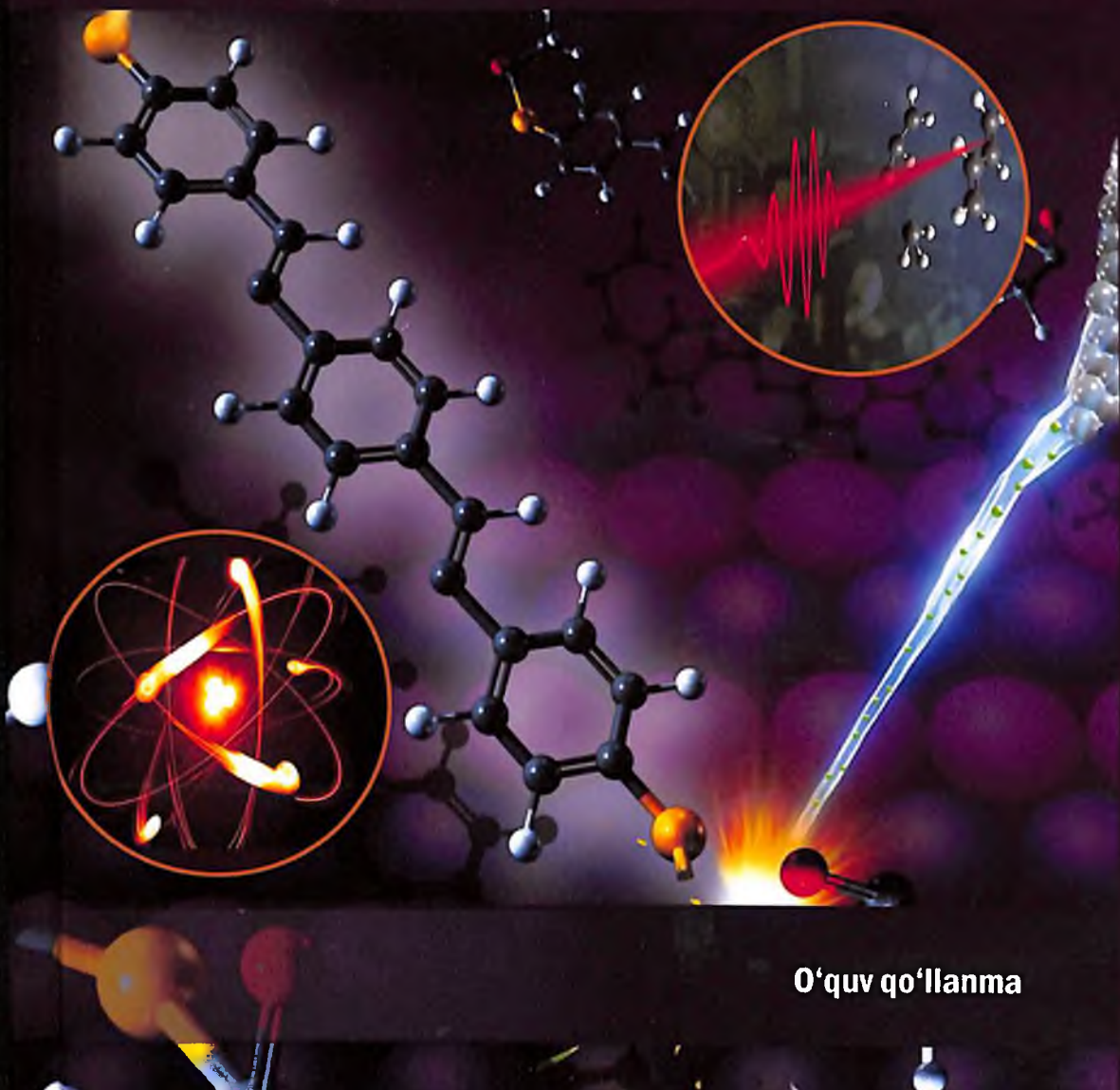


M.I.BAZARBAEV, D.I.SAYFULLAYEVA, A.F.MARASULOV

BIOLOGIYA VA TIBBIYOTDA MATEMATIK MODELLASHTIRISH



O'quv qo'llanma

533.9
B 210

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA
O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI SOG'LIQNI SAQLASH VAZIRLIGI

**TOSHKENT TIBBIYOT AKADEMIYASI
"BIOTIBBIYOT MUXANDISLIGI, INFORMATIKA VA BIOFIZIKA"
KAFEDRASI**

M.I.BAZARBAEV, D.I.SAYFULLAYEVA, A.F.MARASULOV

BIOLOGIYA VA TIBBIYOTDA MATEMATIK MODELLASHTIRISH

fanidan o'quv qo'llanma - 60910600 (5510900) - Tibbiy - biologiya
ishi mutaxassisligi talabalari uchun.



Toshkent - 2022 yil

UDK 533.9.09
BBK 22.11 y73
B 17

M.I.Bazarbaev, D.I.Sayfullayeva, A.F.Marasulov “Biologiya va tibbiyotda matematik modellashtirish” O’quv qo’llanma // «TIBBIYOT NASHRIYOTI MATBAA UYI» MChJ Toshkent – 2022, 172 b.

Tuzuvchilar: **M.I.Bazarbaev** *f.m.f.n, dotsent*
D.I.Sayfullayeva *assistent*
A.F.Marasulov *t.f.d, professor*

Taqrizchilar:

1. *Muhammad al-Horazmiy nomidagi Toshkent Axborot texnologiyalari universiteti Axborot texnologiyalarining dasturiy ta’minoti kafedrasi professori, texnika fanlari doktori - D.K.Muxammadiyeva*
2. *Biologiya fanlari doktori, Toshkent tibbiyot akademiyasining gistologiya va tibbiy biologiya kafedrasi professori - F.Azizova*

O’quv qo’llanma “Biologiya va tibbiyotda matematik modellashtirish” fanining o’quv rejası va dasturining talablariga muvofiq tuzilgan va kursga oid barcha ma’lumotlarni o’z ichiga oladi.

O’quv qo’llanma 60910600 (5510900) - Tibbiy biologiya ishi mutaxassisligi talabalari uchun yaratilgan.

“Biotibbiyot muxandisligi, informatika va biofizika” kafedrasining majlisida ko’rib chiqilgan va nashrga tavsiya tavsiya etilgan (protokol №____ 2022), fakultet uslubiy komissiyasi (2022 yil bayonnomasi)

Toshkent Tibbiyot Akademiyasining O’quv Kengashi tomonidan nashrga tavsiya etilgan (bayonnoma №____2022).

ISBN 978-9943-9315-9-6

© **M.I.Bazarbaev, D.I.Sayfullayeva,**
A.F.Marasulov, 2022
© «TIBBIYOT NASHRIYOTI
MATBAA UYI» MChJ. 2022

1. KIRISH

Jamiyatning hozirgi rivojlanish bosqichi shifokor faoliyatida sifat o'zgarishi bilan tavsiflanadi, bu tibbiy amaliyotda yuzaga keladigan matematik hodisalarni keng qo'llash bilan bog'liq. Modellashtirish usulidan foydalanish zarurati ko'plab obyektlarni (yoki ushbu obyektlar bilan bog'liq muammolarni) umuman tekshirishning iloji yo'qligi yoki ushbu ish ko'p vaqt va pul talab qilishi bilan belgilanadi. Modellashtirishning asosiy xususiyati shundan iborat-ki, bilvosita bilishning ushbu usuli almashtiriladigan obyektlardan foydalanadi.

Amaliy mashg'ulot talabalarga turli xil biotibbiy jarayonlar va tizimlarning qurilish modellari asoslarini o'zlashtirishga qaratilgan.

Albatta "Biologiya va tibbiyotda matematik modellashtirish bo'yicha amaliy o'quv qollanma kunduzgi ta'limda olib boriladi. Talaba oz ustida ishlab, biologiya va tibbiyotda matematik modellashtirish haqida aniq tasavvurga ega bolishi va kelajakda qollay bilishi lozim.

Ushbu o'quv qo'llanmaning maqsadi materiallarni o'rganish va o'zlashtirish metodologiyasini taqdim etish, talabanning e'tiborini mutaxassislikning eng muhim vazifalariga jalb qilish va kelajakda eng murakkab masalalarni hal qilishda yordam berishdir.

Qo'llanma ikki qismdan iborat. Asosiy tushunchalarni qamrab oluvchi birinchi bo'lim: metodologiya nazariyasining talabalarni matematik modellashtirish uchun tayyorlash metodik tizimining asoslari; matematik modellarni tibbiyotda qollash asoslari; Ikkinchi bo'lim bir qator biotibbiyot obyektlarining eng mashhur matematik modellarini yoritishga bag'ishlangan.

2. Amaliy mashg'ulotlarning maqsadi va vazifalari

"Biologiya va tibbiyotda matematik modellashtirish" kursidagi amaliy mashg'ulotlarning maqsadi quyidagilar: matematik usullar va MS yordamida biotibbiyot muammolarini hal qilishda nazariy va amaliy bilimlarni tizimlashtirish, birlashtirish va kengaytirish; matematik usullar bilan ishlash ko'nikmalarini egallash; talabalarda murakkab tibbiy va biologik muammolarni yechish qobiliyatini rivojlantirish; yakuniy imtihonlarga tayyorgarlik.

Amaliy ishlarni bajarishda talaba nazariy bilimlarni ilgari o'rganilgan fanlardan foydalanishni o'rganishi kerak, bu esa biotibbiyot

tadqiqotlarida matematik usullar va MS-dan foydalanishning aniq vazifalari bilan tanishishdir.

Amaliy vazifalarni ishlab chiqish va hal qilish jarayonida tibbiy biologiya bo'yicha kelajakdagi mutaxassisni shakllantirish vazifalari hal qilinadi. Zamonaviy matematik usullar va amaliy ta'lim tibbiy va biologik tadqiqotlarda talabalarga yordam beradi.

3. Amaliy mashg'ulotlarga qo'yiladigan asosiy talablar.

Amaliy mashg'ulotlarda talabalar quyidagilarni bajarishlari kerak:

- biologiya va tibbiyotda matematik modellashtirish usullarini o'rganish;

- biotibbiyot tadqiqotlarda ma'lumotlarini tayyorlash va qayta ishlashning zamonaviy usullari va vositalarini o'zlashtirish;

- biotibbiyot tizimlarning vazifalarini amalga oshirishda zamonaviy matematik usullarni o'rganish;

- biotibbiy muammolarni yechish uchun modellarni ishlab chiqishni o'rganadi.

Amaliy topshiriqlar yozma yoki dars mavzusi bo'yicha referat shaklida amalga oshiriladi. Bunday holda, atamalarning bir xilligini kuzatish kerak (birinchi yoki yangi, ularning mazmunini tushuntirish kerak).

Sxemalar, chizmalar, grafiklar va jadvallar yozma qog'oz varaqlarida qalam bilan bajarilishi kerak, agar kerak bo'lsa, nostandart formatdagi qog'oz varaqlaridan foydalanishga ruxsat beriladi, ammo kamida 297 * 210 mm.

Formulalar, koeffitsientlar, standart qiymatlar va boshqalar izohlar oxirida berilgan havolalar ro'yxatidagi raqamga mos keladigan kvadrat qavs ichida raqamdan foydalangan holda manbaga havolasi ilova qilinishi kerak. Formulaga raqamli qiymatlarni kiritgandan so'ng, javob oraliq yechimlar va qisqartmalarsiz yoziladi.

Atamalarni ishlatishda, ko'pincha ishlatilishi kerak bo'lgan nomlarni qisqartirishga ruxsat beriladi. Bu holda, formula sonlari formula bilan bir qatorda qavs ichida yoziladi. Matnga murojaat qilinganda, formulaning raqami qavs ichiga o'raladi.

Kitoblardan, jurnallardan yoki boshqa materiallardan olingan ma'lumotlardan foydalanishda, masalan, kvadrat qavslarga ilova qilingan seriya raqami ko'rinishi-dagi manbalarga murojaat qilish kerak bo'ladi [4]. Raqam qo'llanmalar ro'yxatidagi raqamga mos kelishi kerak. Adabiyotlar ro'yxatini berish tartibini "Adabiyot" bo'limidan qarang.

