratish mumkin .

1. *Modellashtirish ob'ektini tekshirish va modelni ishlab chiqish uchun texnik shartlarni shakllantirish.* Modelni loyihalash ob'ekt yoki hodisaning og'zaki-semantik tavsifidan boshlanadi. Ushbu bosqichda ob'ektning tabiati haqida umumiy ma'lumotlar, uni o'rganish maqsadlari to'g'risidagi ma'lumotlar va ba'zi taxminlar mavjud. Ushbu bosqichni premodelning formulasi deb ham atash mumkin. Bosqichning maqsadi modellashtirish muammosining mazmunli bayonotini ishlab chiqish, ya'ni og'zaki shaklda yozilgan modellashtirish ob'ekti haqidagi savollar to'plamini yaratish.

2. *Muammoning kontseptual va matematik bayoni.* Ushbu bosqichda ob'ektni idealizatsiya qilish tugallanadi, ahamiyatsiz omillar va effektlar tashlanadi. Muammoning kontseptual bayonining maqsadi maxsus fanlar terminologiyasida modellashtirish ob'ektining xususiyatlari va xatti-harakatlariga oid asosiy savollarni shakllantirish va farazlar to'plamidir. Natijada, taxminlar matemati- Cheski tomonidan ularning bajarilishini miqdoriy tahlil qilish uchun tavsiflanadi. Matematik tavsifni tuzish bosqichida ob'ektdagi asosiy hodisalar va elementlar oldindan ajratiladi va keyin ular o'rtasida aloqalar o'rnatiladi. Bundan tashqari, har bir tanlangan element va hodisa uchun uning ishlashini aks ettiruvchi tenglama yoziladi. Bundan tashqari, matematik tavsifda turli xil ta'kidlangan hodisalar orasidagi bog'lanish tenglamalari mavjud. Jarayonga qarab, matematik tavsif algebraik, differentsial tenglamalar tizimi sifatida ifodalanishi mumkin. Modellashtirish ob'ektini noyob tarzda tavsiflovchi matematik tenglamalar to'plamini olish jarayoni modellashtirish muammosining matematik bayoni deb ataladi.

3. *Sifatli tahlil va modelning to'g'riligini tekshirish.* Olingan matematik munosabatlar tizimining to'g'riligini nazorat qilish uchun bir qator majburiy tekshiruvlar talab qilinadi:

- ❖ o'lchovni boshqarish;
- ❖ tartiblarni nazorat qilish;
- ❖ qaramlik xususiyatini nazorat qilish;
- ❖ ekstremal vaziyatlarni nazorat qilish;
- ❖ chegara shartlarini nazorat qilish;
- ❖ jismoniy ma'noni boshqarish;
- ❖ ... matematik izolyatsiyani boshqarish.

"Modelning to'g'riligi" tushunchasi, ayniqsa murakkab matematikada juda muhimdir, chunki to'g'ri qo'yilgan vazifalarga raqamli usullarni qo'llash mumkin emas. Matematik muammoning to'g'riligini yangilashning og'zi murakkab vazifadir. Matematik modelning to'g'riligini ta'minlash uchun barcha nazorat tekshiruvlari o'tkazilishi kerak.

4. *Muammoni hal qilish usullarini tanlash va asoslash.* Yaratilgan model har qanday usul bilan, shu jumladan o'zaro tekshirish bilan o'rganiladi. Barcha modellar nazariy jihatdan hal qilinmaganligi sababli, so'nggi paytlarda hisoblash usullari keng qo'llanilmoqda. Ushbu holat chiziqli bo'lmagan ob'ektlarni tahlil qilishda muhim ahamiyatga ega, chunki bunday ob'ektlarning sifat darajasi noma'lum. Muammoni hal qilish usuliga qarab, barcha usullar quyidagilarga bo'linadi:

✓ analitik. Ushbu usullar natijalarni tahlil qilish uchun mos keladi, ammo ular faqat nisbatan oddiy modellar uchun amal qiladi. Muammoning analitik echimi mavjud bo'lganda, amaliy-chang'i raqamli echimi qo'llanilmaydi;

✓ algoritmik. Algoritmik usullar uchun kompyuter yordamida hisoblash tajribasi amalga oshiriladi.

Yechish usulini tanlash va modellashtirish dasturini ishlab chiqish bosqichi mavjud usullardan eng samarali (yechimni olish tezligi va uning eng aniqligi bo'yicha) yechish usulini tanlashni, uni yechim algoritmi shaklida amalga oshirishni nazarda tutadi.

5. *Kompyuter dasturlari shaklida echim topish yoki algoritmni amalga oshirish.* Ushbu bosqich hisoblash tajribasini tavsiflashda ko'rib chiqiladi.



6. *Modelning etarligini tekshirish.* Ushbu bosqichda ob'ektga formulyatsiya qilingan taxminlarga muvofiqligi aniqlanadi. Shu bilan birga, modelni o'rganish ham amalga oshiriladi maqsadga erishish har qanday usul bilan, masalan, tajriba bilan taqqoslash yoki boshqa pastki harakatlar bilan taqqoslash. Modelni haqiqiydan sezilarli darajada farq qiladigan natija yordamida olib tashlash yoki o'zgartirish kerak. Modelning ob'ektga nisbati darajasini belgilash bosqichi yakuniy hisoblanadi. Matematik modelning haqiqiy jarayonga muvofiqligini tekshirish uchun jarayon davomida ob'ektdagi o'lchov natijalarini bir xil sharoitlarda modelni bashorat qilish natijalari bilan taqqoslash kerak.

7. *Modeldan amaliy foydalanish.* Yaratilgan modelning qo'llanilishidan qat'i nazar, modellashtirish natijalarini sifatli va miqdoriy tahlil qilish kerak, bu sizga imkon beradi:

- ↓ ko'rib chiqilayotgan ob'ektni o'zgartirish, uning optimal xususiyatlarini topish;
- ↓ modelning ko'lamini qanday belgilash kerak;
- ↓ matematik sahnalashtirish bosqichida qabul qilingan farazlarning to'g'riligini tekshirish, kerakli aniqlikni saqlab, uning samaradorligini oshirish uchun nasos modelini soddalashtirish imkoniyatini baholash;
- ↓ kelajakda modelni qaysi yo'nalishda rivojlantirish kerakligini ko'rsating.

## 1.2. Matematik modellarni yaratishga yondashuvlar

Modellarni qurishda ikkita printsip qo'llaniladi:

- ✓ deduktiv (umumiydan xususiygacha);
- ✓ induktiv (xususiydan umumiygacha).

Birinchi yondashuvda taniqli fundamental modelning alohida holati ko'rib chiqiladi. Bu erda, berilgan taxminlar bilan, taniqli model simulyatsiya qilingan ob'ekt sharoitlariga moslashadi. Masalan, Nyutonning ma'lum qonuni asosida erkin tushadigan jism modelini yaratish va kichik vaqt oralig'ida teng tezlashtirilgan harakat modelini qabul qilish mumkin. Ikkinchi usul farazlarni taklif qilishni o'z ichiga oladi, dekom- murakkab ob'ektning pozitsiyasi, tahlil, keyin sintez. Bu erda modellashtirishga o'xshash o'xshashlik, tizimning xatti-harakatlari haqidagi taxminlar ko'rinishidagi ba'zi qonuniyatlarni

shakllantirish uchun nasos yordamida xulosa qilish keng qo'llaniladi. Masalan, atom tuzilishini modellashtirish shunga o'xshash tarzda amalga oshiriladi.

Tomson, Ruterford, bor modellarini eslang.

Matematik modellarni ishlab chiqishga yondashuvlar orasida:

**1. Tabiatning asosiy qonunlari.** Ushbu tamoyil tabiatning asosiy qonunlaridan aniq vaziyatga nisbatan foydalanishni o'z ichiga olgan eng keng tarqalgan printsipdir. Qoida tariqasida, qonunlar tan olingan, tajriba bilan tasdiqlangan va ilmiy va texnik yutuqlarning asosidir. Shu munosabat bilan ularning qo'shimcha asoslanishiga hojat yo'q. Natijada, eng muhim savol ma'lum bir muammoni hal qilish uchun ma'lum bir qonunni tanlashda paydo bo'ladi.

**2. Variatsion tamoyillar.** Iuni versiyasini tikishning ushbu yondashuvini birinchi yondashuv bilan taqqoslash mumkin, bu o'rganilayotgan ob'ekt haqidagi bayonotlar bo'lgan variatsion printsiplarni qo'llashni o'z ichiga oladi. Bunday holda, xatti-harakatlar variantlarini tanlash ma'lum shartlar asosida amalga oshiriladi. Hodisalar sinfi uchun olingan variatsion tamoyillar tegishli matematik modellarni bir xilda yaratishga imkon beradi. Ushbu yondashuv jarayonning o'ziga xos xususiyatini hisobga olmaslikka imkon beradi.

**3. Modellarni qurishda analogiyalardan foydalanish.** Analogiya usuli asosiy qonunlar yoki variatsion tamoyillarni tanlash mumkin bo'lmaganda qo'llaniladi. Bu bugungi kunda bunday qonunlar mavjud bo'lmasligi mumkin va shuning uchun ularni matematik tarzda tasvirlash mumkin emas. Masalan, populyatsiyalar dinamikasi uchun eng oddiy model (Maltus modeli), bu orqali radioaktiv parchalanish hodisasini tushuntirish mumkin.

**4. Modellarni olish uchun ierarxik yondashuv.** Barcha muhim omillarni hisobga olgan holda matematik modellarni qurish har doim ham qulay va asosli emas. Ushbu holatda "oddiy— murakkab" ni amalga oshirish yondashuvi ko'proq hurmatga sazovor. Ushbu yondashuv bilan oldingi modellarni alohida holatlar sifatida umumlashtiradigan to'liq modellar ierarxiyasi yaratiladi. Pastki darajadagi matematik modellar juda oddiy, odatiy bo'lishi mumkin, bu keng fantastika va tayyor modellar to'plamidan foydalanishga imkon beradi. Murakkab tizimning umumiy modelini ierar-XIK qurishda butun tizimni optimallashtirish vazifasi turli darajadagi bir qator

xususiy optimallashtirish vazifalariga bo'linadi. Bunday holda, optimallashtirishning umumiy mezonlari har bir daraja mezonlariga bo'linadi. Shunday qilib, katta o'lchamli vazifani bir qator kichik o'lchamli vazifalarga qisqartirish mumkin. Elementlar va darajalarning o'zaro ta'sirini hisobga olish kerak.