Rasmlar qalam, tush, siyoh yordamida chizilishi mumkin. Ular to'g'ridan-to'g'ri matnga va alohida sahifalarga joylashtirilishi va tasviriy imzolar bilan birga bo'lishi mumkin.

Matn va chizmalar dizaynida bir xillikka rioya qilish kerak. Hovada yordamchi materiallarni joylashtirish tavsiya etiladi.

1-BO'LIM

2. TIBBIYOT OLIV O'QUV YURTLARI TALABALARINI MATEMATIK MODELLASHTIRISHNI O'QITISHNING METODOLOGIK VA NAZARIY ASOSLARI

KIRISH

Mamlakatni ijtimoiy-iqtisodiy rivojlantirishning zamonaviy usullari bilimlarni o'zlashtirish samaradorligini oshirish, o'qitishning politexnik yo'nalishini mustahkamlash uchun ta'lim tizimini takomillashtirishni talab qiladi . Shu bilan birga, zamonaviy matematik nazariyalar va usullarni, ularni amaliy muammolarni hal qilishda qo'llashning umumiy printsiplari va ko'nikmalarini o'rganish ijodiy va kognitiv qobiliyatlarni rivojlantirish, ilmiy va nazariy tafakkurni shakllantirishga yordam beradi. Shu sababli, tibbiy iliygohlarda matematik fanlarni o'qitish uchun matematik modellashtirishning roli va o'rni haqidagi savollarning dolzarbligi oshmoqda [10 - 14].

Shu sababli, tegishli asosli yondashuvlar va ilmiy nazariyalar bilan birlashtirilgan zamonaviy tadqiqot metodologiyasini o'zlashtirishga asosiy e'tibor qaratilmoqda. Buning uchun samarali mexanizm o'quv jarayoni va ilmiy-matematik integratsiya tibbiy intizomga tavangan matematik modellashtirish usullari fanlararo faoliyati shaklidir, chunki, matematik modellar, yuqori maktab bo'lib xizmat qilishi mumkin [1] .

Haqiqiy jarayonlarni modellashtirish natijasida, tadqiqot apparati sifatida matematikaning mahorati yuzaga keladi. Shunday qilib, matematika - ijro etish modellari, xolisona muhim metodologik va tadqiqotlar olib borish – kelajakda malakali shifokorlarni tayyorlashda muhim omil boladi. [9] .

Tabiiy hodisalar va jarayonlarni matematik usullar simulyatsiyasi usulini qollay bilish shifokorning professional faoliyatida muhim rol oynaydi.

Oquv jarayonida modellashtirish ikki jihatga ega: o'quvchilar o'rganishi kerak bo'lgan tarkibiy qism sifatida modellashtirish va o'quv faoliyati sifatida modellashtirish. Birinchi jihat ta'lim modeliga "model" va "modellashtirish" tushunchalarini kiritish zarurligini asoslashni anglatadi. Ikkinchi jihat - o'rganilayotgan hodisalarning muhim tomonlarini aniqlash uchun modellashtirishdan foydalanish.

"Biologiya va tibbiyotda matematik modellashtirish" fanining o'ziga xos xususiyatlari shundan iborat-ki, u ko'p jihatdan ma'lum nazariya apparatlari, differentsial va algebraik tenglamalar nazariyasi, ehtimollik nazariyasi va matematik statistika, sun'iy intellekt nazariyalari, tibbiy vositalardan foydalangan holda tadqiqot xarakteriga ega va ba'zi tibbiy va biologik muammolarni hal qilishda biologik kibernetika, biofizika, biokimyoy, kompyuter texnologiyalari va boshqalardan foydalanadi.

Jamiyatning hozirgi rivojlanish bosqichi shifokor faoliyatida sifat o'zgarishi bilan tavsiflanadi, bu tibbiy amaliyotda yuzaga keladigan matematik hodisalarni keng qo'llash bilan bog'liq.

Modellashtirish usulidan foydalanish zarurati ko'plab obyektlarni (yoki ushbu obyektlar bilan bog'liq muammolarni) umuman tekshirishning iloji yo'qligi yoki ushbu ish ko'p vaqt va pul talab qilishi bilan belgilanadi. Modellashtirishning asosiy xususiyati shundan iborat-ki, bilvosita bilishning ushbu usuli almashtiriladigan obyektlardan foydalanadi.

1-qism.

Malum-ki, shifokorlar oz faoliyati davomida matematik statistika va ehtimollar nazariyasi usullaridan foydalanadilar.

Biotibbiy tarkibga oid vazifalar matematikaning kasbiy muhim bo'limlariga kiritilishi kerak [7]:

- tibbiy biologik xarakterdagi muammoli vaziyatni hal qilish ;
- tibbiy talabalarga matematika va tibbiyot o'rtasidagi bogliqlikni ko'rsatish ("Sog'liqni saqlashni tashkil etish", "Epidemiologiya" va boshqalar.);
- bo'lajak shifokorlarning boshlang'ich kasbiy ko'nikmalarini

shakllantirishga hissa qo'shish, ya'ni matematik modellashtirish - jarayonlar yoki hodisalarni tibbiy amaliyotdan qayta ishlash ko'nikmalarini shakllantirish.

Tibbiy va biologik vazifalar deganda, biz matnni tushunish, yechimlarni matematik usullar orqali topishni nazarda tutamiz.

Tibbiyot oliygohida matematik o'qitishning aspektlari ta'lim sifatining universal multiplikativ modeli asosida ko'rib chiqilishi mumkin. Bolajak shifokorlarga matematikani oqitishda klassik usullardan matematik usullarni tibbiyot amaliyotida qollash usuliga otish lozim. [3].

Modellashtirishda talabalar darajasining pastligi sabablari:

- 1) ushbu usul yetarli darajada qo'llanilmaganligi;
- 2) o'quv jarayonida asosan tushuntirish va tasviriy usullardan foydalaniladi;
- 3) modellashtirish usulini o'quv jarayoniga tatbiq etish xilma-xilligini to'liq ochib berishga imkon bermaydigan o'qitishning ilmiy asoslangan metodologiyasi va mavjud usullar o'rtasidagi ziddiyat.

Shunday qilib, talabalarni o'qitishning hozirgi uslublari talabalarni modellashtirish uslubi zarur darajadagi ta'lim va bitiruvchilarning kasbiy mahoratini ta'minlash uchun yetarli emas [4,6].

Talaba o'rganish muammolar holati tahlili tibbiy oliy o'quv yurtlarida usul quyidagi ziddiyatlarni oshkor qildi[4]:

- tabiiyot sohasida ilmiy axborot ko'paydi . Ushbu malumotlarni modellashtirish va boshqa zamonaviy usullarsiz talabalarga yetkazib bolmaydi.

- modellashtirish usulining ilmiy tadqiqotlar va ta'limdagi ortib borayotgan roli va ilmiy fanlarni o'qitish metodikasi sohasidagi mavjud nazariy tadqiqotlar o'rtasida modellashtirish usulidan foydalangan o'quvchilar uchun o'qitish metodikasini yaratishga imkon beradigan kontseptual qoidalar mavjud bo'lmagan;

- Kadrlar tayyorlash sifati bo'yicha talablarini oshib bormoqda. Lekin tayyorgarlik darajasi aytarli emas.

Modellashtirish boyicha talabalarni tayyorlash metodik tizimini o'ziga xos xususiyatlari bor [6] :

1) modellashtirish usuliga asoslangan turli xil ilmiy fanlar doirasidagi tabiiy - ilmiy bilimlarni birlashtirish, ya'ni. tizimli aks ettirish, eksperiment rejalashtirish ilmiy nazariyalar qurish, ilmiy tadqiqotlarda modellashtirish usuli ta'lim roli;

2) o'quv materialini maqsadli tanlash va talabalarni modellashtirish usuli bo'yicha o'qitishning quyidagi bosqichlari - modellashtirish usuli bilan tanishish uchun yangi nazariy materiallarni yetkazish;

3) modellashtirish usulini qo'llashning umumiy yondashuvlarini ishlab chiqish; -

4) fanlarni o'qitish jarayonida maxsus kasbiy vakolatlarni shakllantirishda modellashtirish usulini qo'llashga qaratilgan maxsus ishlab chiqilgan ijodiy vazifalarning tabiiy - ilmiy mazmunidan foydalanish.

Bu usulndan foydalanish modellashtirish sohasida kompetensiyani oshiradi, nazariy fikrlashni rivojlantiradi.

Matematik modellashtirish usullaridan foydalangan holda o'quv texnologiyalarini takomillashtirishning asosiy printsiplarini amalga oshiriladi.

Aniq fanlarni o'rganishga matematik modellashtirish texnikasidan foydalanishni o'z ichiga olgan, ta'lim texnologiyalari takomillashtirish asosiy tamoyillari belgilaymiz [2]. Ular, ayniqsa, asosiy yondashuvlar modellashtirish bilan bog'liq bo'lishi kerak - ta'lim va malaka, bilim quvvatlarini rivojlantirish va o'z-o'zini rivojlantirish qaratilgan zamonaviy didaktik tamoyillar.

Matematik modellarning kopligi va murakkabligiga qaramay, unung usullari sogliqni saqlash sohasida faoliyat korsatuvchi xodimlarga yordam beradi [1].

Natijada matematik modellashtirish integrativ tamoyil bo'lib xizmat qiladigan ta'lim texnologiyalarini integratsiyalash g'oyasi juda istiqbolli bo'lib chiqishi mumkin.

Adabiyot va o'qitish tajribasi tahlil oliygohlardagi talabalar matematika boyicha turli tayyorgarlik darajasiga ega ekanligini korsatadi. Odatda, ular uni o'rganishga qiziqishmaydi. Shu bilan birga, ko'plab tibbiy mutaxassisliklar uchun bir qator matematik bilimlar va

faoliyat usullari kasbiy ahamiyatga ega. Masalan, matematik mantiq asoslari, ehtimollik nazariyasi, matematik statistika, matematikaning ushbu sohalarida bo'yicha muammolarni yechish usullarini bilish kelajakdagi shifokorlar uchun juda muhimdir. Mutaxassisliklar farqiga qaramay, barcha shifokorlar ma'lumotni tahlil qilish, masalaning mohiyatini ta'kidlash, mantiqni o'rganish, statistik materiallarni umumlashtirish va vaziyatni to'g'ri talqin qilish qobiliyatiga muhtoj.

Tibbiyot oliygohlarda mavjud bo'lgan matematik ta'limning an'anaviy tizimi asosan pedagogik fanning texnik va pedagogik kadrlar tayyorlashdagi yutuqlariga asoslanadi [6].

Afsus-ki, tibbiyot oliygohlari talabalarini matematik tayyorgarlikka bag'ishlangan ishlar yetarli emas. Bo'lajak shifokorlarga biotibbiy bilimlarning matematik asoslarini o'qitish metodologiyasiga bag'ishlangan tadqiqotlar mavjud emas.

Tadqiqot muammosi:

- oliygohda tibbiyot mutaxassisliklari talabalariga biotibbiy bilimlarni matematik asoslariga o'qitishning ilmiy asoslangan yondashuvini taqsimlash, asoslash va ishlab chiqish;

- tibbiyotga tegishli matematika boyicha masala va misollarni tuzish. Test va didaktik materiallarni ishlab chiqish, amaliy va laboratoriya ishlarini ishlab chiqish.

Professional yo'nalishini ta'minlash uchun matematik tayyorgarlikni rivojlantirish.

1. Professional yo'nalishi tibbiy mutaxassislik bolgan oliy oquv yurti matematik tayyorgarlik bilan ta'minlashi kerak: talabalarga tibbiyot fanlari va amaliyotida uchraydigan oddiy matematikaga oid muhim muammolarni modellashtirish, tahlil qilish va yechish imkonini beradigan matematik apparatni o'zlashtirish; matematika va uni qo'llash sohasidagi bilimlarni oshirish zarurligini tushuntirish [8].

Belgilangan mutaxassislik uchun matematikani o'qitishning kasbiy yo'nalishini amalga oshirish quyidagilarni o'z ichiga oladi: birinchidan, yagona invariant kursi doirasida matematikani saqlash; ikkinchidan, matematikani boshqa fanlar ichida qollanishini taminlash, uchinchidan, tibbiyot fani va amaliyotining turli tarmoqlarida qollaniladigan matematik modellarni ishlatish.

2. Tibbiyot talabalarini o'qitish uchun matematik tarkibni tanlashda quyidagi printsiplarga amal qilish kerak: bosqichli yondoshuv, shaxsiy va kasbiy ahamiyat va moslashuv. Ushbu tamoyillar birgalikda o'rganilayotgan matematik materialni matematik va propedevtik-kasbiy o'rganishning tabiati va chuqurligini moslashtirishga imkon beradi.

Bo'lajak shifokorning matematik tayyorgarligini metodik ta'minlashni rivojlantirishga

1. Shifokorning matematik tayyorgarligi quyidagi yo'nalishlarda amalga oshirilishi kerak [4,6,8] : integrativlik, boshlangich va katta kurslar orasidagi bogliqlik, Talabalar kelajakda professional elementlari matematik faoliyati bilan muvofiqiqligi - birlashtirish faoliyati, professional yo'naltirilgan vazifalarni tayyorlash foydalanish orqali erishiladi; tibbiy amaliyot nuqtai nazaridan ahamiyatli vaziyatlarni jalb qilish asosida amalga oshiriladigan kasbiy motivatsiyani yangilash; masalalarga ijodiy yondoshish.

2. Turli matematik bo'limlarda o'quv materiallari va kasbiy yo'naltirilgan **vazifalar** tizimlarini, shuningdek amaliy ishlarning mavzularini yaratish, ularni amalga oshirish juda jiddiy matematik apparatni jalb qilishni o'z ichiga oladi.

O'rganilayotgan muammolar nuqtai nazaridan, matematik muammolar, birinchi navbatda, kelajakdagi shifokor uchun zarur bo'lgan kasbiy muhim intellektual fazilatlarini rivojlantirish vositasi sifatida ("**g'ayritabiiy**") muammolar bu yerda muhim rol o'ynaydi), ikkinchi tomondan, professional ahamiyatga ega matematik tarkibni tashuvchisi sifatida ko'rib chiqiladi .

3. Tibbiy yo'nalishga oid muammolarni tuzish va hal qilish uchun zarur bo'lgan ko'nikmalarni shakllantirish, ularning tarkibiy qismlari alohida ta'kidlangan, tegishli ishning algoritmi shakllantirilgan, bunday ishning turli usullari ko'rsatilgan (asl matematik muammo sharoitida kasbiy ma'lumotni kiritish; shartni sof tibbiy uchastka bilan "**ramkalash**" va hk). va ushbu turdagi vazifalarning tipologiyasini taqdim etadi.

4. Bo'lajak shifokorning matematik tayyorgarligini metodik ta'minlashni ishlab chiqishda quyidagi asosiy qoidalarga amal qilish tavsiya etiladi [4,6,8] :

- boshlang'ich kurslardan katta kurslargacha matematik madaniyatni shakllantirishning uzviyligini ta'minlaydigan **integrativlik**; o'quvchilarning matematik faolligini kasbiy yo'naltirilgan o'quv vazifalarini qo'llash orqali erishilgan kelajakdagi kasbiy faoliyat elementlariga muvofiqligi;

- tibbiy amaliyot nuqtai nazaridan ahamiyatli vaziyatlarni jalb qilish asosida amalga oshiriladigan kasbiy motivatsiyani aktuallashtirish; ma'lum bir materialga shifokorning **fikrlashiga** xos bo'lgan intellektual fazilatlarni rivojlanishiga yordam beradigan ijodiy xarakterdagi vazifalarni kiritishni o'z ichiga olgan rivojlanayotgan o'quv konteksti;

- boshqarish tizimining barcha oldingi qoidalarga muvofiqligi, bu matematik bilim va ko'nikmalarni, o'quvchilarni matematik tayyorlashda elementar ko'nikmalarni hisobga olish, vaziyatlarni tibbiy amaliyotdan modellashtirish va qurilgan modellarni o'rganish va nihoyat, zaruriyatni rag'batlantiruvchi tarkibiy qism, bu holda sub'ektiv ijobiy munosabatni anglatadi

Tibbiyot talabalarini matematik tayyorlash muammolarini o'rganishda ta'limni jadallashtirish g'oyasiga asoslangan keng qamrovli tadqiqot muhim o'rin egallaydi [4].

Darhaqiqat, shifokorlar uchun o'tkazilgan o'quv kurslarining qisqa vaqtlari muvaffaqiyatga faqat matematikani o'qitishni intensivlashtirish orqali erishish mumkinligini aniq ko'rsatmoqda.

Talimni intensivikasiya qilish ozaro bogliq ikkita masalani yechishdan ibjorat [4]: ta'lim sifatini oshirish va vaqt sarfini kamaytirish. Quyidagi usullaridan foydalanish taklif etiladi: faollashtirish vositalari, o'qitish shakllari va usullari; ta'lim materiallar, hisobot va harakat amalga oshirish uchun bilim intensiv nazorat foydalanish axborot r xizmati.

Biroq, ma'lum [4] ilmiy ishlarda mazmuni o'rganishga urg'u berilib, maxsus vositalrning qollanishiga etibor berilmagan: oquv-metodik komplekslar, o'z-o'zini o'qitish texnikasini shakllantirish, o'quv ma'lumotlarini tuzishning matematik usullaridan foydalanish.

Bu usullar va professional yo'nalishi tamoyiliga asoslangan matematika o'qitishni, yanada vositalarini aniqlash va foydalanish uchun

zarur bo'lgan usullarni talabalarning psixologik va pedagogic xususiyatlariga qaratish kerak.

Tibbiyot universitetlari talabalariga matematikani o'qitishning universitetgacha bo'lgan tayyorgarligi, psixologik xususiyatlari va kasbiy yo'nalishini hisobga olgan holda o'qitishning metodik tizimini ishlab chiqish lozim.

Matematika kursida shifokorlar uchun professional ahamiyatga ega bo'lgan bo'limlarni ajratib ko'rsatish, ular uchun tabaqalashtirilgan vazifalar tizimini ishlab chiqish kerak (professional qo'llanma va test materiallari bilan).

Matematikani o'qitishni intensivlashtirish sharoitida ko'p darajali tabaqalashtirilgan vazifalar majmuasini ishlab chiqish uchun asosiy talablar: kirish imkoniyati; kasbiy yo'naltirish; dozalash bo'yicha maslahatlar va muammolarni echish algoritmlari; tadqiqot vazifalari va muammoli vaziyatlarni bayon qilish; o'quvchilarni materialni o'zlashtirish darajasini oshirishga rag'batlantirish [4].

Tibbiyot oliygohlari talabalariga matematikani o'qitish sifatini oshirish muammosi matematik kurs mazmunining o'ziga xos xususiyatlarini va tibbiyot mutaxassisliklari talabalarining psixologik-pedagogik xususiyatlarini hisobga olgan holda ta'limni intensivlashtirish sharoitlari, usullari va vositalaridan kompleks foydalanish orqali amalga oshiriladigan ta'limni intensivlashtirish asosida hal etiladi. Ushbu yondoshish tibbiyot bilim yurtlari o'quvchilariga matematikani o'qitish metodologiyasini ishlab chiqishga imkon beradi, bu o'quv axborotlari, axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining ramziy ifodasini ishlatishni o'z ichiga oladi va talabalarning fikrlash va o'z-o'zini tarbiyalash ko'nikmalarining mantiqiy va stoxastik tarkibiy qismlarini rivojlantirishga qaratilgan [4].

Metodologik tarkibiy qism universitetlarning tibbiy mutaxassisliklari talabalariga biotibbiy bilimlarning matematik asoslari: biotibbiy tarkibga oid vazifalar to'plamlaridan foydalanish, biotibbiyot muammolarining matematik modellarini qurish, muammoli vaziyatlarni hal qilish, laboratoriya va amaliy ishlarni o'qitish usullari, vositalari va shakllarini tanlash va qo'llashni o'z ichiga oladi, loyiha faoliyatini

tashkil etish, ish daftarini yaratish va undan foydalanish. ma'lumotnomalar sxemalarini tayyorlash.

2-qism

Ta'lim mazmuni fundamental tabiiy-ilmiy printsiplarga va asosiy g'oyalarga asoslanishi kerak. Umumiy ilmiy tadqiqot usullarini, xususan, modellashtirish usulini o'qitishga o'tish kerak.

Talabalar: obyektlarni, hodisalarni va jarayonlarning modellarini farqlay olishlari va qura olishlari kerak; ilmiy modellarni yaratish va ularni ilmiy va tibbiy faoliyatida qo'llashi kerak.

Ma'ruza mashg'ulotlari talabalarga turli xil biotibbiy jarayonlar va tizimlarning qurilish modellari asoslarini o'zlashtirishga qaratilgan.

Amaliy va mustaqil tadqiqotlar talabani mustaqil qarorlar qabul qilishga tayyorlashi va keyingi fanlarni o'rganishda ajralmas qismi bo'lgan biologiya va tibbiyotda matematik modellashtirish asoslarini aniq anglashi kerak. "Biologiya va tibbiyotda matematik modellashtirish" fanidan ishchi o'quv dasturiga muvofiq 5510900 - Tibbiy va biologiya ishi [13.14] ixtisosligi bo'yicha o'quv yo'nalishi uchun ma'ruza, amaliy va mustaqil ishlarning mavzulari va ularning soatlarini taqsimlash belgilangan.

Nazarimizda, yuqoridagi amaliy va mustaqil tadqiqotlar mavzulari noaniq, maqsadga muvofiq emas, amaliy va mustaqil tadqiqotlar mavzularining izchilligi va asoslilikini ta'minlash uchun tafovut yo'q.

2018-2019 o'quv yilida biz fanni o'qitishda aytib o'tgan va to'plangan tajribamizga asoslanib, tibbiyot oliygohlari talabalari biologiya va tibbiyotda matematik modellashtirishni o'qitishda quyidagi ma'ruza, amaliy va mustaqil ishlarni tabaqalashtirish tizimini taklif qilamiz.

Tibbiyot oliy o'quv yurtlari talabalari uchun biologiya va tibbiyotda matematik modellashtirishni o'qitish uchun mo'ljallangan materialning tuzilishi "Biologiya va tibbiyotda matematik modellashtirish" fanining o'quv rejasi va dasturiga to'liq javob beradi va ushbu fanni o'zlashtirish uchun barcha kerakli ma'lumotlarni o'z ichiga oladi.