**5. Blok printsipi.** Matematik modellarni qurishda blok printsipi keng qo'llaniladi. Model ko'rib chiqilayotgan jarayonning u, yoki bu tomonini aks ettiruvchi alohida mantiqiy tugallangan bloklardan qurilgan. Modellarni qurishning blokli printsipi sizga imkon beradi: matematik modelning tuzilishidagi umumiy muammoni alohida kichik vazifalar bilan ajratish va shu bilan uni hal qilishni soddalashtirish, shuningdek boshqa modellarda ishlab chiqilgan bloklardan foydalanish, individual bloklarni modernizatsiya qilish va ularni yangilariga almashtirish. Modelning umumiy matematik tavsifi-bu alohida bloklarning matematik tavsiflari to'plami. Matematik modellarni qurishning blok printsipidan foydalanish ko'plab xizmatlarda jarayonlarni masshtablash muammosini hal qilishga imkon beradi.

Asosan, matematik modelning har bir bloki matematik Tavsifning turli darajadagi tafsilotlariga ega bo'lishi mumkin. Modelning barcha bloklarining kirish va chiqish o'zgarishlari o'zaro mos kelishi juda muhim, bu jarayonning matematik modeli tenglamalarining yopiq tizimini butunligicha olishni ta'minlaydi. Video har bir blokning matematik tavsifi parametrlari faqat moddalarning fizik-kimyoviy xossalari bo'lgan tenglamalarni o'z ichiga olishi kerak. Har bir blokning matematik tavsifida blok printsipidan amaliy foydalanishda uning tafsilotlarining u yoki bu darajasida empirik nisbatlardan foydalanish kerak.

### **1.3. Hisoblash tajribasi**

Odatda modellashtirish cheklangan nazariy modellardan olinmaydigan miqdorlarni hisoblash uchun ishlatiladi. Agar nazariya kerakli miqdoriy xulosalar chiqarsa, unda modellashtirish deyarli zarur emas. Ammo modellashtirish ko'pincha yangi empirik bilimlarni olish uchun nazariy modellarni kengaytirish uchun, shuningdek, ularni hali olish mumkin bo'lmagan sohalarda empirik tushunchalarni kengaytirish uchun ishlatiladi. Bunday holda, hisoblash katta rol

o'ynaydi.. Turli xil kimyoviy, fizik, biologik va boshqa muammolarni hal qilish orqali nazariy tahlil tadqiqotlarni o'tkazishning yangi metodologiyasiga aylantirildi hisoblash tajribasi. Jadvalda. 1 laboratoriya va hisoblash tajribasini taqqoslash ko'rsatilgan.

**Tajribada hisoblash va laboratoriya o'rtasidagi o'xshashlik  
(Jadval-1)**

Laboratoriya tajribasi	Hisoblash tajribasi
Namuna	Model
Jismoniy qurilma	Kompyuter uchun dastur
Kalibrlash	dasturni sinovdan o'tkazish
o'lchov	hisoblash
ma'lumotlarni tahlil qilish	ma'lumotlarni tahlil qilish

Hech qanday texnik yutuq insonning nainteletual faoliyatini elektron hisoblash mashinalari singari bajarmadi. Kompyuterlarning paydo bo'lishi kompyuter yordamida arifmetik ilogik operatsiyalarni bajarish tezligining oshishi hisobiga intellektual mehnat unumdorligida ajoyib o'zgarishlarga olib keldi. XXI asr boshida ularni ilmiy izlanishlarda nafaqat katta arifmometrlar sifatida ishlatish, balki ularning yordami bilan ilgari tadqiqotlar uchun deyarli mavjud bo'lmagan matematikaning bunday sohalarini o'rganishga murojaat qilish uchun haqiqiy imkoniyat paydo bo'ldi. Bu yadro fizikasi, ballistika, amaliy osmon mexanikasining murakkab matematik muammolarini hal qilishda aniq edi.

Hisoblash tajribasining asosi matematik modellashtirish, ushbu jarayonning nazariy bazasi amaliy matematika, texnik ta'minot esa kuchli elektron kompyuterlardir. Hisoblash eksperimentidan foydalanganda ushbu jarayonning umumiy asosiy xususiyatlari ham, aniq vazifalarning o'ziga xos xususiyatlari ham ko'rib chiqiladi.

Haqiqiy jarayonni ilmiy o'rganish nazariy yoki eksperimental ravishda bir-biridan mustaqil ravishda amalga oshirilishi mumkin. Haqiqatni bilishning bunday usuli bir tomonlama. Ilm-fan va

texnologiyalarni rivojlantirishning zamonaviy sharoitida ular ob'ektni har tomonlama o'rganishga harakat qilmoqdalar.

*Hisoblash tajribasi*-bu kompyuterdagi ob'ektning matematik modeli bo'yicha tajriba bo'lib, u modelning bir parametrlari bo'yicha uning boshqa juft metrlarini hisoblash va shu asosda matematik model tomonidan tavsiflangan hodisaning xususiyatlari to'g'risida xulosalar chiqarishdan iborat.

Hisoblash tajribasi quyidagi bosqichlardan iborat tsiklik jarayondir (2-rasm.):



**2-rasm. Hisoblash tajribasining texnologik siklining diagrammasi:**

1-matematik modelni qurish; 2-hisoblash usulini ishlab chiqish;  
3-dasturlash; 4-kompyuterda hisob-kitoblar; 5-hisob-kitob natijalarini tajriba ma'lumotlari bilan taqqoslash, modellarni aniqlashtirish

*1. Matematik modelni yaratish.* Birinchidan, jismoniy modelni tanlash amalga oshiriladi, buning uchun ko'rib chiqilishi kerak bo'lgan omillar va e'tiborga olinmaydigan omillar aniqlanadi. Bunday holda, modelning taxminlari yoki cheklovlari aniqlanadi, uning doirasida modellashtirish natijalarini to'g'ri deb hisoblash mumkin. Ushbu model differentsial yoki integral differentsial tenglamalar yordamida shakllantiriladi, ya'ni matematik atamalar asosida. Ushbu bosqich yuqorida, matematik modelni qurish jarayonini tavsiflashda batafsil muhokama qilinadi.

*2. Hisoblash usulini yaratish.* Thehisoblovchi eksperiment har doim ilogik operatorlarning algebraik formulalari ketma-ketligini ifodalovchi algoritmik echim usulidan foydalanadi. Bundan tashqari, bitta matematik muammo uchun turli xil hisoblash algoritmlari mavjud bo'lishi mumkin. Bunday vazifalar taxminiy va hisoblangan usullar bilan hal qilinadi. Ushbu usullarni qo'llash natijasida natriy turiga bo'linadigan xatolar yuzaga keladi:

❖ Manba ma'lumotlarining noto'g'ri topshirig'i bilan bog'liq tuzatib bo'lmaydigan xato.

❖ Asl muammoning diskret analogiga o'tish bilan bog'liq usulning xatosi.

❖ Kompyuterdagi raqamlarning cheksiz bit chuqurligi bilan bog'liq yaxlitlash xatosi.

❖ Raqamli va taxminiy echim usuli hisoblash algoritmi shaklida yozishni o'z ichiga oladi. Algoritmarga, shu jumladan hisoblash algoritmlariga qo'yiladigan talablar:

❖ Amalga oshirish, ya'ni. ruxsat etilgan mashina vaqti uchun muammoning echimini ta'minlash.

❖ Anqlik - ma'lum bir xato bilan va cheklangan miqdordagi operatsiyalar uchun asl muammoning echimini olish.

❖ Samaradorlik (samaradorlik), ya'ni bir xil anqlikka erishish uchun kamroq harakatlarni bajarish.

❖ Barqarorlik, ya'ni. hisoblash jarayonida xatolikni oshirish kerak emas.

❖ Eng aniq hisoblash algoritmlarini yaratish uchun ma'lum bir matematik muammoning o'ziga xos xususiyatlarini hisobga olgan holda ko'plab modifikatsiyalarni shakllantirish kerak. Raqamli usullarning quyidagi guruhlarini ular qo'llaniladigan ob'ektlarga qarab ajratish mumkin:

❖ interpolatsiya va raqamli farqlash;

❖ raqamli integratsiya;

❖ chiziqli inelinear tenglamalarning ildizlarini aniqlash

❖ chiziqli tenglamalar tizimini yechish;

❖ chiziqli bo'lmagan tenglamalar tizimini echish;

❖ oddiy differentsial tenglamalar uchun Koshi muammosini echish;

❖ oddiy differentsial tenglamalar uchun chekka muammolarni echish;

❖ qisman differentsial tenglamalarni echish;

❖ integral tenglamalarni yechish.

Muayyan muammoni hal qilish usulini tanlash juda ko'p sonli usullarning mavjudligi sababli juda murakkab ko'rinadi. Modelni amalga oshirish uchun turli xil muqobil algoritmik usullardan foydalanish mumkin. Shu munosabat bilan, echim usulini tanlash

natijalarning eng yaxshi samaradorligi, barqarorligi va aniqligini ta'minlashga qarab amalga oshiriladi.

3. *Kompyuterda amalga oshirish uchun algoritmgaga asoslangan dasturni ishlab chiqish.* Ishonchli va funktsional dasturiy ta'minotni (dasturiy ta'minotni) yaratish, ehtimol, oldingi bosqichlarni tenglashtirish uchun yanada murakkabdir. Ushbu bosqichda amalga oshirish zamonaviy algoritmik tillarni, kodlash texnologiyalari va tillarini va hisoblash tizimlarining manbasini bilishga bog'liq. Zamonaviy dasturlash-bu o'zining asosiy printsiplari, yondashuvlari va usullari bilan mustaqil fan. Shu munosabat bilan, dasturlar majmuasi dasturlash tillari, tarjimonlar, kompilyatorlar va standart modullarning kutubxonalarini o'z ichiga olgan murakkab tizimdir. Dasturlarni ishlab chiqish jarayonini quyidagi bosqichlarga bo'lish mumkin:

- ❖ texnik topshiriqni yaratish;
- ❖ dastur tuzilishini ishlab chiqish;
- ❖ matematik tavsif;
- ❖ algoritmlashtirish;
- ❖ dastur tilida kodlash;
- ❖ sinov va disk raskadrovka;
- ❖ texnik xizmat ko'rsatish va ekspluatatsiya.

Dasturlarni yaratish uchun matematik modellarni aks ettirish jarayoni o'rtacha 3-5 yil davom etadi. Yakuniy dasturiy ta'minot to'plamini yaratish uchun dasturiy ta'minotni ishlab chiqish strategiyasini ko'rib chiqish, uning modulliligini, shuningdek kirish va chiqish parametrlarining izchilligini ta'minlash kerak. Zamonaviy dasturlash texnologiyalari orasida quyidagilar ajralib turadi:

- ❖ \* strukturaviy dasturlash;
- ❖ \* mavhum dasturlash;
- ❖ \* ob'ektga yo'naltirilgan dasturlash;
- ❖ \* vizual dasturlash.

#### 4. *Kompyuterda hisob-kitoblarni amalga oshirish.*

Bu erda o'xshashlik snatura tajribasi bilan eng aniq namoyon bo'ladi. Farqi shundaki, laboratoriyada eksperimentator maxsus qurilgan qurilma yordamida priro- de-ga "savollar beradi", hisoblash tajribasi bo'yicha mutaxassislar esa kompyuter yordami bilan ushbu savollarni matematik modelga berishadi. Ba'zi hollarda javob ba'zi

raqamli ma'lumotlar shaklida olinadi, keyinchalik ularni hal qilish kerak. Shuni ta'kidlash kerakki, modelning ishonchliligi hisoblash tajribasi paytida ma'lumotlarning aniqligi bilan ta'minlanadi. Aynan shuning uchun test sinovlari o'tkaziladi. Ular dasturni "disk raskadrovka" qilish va matematik modelning etarliligini tekshirish uchun zarurdir.

*5. Hisoblash natijalarini qayta ishlash.* Ushbu bosqichda hisoblash natijalari va xulosalarini har tomonlama tahlil qilish amalga oshiriladi, shundan so'ng modani aniqlashtirish zarurati aniq bo'ladi- yoki natijalar, oqilona va ishonchli tekshirilgandan so'ng, ijro etish uchun mijozga topshiriladi.

Bundan tashqari, keyingi bosqichlar bilan tasniflashni davom ettirishingiz mumkin

*6. Modelni aniqlashtirish uchun zarur bo'lgan ma'lumotlarni olish uchun tabiiy eksperiment o'tkazish.*

*7. Eksperimental ma'lumotlarni to'plash.*

*8. Matematik modelni yaratish.*

*9. Matematik modelning dasturiy ta'minotini avtomatik ravishda qurish.*

*10. Raqamli echimni avtomatlashtirilgan topish.*

*11. Avtomatlashtirilgan hisoblash konvertatsiyasi natijalarni tahlil qilish uchun qulay shaklda.*

*12. Qaror qabul qilish o dala tajribalarini davom ettirish.*

Shunday qilib, hisoblash tajribasining asosini uchlik tashkil etadi: model — algoritm — dastur. Katta muammolarni hal qilish tajribasi shuni ko'rsatadiki, matematik modellashtirish usuli va hisoblash tajribasi an'anaviy nazariy va eksperimental tadqiqot usullarining barcha afzalliklarini birlashtiradi. Yagona dasturiy ta'minot majmuasi shaklida amalga oshirilgan o'zgartirilgan zanjir hisoblash tajribasining "texnologiyasini" tashkil etadi.

*Hisoblash tajribasining asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat:*

❖ o'rnatish yoki apparatni o'zgartirmasdan ob'ektni o'rganish imkoniyati;

❖ har bir omilni o'rganish imkoniyati, aslida esa ular bir vaqtning o'zida harakat qilishadi;



❖ amaliyotda amalga oshirilmaydigan jarayonlarni o'rganish imkoniyati.

❖ Matematik modellashtirish orqali hisoblash tajribasi fan va texnikaning shaxsiy sohalarida tobora ko'proq yangi dasturlarni topmoqda:

❖ Energiya muammosi. Atom sanoatining muammolari matematik modellashtirish yordamida samarali hal qilinadi. Xususan, paxta yernonuklear reaktorlarda sodir bo'ladigan fizik jarayonlarni o'rganishda hisoblash tajribasi qo'llaniladi, bu esa natural tajriba bilan birgalikda ushbu sohadagi tadqiqotlarni tezlashtiradi va soddalashtiradi.

❖ Kosmik texnologiyalar. Ic matematik modellashtirish-uchish vositalarining harakatini, aerodinamik qarshilik muammolarini hisoblash, shuningdek radar ma'lumotlarini, masalan, sun'iy yo'ldoshlarning rasmlarini tahlil qilish uchun ishlatiladi. Ushbu holatda asosiy rolni o'lchash uskunalari sifatini oshirish muammosi o'ynaydi. Kompyuter bilan birgalikda o'lchash moslamasi eng yuqori sifatli qurilmalar bilan taqqoslanadigan natijalarga erishishi mumkinligi aniqlandi. Natijada, o'lchash va hisoblash vositalarining kombinatsiyasi muammolarni hal qilishning yangi darajasiga erishishga imkon beradi.

❖ Texnologik jarayonlar. Materiallarni sintez qilish muammolari, shu jumladan berilgan xususiyatlarga ega, kompyuter texnologiyalari va elementlar bazasini ishlab chiqish, dizaynlarning texnologik rejimlarini tahlil qilish, lazer plazma jarayonlari hozirda matematik modellashtirish yordamida hal qilinmoqda.

❖ Ekologik muammolar. Ushbu sohada matematik modellashtirish atrof-muhit tizimlarini bashorat qilish va boshqarish kabi masalalarni hal qilishga imkon beradi, chunki ular bitta bo'lishi mumkin.

❖ Geo - va astrofizik hodisalar. Iqlimni o'rganish, turli xil tabiiy ofatlarni bashorat qilish, shuningdek, yulduzlarning rivojlanishi va Koinotning kelib chiqishini o'rganish matematik modellashtirishsiz mumkin emas.

❖ Kimyo. Matematik modellashtirish kimyoviy reaksiyalarni hisoblash va kimyoviy jarayonlarni turli darajalarda o'rganish uchun ishlatiladi.

Biologiya. Modellashtirishga eng katta qiziqish imorfogenez genetikasining asosiy muammolarini hal qilish, shuningdek biotexnologiyaning yangi istiqbolli usullarini yaratish zarurati bilan bog'liq.

#### 1.4. Simulyatsiya modellashtirish

Hozirgi vaqtda taqlid modellashtirish deganda nimani tushunish kerakligi haqida so'rashning yagona nuqtai nazari mavjud emas. "Simulyatsiya modellashtirish" atamasining ta'riflari juda ko'p.

*Simulyatsiya* - bu jarayonlarni haqiqatda qanday o'tganligini tasvirlaydigan modellarni yaratishga imkon beradigan usul. Bunday modelni bitta sinov uchun ham, ularning rad etilgan to'plami uchun ham "yo'qotish" mumkin. Bunday holda, natijalar tasodifiy belgilar jarayonlari bilan belgilanadi. Ushbu ma'lumotlarga ko'ra siz etarli darajada olishingiz mumkin

barqaror statistika.

Boshqa ta'rif: *simulyatsiya* - bu tadqiqot usuli bo'lib, unda o'rganilayotgan tizim haqiqiy tizimni etarlicha aniqlik bilan tavsiflovchi model bilan almashtiriladi va ushbu tizim haqida ma'lumot olish uchun tajribalar o'tkaziladi.

Ajoyib sabablarga ko'ra analitik modellar ishlab chiqilmagan yoki olingan modelni hal qilish usullari ishlab chiqilmagan ob'ektlar sinfi mavjud. Bunday holda, matematik model taqlid yoki taqlid modeli bilan almashtiriladi.

*Simulyatsiya modeli*-ob'ektning ishlashini loyihalash, tahlil qilish va baholash uchun kompyuterda tajriba o'tkazish uchun ishlatilishi mumkin bo'lgan ob'ektning mantiqiy-matematik tavsifi.

Simulyatsiya modelini tizim kelajakda ma'lum bir hozirgi holatdan qaysi holatga o'tishini aniqlaydigan ko'plab qoidalar (differentsial tenglamalar, holat xaritalari, avtomatik paspaslar, tarmoqlar va boshqalar) deb hisoblash mumkin.

Simulyatsiya-bu modelni vaqt o'tishi bilan (diskret yoki uzluksiz) holat o'zgarishi orqali o'tkazadigan "bajarish" jarayoni. Taqlid, ahamiyatsiz bo'lmagan muammolarni hal qilish usuli sifatida, 1950-1960-yillarda kompyuterlar yaratilishi bilan dastlabki rivojlanishni oldi. Simulyatsiya modellashtirishning maqsadi

o'rganilayotgan tizimning xatti— harakatlarini uning elementlari o'rtasidagi eng muhim munosabatlarni tahlil qilish natijalari asosida takrorlash yoki boshqacha qilib aytganda-turli xil tajribalarni o'tkazish uchun o'rganilayotgan fan sohasi simulyatorini ishlab chiqishdir.

Simulyatsiya modellashtirishga qachon murojaat qilinadi:

- ❖ haqiqiy ob'ektni sinab ko'rish qimmat yoki imkonsizdir;
- ❖ analitik modelni yaratish mumkin emas: tizimda vaqt, sababiy munosabatlar, oqibat, chiziqli bo'lmagan, stoxastik (tasodifiy) o'zgaruvchilar mavjud;

- ❖ vaqt o'tishi bilan tizimning xatti-harakatlarini taqlid qilish kerak. Keling, simulyatsiya jarayonini klassik matematik model bilan taqqoslash orqali tasvirlashga harakat qilaylik. Murakkab tizimning matematik modelini yaratishda bir qator qiyinchiliklar paydo bo'lishi mumkin. Model, qoida tariqasida, ko'p sonli parametrlarni, elementlar orasidagi ko'plab aloqalarni va turli xil chiziqli bo'lmagan cheklovlarni o'z ichiga oladi, haqiqiy tizimlarga ko'pincha tasodifiy turli omillar ta'sir qiladi, ularni analitik ravishda hisobga olish juda katta qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi, ko'pincha ularning soni bilan engib bo'lmaydi. Ushbu qiyinchiliklar simulyatsiya modellashtirishdan foydalanishga olib keladi. Simulyatsiya modellashtirishning sanalitik taqqoslashning asosiy afzalligi yanada murakkab muammolarni hal qilish qobiliyatidir. Simulyatsiya modellari diskret va uzluksiz elementlarning mavjudligi, tizim elementlarining chiziqli bo'lmagan xususiyatlari, ko'plab tasodifiy ta'sirlar va ko'pincha analitik tadqiqotlarda qiyinchilik tug'diradigan boshqa omillarni hisobga olishga imkon beradi.