Ma'ruza mavzularini va soatlarini taqsimlash

№	Ma'ruzalar	soat
1.	1 mavzu. Biologik jarayonlarni matematik modellashtirish. 1. Matematik modellashtirishning umumiy tamoyillari . 2. Umumiy modellashtirish algoritmi. 3. Biotibbiy tizimlarda matematik modellashtirish usullarini qo'llash. 4. Obyektni eksperimental baholash usullari. 5. Modellarini xususiyatlariga ko'ra tasniflash, obyekt va ishlatiladigan jihozlarning xususiyatlarini tahlil qilish.	2
2.	2- mavzu. Ekspert statistik modellashtirish . 1. Ekspert statistik modellashtirish. 2. Algebraik modellar yordamida eksperimental ma'lumotlarning yaqinlashishi. 3. Regressiya tahlili. . 4. Differentsial tenglamalar asosida modellashtirish. 5. Parametrlari taqsimlangan modellar. 6. Qisman derivativlarda differentsial tenglamalar. 7. Modellarini tekshirishning raqamli usullari: Eyley - Koshi usuli, o'zgartirilgan Euler usuli, Runge - Kut usuli.	2
3.	3-mavzu. Tasodifiy voqea va jarayonlarni modellashtirish . 1. Tasodifiy voqea va jarayonlarni modellashtirish. 2. Tasodifiy o'zgaruvchilar va jarayonlarni modellashtirish obyekti 3. Monte-Karlo usuli. 4. Tasodifiy sonlarni taqsimlash qoidalari asosida modellashtirish. Kolmogorov tenglamasi. 5. Navbat nazariyasi elementlari va ular asosida modellashtirish. 6. Murakkab jarayon va tizimlarni optimallashtirish uchun matematik modellarini yaratish muammolari.	2
4.	4- mavzu. Simulyatsiya modellari. 1. Murakkab tizimlarning simulyatsion modellari. 2. Simulyatsiya modellarining bosqichlari. 3. Maxsus simulyatsiya tillari. 4. Biologik jarayonlar va tizimlarning muammolarini o'rganishda matematik modellashtirish vositalari va usullarining kelajakdagi rivojlanish tendentsiyasi.	2
	Jami	8

Tavsiya etilgan amaliy mavzular

№	Mavzular	soat
1	Obyektning rasmiy modeli.	2
2	Tibbiy diagnostika modellari.	2
3	Xiralashgan to'plam nazariyasi usullaridan foydalangan holda tibbiy diagnostika bo'yicha ekspert tizimlari.	2

4	Populyatsiya dinamikasi modeli . Populyatsion modellar. Darbeli to'liqin modeli.	2
5	Qon tomir o'zanining modeli.	2
6	Strukturaviy modellar. Dori vositasining farmakokinetikasi modeli.	2
7	Simulyatsiyani modellashtirish .	2
8	Uzoq muddatli jarohat yuzasi yuzasining vaqtga bog'liqligini aks ettiruvchi qonun . Valterning modeli (yirtqich-yirtqich model).	2
9	Farmakokinetik model. Epidemiyaning eng oddiy matematik modeli. Epidemiyaning matematik modeli.	2
10	Yuqumli kasallikning eng oddiy modeli. Sil kasalligi uchun matematik model.	2
11	Monte-Karlo usuli yordamida obyektini modellashtirish. muammolarini hal tan uch bosqichli tizimi Ekspert tizimlari, s aholining tibbiy ko'rikdan x.	2
12	Muayyan ekologik jarayonlarni modellashtirish uchun tipik funksiyalar. Aholining omon qolish jarayonlarini simulyatsiyasi .	2
13	Optimallashtirish usullari - tashqi fiksatsiya apparati yordamida o'murtqa deformatsiyani tuzatish jarayonini modellashtirish Hill modeli (mushaklarning qisqarish modeli).	2
14	Bosh jarohatlari ta'sirini modellashtirish - miya jarohatlari. Diabetning differentsial modeli. Yurak-qon tomir tizimining tartibga solish mexanizmlarini modellashtirish.	2
	Jami	28

Mavzular bo'yicha tavsiya etiluvchi mustaqil mavzular ro'yhati

№	Mavzular	soat
1	Biologik va tibbiy kibernetikani o'rganishda modellashtirishning o'rni va ahamiyati.	2
2	Tibbiyotda modellashtirish asoslari. Model tushunchasi.	2
3	Matematik modellashtirish tibbiyot universitetlari talabalarining kasbga oid muhim ko'nikmalarini shakllantirish vositasi sifatida . Tibbiyotda matematik modellar.	2
4	Determinatsiyalangan modellar	2
5	Kommunikativ modellar MISOL: Tibbiy jumallarda chop etilgan maqolalarni tahlil qilish asosida preparatni qo'llash samaradorligini o'rganish natijalari.	2
6	Stokastik (ehtimoliy) modellar. Doimiy ravishda stoxastik modellar. Diskret stoxastik modellar. Stokastik tizimlar darajasi .	2

7	Stokastik (statistik) modellar. Ehtimollar nazariyasi va matematik statistika (stoxastik modellar) dan foydalanishga asoslangan modellar.	2
8	Statistik modellar. Misol - yosh bolalarning ekologik sabab bo'lgan kasalliklarini gigienik monitoringida statistik ma'lumotlarni qayta ishlash muammosini hal qilish.	2
9	Tasodifiy jarayonlarning raqamli xususiyatlarini statistik baholash.	2
10	Biologik va statistik to'plam tarkibiga kirish .	4
11	Statistik to'plamdan foydalangan holda matematik modellar parametrlarini sintez qilish .	4
12	Statistik to'plamdan parametrlarni hisoblash ketma-ketligi . Matematik modellashtirishning tuzilishi va parametrlarini aniqlash.	4
	Jami	30

3-qism

Tibbiyot oliygohida matematikani o'qitish metodikasi bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar talabalarni modellashtirish usulida o'qitishning samarali usullarini aniqladi [6,7]: 1) modellashtirish o'qitish uslubi sifatida; 2) o'quv uslubi sifatida modellashtirish; 3) o'quv maqsadi sifatida modellashtirish; 4) muammolarni hal qilish usuli sifatida modellashtirish; 5) o'qituvchi tomonidan o'quv jarayonida qo'llaniladigan vosita sifatida modellashtirish; 6) ta'lim bilimlarining evristik vositasi sifatida modellashtirish ; 7) o'rganish tamoyili sifatida modellashtirish; 8) o'rganish maqsadi sifatida modellashtirish.

Psixologlar tomonidan simulyatsiya quyidagicha hisoblanadi: a) ramziy-ramziy idealizatsiya maxsus turi; b) yangi ma'lumot olish uchun ramziy faoliyat; v) orinbosuvchilardan foydalangan holda voqelikni bilvosita bilish; d) modellar bilan ishlash - universal munosabatlar abstraktsiyasining xususiyatlarini o'rganish jarayoni sifatida ; e) o'quv jarayonida modellashtirish - o'quv faoliyati, bilimlarni o'zlashtirish jarayonining bir qismi va umumlashtirilgan harakatlar usullari, yangi bilimlarni egallash vositasi, yangi bilimlarni o'zlashtirish vositasi [16.17].

Aqliy harakatlarni bosqichma-bosqich shakllantirish nazariyasiga ko'ra, aqliy harakatni o'zlashtirishda muhim va ajralmas qadam bu modellar qurish va ular bilan ishlashdir. Biror-bir harakatni amalga oshirish jarayonida talabalar avval uni moddiy yoki moddiylashtirilgan

axborot-resurs markazi

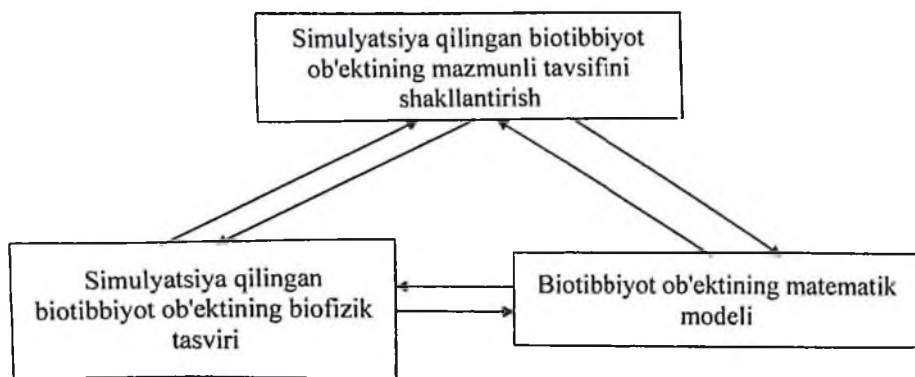
166 44

shaklda bajaradilar, so'ngra asta-sekin uni moddiy obyektzni sezilarli darajada almashtirish bilan bajariladigan aqliy harakatlarga aylantiradilar. Biror kishining o'zini o'zi kuzatish qobiliyati tufayli u asl nusxa shaklida haqiqat obyektlari haqida fikr yuritishi mumkin, u ko'chirmani muhitdan mavhumlashtirishi va nusxa ko'chirish vositalarining ommaviy axborot vositalari bilan avvalgi asl nusxasida bo'lgani kabi harakat qilishi mumkin [16, 17].

Tibbiyot talabalarining matematik tayyorgarligining kasbiy ahamiyatga ega bo'lgan tarkibini tanlashning asosiy tamoyillarini aniqlash va haqiqiy o'quv amaliyotida ushbu tarkibni to'liq egallash uchun bir qator uslubiy talablarni aniqlash asosiy muammo hisoblanadi. [6].

Bizningcha, tibbiyot oliy o'quv yurtlari matematik modellashtirishni o'qitishning metodologik tizimining asosi quyidagi o'zaro bog'liq tomonlarini o'z ichiga olgan o'quv jarayoni bo'lishi kerak (1-jadvalga qarang).

1-sxema.



Ushbu jihatlarning mazmunini qisqacha ochib beramiz.

Modellashtirilgan obyektning mohiyati tavsifi. Biotibbiy tarkibga oid vazifalar deganda biz ko'p vazifalarni shifokorning kasbiy faoliyati sohasidan olingan matematik vazifalarni tushunamiz va yechimlarni matematik usullar bilan topamiz. Modellashtirish obyektlari tizimli

yondashuv nuqtai nazaridan tavsiflanadi. Tadqiqot maqsadidan kelib chiqib, elementlar to'plami, elementlar o'rtasidagi munosabatlar, har bir elementning mumkin bo'lgan holatlari, holatlarning muhim xususiyatlari va ular o'rtasidagi munosabatlar o'rnatiladi. Masalan, agar bitta parametrning qiymati oshsa, boshqasining qiymati kamayadi va hokazo. Xususiyatlarni tanlashning to'liqligi va o'ziga xosligi bilan bog'liq savollar ko'rib chiqilmaydi. Tabiiyki, bunday og'zaki tavsifda mantiqiy qarama-qarshiliklar, noaniqliklar bo'lishi mumkin. Bu o'rganilayotgan obyektning o'ziga xos tabiiy-ilmiy tushunchasi. Tizimning bunday oldindan, taxminiy namoyishi kontseptual model deb ataladi. Keyinchalik rasmiylashtirish uchun yaxshi asos bo'lib xizmat qilishi uchun mazmunli tavsiflash uchun simulyatsiya qilingan obyektning sinchkovlik bilan o'rganish talab etiladi. Ko'pincha, modelni jadallashtirishga bo'lgan tabiiy istak tadqiqotchini ushbu bosqichdan to'g'ridan-to'g'ri rasmiy masalalarni hal qilishga olib keladi. Natijada, yetarli asosga ega bo'lmagan holda qurilgan model foydalanish uchun yaroqsiz bo'ladi. Modellashtirishning ushbu bosqichida tizimlarni, ishora va til modellarini tavsiflashning sifatli usullari keng qo'llaniladi [11].

Simulyatsiya qilingan obyektning biofizik tasviri. Zamonaviy biofizikada, kvant biofizika, molekulyar biofizika, hujayra biofizikasi va murakkab tizimlarning biofizikasi (ya'ni, organlar va to'qimalarning biofizikasi, organizm-atrof-muhit tizimlari va boshqalar) an'anaviy ravishda ajralib turadi.

Mutaxassislikda muvaffaqiyatli ishlash uchun shifokor fizika, biofizika, matematika bo'yicha chuqur fundamental bilimlarga ega bo'lishi va kasbiy faoliyatda ularni qo'llash sohalarini bilishi kerak. Tibbiyot va biologiyaning turli sohalarida ularning qonunlari, printsiplari, mexanizmlari, faoliyatisiz bilish mumkin emas. Shifokorning kasbiy faoliyatining eng muhim tarkibiy qismi bu texnologiya va texnologik jarayonlar, biomedikal tadqiqotlar asosidagi jarayonlar va hodisalarni matematik modellashtirishdir.

Biofizikada modellashtirish usuli fiziologik va patologik jarayonlar asosidagi fizik-kimyoviy jarayonlar va mexanizmlarni tushunishda

qo'llaniladi. Bunday modellashtirishning asosiy vazifasi o'rganilayotgan hodisani "sof" shaklda ajratish, muayyan jarayonni bezovta qiluvchi omillardan va uni kuzatib boradigan hodisalardan murakkab tizimda ajratib olishga harakat qilish, o'rganilayotgan jarayonning mohiyatini ko'rsatishdir.

O'zgaruvchan komponent doirasida matematik modellashtirishni professional tarkib bilan biofizik muammolarni hal qilishda, standart chegaralar doirasida qo'llanilganda to'g'ri bashoratlarni beradigan standart biofizik modellar, hodisalar va jarayonlardan foydalangan holda ko'rib chiqamiz.