Hozirgi vaqtda simulyatsiya tizimlarni tadqiq qilishning eng samarali usuli hisoblanadi, a ko'pincha si- stema xatti-harakatlari haqida ma'lumot olishning yagona usuli hisoblanadi, ayniqsa uni loyihalash bosqichida.

*Simulyatsiya simulyatsiyasida ikkita usul mavjud:*

- ❖ statistik modellashtirish usuli;
- ❖ statistik sinov usuli (Monte-Karlo). Monte-Karlo usuli- ehtimollik xususiyatlari analitik muammolar yechimlari bilan mos keladigan tasodifiy o'zgaruvchilar va funksiyalarni modellashtirish uchun qo'llaniladigan raqamli usul. Bu tasodifiy o'zgaruvchilar va

funktsiyalarni amalga oshirish, matematik statistika usullari bilan ma'lumotlarni qayta ishlash bo'lgan jarayonlarni qayta-qayta takrorlashdan iborat.

Agar ushbu usul tasodifiy ta'sirlarga duchor bo'lgan tizimlarning ishlash jarayonlarining xususiyatlarini o'rganish uchun mashinani taqlid qilish uchun ishlatilsa, unda bu usul statistik modellashtirish usuli deb ataladi. Simulyatsiya usuli tizim tuzilishi variantlarini, tizimni boshqarishning turli algoritmlarining samaradorligini, tizimning turli parametrlarining o'zgarishi ta'sirini baholash uchun ishlatiladi. Muayyan cheklovlar ostida ushbu xususiyatlar bilan tizim yaratish zarur bo'lganda, simulyatsiya tizimlarning strukturaviy, algoritmik va parametrik sintezi uchun asos bo'lishi mumkin.

Simulyatsiyani qo'llash sohalari:

- ❖ jismoniy jarayonlar;
- ❖ Materialshunoslik;
- ❖ nanotexnologiya;
- ❖ biznes jarayonlari;
- ❖ ishlab chiqarish;
- ❖ axborot xavfsizligi va boshqalar.

#### 1.4.1. Statistik modellashtirish

Statistik *modellashtirish*-matematik muammolarni echishning raqamli usuli, unda kerakli miqdorlar har qanday tasodifiy hodisaning ehtimollik xususiyatlari bilan ifodalanadi, bu hodisa modellashtiriladi, shundan so'ng kerakli xususiyatlar modelning "kuzatuvlari" ni statistik qayta ishlash orqali aniqlanadi. Berilgan usul kerakli qiymatni hodisaning tasodifiy natijasidan raqamli funktsiyani matematik kutish bilan ifodalaydi, ya'ni.ehtimollik o'lchovi bo'yicha integral. Har bir" tajriba "ni o'tkazish ikki qismga bo'linadi: tasodifiy natijani" chizish " va funktsiyani keyingi hisoblash. Agar barcha natijalarning maydoni va ehtimoliy o'lchov juda murakkab, chizish ketma-ket bir necha bosqichlardan tashqari amalga oshiriladi. Tasodifiy tanlovhar bir bosqichda tasodifiy raqamlar yordamida amalga oshiriladi, masalan, libofizik sensor sifatida yaratilgan;

foydalanuvchi-shuningdek, ularning arifmetik taqlidlari-soxta tasodifiy sonlar. Shunga o'xshash tasodifiy tanlov matematik statistika va o'yin nazariyasida qo'llaniladi. protseduralari

Statistik modellashtirish kompyuterda integral tenglamalarni echish uchun keng qo'llaniladi, masalan, katta tizimlarni o'rganishda. Ular ko'p qirraliligi bilan qulaydir, qoida tariqasida ular katta hajmdagi xotirani talab qilmaydi. Kamchilik-bu katta tasodifiy xatolar, tajribalar sonining ko'payishi bilan juda sekin kamayadi. Shu sababli, kuzatilgan miqdorlarning tarqalishini va model eksperimentining hajmini kamaytirishga imkon beradigan modellarni o'zgartirish usullari ishlab chiqilgan.

### 1.4.2. Monte-Karlo Usuli

Uzoq vaqt davomida cho'zish usulining nazariy tavsifi mavjud bo'lganda, Monte-Karlo usuli faqat kompyuterlarning paydo bo'lishi bilan keng qo'llanila boshlandi, ya'ni.tasodifiy avlodni yaratish va hisoblashda foydalanish vazifasi juda mashaqqatli vazifadir.

*Monte-Karlo usuli*-bu stoxastik (tasodifiy) jarayonning ko'p sonli dasturlarini amalga oshirishga asoslangan raqamli usullar guruhining umumiy nomi, uning ehtimollik xususiyatlari hal qilinadigan muammoning sanalogik qiymatlariga to'g'ri keladigan tarzda hosil bo'ladi . Usulning nomi qimor sanoati rivojlangan vknyaje- stve Monako shahridan kelib chiqqan, chunki tasodifiy o'zgaruvchilarni yaratish uchun oddiy mexanik qurilma lenta o'lchovidir.

### Monte-Karlo usulining tarixi

Taxminiy hisob- kitoblar sohasida tasodifiy hodisalardan foydalanish g'oyasining paydo bo'lishi odatda 1878 yilda, Xollning chis- la-ni aniqlash bo'yicha ishi paydo bo'lganida, parallel chiziqlar bilan chizilgan qog'ozga tasodifiy igna otish bilan bog'liq. Ishning mohiyati, ehtimolliqi raqam orqali ifodalangan hodisani eksperimental ravishda takrorlashdan iborat masala, va bu ehtimollikni taxminiy ravishda baholang. Monte-Karlo usuli birinchi marta 1949 yilda Metropolis va ulam tomonidan Amerika statistika assotsiatsiyasi jurnalining "Monte-Karlo usuli" maqolasida taklif qilingan. J. Neyman

va S. ulam. Monte-Karlo usuli bo'yicha mahalliy ishlar 1955-1956 yillarda paydo bo'lgan. O'sha vaqtdan boshlab Monte-Karlo usuli bo'yicha keng bibliografiya to'plangan. Hatto ish nomlarini tezda ko'rib chiqish ham Monte-Karlo usulining ko'plab fan va texnologiya sohalaridagi amaliy muammolarni hal qilish uchun qo'llanilishi to'g'risida xulosa chiqarishga imkon beradi.

Dastlab Monte-Karlo usuli asosan neytron fizikasi muammolarini hal qilish uchun ishlatilgan, bu erda an'anaviy raqamli usullar kam mos keladi. Bundan tashqari, uning ta'siri statistik fizika muammolarining keng sinfiga tarqaldi, ularning mazmuni juda farq qiladi. Monte-Karlo usuli hisoblash Mate usullarini rivojlantirishga sezilarli ta'sir ko'rsatdi va davom etmoqda (masalan, raqamli integratsiya usullarini ishlab chiqish) ko'pgina muammolarni hal qilishda IPRI boshqa hisoblash usullari bilan muvaffaqiyatli birlashtirilib, ularni to'ldiradi. Uning qo'llanilishi, birinchi navbatda, nazariy va ehtimollik tavsifiga imkon beradigan vazifalarda oqlanadi. Bu ehtimollik mazmuniga ega bo'lgan muammolarda ma'lum bir ehtimollik bilan javob olishning tabiati va hal qilish tartibini sezilarli darajada soddalashtirish bilan izohlanadi.

#### *Kompyuterda tasodifiy o'zgaruvchilarni olish tamoyillari*

Tasodifiy o'zgaruvchilarni olishning eng oddiy mexanizmi lenta o'lchovidir, bu erda raqamlar bilan aylanadigan diskni to'xtatish paytida sobit igna tasodifiy o'zgaruvchining o'ziga xos qiymatini ko'rsatadi.

Lenta o'lchovini boshlash va to'xtatishning tsiklik jarayoni, har bir tsiklda olingan raqamlarning guruhlarga birlashishi bilan siz tasodifiy raqamlar jadvalini tuzishingiz mumkin. Milliondan ortiq raqamlar eng katta shunga o'xshash jadvalni o'z ichiga oladi.

Tasodifiy sonlar jadvallari olish juda qiyin vazifadir. Bunday jadvalni yaratish uchun uni tekshirish kerak, chunki jismoniy qurilma bir xil taqsimotdan farq qiladigan tasodifiy sonlarni hosil qiladi. Tasodifiy sonlarning katta jadvallari bilan ishlashda katta hajmdagi xotira talab qilinadi, bu esa ushbu jadvalni saqlaydigan tegishli faylni egallaydi.

Bu holda eng oddiy echim kevm lenta o'lchovini ulash bo'ladi. Bunday holda, tasodifiy sonlarni yaratish tezligi sezilarli darajada kamayadi. Shu munosabat bilan, tasodifiy o'zgaruvchilarning eng samarali generatori quyidagi algoritmni amalga oshirishda vakuumli

naychalardagi shovqinlar bo'лади: agar shovqin darajasining chegarasi oshib ketgan bo'lsa, bitta sonda bir necha marta, aks holda nol o'rnatiladi.

Amalda, generatorlar soni nol va birliklar yozilgan psevdotasodifiy sonning bitlari yig'indisiga teng. Bunday holda, har bir bosqichda intervalda bir xil taqsimotga ega bo'lgan bitta to'liq raqam hosil bo'лади.

*Ushbu avlod usulining kamchiliklari:*

1) elektron shovqin generatorlarining noto'g'ri ishlashi tufayli nol va birliklarning teng ehtimoli yo'qligi.

2) dasturning ishlashini tekshirish uchun raqamlarning tasodifiy ketma-ketligini takrorlashning mumkin emasligi.

### *Soxta tasodifiy raqamlar*

Yuqoridagi sensorlarni kompyuterda ishlatish juda qimmat, chunki hisob-kitoblarda tasodifiy raqamlar kamdan kam qo'llaniladi. Ushbu muammoni hal qilish uchun soxta tasodifiy raqamlardan foydalanish mumkin. Soxta tasodifiy sonlarni olish kompyuter tomonidan matematik operatsiyaga kiritilgan algoritmlar va funktsiyalar asosida amalga oshiriladi. Ushbu algoritmlar va funktsiyalar doimiy ravishda tekshiriladi, shuning uchun soxta tasodifiy sonlarni yaratish sifati odatda ta'minlanadi. Biroq, kompyuterning barcha harakatlari oldindan dasturlashtirilganligi sababli, shu tarzda olingan soxta tasodifiy raqamlarni tasodifiy deb atash qiyin. Soxta tasodifiy ketma-ketliklarni ob'ektiv qo'llash uchun ularning xususiyatlarini tushunish kerak. Avval psevdo tasodifiy raqam deb ataladigan narsani aniqlaymiz. Ushbu raqamlar, qoida tariqasida, tasodifiy qiymatga xos bo'lgan bir qator talablarga javob beradigan, cheklangan formulada hisoblangan raqamlarni o'z ichiga oladi.

J. bilan fon Neyman 1951 yilda psevdo tasodifiy sonlar ketma-ketligini yaratish uchun birinchi algoritmni ishlab chiqdi, u quyidagicha kvadratlarning o'rta usuli deb ataladi:

Ixtiyoriy 4 xonali butun son  $n_1 = 5243$  berilsin. Uni kvadratga aylantirganda 8 xonali  $n_{12} = 27489049$  raqami olinadi. Biz ushbu sonning 4 ta o'rta raqamini olamiz va ularni  $n_2 = 4890$  deb belgilaymiz. Shundan so'ng, biz allaqachon yangi raqamni o'rnatdikvadrata  $n_{22} = 23912100$  keyingi 4 ta o'rta raqamni olamiz.

Natijada  $n_3 = 9121$  raqami olinadi. Ko'rsatilgan takroriy harakatlarni davom ettirib, biz  $n_4 = 1926$ ;  $n_5 = 7094$ ;  $n_6 = 3248$ ; va boshqalarga ega bo'lamiz.: 0,5243; 0,4890; 0,9121; 0,1926; 0,7094; 0,3248 va boshqalar.

Yuqoridagi oddiy algoritmdan yanada murakkablari yaratildi. Biroq, psevdotasodifiy sonlar ketma-ketligini yaratish mexanizmi o'zgarmasdirkeyinchalik avvalgisidan keyingi qiymatni olishdan iborat.

*Soxta tasodifiy sonlarni olish usullarining afzalliklari:*

- 1) tasodifiy sonlarni olish tezligi mutanosibkompyuterning ishlashida, chunki soxta tasodifiy sonni olish uchun minimal miqdordagi oddiy operatsiyalar kerak.
- 2) psevdotasodifiy sonlarni yaratish algoritmlari takrorlanuvchi formulalarni qo'llash orqali juda oddiy.
- 3) psevdotasodifiy sonlar ketma-ketligining takrorlanishi.
- 4) suv turi muammolarining psevdotasodifiy sonlari ketma-ketligini ularni sertifikatlash va parametrlarning o'zgarishini tavsiflash uchun qo'shimcha protseduralarsiz doimiy ravishda ishlatish imkoniyati.

### *Monte-Karlo usulining mohiyati*

Monte-Karlo usulining mohiyati quyidagilardan iborat: o'rganilayotgan ba'zi miqdorning  $a$  qiymatini topish talab qilinadi. Buning uchun matematik kutish teng bo'lgan  $x$  tasodifiy o'zgaruvchini tanlang:

$$M(X) = a.$$

Amaliy jihatdan ular buni qilishadi: ular  $n$  sinovlarini o'tkazadilar, natijada

$n$  mumkin bo'lgan  $x$  qiymatlari olinadi; ularning o'rtacha qiymatini hisoblang

arifmetik  $\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}$  va  $x$  ni kerakli  $a$  sonining  $a^*$  darajasi (taxminiy qiymati) sifatida qabul qiling:

$$a - a^* \quad (1)$$

Monte-Karlo usuli ko'plab sinovlarni talab qilganligi sababli, u ko'pincha statistik sinov usuli deb ataladi. Ushbu usul nazariyasi  $x$  tasodifiy o'zgaruvchini qanday tanlash kerakligini, uning mumkin



bo'lgan qiymatlarini qanday topishni ko'rsatadi. Xususan, ishlatilgan tasodifiy o'zgaruvchilarning dispersiyasini kamaytirish usullari ishlab chiqilmoqda, natijada xato kamayadi.

Monte-Karlo usuli juda tez-tez, ba'zan tanqidiy va samarali tarzda qo'llaniladi. Bu aniq afzalliklarga ega:

1. U hech qanday regularlik takliflarini talab qilmaydi, kvadratik integratsiyaning kaliti bilan. Bu foydali bo'lishi mumkin, chunki ko'pincha tasodifiy o'zgaruvchi juda murakkab funktsiya bo'lib, uning muntazamlilik xususiyatlarini aniqlash qiyin.

2. Bu, hatto ko'p o'lchovli holatlarda ham, masalan, o'lchovlar soni 10 dan oshganda, raqamli integratsiya qo'llanilmaganda ham amalga oshiriladigan protseduraga olib keladi.

3. Kichik cheklovlarda yoki vazifani oldindan tahlil qilmasdan qo'llash oson.

*Biroq, uning ba'zi kamchiliklari bor, ya'ni:*

1. Xato chegaralari aniq belgilanmagan, ammo ba'zi bir tasodifiylikni o'z ichiga oladi. Biroq, bu haqiqiy qiyinchilikdan ko'ra ko'proq psixologik.

2. Statik xato asta-sekin kamayadi.

3. Tasodifiy raqamlarga ega bo'lish zarurati.

### 1.4.3 Monte-Karlo usulining xatosini baholash

Agar  $x$  tasodifiy o'zgaruvchining  $a^*$  matematik kutilishini olish uchun  $n$  mustaqil qiymatlar ishlab chiqarilgan bo'lsa ( $x$  ning  $n$  mumkin bo'lgan qiymatlari o'ynalgan bo'lsa) va ular uchun tanlangan o'rtacha  $x$  bo'lsa, u kerakli daraja sifatida qabul qilinadi:  $a^*$  o'lchov  $x$ . agar siz tajribani takrorlasangiz, unda boshqa mumkin bo'lgan qiymatlar olinadi.  $x$  qiymatlari, shuning uchun boshqa o'rtacha,  $a$  degan ma'noni anglatadi va  $a^*$ ning boshqa bahosi. Bundan kelib chiqadiki, matematik kutishning aniq bahosini olish mumkin emas. Tabiiyki, xato miqdori haqida savol tug'iladi. Biz faqat yuqori chegarani topish bilan cheklanamiz  $\delta$  berilgan ehtimollik (ishonchlilik) bilan boshlangan xato  $\gamma$ ;

$$P(X - a \leq \delta) = \gamma \quad (1)$$

Bizni qiziqtirgan xatoning yuqori tomoni  $\delta$  ishonch intervallari yordamida tanlangan o'rtacha matematik kutishning "aniqligi" dir. Quyidagi uchta holatni ko'rib chiqing.

1. Tasodifiy o'zgaruvchi  $x$  normal taqsimlanadi va uning o'rtacha kvadratik og'ishi  $\delta$  ma'lum. Bunday holda, ishonchlilik bilan  $\gamma$  xatolikning eng yuqori chegarasi

$$\delta = \frac{t \cdot \sigma}{\sqrt{n}}, \quad (2)$$

bu erda  $n$ -sinovlar soni (o'ynagan  $x$  qiymatlari); T-Laplas funktsiyasi argumentining qiymati, unda

$$\Phi(t) = \frac{\gamma}{2}, \quad \sigma - \text{ma'lum bo'lgan o'rtacha kvadratik og'ish } X.$$

2. Tasodifiy o'zgaruvchi  $X$  normal taqsimlanadi va uning o'rtacha kvadrat og'ishi  $\sigma$  noma'lum. Bunday holda, ishonchliligi bilan  $\gamma$  xatoning yuqori chegarasi

$$\delta = \frac{t_\gamma \cdot s}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

Byerda

$n$ -sinovlar soni;

$s$  - "tuzatilgan" o'rtacha kvadratik og'ish,

$t_\gamma$  - jadval qiymatlari bo'yicha topilgan.

3. Tasodifiy o'zgaruvchi  $x$  normadan farq qiladigan qonunga muvofiq taqsimlanadi. Bunday holda, ishonchliligi taxminan  $\gamma$  ga teng bo'lgan etarlicha katta miqdordagi sinovlar ( $n \gg 30$ ) bilan xatoning yuqori chegarasini (2) formula bo'yicha hisoblash mumkin, agar tasodifiy o'zgaruvchining  $\sigma$  ning o'rtacha kvadrat og'ishi  $x$  ma'lum bo'lsa; agar o'lchovning kattaligi noma'lum bo'lsa, unda (2) formulaga uning  $s$  — "tuzatilgan" bahosini almashtirish mumkin" o'rtacha kvadrat og'ish yoki formuladan foydalaning (3). Biz shuni ta'kidlaymizki,  $n$  qancha ko'p bo'lsa, ikkala formula ham beradigan natijalar orasidagi farq shunchalik kam bo'ladi. Buning sababi shundaki,  $n \rightarrow \infty$  da talabanning taqsimlanishi normaga intiladi. Yuqoridagilardan kelib chiqadiki, Monte-Karlo usuli ehtimollik nazariyasi, matematik statistika va hisoblash matematikasi muammolari bilan chambarchas bog'liq. Tasodifiy o'zgaruvchilarni (ayniqsa, teng taqsimlangan) modellashtirish vazifasi bilan bog'liq holda, sonlar nazariyasi usullari ham muhim rol o'ynaydi.

Boshqa hisoblash usullari qatorida Monte-Karlo usuli soddaligi va umumiyligi bilan ajralib turadi. Sekin konvergentsiya usulning muhim kamchiligi hisoblanadi, ammo uning modifikatsiyalari ko'rsatilishi

mumkin, bu esa muayyan taxminlar bo'yicha konvergenstsiyaning yuqori tartibini ta'minlaydi. To'g'ri, hisoblash protsedurasi murakkablashadi va murakkabligi jihatidan hisoblash matematikasining boshqa protseduralariga yaqinlashadi. Monte-Karlo usulining konvergenstsiyasi ehtimollik konvergenstsiyasidir. Ushbu holatni uning kamchiliklari qatoriga kiritish qiyin, chunki ehtimollik usullari amaliy qo'llanmalarda o'zini etarli darajada oqlaydi. Ehtimoliy tavsifga ega bo'lgan vazifalarga kelsak, ehtimollik bo'yicha konvergenstsiya ularni o'rganishda ham ma'lum darajada tabiiydir.