Amaliyot shuni ko'rsatadiki, matematika darslarida matematik apparatlar bilan ishlash qobiliyatini namoyish etadigan tibbiyot universitetlarining ko'pgina talabalari abstrakt va kasbiy tarkibdagi biofizik muammolarni hal qilishda matematik usullardan foydalanishda qiyinchiliklarga duch kelishmoqda. Talabalarni biofizika bo'yicha bunday ta'lim faoliyatiga yo'naltirish zarurati mavjud bo'lib, bu umuman ularning kasbiy rivojlanishiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Shu munosabat bilan, matematik modellashtirish biofizik ta'lim mazmunini tashkil qilishda ilmiy bilish usuli sifatida muhimdir, unga ko'ra o'quv jarayonini amalga oshirish va tibbiyot talabalarining tabiiy ilmiy tafakkurini samarali shakllantirish mumkin. [8,9].

Shu bilan birga, talabalarining shaxsiy-kasbiy rivojlanishining kontekstual, mavzuga oid, aksiologik vakolatlarini rivojlantirishga qaratilgan vazifalarning tahliliy-aks ettiruvchi, konstruktiv-prognostik, baholash-axborot, tashkiliy-faollik, tuzatuvchi-tartibga solish turlari belgilanadi. Bunday ish jarayonida biofizik ta'limning integrativ o'quv va kasbiy tarkibi tanlanadi; uning tuzilishi belgilangan vazifalar doirasiga muvofiq amalga oshiriladi; o'quvchilar tomonidan ushbu tarkibni samarali rivojlantirish yo'llari va tashkiliy shakllarini belgilaydi [17].

Ta'lim mazmunini birlashtirish nuqtai nazaridan talabalarining tabiiy-ilmiy fikrlashini diagnostika qilishning asosiy vositasi sifatida mezonga yo'naltirilgan testlardan [18] foydalanish tavsiya etiladi .

Yechim bio matematik modellashtirish yordamida jismoniy muammolar uch bosqichli sxema bo'yicha amalga oshiriladi. Har bir bosqich tarkibini ochib beramiz.

1. Birinchi bosqich - rasmiylashtirish bosqichi - amaliy muammodan hal qilinadigan biofizik, so'ngra matematik modelni qurishga o'tish.

2. Ikkinchi bosqich - birinchi bosqichda shakllangan matematik model doirasidagi masalaning yechimi.

3. Uchinchi bosqich - izohlash bosqichi - olingan matematik echimning asl biofizik muammoning tiliga tarjima qilinishi.

Tibbiy-biologik tabiatning biofizik muammolarini hal qilishda biofizik jarayonlar va hodisalarni matematik modellashtirish quyidagi bosqichlarda amalga oshiriladi:

1) taklif etilayotgan muammoni sifatli tahlil qilish va matematik masalani shakllantirish;

2) matematik modelni qurish;

3) real vaziyatning qurilgan modelining mosligini tekshirish va real jarayonga yetarlicha mos kelmasa uni tuzatish;

4) o'rnatilgan modeldan foydalangan holda muammoni hal qilish;

5) ichki yechim;

6) javobning talqini;

7) yechimni o'rganish.

Keling, amaliy muammolarni hal etish bosqichlari haqida batafsilroq to'xtalib, ularni matematik modellashtirish bosqichlaridan foydalanib tasvirlaymiz.

Matematik modellashtirishning birinchi bosqichi eng mas'uliyatli deb tan olinishi kerak - o'rganilayotgan hodisaning biofizik modelini yaratish jarayoni.

Biofizik hodisalar uchun sxemalashtirish yoki idealizatsiya jarayoni hal qiluvchi rol o'ynaydi [16]. Biofizik muammoda biz obyektlar modellari bilan bog'liq bo'lgan texnologik jarayonni ko'rib chiqamiz, simulyatsiya qilingan obyektlarning texnologik jarayonini tashkil etuvchi biofizik qonunlar va hodisalarni aniqlaymiz.

Muhim omillar aniqlangandan so'ng, biz ularni matematik tushunchalar va miqdorlar tiliga tarjima qilishni davom ettirishimiz va

bu miqdorlar o'rtasidagi munosabatlarni, ya'ni mos matematik modelni yaratishimiz mumkin. Model tizimlarini yaratish jarayoni turli xil bilish darajalarida ko'rib chiqilishi mumkin.

Matematik modelni qurgandan so'ng uni sinab ko'rish kerak [8]. Odatda matematik modelning yetarliligi muammoni shakllantirish jarayonida tekshiriladi. Modelda tuzilgan tenglamalar yoki boshqa matematik munosabatlar doimiy ravishda boshlang'ich holat bilan taqqoslanadi. Modelning mosligini tekshirishning bir necha jihatlari mavjud. Birinchidan, modelning matematik asoslari izchil bo'lishi va matematik mantiqning barcha qonunlariga bo'ysunishi kerak. Ikkinchidan, modelning haqiqiyliги uning boshlang'ich holatini yetarli darajada tasvirlash qobiliyatiga bog'liq. Agar model yetarli bo'lmasa, uni tuzatish kerak, bu muammoni qo'shimcha o'rganishni, matematik modelning tuzilishini aniqlashtirishni va uning parametrlari to'plamini o'zgartirishni talab qilishi mumkin. Matematik model, agar u tizimning xatti-harakati to'g'risida etarlicha ishonchli prognoz berishga qodir bo'lsa, yetarli deb hisoblanadi.

Matematik modelni olgach, muammoning aniq mazmunidan chalg'itib, uning matematik tuzilishini tahlil qilishga murojaat qilishimiz kerak. Bunday holda, matematik modelga kiritilgan miqdorlarning ma'nosi umuman hech qanday rol o'ynamaydi - biz faqatgina natijalar tizimiga qiziqish bildiramiz, ularning asosida miqdorlar o'rtasidagi munosabatlar o'rnatilishi mumkin. Bu yerda matematikada belgilangan qoidalarga muvofiq amalga oshiriladigan ma'lum mantiqiy operatsiyalar qo'llaniladi.

Muammo hal qilindi - natija matematik dalillar va hisob-kitoblarni bajarish orqali olinadi. Bunda, ishning matematik qismi yakunlandi, ammo biofizika davom etmoqda. Gap shundaki, matematikaga oid matematik tenglamalarni yechish pirovard maqsad bo'lib, biofizika uchun bu faqat vosita, tadqiqot usuli. Olingan natijaning qo'llanish chegaralarini, ya'ni o'rganish natijalari ma'lumotlarga mos keladigan parametrlar qiymatini aniqlash kerak.

Matematik belgilarni biofizik tilga tarjima qilish oson ish emas. Bu muammoni matematik tilda shakllantirish, ya'ni matematik modelni

yaratish kabi murakkab emas. Talqin qilish jarayoni nafaqat biofizik tilda matematik belgilarni qayta bayon qilish, balki biofizikaning asrash qonunlari, nisbiylik printsipli, noaniqlik aloqalari va boshqalar kabi fundamental asoslarini hisobga olgan holda boshlang'ich pozitsiyalarini, yakuniy natijaning oraliq operatsiyalarini mazmunli tahlil qilishni talab etadigan maxsus vazifadir. Shuning uchun talabalarga tizimli ravishda biofizik tarkibdagi muammolarni matematik tilga "tarjima qilish", ya'ni matematik modellar tuzish, yuzaga keladigan tenglamalarni echish va echimlarni izohlashni o'rgatish kerak. Matematik modellarning qurilishi va olingan natijalarni biofizik talqin qilish biofizika va matematikaning obyektlararo aloqalarini amalga oshirishning asosiy usullaridan biridir.

Shunday qilib, biofizik ta'lim mazmunini rivojlantirishning asosiy yo'nalishlaridan biri bu uning fundamental tabiati bo'lib, bu talabalarga fanning asosiy bilimlariga asoslanib, ularni tahlil qilish va aniq muammolarni hal qilishda universal usullarni o'zlashtirishga imkon beradi.

Obyektning matematik modeli.

Matematik modellashtirish biofizik jarayonlarni mantiqiy o'zaro bog'liq, ya'ni differentsial, integral, algebraik tenglamalar va tengsizliklar ko'rinishidagi matematik ifodalar bilan tavsiflaydi [16]. O'rganilayotgan hodisaning tenglamalar, tengsizliklar, funktsiyalar va miqdoriy bog'liqliklar shaklida ifodalanishi rasmiylashtirish deb ataladi.

Soddalashtirish uchun bilim tizimlarini rasmiy o'zgartirishning eng samarali usullari quyidagilardan iborat:

1) qulay ramziy vositalarni joriy etish; 2) yangi yoki eski koordinatali tizimlarni tanlash; 3) miqdorlar shkalasini tanlash. Nazariy modellashtirish bosqichida ilmiy ijod uchun eng katta imkoniyatlar ochiladi. Bitta va bir xil obyekt turli xil belgilar bilan belgilanishi mumkin, va aksincha, bir xil belgi turli xil obyektlarni belgilash uchun ishlatilishi mumkin. Oddiylik va qulaylik muhimdir.

Har qanday amaliy muammoning echimi uni rasmiylashtirish bilan bog'liq, ya'ni. uning tarkibini matematik belgilar va formulalar tiliga tarjima qilish va natijada olingan matematik echimni keyinchalik sharhlash. Formalash jarayoni quyidagicha umumlashtiriladi. Tarkibiy

mazmunga asoslanib, tizim xarakteristikalarining dastlabki to'plami aniqlanadi. Muhim xususiyatlarni ta'kidlash uchun kamida ularning har birini taxminiy tahlil qilish kerak. Tahlilni o'tkazishda ular muammoning bayon etilishiga va o'rganilayotgan tizimning mohiyatini tushunishga tayanadilar. Muhim bo'lmagan xarakteristikalar chiqarib tashlanganidan keyin boshqariladigan va boshqarilmaydigan parametrlar ajratiladi va simvolizatsiya amalga oshiriladi. Keyin, nazorat qilinadigan parametrlarning qiymatlarini cheklash tizimi aniqlanadi. Agar cheklovlar asosiy bo'lmasa, unda ular e'tiborsiz qoldiriladi.

Taniqli uch bosqichli matematik modellashtirish sxemasidan (rasmiylashtirish, model ichidagi muammoni hal qilish, sharhlash) foydalanib, tibbiyot universitetida matematika kursi bo'yicha mavjud muammoli kitoblarni tahlil qildik va ulardagi vazifalarning aksariyati ikkinchi bosqichga to'g'ri keladi degan xulosaga keldik. Ularning shartlari allaqachon muammoning matematik modelini o'z ichiga olgan. Bu rasmiylashtirish va talqin qilish bosqichlari ularni hal qilish jarayonida aks ettirilmasligiga olib keladi.

Matematik modellashtirishni o'qitishda muhim rol o'ynaydigan mavzularni matematik muammolar ularni hal qilishga mos yondoshish bilan o'ynashi mumkin. Bu vositalari, eng avvalo, imkon beruvchi matematik modellashtirish uch bosqichli sxema muhim qo'shimchalar, joriy o'rgatmoq vazifani tadqiq qilish uchun, talabalar, hikoya muammolarga umumiy yondoshib vazifa qaror Rasmiy-chaqiruv bilan shoshmaslik, shuningdek ta'kidlash imkonini berish uchun emas, balki, uning qarori taraqqiyot kuzatib borish va ta'kidlash.

Bundan tashqari, algoritmlarning faol ishtiroki rasmiylashtirish bosqichini yanada muvaffaqiyatli o'zlashtirishga yordam berishi aniqlandi.

Mashhur uch bosqichli matematik modellashtirish sxemasi batafsil yoritilgan [6,7], natijada quyidagi tarkibiy qismlardan tashkil topgan struktura hosil bo'ladi:

1. Formalash (holatni tahlil qilish, muhim omillarni aniqlash va ahamiyatsizlarni rad etish, soddalashtirish va bo'rttirish, maqsadni aniqlashtirish, o'zgaruvchilar va parametrlarni tanlash, mazmunli

tushunchalarni ularning rasmiy va matematik ekvivalentlari bilan almashtirish, muammoni matematik tilda shakllantirish, modelni qurish).

2. Formal-matematik yechim (matematik modelni rasmiy-mantiqiy tahlil qilish, hisob-kitoblar, matematik natijalar).

3. Tushuntirish (matematik model haqidagi ma'lumotdan asli haqida ma'lumotga o'tish, asl obyekt haqida yangi ma'lumot olish, modelni yangilash).