### **Monte-Karlo usulini fizik jarayonlarni modellashtirishda qo'llash**

Monte-Karlo usuli bilan jismoniy muammolarni hal qilishning mohiyati shundaki, jismoniy hodisa uning dinamikasini aks ettiruvchi simulyatsiya qilingan ehtimollik jarayoni bilan taqqoslanadi (boshqacha qilib aytganda, jarayonning har bir elementar harakati uni amalga oshirish ehtimoli bilan taqqoslanadi). Keyin bu jarayon tasodifiy sonlar to'plami yordamida amalga oshiriladi. Bizni qiziqtirgan fizik miqdorlarning qiymatlari simulyatsiya qilingan jarayonning ko'plab dasturlari bo'yicha o'rtacha hisoblanadi.

Monte-Karlo usulining sklassik sonli usullar bilan taqqoslanishining asosiy afzalligi shundaki, bu yordamida deyarli har qanday murakkablikdagi fizik hodisalarni o'rganish mumkin, aks holda ularni hal qilish mumkin emas. Masalan, ikkita atomning o'zaro ta'sirini tavsiflovchi tenglamalarni echish nisbatan oson bo'ladi, ammo yuzlab atomlar uchun bir xil muammoni hal qilish endi haqiqiy emas. Bundan tashqari, Monte-Karlo usuli ko'pincha hisoblash algoritmining oddiy tuzilishi bilan tavsiflanadi. Qoida tariqasida, bitta tasodifiy sinovni (model bosqichini) amalga oshirish uchun dastur tuziladi. Keyin ushbu sinov kerakli sonlarni takrorlaydi, har bir keyingi qadam boshqalarga bog'liq emas.

Monte-Karlo usulini "nazariy tajriba" deb ham atash mumkin. Darhaqiqat, agar elementar aktlarning qonunlari aniq ma'lum bo'lsa, unda elementar hodisalarning ehtimolini olib tashlang, ushbu usul bilan olingan natijalar eksperimental ma'lumotlarga o'xshaydi.

## 1.5. FIZIKA, KIMYO, BIOLOGIYANING MATEMATIK MODELLARIGA MISOLLAR

### 1.5.1. Suyuqlik, gaz va plazma, qattiq va deformatsiyalanadigan jismlar mexanikasi muammolaridagi modellar

Modellashtirish nafaqat tabiatdagi, texnikadagi yoki fizikadagi har qanday hodisalarni tushuntirishga, balki insoniyat faoliyatining hozirgi tsivilizatsiya qila olmaydigan sohalarida yangi kashfiyotlar qilishga yoki yangi kashfiyotlar qilishga yordam bergan ko'plab misollarni keltirish mumkin. Elektrotexnika va elektronika, mashinasozlik va asbobsozlik, energiya olish, uzatish va saqlashning zamonaviy faoliyati uchun ahamiyatini eslatib o'tish kifoya. Tabiiy fanlarda fizik va matematik modellar eng keng tarqalgan. Matematika jarayoni, matematik modellar va matematik apparatlarning rivojlanishi va qo'llanilishi kelgusi yillarda yanada kuchayishiga shubha yo'q. Bu so'nggi yillarda matematikadan foydalanish masalalariga bo'lgan qiziqishning oshishini tushuntiradi: matematik modellar qanday yaratiladi, ular qanday o'rganiladi, qanday talqin qilinadi va hokazo.

Keling, turli sohalaridagi matematik modellarning misollarini ko'rib chiqaylik, qisman, fizikada. Birinchi chiziqli modellardan biri bu taniqli Xuk qonuni:

$$F = -kx \quad (5)$$

bu erda  $f$ -elastik kuch;  $x$  — tananing cho'zilishi (deformatsiyasi);  $k$ -qattqlik deb ataladigan tananing kattaligi va materialiga qarab mutanosiblik koeffitsienti.

Ikkinchisi va metallardagi stresslar orasidagi etarlicha kichik deformatsiyalarda chiziqli bog'liqlikni aniqlash fizika va muhandislikda ko'plab kashfiyotlar qilishga imkon berdi, shuningdek, sinov mexaniklari oldinga siljish, elastiklikning chiziqli nazariyasini ishlab chiqish, unga ergashish va boshqa ko'plab hodisalar va jarayonlarning modellarini yaratish uchun mos bo'lgan matematik apparatlar.

Bundan ham murakkab modellar matematik fizikaning Matematik tenglamalari-fazo va vaqt jarayonlarini tavsiflovchi qisman

differentensial tenglamalar. Uch o'lchovli fazoda qisman differentensial tenglama birinchi marta Per Simon Laplas tomonidan kiritilgan:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0. \quad (6)$$

Qisman differentensial tenglamalar issiqlik o'tkazuvchanligi, torning tebranihi, turli xil fizik tabiatdagi chiziqli to'lqinlarning tarqalihi va bohqalar kabi fizik hodialarni taviflah uchun ihlatiladi.

Fizikadagi matematik modellarning yana bir yaxshi namunasi-Maksvell elektromagnit maydon tenglamalari.

$$\nabla \cdot D = p, \quad \nabla \times E = -\frac{dB}{dt}, \quad \nabla \cdot B = 0, \quad \nabla \times H = j + \frac{dD}{dt}, \quad (7)$$

bu erda E-elektromagnit maydon kuchlanishining vektori, D- elektr induksiyasining davri, b-magnit induksiyon vektori, h — magnit maydon kuchining vektori, p- zaryadning rafti, j — siljish oqimi.

Maksvell tenglamalari elektromagnit to'lqinlarning mavjudligini bashorat qilishga va yorug'lik elektromagnit to'lqindan boshqa narsa emasligini aniqlashga imkon berdi. Maksvell nazariyasidan foydalanib, Lorenz o'z ishini harakatlanuvchi jismlarga "o'zgartirish" ga qo'llagan. Ushbu ish nisbiylik nazariyasini yaratish uchun zarur shart bo'ldi Maksvellning elektr va magnetizm haqidagi risolasi fizikaning yangi imkoniyatlarini ochdi.

Bunga avstriyalik fizik Ervin Shredinger tomonidan kashf etilgan to'lqin va kvant mexanikasining fundamental tenglamasi ham kiradi, u zarrachaning ma'lum bir potentsial maydonda harakatini tavsiflaydi (formula (8)).

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \psi + U\psi, \quad (8)$$

bu erda  $\psi$  — to'lqin funktsiyasi,  $U$  — potentsial energiya.

Shredinger tenglamasi klassik mexanikada dinamikaning asosiy tenglamasi sifatida kvant nazariyasida muhim rol o'ynaydi. Ushbu tenglama aniq topilgan, u avvalgi klassik tasavvurlar va nazariyalardan chiqarib bo'lmaydigan yangi fundamental qonuniyatlarni tasvirlaydi.

Uning o'rnatilishining adolatliligi shundan iboratki, undan kelib chiqadigan barcha oqibatlar va qarorlar eksperimental ravishda tasdiqlangan.

Ushbu ro'yxatni davom ettirish mumkin, Nyuton qonunlari, Lorents o'zgarishlari va boshqalar mavjud. fizik jarayonlarni tavsiflash uchun ishlatiladigan matematik fizikaning ba'zi tenglamalarini batafsilroq ko'rib chiqing.

### Balans tenglamalari

O'rganilayotgan hodisalar qonuniyatlarining tavsifi ularning xususiyatlarini aks ettiruvchi xarakterli parametrlarga nisbatan analitik iboralar asosida qurilgan. Ushbu parametrlar tizimning massasiga yoki butun tizimdagi zarralar soniga qarab keng va unga bog'liq bo'lmagan intensivlarga bo'linadi. Birinchisiga quyidagilar kiradi: massa, impuls, energiya. Ushbu tizim parametrlarining qiymati fazo, vaqt va materiyaning asosiy xususiyatlarini belgilaydigan saqlash qonunlari bilan mos ravishda o'zgaradi. Saqlash qonunlarining analitik shakllari tegishli muvozanat tenglamalari shaklida shakllantiriladi. Ikkinchi turdagi vakillar: bosim, harorat, kuchlanish va boshqalar.

Ko'pgina hollarda, doimiy muhit uchun muvozanat tenglamalarining tegishli analitik qiymatlari ikki shaklda ifodalanishi mumkin :

❖ kosmosda ajratilgan sobit maydon uchun mahalliy muvozanat shaklida hisoblash:

$$\frac{\partial}{\partial t}(pa) + \text{div} \vec{l}_A^0 = \omega_A^0 \quad (9)$$

bu yrda  $A$  -ixtiyoriy ekstensiv xarakteristikasi,  $a$ -fizik bo'shliq nuqtasida unga mos keladigan o'ziga xos qiymat,  $p$ -massaning massa zichligi

moddalar,  $I_A$  - qiymatidagi oqim zichligi vektori  $A$ ,  $\omega_A$  —yig'indisi-hajm ichidagi ishlab chiqarish zichligi;

❖ moddiy shaklda, ya'ni. uzluksiz muhitning ixtiyoriy hajmining harakatlanuvchi maydoni uchun muvozanat shaklida:

$$P \frac{\partial a}{\partial t} + \text{div} \vec{l}_A = \omega_A \quad (10)$$

Muvozanat tenglamalariga misollar impuls, energiya, massa va boshqalarni saqlash qonunlaridir

**Impulsning saqlanish qonuni.** Ulardan birinchisini klassik formulada ko'rib chiqing, unda moddiy doimiylikning har qanday individual hajmining harakat miqdorining o'zgarishi tashqi kuchlarning impulsiga teng ekanligini ta'kidlaydi. bu individual hajm. Analitik shaklda uni quyidagicha yozish mumkin

$$P \frac{d\vec{v}}{p} = \sum_k \vec{F}_k, \quad (11)$$

bu erda  $p$ -ommaviy axborot vositalarining massa zichligi;  $v$  — muhitning tezligi;  $\vec{F}_k$ - doimiy muhitning individual hajmiga ta'sir qiluvchi tashqi kuchlar (hajm birligiga tegishli)

### 1.5.2. Biologiyada evolyutsiya va rivojlanish modellari, biologik tizimlarning tarqalish modellari

Ilm-fan bilan shug'ullanadigan ob'ektlar va jarayonlar qanchalik murakkab bo'lsa, ushbu ob'ektlar va jarayonlarni tavsiflash uchun mos bo'lgan matematik abstraktsiyalarni topish shunchalik qiyin bo'ladi. Matematika biologiya, geologiya va boshqa "ta'riflovchi fanlar" ga faqat XX asrning ikkinchi yarmida kelgan. Biologik jarayonlarni matematik tarzda tasvirlashga birinchi urinishlar populyatsiya dinamikasi modellariga tegishli. Matematik biologiyaning ushbu sohasi keyinchalik matematik ko'pburchak bo'lib xizmat qildi, unda biologiyaning turli sohalarida, shu jumladan evolyutsiya, mikrobiologiya, immunologiya va hujayra populyatsiyalari bilan bog'liq boshqa sohalarda matematik modellar "ishlab chiqildi".

#### *Biologiyadagi eng oddiy modellar*

Biologik ishlab chiqarishda ishlab chiqilgan birinchi taniqli model— bu XIII asrda Pizadan Leonardoni o'z asarida keltirgan mashhur Fibonachchi seriyasidir. Bu quyonlar ikkinchi oydan boshlab ko'paya boshlasa va har oy bir juft quyon sifatida nasl tug'dirsa, har oyda tug'iladigan quyon juftlari sonini tavsiflovchi raqamlar seriyasidir.

Qator raqamlar ketma-ketligini ifodalaydi: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233 ...

Agar biz ushbu qatorni matematik tarzda tavsiflasak, unda berilgan qatorning har bir keyingi atamasi uchinchi atamadan boshlab oldingi ikkitasining yig'indisiga teng.

Tarixda ma'lum bo'lgan keyingi model — Maltus modeli (1778), bu populyatsiyaning ko'payishiga mutanosib ravishda qirib tashlashni tasvirlaydi. Diskretlikda bu qonun geometrik progressiyani ifodalaydi, u differentsial tenglama sifatida populyatsiyaning eksponensial o'sishi modelini ifodalaydi va hech qanday cheklovsiz hujayra populyatsiyalarining o'sishini yaxshi tavsiflaydi.

Ushbu eng oddiy modellar matematik modellarning biologik ob'ektlar bilan solishtirganda qanchalik ibtidoiy ekanligini ko'rsatadi. Shunday qilib, populyatsiya — bu organizmlarning murakkab tashkil etilgan individual shaxslari to'plami. O'z navbatida, har bir organizm organlar, to'qimalar va hujayralardan iborat bo'lib, metabolik jarayonlarni amalga oshiradi, harakat qiladi, tug'iladi, o'sadi, ko'payadi, qariydi va umires. Vahar bir tirik hujayra murakkab heterojen tizim bo'lib, uning hajmi membranalar bilan chegaralanadi va hujayra osti organellalarini o'z ichiga oladi, shuning uchun dobiomakromolekulalar, aminokislotalar ipolipeptidlari. Shubhasiz, bunday tizimlar uchun har qanday matematika faqat qo'pol soddalashtirilgan tavsifni beradi.

Biologiyada modellar tirik mavjudotlarni tashkil etishning turli darajalarida biologik tuzilmalar, funktsiyalar va jarayonlarni modellashtirish uchun ishlatiladi: molekulyar, hujayra osti, hujayra, organ-tizimli, organizm va populyatsiya-biotsenotik. Shuningdek, turli xil bio- mantiqiy hodisalarni modellashtirish, shuningdek, ayrim shaxslar, populyatsiyalar va ekotizimlarning yashash sharoitlariga hujum qilish mumkin.

### ***Biologiyadagi model turlari***

Biologiyada asosan uch turdagi modellar qo'llaniladi:

1. *Biologik*. Bizning kursimizda biz ularni ko'rib chiqmaymiz.
2. *Fizik-kimyoviy*. Fizik-kimyoviy modellar fizik yoki kimyoviy vositalar yordamida biologik tuzilmalar, funktsiyalar yoki jarayonlarni ko'paytiradi. 60-yillardan boshlab bor ediishlanishlartashkil



etishhujayra tuzilishi va ba'zi hujayra funktsiyalarining fizik-kimyoviy modeli. Shunday qilib, nemis olimi Traube 1867 yilda tirik hujayraning o'sishiga taqlid qildi, 1907 yilda afran-tsuz fizigi S. Ledyuk suv o'tlari va qo'ziqorinlarga o'xshash tuzilmalarni oldi. Keyinchalik yanada murakkab modellar elektrotexnika va elektronika tamoyillariga asoslangan edi. Masalan, elektrofiziologik tadqiqotlar ma'lumotlari asosida asab hujayrasida, uning jarayonida va sinapsda bioelektrik potentsiallarni modellashtiradigan elektron sxemalar qurildi. Tirik organizmlar yoki ularning organlari va hujayralari mavjudligining fizik-kimyoviy sharoitlarini tartibga solish bo'yicha ham yutuqlarga erishildi: noorganik va organik moddalar eritmalari (Ringer, Lokk, Tirod va boshqalar eritmalari) tanlangan, ular tananing ichki muhitini taqlid qiladi va izolyatsiya qilingan organlar yoki tanadan tashqarida o'stirilgan hujayralar mavjudligini qo'llab-quvvatlaydi. Biologik membranalarning modellari ionlarni tashish jarayonlarining fizik-kimyoviy asoslarini va turli omillarning ta'sirini o'rganishga imkon beradi. O'z—o'zidan tebranish rejimida eritmalarda sodir bo'ladigan kimyoviy reaksiyalar yordamida ko'plab biologik hodisalarga xos bo'lgan tebranish jarayonlari-differentsiatsiya, morfogenez, murakkab neyron tarmoqlaridagi hodisalar va boshqalar modellashtiriladi.

3. *Matematik* (mantiqiy va matematik). Matematik modellar eksperiment ma'lumotlari asosida qurilgan yoki biologik hodisa gipotezasi yoki nazariyasini spekulyativ, rasmiylashtirilgan tarzda tavsiflaydi va qo'shimcha eksperimental tekshiruvni talab qiladi. Kompyuterda biologik hodisaning matematik modelini "ijro etish" ko'pincha eksperimentda takrorlash qiyin bo'lgan sharoitlarda o'rganilayotgan biologik jarayonning o'zgarishi xususiyatini taxmin qilishga imkon beradi. Matematik model ba'zi hollarda tadqiqotchiga ilgari ma'lum bo'lmagan ba'zi hodisalarni bashorat qilishga imkon beradi. Masalan, gollandiyalik olimlar Van der Pol va Van der Mark tomonidan taklif qilingan, gevşeme tebranishlari nazariyasiga asoslangan yurak faoliyati modeli, keyinchalik odamlarda aniqlangan yurak ritmining buzilishi ehtimolini ko'rsatdi. Fiziologik hodisalarning matematik modellariga ingliz olimlari A. Xodkin va A. Xakslitomonidan ishlab chiqilgan asab tolasining qo'zg'alish modellari kiradi. Amerikalik olimlar U. Mak-Kallok va U. Pitsning asab tarmoqlari nazariyasi asosida neyronlarning o'zaro ta'sirining mantiqiy-matematik

modellari qurilmoqda. Differensial va integral tenglamalar tizimlari bio-senozlarning vosnov simulyatsiyalariga asoslangan (V. Volterra, A. N. Kolmogorov).

### 1.6. Yirtqich-o'lja modeli

Matematik model eng sodda, ya'ni. ikki turdagi "yirtqich-o'lja" tizimi quyidagi taxminlarga asoslanadi :

- 1)  $n$  va  $m$  yirtqichlari populyatsiyasining soni faqat vaqtga bog'liq;
- 2) o'zaro ta'sir bo'lmasa, turlarning soni Maltus modeliga ko'ra o'zgaradi; shu bilan birga, qurbonlar soni ko'payadi va yirtqichlar soni kamayadi, chunki bu holda ular ovqatlanadigan hech narsa yo'q:

$$\frac{dN}{dt} = \alpha N, \frac{dM}{dt} = -\beta M. \quad \alpha > 0, \beta > 0. \quad (1)$$

bu yrda  $\alpha, \beta$  - tug'ilish va o'lim darajasi;

- 3) yirtqichning tabiiy o'limi va yirtqichning tabiiy tug'ilish darajasi ahamiyatsiz deb hisoblanadi;

- 4) ikkala populyatsiya sonining to'yinganligi ta'siri hisobga olinmaydi

- 5) yirtqichlar sonining o'sish sur'ati yirtqichlar soniga mutanosib ravishda

$cM, c > 0,$  ga kamayadi va yirtqichlarning o'sish sur'ati o'lja soniga mutanosib ravishda oshadi  $dN$ .

Yuqoridagi taxminlarni hisobga olgan holda biz Lotka–Volterra tenglamalari tizimini olamiz.

$$\frac{dN}{dt} = (\alpha - cM)N, \quad (2a)$$

$$\frac{dM}{dt} = (-\beta + dN)M, \quad (2b)$$

Ularning yirtqichlari populyatsiyasining soni muvozanat holati atrofida davriy tebranishlarni amalga oshiradi. Tebranishlarning amplitudasi va ularning davri  $N(0)$  sonlarining boshlang'ich qiymatlari bilan belgilanadi,

M (0). Mohiyati to'liq tushunilgan tebranishlar (ioni aslida nasldan naslga qarab kuzatiladi) ikki turlilarning paydo bo'lishini anglatadi populyatsion tizimlar bir turlilarga qaraganda ancha murakkab jarayonlar.

Ikki turdagi o'zaro ta'sirlarning aniqroq matematik tavsiflari ish qilingan hududlarda populyatsiyalar sonining notekis taqsimlanishini hisobga oladi (ular qisman hosilalar tenglamalari tizimiga mos keladi), shaxslarning tug'ilishi va ularning etukligi o'rtasidagi vaqtinchalik kechikish va boshqalar. vaqt va makonda o'zaro ta'sirning ancha murakkab rasmlari paydo bo'ladi.