Yuqoridagilardan kelib chiqqan holda, tibbiyot oliygohlari talabalariga matematik modellashtirishni o'qitishning metodologik tizimining asosini quyidagi shakllar tashkil qilishi mumkin.

Mavjud tajribaga ko'ra [2-8, va hokazo], agar siz tibbiy universitetlarning talabalariga biotibbiy bilimlarning matematik asoslarini o'rgatadigan metodologiyaga binoan:

1. "Talabalarning biotibbiy bilimlarini matematik asoslarini o'qitishga kompleks yondoshish" tushunchasining mazmunini talqin qilish va tibbiyot oliygohida talabalarni matematik tayyorlashda undan foydalanishning maqsadga muvofiqligini asoslash;

2. "Informatika va biofizika" kafedrasida o'rganilayotgan fanlar tarkibiga bo'lajak shifokorlarning tibbiy tayyorgarligi mazmuni bilan aniqlanadigan muhim matematik bo'limlarni tanlash;

3. Talabalarni kelajakdagi tibbiy amaliyotda matematikadan foydalanish bilan tanishtirish, matematik bilimlar va ularning maxsus tibbiy fanlarda qo'llanilishi o'rtasida moslik o'rnatish;

4. Tibbiyot mutaxassisliklari talabalariga biotibbiyot bilimlarning matematik asoslarini o'qitish uchun model yaratish;

5. Tibbiyot talabalari uchun vazifalar tizimidan foydalanish, shu jumladan: biotibbiyot tarkibidagi vazifalar, shu jumladan ijodiy va tadqiqot xarakteridagi vazifalar;

6. An'anaviy shaklda o'qitishning yangi shakllari va vositalarini qo'llash: biznes o'yinlari, mini-tadqiqotlar, kompyuter dasturlari, interfaol doska, ma'lumotnomalar va hk.;

7. Kasbiy yo'naltirilgan didaktik materiallardan (darslik daftarchasi, ishchi daftar, amaliy va laboratoriya ishlari uchun o'quv qo'llanma va boshqalar) foydalangan holda tibbiy talabalarning mustaqil ishini tashkil

qilish, bu tibbiyot talabalariga matematik bilimlarni ongli ravishda qo'llash qobiliyatiga yordam beradi. ularning kelajakdagi kasbiy (tibbiy) faoliyatida qo'llashni taminlaydi.

Mavjud tajribaga ko'ra [2-8 va hokazo], tibbiy oliygohlarning talabalarini biotibbiy bilimlarning matematik asoslarini o'z ichiga olgan metodologiyaga o'rgatishda, quyidagilarga etibor berish kerak:

- tibbiy-biologik tabiatdagi muammoli vaziyatni hal qilish;
- tibbiyot talabalariga: matematika va tibbiy amaliyot, matematika va maxsus fanlar ("Sog'liqni saqlashni tashkil etish", "Epidemiologiya" va boshqalar) o'rtasidagi aloqalarni ko'rsatish;
- bo'lajak shifokorlarning boshlang'ich kasbiy ko'nikmalarini shakllantirishga, ya'ni tibbiy amaliyotdan jarayon yoki hodisani matematik modellashtirish ko'nikmalarini shakllantirishga hissa qo'shish kerak.

Bundan tashqari, darslarning barcha shakllari talabaning mustaqil-darsdan tashqari ishlarini o'z ichiga oladi. Mutaxassislarni tayyorlash sifatini oshirish maqsadiga erishish uchun o'qituvchi ma'ruza, amaliy va laboratoriya mashg'ulotlarida ma'lum dasturiy ma'lumotlarni yetkazish bilan bir qatorda talabalarning mustaqil ishlarini, shu jumladan biofizikaga bag'ishlangan ilmiy ishlarni faollashtirishlari kerak.

Haqiqiy obyekt asosida kurs ishini amalga oshirish modellashtirishning quyidagi bosqichlarini o'z ichiga oladi:

- simulyatsiya qilingan obyektning ijobiy tavsifi ;
- obyektining biofizik modelni yaratish;
- matematik modelga o'tish;
- kompyuter yordamida yuzaga kelgan muammoni hal qilish;
- empirik natijalarini solishtirish orqali model tekshirish;
- agar kerak bo'lsa, modelni takomillashtirish.

Kurs loyihasi ustida olib borilgan ishlarning natijasi murakkab muammolarni hal qilishda yagona tabiiy-ilmiy yondashuvni shakllantirish, gipotezalar, muammolarni ilgari surish va ularni hal qilish yo'llarini izlash qobiliyatining shakllanishi hisoblanadi.

Simulyatsiya qilingan obyekt ko'pincha bir nechta tengsiz matematik modellarga ega. Haqiqiy obyekt uchun, uning tadqiqot natijalarini turli xil modellardan foydalangan holda taqqoslash,

tadqiqotchilarga bu haqda o'z bilimlarini boyitishga imkon beradi. Bitta obyektning turli xil modellarini ko'rib chiqishning maqsadi uning xususiyatlarini batafsil o'rganishdir. Modelni aniqlashtirish uchun har qanday atamalar yoziladi yoki tenglamalarga qo'shiladi, chiziqli bog'liqliklar o'rni chiziqli bo'lmaganlarga almashtiradi va hokazo. Ushbu bosqichda o'qituvchining rahbarlik roli juda muhimdir. U tadqiqotchilar e'tiborini modelning muvofiqligi talabining bajarilishiga, haqiqiy obyektning har qanday xususiyatlarini modellashtirish orqali boshqa xususiyatlarga nisbatan yetarli bo'lmagan xulosalar chiqarish mumkinligiga qaratishi kerak.

XULOSA

"Biologiya va tibbiyotda matematik modellashtirish" kursini o'qitish muammolarini ta'riflar va amalga oshirish asosida amalga oshirish quyidagilarga bogliq: talabalarning modellashtirish usulidan xabardorligi pastligi sabablari; o'quvchilarga modellashtirish usulini o'rgatishdagi asosiy qarama-qarshiliklar; o'quvchilarga modellashtirish uslubini o'rgatishning metodik tizimining o'ziga xos xususiyatlari; matematik modellashtirish usullaridan foydalangan holda o'quv texnologiyalarini takomillashtirishning asosiy printsiplarini amalga oshirish usullari; universitetlarning tibbiy mutaxassisliklariga matematik o'qitishning kasbiy yo'nalishini ta'minlash xususiyatlari; bo'lajak shifokorni matematik tayyorlash uchun uslubiy ta'minotni rivojlantirish asoslari.

O'tkazilgan eksperimental mashg'ulotlar biologiya va tibbiyotda matematik modellashtirish bo'yicha biz taklif etayotgan o'quv materiallarini tuzilish samaradorligini namoyish etadi:

- murakkab tizimlarni o'rganishda, modellarni sintez qilishda, modellarning muvofiqligini tekshirishda har xil matematik modellashtirish usullaridan foydalanish;

- matematik usullarni qo'llash ko'lamini va uning asosiy vazifasini, ixtisoslashuv sohasiga yo'naltirilgan usullarni yaratish, biotibbiyot obyektlarining xususiyatlarini o'zlashtirish;

- matematik modellashtirish, murakkab obyektlarni tekshirish va optimallashtirish muammolarini o'rnatish asosida;

- muammoning bayonini va simulyatsiya qilingan obyektning xususiyatlarini hisobga olgan holda model sinfini aniqlash, uning tuzilishini optimallashtirish, uning xususiyatlarini hisoblash;

- tibbiyot oliygozlari talabalarining kasbiy ahamiyatli ko'nikmalarini shakllantirish.

1-sxemaning bloklari yuqorida bayon qilingan tavsiflarni o'qitish jarayonida yaxlit foydalanishga asoslangan matematik modellashtirish bo'yicha metodik o'quv tizimini yaratish quyidagilarga yordam beradi: matematik modellashtirish uslubi to'g'risida yaxlit, mazmunli fikrlarni shakllantirish; matematik modellashtirish usulining tarkibiy qismlarini yo'naltirilgan tayyorlash; nazariy va amaliy materiallarni sifatli o'zlashtirish; murakkab tibbiy va biologik jarayonlar va tizimlarda tadqiqotlar o'tkazish uchun nazariya va modellashtirish usullarini o'zlashtirish; ularni optimallashtirish; har xil turdagi va maxsus sharoitlarda modellashtirish yo'llari qo'llash va boshqalar.

"Biologiya va tibbiyotda matematik modellashtirish" kursini o'qishda yuqoridagi fikrlarning qo'llanilishi uning tibbiyot oliygozida samarali o'qitishining asosini tashkil etadi.

ADABIYOTLAR

1. Aymaxanova A.Sh., Ismailova M.M., Axtaeva N.S. M matematika usullari - menejerlarni tayyorlashda Cesky simulasyon yilda sog'liqni saqlash. "Vestnik KazNMU" jurnali . 2014 yil.

2. Belomestnova V.R. Pedagogik universitetlarning fizika mutaxassisliklari talabalariga dars berishda matematika va fizika kurslarini birlashtirishda matematik modellashtirish. matematika, kasb-hunar ta'limi darajasida: nazariyasi va o'qitish va ta'lim metodikasi - pedagogika fanlari, 13.00.02 nomzodi ilmiy darajasini raqobat to'g'risidagi Tez Xulosa - Nia (pedagogika fanlari). Novosibirsk 2006-yil.

3. Gelman V.Ya., Ushveridze LA, Serdyukov Yu.P. Tibbiyot

universitetida matematikadan dars berish. Ta'lim va fan . 2018; 20 (2): 88-107. DOI: [10.17853 / 1994-5639-2018-2-88-107](https://doi.org/10.17853/1994-5639-2018-2-88-107).

4. Dmitrieva M.N. Ta'limni intensivlashtirish sharoitida universitetlarning gumanitar mutaxassisliklari talabalariga matematikani o'qitish metodikasi. A BSTRACT dissertatsiya darajasiga uchun pedagogika fanlari nomzodi, tomonidan, ayniqsa, VAK 13.00.02 - "nazariyasi va (sohalarda va ta'lim darajadagi) o'quv va ta'lim uslubiyoti". DissersCat dissertatsiyalar va tezislarning ilmiy kutubxonasi [http:// www. disserscat.com/content/metodika-obucheniya-matematike-studentov-gumanitarnykh-spetsialnostei-vuzov-v-kontekste-inte#ixzz5AALhV38N](http://www.disserscat.com/content/metodika-obucheniya-matematike-studentov-gumanitarnykh-spetsialnostei-vuzov-v-kontekste-inte#ixzz5AALhV38N)

5. Kalaeva EA, Artyukhov talabalarni tayyorlash kursini "Biologiya matematik usullar" o'qitish muammolari to'g'risida VG, Kalaev VN OCU - aspirantura "Biologiya" da. Bilan eriya: P Örün Banix oliy tasvir. 2016. № 3. Voronej davlat universiteti.

6. Lanina L.V. Tibbiyot universitetlari talabalariga biotibbiy bilimlarning matematik asoslarini o'qitish metodikasi. Pedagogika fanlari nomzodi ilmiy darajasiga nomzodlik dissertatsiyasi uchun referat. Mutaxassisligi 13.00.02. - Ta'lim va o'qitish nazariyasi va metodologiyasi (matematika). Orlov - Davlat universiteti. Burgut 2013.

7. Lanina L.V. matematik va biotibbiyotshunolik bilim tibbiy talabalar integratsiya // fan zamonaviy muammolari va shakllantirish Ba Niya. - 2015. - № 6.

8. Pichugina P.G. Tibbiyot oliy o'quv yurtlari talabalar uchun matematikani kasbiy yo'naltirilgan holda o'qitish metodikasi. VAK 13.00.02 ixtisosligi bo'yicha pedagogika fanlari nomzodi ilmiy darajasiga nomzodlik dissertatsiyasi uchun referat. Nijniy Novgorod. - 2004 g .

9. Shmonova M.A. Tibbiyot universitetlari talabalarining kasbiy mahoratini shakllantirish. // [Yaroslavl pedagogik byulleteni](#). 2016. №2.

10. Dmitrieva M.V. Biologik jarayonlarni matematik modellashtirish. Ta'lim yo'nalishi bo'yicha magistrnlarning mustaqil ishi uchun ko'rsatma 06.04.01 Biologiya. Ulyanovsk. - 2017. - b. 26.

11. Popov EV ma'ruza qisqa kurs mavzuda - Matematik

modellashtirish, raqamli usullar va dastur majmualarini . Kuban davlat agrar universiteti. Krasnodar. - 2015 yil. - 43 p.

12. Maksimov I.B., Stolyar V.P., Bogomolov A.V., Zubov N.N. Elementy tibbiyot va ilmiy-tadqiqot boshqarish dalillarga asoslangan (odam bir tomonlama o'rganish sistematik tahlil qilish va biotibbiyotshunolik axborot ishlash) / Edited prof tomonidan. V.P. Stolyara.- M.: GVKG im. N.N. Burdenko, 2011 - 200c.

13. 5510900 - Tibbiy biologiya Ishi magistranti Talim Yalanishing Malaka Talablari. O'zR OvaYMTV. Bo'yruq № 355 - 08.08.2016 y.

14. "Biologiya va tibbiyotda matematik modeallashtirish yo'nalishi" fanidan ishlaydigan uv dasturi - 5510900 - Tibbiy biologiya ish talim yunalishi uchun. TTA, Toshkent. - 2018 yil - 12 b.

15. Aryukova O.A. Texnik universitetdagi o'zgaruvchan fizika kursini matematik modellashtirish // Ta'lim integratsiyasi. №1. - 2011.- s. 47-53. (N.P. Ogarev nomidagi Mordoviya davlat universiteti).

16. Belomestnova V. R. Pedagogika universitetlarining jismoniy mutaxassisliklari talabalariga dars berishda matematika va fizika kurslarining integratsiyasida matematik modellashtirish / V.R.Belomestnova. - M .: MPGU, 2007.-- 70 b.

17. Bepalko V. P. Fizikani o'qitishdagi fizika va texnologiya va matematikaning fanlararo aloqalari / V. P. Bepalko // Pedagogika institutida jismoniy va texnik fanlarni o'qitishda kasbiy yo'nalish: universitetlararo. Shanba ilmiy tr - Ryazan, 1984. - S. 12-40.

18. Shamina S.V. Jismoniy tarbiya tarkibini integratsiyalashning turli xil variantlari doirasida talabalarning tabiiy-ilmiiy tafakkurini shakllantirish. G. Ta'limning integratsiyasi. №1. - 2011. - b. 53-60. (Ural davlat veterinariya akademiyasi).

3. MATEMATIK MODELLASHTIRISH TIBBIYOT OLYGOHLARI TALABALARINING KASBGA OID MUHIM KO'NIKALARINI SHAKLLANTIRISH VOSITASI SIFATIDA

Oddiy fiziologik va patologik jarayonlarni matematik modellashtirish hozirgi kunda ilmiy tadqiqotlarning eng dolzarb yo'nalishlari hisoblanadi. Gap shunda-ki, zamonaviy tibbiyot asosan tajriba fanidir, turli xil kasalliklarning rivojlanishiga ta'sir ko'rsatadigan katta empirik tajribaga ega. Jarayonlarni batafsil o'rganishga kelsak, agar jarayon biologik muhitda bo'lsa, demak ularni eksperimental o'rganish cheklangan. Matematik modellashtirish ularni o'rganish uchun eng samarali moslama bo'lib qoladi.

Biotibbiy yo'nalishlarda matematik modellashtirishni qo'llashga urinishlar 80-yillarda boshlangan. 19 asr Ingliz psixologi va antropolog Galton tomonidan ilgari surilgan va ingliz biologi va matematik Pirson tomonidan takomillashtirilgan korrelyatsion tahlil g'oyasi biotibbiy ma'lumotlarni qayta ishlashga urinishlar natijasida paydo bo'ldi.

20 asr 40-yillaridan beri matematik usullar tibbiyot va biologiyaga kibernetika va informatika orqali kiradi.

Tibbiyotda va biologiyada tirik tizimlarning soddalashtirilgan tavsifining birinchi misoli va qora quti modeli edi. Obyektning tashqi ta'sirlarga (chiqadigan) reaksiyalarini o'rganishga asoslangan obyektning ichki tuzilishini hisobga olmasdan (kirishlar) tuzilgan model.

Obyektning kirish-chiqish nuqtai nazaridan mos keladigan tavsifi shunday qoniqarsiz bo'ldi, chunki u oxiri o'zgarishini hisobga olmadi. Shuning uchun qora quti usuli holatlar fazosi usullariga joy berdi. Dinamik tizimning eng tabiiy tavsifi bu ikkilamchi modellashtirish, bu yerda har bir bo'linma bitta holat o'zgaruvchisiga mos keladi. Bunda bir xil kirish-chiqish nisbati ham biologik obyektlarning asosiy xususiyatlarini tavsiflash uchun keng qo'llaniladi

Ta'rif va tadqiqotda ma'lum matematik modellarni tanlash biologik va tibbiy obyektlarni bilish mutaxassisning bilimlari, shuningdek, hal qilinadigan vazifalarning xususiyatlaridan kelib chiqadi.

Masalan, statistik usullar muammoni to'liq hal qiladi- agar tadqiqotchi jarayonlar ning ichki mohiyati bilan qiziqmasa. Tizim tuzilishini bilganda, uning ishlash mexanizmlari, unda yuzaga keladigan jarayonlar tadqiqotchining qarorlariga sezilarli ta'sir ko'rsatadigan hodisalar tizimlarni matematik modellashtirish usullariga murojaat qilish bilan hal boladi.

Akademik I.M. Gelfand rahbarligida shunday uslub ishlab chiqildi-ki, tuzilmalar gipotezasi asosida tibbiy bilimlarni rasmiylashtirishga imkon berish shaxs to'g'risidagi ma'lumotlarni tashkil qilish va shu tarzda klinikada olish tibbiyot, axloqiy qonunlarga to'la mos ravishda, tajriba fanlari natijalariga taqqoslanadigan natijalar olsa bolar ekan.

Biofizikada, biokimyoda, genetika, fiziologiya, tibbiy asboblari, biotexnologiyani yaratish tizimlarida matematik usullar keng qollaniladi. Matematik modellar va usullarning rivojlanishi quyidagilarga yordam beradi: tibbiyot sohasidagi bilimlar doirasini kengaytirish; yangi paydo bo'lishi tashxis qo'yish va davolashning samarali usullarining paydo bolishi; tibbiy asbob-uskunalarni yaratish.

So'nggi yillarda matematik usullarni tibbiyotga faol joriy etish modellashtirish va avtomatlashtirilgan usullar, shu jumladan kompyuter tizimlari diagnostika imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytirdi va kasalliklarni davolashni osonlashtirdi.

Tibbiy kompyuter diagnostikasi turlaridan biri bu aniq ma'lumotga asoslangan tashxis usulidir.

Matematik modellashtirishda ikkita mustaqil doiralar ajralib turadi. Birinchisi, nazariy va tizimlarning tuzilishini, uning ishlash printsiplarini ochishga qaratilgan baholash, aniq qoidalarning roli va potentsial imkoniyatlari mexanizmlari.

Boshqa vazifalar doirasi amaliy yo'nalishga ega. Tibbiyotda ular, masalan, aniq tavsiyalarni olish uchun ishlatiladi individual bemor yoki bir hil kasallar guruhi uchun: aynan malum bemor uchun preparatning maqbul kunlik dozasi turli xil parhez va jismoniy mashqlar.

Zamonaviy tibbiyot shifokorlarning malakasiga ham, qo'llaniladigan texnik vositalarga ham yuqori talablar qoyilmoqda. Kasalliklar to'g'risida ma'lumotlarning umumiy miqdori har yili oshib

boradi va bir kishi tibbiy amaliyot uchun mavjud bo'lgan materialning ahamiyatini aniq baholay olmaydi va keyin matematika yordamga keladi, bu esa materialni tuzishga yordam beradi [3].

Tibbiy obyektlarni tavsiflash va tadqiq qilishda ma'lum matematik modellarni tanlash mutaxassisning shaxsiy bilimlariga va hal qilinishi kerak bo'lgan vazifalarning xususiyatlariga bog'liq.

Optimallashtirish usullari strukturaning ishlash rejimlarini aniqlashga imkon beradi, bunda berilgan mexanik ta'sir deformatsiyalangan umurtqa pog'onasini tuzatish vaqtini sezilarli darajada kamaytiradi [2].

Raqamli usullar nafaqat eng aniq, balki kasalliklarni tashxislashda ahamiyatli bo'lmagan hisoblash algoritmlarini to'g'ri tuzishga imkon beradi.

Mushak kuchining o'zgarishi vaqtinchalik jarayonini taqlid qilish uchun uning uzunligi o'zgarganda sodir bo'ladi, Hill AV [5] ketma-ket elastik elementga ulangan kontraktil elementdan iborat mushak tolasini yaratdi.

Tibbiyotda differentsial tenglamalardan foydalanish epidemiyaning eng oddiy matematik modeli misolida ko'rsatilgan. Model yuqumli kasallikning tarqalib ketgan populyatsiyada tarqalishini tasvirlaydi [4].

Matematik yondashuv u yoki bu munosib modelni qurish orqali ma'lum bir muammoning aniq miqdoriy tavsiflanishini osonlashtiribgina qolmay, balki muammoni hal qilish uchun vosita ham beradi.

Ilmiy tekshiruvlarda matematik usullarning rivojlanish darajasi o'rganilayotgan mavzu haqida bilim chuqurligining obyektiv xususiyatidir.

Modellashtirish va modellashtirish tasnifi

Har bir model ma'lum bir maqsad uchun yaratilgan va shuning uchun noyobdir. Biroq, umumiy xususiyatlarning mavjudligi ularning barcha xilma-xilligini alohida sinflarga guruhlash imkonini beradi, bu ularning rivojlanishi va o'rganilishini osonlashtiradi. Nazariyada, tasniflashning ko'plab belgilari mavjud va ularning soni aniqlanmagan. Biroq, quyidagi tasnif mezonlari eng mos keladi :

- obyektning simulyatsiya qilingan tomonining tabiati;

- obyektida sodir bo'layotgan jarayonlarning tabiati;
- modelni amalga oshirish usuli.

"Obyektning simulyatsiya qilingan tomonining tabiati" ga asoslanib modellarni tasniflash va modellashtirish.

Modelning ushbu xususiyatiga muvofiq quyidagilar bo'lishi mumkin:

- funktsional (kibernetik);
- tarkibiy;
- ma'lumotli.

Funktsional modellar faqat xulq-atvorni, modellashtirilgan obyektning funktsiyasini namoyish etadi. Bunday holda, simulyatsiya qilingan obyekt kirish va chiqish bilan "qora quti" deb hisoblanadi. Obyektning jismoniy tabiati, unda sodir bo'layotgan jarayonlarning tabiati, obyektning tuzilishi, ular noma'lum bo'lganligi sababli, tadqiqotchining e'tiboridan chetda qoladi. Funktsional modellashtirishda tajriba kirish effektlarining sun'iy yoki tabiiy o'zgarishi bilan simulyatsiya qilingan obyektning chiqishini kuzatishdan iborat. Ushbu ma'lumotlar asosida xatti-harakatlar modeli ba'zi matematik funktsiyalar shaklida tuziladi. Kompyuter shaxmat dasturi - shaxmat o'ynashda inson miyasining funktsional modeli.

Strukturaviy modellashtirish - bu tuzilishi (elementlari va aloqalari) simulyatsiya qilingan obyektning tuzilishiga o'xshash modelni yaratish va o'rganish. Oldinroq bilib olganimizdek, o'xshashlik umuman o'rnatilmagan, ammo tadqiqot maqsadiga nisbatan ornatiladi. Shuning uchun uni turli xil ko'rib chiqish darajalarida tavsiflash mumkin. Strukturaning eng umumiy tavsifi grafika nazariyasidan foydalangan holda topologik tavsifdir. Masalan, harbiy mashqlar harbiy harakatlar turining tarkibiy modelidir.

"Obyektida sodir bo'layotgan jarayonlar tabiati" asosida modellar va modellashtirish tasnifi.

Ushbu mezon ko'ra, modellar deterministik yoki stoxastik, statik yoki dinamik, diskret yoki doimiy yoki diskret-doimiy bo'lishi mumkin.