### 1.7. Evolyutsiyaning umumiy modellari. Nazariy populyatsiya genetikasi usullari. M. Kimuraning betaraflik nazariyasi

#### 1. Klassik populyatsiya genetikasi.

Evolyutsiyaning sintetik nazariyasi boshida rivojlangan x vek. U C. Darvinning g'ayritabiiy tanlovni o'rgatishi va G. Mendelning genlar haqidagi g'oyalariga, ya'ni irsiy xususiyatlarni uzatishning diskret elementlariga asoslangan. Evolyutsiyaning sintetik nazariyasini shakllantirishda kichik meva pashshasi *Drosophila* katta rol o'ynadi. Aynan shu pashshadagi tajribalar Darvinning foydali o'zgarishlarning bosqichma-bosqich to'planishi va ushbu o'zgarishlarni o'rganish va Mendeleev genetikasining diskret tabiati o'rtasidagi qarama-qarshiliklarni yarashtirishga imkon berdi. *Drosophila* bo'yicha o'tkazilgan tajribalar shuni ko'rsatdiki, mutatsion xiyonat juda kichik bo'lishi mumkin.

Sintetik evolyutsiya nazariyasining matematik modellari R. Fisher, J. Xoldan va S. Rayt tomonidan yaratilgan. Asosan, klassik populyatsion genetikaning ushbu matematik nazariyasi 30- yillarning boshlarida yakunlandi. evolyutsiyaning sintetik nazariyasiga ko'ra, progressiv evolyutsiyaning asosiy mexanizmi foydali mutatsiyalarni oladigan organizmlarni tanlashdir. Populyatsiya genetikasining matematik modellari rivojlanayotgan populyatsiyada gen chastotalarining tarqalish dinamikasini miqdoriy jihatdan tavsiflaydi. Modellarning ikkita asosiy turi mavjud:

↓ *Turli deterministik modellar.* Deterministik rejimlar- li populyatsiyalar soni cheksiz, ammo katta ekanligini ko'rsatadi. Bunday

holda, gen chastotalarini taqsimlashdagi tebranishlarni e'tiborsiz qoldirish mumkin va populyatsiya dinamikasini genlarning o'rtacha chastotalari nuqtai nazaridan tavsiflash mumkin.

↓ *Stoxastik modellar*. Stoxastik modellar cheklangan populyatsiya populyatsiyalaridagi ehtimollik jarayonlarini tavsiflaydi.

## 2. Molekulyar evolyutsiya: neytrallik nazariyasi.

1950-1960 yillarda molekulyar biologiyada inqilob yuz berdi. DNK tuzilishi aniqlandi, genetik kod dekodlandi, olimlar tirik hujayraning molekulyar genetik tizimining umumiy tamoyillarini aniqladilar. Eksperimental ma'lumotlarni tahlil qilib, M. Kimura ushbu tajribalarni Darvin tanlovi orqali qulay mutatsiyalarni tanlash asosida tushuntirishga harakat qilganda, jiddiy qiyinchiliklar paydo bo'lganligini aniqladi. Ushbu nazariyaning asosiy taxminlari quyidagilardan iborat: molekulyar darajadagi mutatsiyalar asosan neytral yoki xavfli emas. Ushbu taxmin aminokislotalarni almashtirishning eksperimental ravishda kuzatilgan tezligiga va oqsillarning unchalik muhim bo'lmagan qismlarida almashtirish tezligi makromolekulalarning faol markazlariga qaraganda ancha yuqori ekanligiga mos keladi. Populyatsiya genetikasining matematik usullaridan foydalangan holda, Kimura molekulyar genetika ma'lumotlariga juda mos keladigan bir qator nazariya natijalarini oldi.

Neytrallik nazariyasining matematik modellari sezilarli darajada stoxastikdir, ya'ni. nisbatan kam sonli aholi neytral mutatsiyalarni tuzatishda muhim rol o'ynaydi. Kimura nazariyasiga ko'ra, gen uchastkalarining takrorlanishi qo'shimcha, ortiqcha DNK ketma-ketligini hosil qiladi, ular o'z navbatida tasodifiy mutatsiyalar tufayli yanada siljiydi va shu bilan yangi, biologik ahamiyatga ega genlar paydo bo'lishi mumkin bo'lgan xom ashyoni ta'minlaydi.

Neytrallik nazariyasi evolyutsiyaning eng rivojlangan umumiy nazariyalaridan biridir. Shu bilan birga, molekulyar darajadagi evolyutsiyani tavsiflovchi bir qator modellar va tushunchalar mavjud bo'lib, ular asosan neytrallik nazariyasini to'ldiradi. Biz ulardan eng mashhurlarini ta'kidlaymiz:

✓ D. S. Chernavskiy in. M. Chernavskaya tomonidan yaratilgan, bu erda yangi biologik ahamiyatga ega oqsilning tasodifiy shakllanishi ehtimolini baholash.

✓ Blok-ierarxik evolyutsion tanlov modeli, unga ko'ra yangi katta uzunlikdagi genetik matnlar avval tasodifan oldingi evolyutsion davrlarda optimallashtirilgan qisqa matnlardan tuzilgan va tuzilganidan keyin optimallashtirilgan.

✓ Molekulyar genetik boshqaruv tizimlarini tashkil etish va evolyutsiyasining blok-modulli printsipti V. A. Ratner tomonidan asoslanadi. Unga ko'ra, genlar, RNK, oqsillar, genomlar va molekulyar boshqaruv tizimlarining evolyutsiyasi bloklarni (modullarni) pastdan yuqoriga birlashtirish orqali amalga oshirildi.

✓ The mutatsiya darajasi o'zgarishi va meros bo'lib o'tishi mumkinligini ko'rsatadigan "mutator genlari" modeli.

### Nazorat savollari va vazifalari

1. Matematik modelni yaratish jarayonining asosiy bosqichlarini sanab o'ting.

2. Muammoning kontseptual va matematik bayonotlariga ta'rif bering.

3. Modelning etarliligini tekshirish qanday maqsadda qo'llaniladi?

4. Modelni qurishning ikkita printsiptini tavsiflang.

5. Matematik modelni yaratishda qanday yondashuvlarni bilasiz?

Ular nima?

6. Raqamli usullardan foydalanganda xato tarkibiy qismlarini shakllantirish.

7. Matematik modelning to'g'riligini aniqlang.

8. Hisoblash tajriba siklining asosiy bosqichlarini sanab o'ting.

9. Hisoblash tajribasining asosini nima tashkil qiladi?

10. Laboratoriya va hisoblash o'rtasidagi farq va o'xshashlik bormi?

11. Hisoblash algoritmi qanday talablarga javob berishi kerak?

12. Hisoblash dasturini yaratish bosqichlari qanday?

13. Hisoblash tajribasining afzalliklarini sanab o'ting.

14. Hisoblash tajribasi qaysi sohalarda qo'llaniladi?

15. Simulyatsiya nima?

16. Simulyatsiya modellashtirishning qanday turlarini ajratish mumkin?

17. Simulyatsiya qaysi sohalarda qo'llaniladi?

18. Statistik modellashtirish usuli qanday?

19. Monte-Karlo usulining mohiyatini aytib bering.
20. Monte– Karlo usulining afzalliklari va kamchiliklari qanday?
21. Soxta tasodifiy raqamlar nima?
22. Fizik jarayonlarni tavsiflash uchun matematik modellarga bir nechta misollar keltiring.
23. Kimyoda qanday matematik usullar qo'llaniladi?
24. Biologiyadagi eng oddiy matematik modellarni ayting.
25. Evolyutsiyaning qaysi modellarini bilasiz?

## ADABIYOTLAR

1. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование.— М. Физматлит. 2005.
2. Музафаров Х.А., Баклушин М.Б., Абдураимов М.Г. Математическое моделирование. Ташкент, Университет. 2002 г.
3. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике: учеб. пособие для студ вузов/ Зарубин В.С.-2-е изд.- Москва.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2003. -496 с.
4. Тарасевич Ю.Ю. Математическое и компьютерное моделирование. — М., УРСС, 2003.
5. Введение в математическое моделирование. Под.ред. В.П.Трусова. — М.Логос. 2005.
6. Тарасевич, Ю.Ю. Математическое и компьютерное моделирование. Вводный курс: Учебное пособие / Ю.Ю. Тарасевич. - М.: ЛИБРОКОМ, 2013. - 152 с.
7. Галушко, В. А. Г16 Электротехника и основы электроники: учеб.-метод. пособие для для студентов факультета —Управление процессами перевозок / В. Н. Галушко; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп.—Гомель: БелГУТ, 2012.—186 с.
8. Арнольд В.И. Жесткие и мягкие математические модели. М.,МСНМО. 2000.
9. Бозоров Э.Х. Медицинская информатика. -Т.: «Fan va technologya», 2019,352 стр.
- 10.Х.С Далиев, Э.Х Бозоров в/б . Медицинская электроника. - Т .:, «Fan va technologya», 2019,400 стр.
11. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование.—М. Физматлит. 2005.
- 12.Музафаров Х.А., Баклушин М.Б., Абдураимов М.Г. Математическое моделирование. Ташкент, Университет. 2002 г.
- 13.Марчук, Г.И. Геронтология in silico. Становление новой дисциплины. Математические модели, анализ данных и вычислительные эксперименты / Г.И. Марчук. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2017. - 581 с.
14. Математические модели в биологии. Учебное пособие / Т.Ю. Плюснина и др. - Москва: ИЛ, 2014. - 136 с.

**E. Kh.Bozorov, A. E.Kubayev, K.T.Suyarov,  
D.A.Ashurova, M.E.Khojiyeva**

**Matematik modelni yaratish**

O'quv - uslubiy qo'llanma

Muharrir: G.Rahimova  
Musahhih: Z.Usmanova  
Tex.muharrir: Sh.Abduraximov

© "Samarqand davlat chet tillar instituti" nashriyoti,  
140104, Samarqand sh., Bo'stonsaroy ko'chasi, 93.

Bosmaxona litsenziyasi:



4268

Nashriyot tasdiqnomasi:

№ 1243-7560-5999-432c-2125-1811-8655

Bosishga ruxsat etildi: 15.01.2023-yil.

Ofset bosma qog'oz. Qog'oz bichimi 60x84 1/16.

"Times New Roman" garniturasini. Ofset bosma usuli.

Hisob nashriyot t.: 2,4. Shartli b.t.: 1,7.

Adadi: 100 nusxa. Buyurtma №15/01.

---

"Samarqand davlat chet tillar instituti" nashriyoti.  
Samarqand sh., Bo'stonsaroy ko'chasi, 93