Deterministik modellar tasodifiy ta'sirlar bo'lmagan jarayonlarni ifodalaydi.

Stoxastik modellar ehtimoliy jarayonlar va hodisalarni ifodalaydi.

Statik modellar har qanday vaqtda obyektning holatini tavsiflash uchun ishlatiladi.

Dinamik modellar vaqt o'tishi bilan obyektning xatti-harakatlarini anglatadi.

Diskret modellar diskret holatlarga ega tizimlarning xatti-harakatlarini anglatadi.

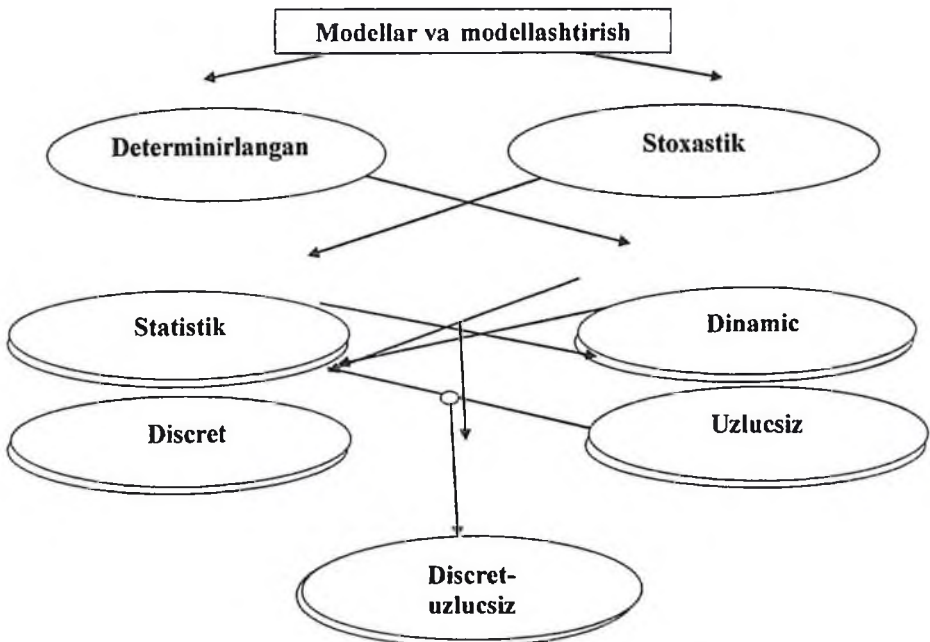
Uzluksiz modellar uzluksiz jarayonlarga ega tizimlarni anglatadi.

Diskret uzluksiz modellar tadqiqotchilar ushbu ikkala turdagi jarayonga qiziqish bildirishganida quriladi. Shak-shubhasiz, ma'lum bir model, rasmda ko'rsatilgan munosabatlarga muvofiq, stoxastik, statik, diskret yoki boshqa bo'lishi mumkin. 1-1-rasm.

- mavhum (hayoliy) modellar; - moddiy modellar.

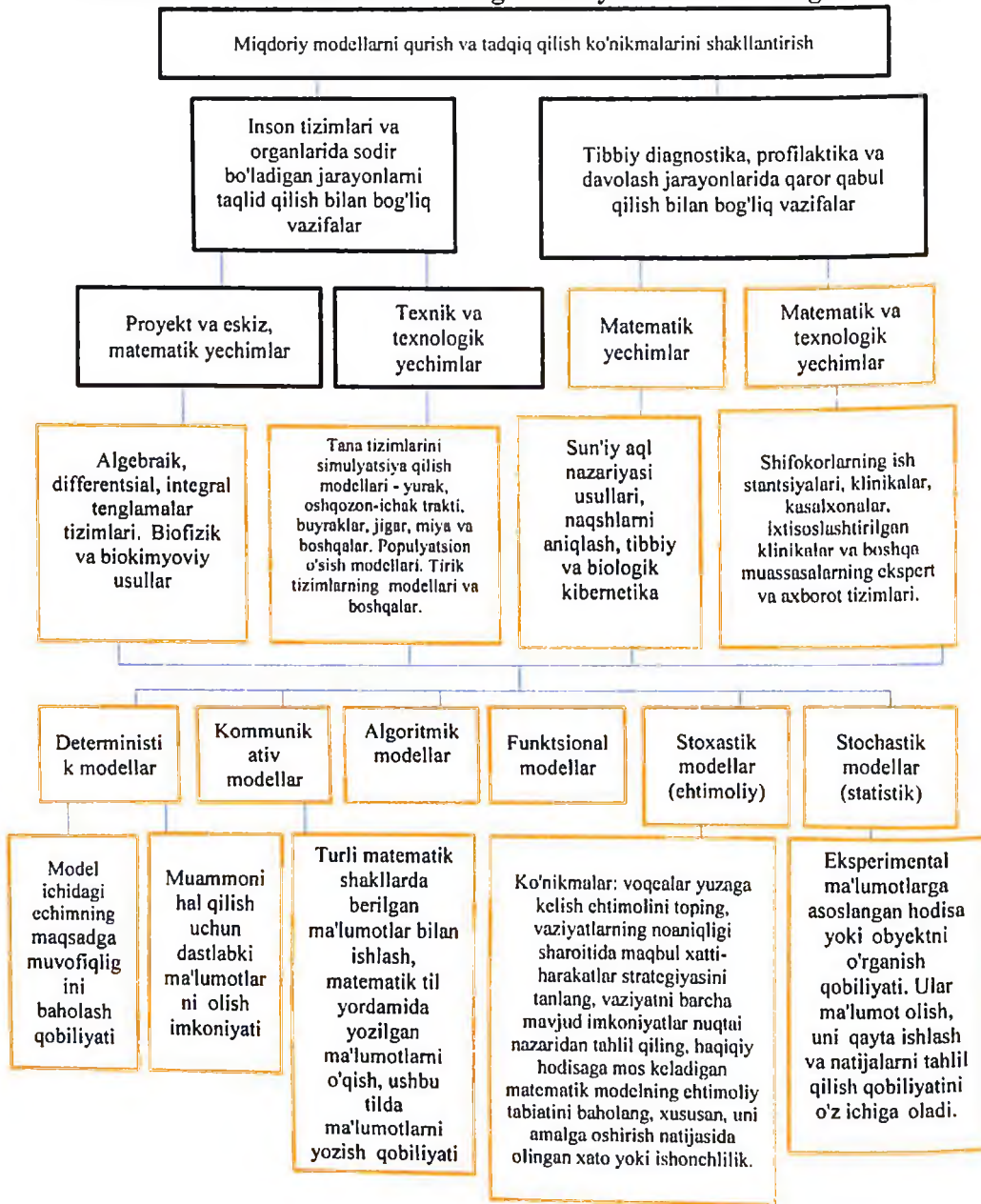
"Modelni amalga oshirish usuli" asosida modellarni tasniflash va modellashtirish.

Ushbu xususiyatga ko'ra, modellar ikkita keng sinfga bo'lingan:



Shakl 1. Model va modellashtirish tasnifi

Kasbiy faoliyat bilan bog'liq muammolarni hal qilishda talabalar ko'nikmalarini shakllantirishning tarkibiy-funksional diagrammasi



Normativ hujjatlarda aks ettirilgan "Davolash ishi", "Stomatologiya" va "Pediatriya" mutaxassisliklari bo'yicha tibbiyot oliygohi bitiruvchisini tayyorlash darajasiga qo'yiladigan umumiy talablarni tahlil qilish, modellashtirish faoliyati bilan bog'liq va tayyorligini bildirgan bir qator kasbiy vakolatlarni ajratib ko'rsatish mumkin: - profilaktik, gigiena va epidemiyaga qarshi choralar; - aholiga tibbiy-profilaktika yordamini ko'rsatish; - aholining salomatlik holati, unga atrof-muhit va ishlab chiqarish omillari, tibbiy yordam sifatini tahlil qilish va baholash; - tibbiy amaliyotdan kasbiy muammolarni miqdoriy usullar yordamida hal qilish va ixtisoslashtirilgan dasturiy vositalar bilan ishlash; - sog'lom turmush tarzini targ'ib qilish, jismoniy tarbiya salomatlik uchun ahamiyati [1].

Tibbiyot talabalarining ko'rsatilgan kasbiy mahoratini shakllantirish asosiy fanlarda ham, matematikada ham amalga oshirilishi mumkin. Ular turli xil modellarni qurish va tadqiq qilish qobiliyatiga asoslangan: deterministik matematik modellar, kommunikativ, algoritmik, funktsional va stoxastik (ehtimoliy va statistik) va boshqalar [1].

Yuqoridagilarni umumlashtirib, biz quyidagi sxemani 1 olishimiz mumkin.

Algoritmik modellashtirish tizimning o'z vaqtida ishlash jarayonini tavsiflaydi va vaqtni mantiqiy tuzilishi va ketma-ketligini saqlab, jarayonni tashkil etadigan elementar hodisalarni simulyatsiya qiladi. Algoritmik modellar ham deterministik va statistik bo'lishi mumkin. Ikkinchi holda, model tasodifiy son sensorlar yordamida noaniq va tasodifiy omillar ta'sirini taqlid qiladi. Ushbu modellashtirish usuli statistik modellashtirish usuli deb ataladi. Hozirgi vaqtda ushbu usul murakkab tizimlarni o'rganish uchun eng samarali usul deb hisoblanadi va ko'pincha loyihalash bosqichida gipotetik tizimning xatti-harakatlari to'g'risida ma'lumot olishning yagona amaliy usulidir.

Funktsional modellar tadqiqot obyektlarining ishlash jarayonlarini tavsiflaydi va tenglamalar tizimiga ega. Ular obyektning tarkibiy va funktsional xususiyatlarini hisobga oladi va parametrik va strukturaviy sintez muammolarini hal qilishga imkon beradi. Agar tavsif xatti-harakatlar nuqtai nazaridan bo'lsa, unda model funktsional asosda qurilgan.

Ehtimoliy va statistik ko'nikmalar - bu eksperimentning umumiy nazariyasini o'zlashtirish uchun zarur bo'lgan stoxastik ko'nikmalar to'plamidir, bu hisobga olinmagan omillar ta'sirida yuzaga kelgan xatoni hisobga olgan holda miqdoriy modellarni tuzish va real vaziyat modellarining mosligini tekshirishni anglatadi.

Nafaqat matematik hisob-kitoblar foydali, balki zamonaviy matematikada olingan bilimlarni boshqa sohalarda qollash foydali.

Matematik modellashtirishda asosiy narsa yaxlitlik bo'lib, ularning elementlari umuman oldingizda turgan maqsadlarga qarab mustaqil ravishda ishlaydigan quyi tizimlarga birlashtirilishi mumkin. Kiruvchi ma'lumotni faol ravishda idrok etish, uni har bir aniq vaziyatda ko'rib chiqilayotgan obyektning ajralmas xususiyatlari va tadqiqotchining maqsadlari bilan aniqlanadigan oz sonli birliklardan tashkil topgan tuzilmalarga ajratish kerak.

Matematik yondashuvda modelning nafaqat aniq miqdoriy tarifi beriladi, balki ushbu masalaning yechilish yoli ham korsatiladi. Agar vazifa qoniqarsiz shakllantirilgan yoki qabul qilingan model aniq realistic bolmasa, keyin hisob-kitoblar amalga oshirilsa, xato natija olinadi.

Amaliy matematikaning asosiy muammosi boshlang'ich matematik model tanlashdir va hech bir bilim sohasida bu biologiya va tibbiyotga nisbatan kerakli sezilmaydi. Matematik nazariya kengligining yana bir natijasi shunda-ki, bu muammoni hal qilishning nafaqat ko'p sonli usullari mavjud, balki muammoning o'zi turli xil tushunchalar yordamida turli xil shakllarda shakllantirilishi mumkin, bu juda foydali [3].

ADABIYOT

1. Akimova I.V., Rodionov D.M. Bo'lajak shifokorlarni o'qitishning tarkibiy qismi sifatida miqdoriy modellarni yaratish va o'rganishga o'rgatish. Science Alley ilmiy-amaliy elektron jurnali. Yo'q 7 (23) 2018 Alley-science.ru.

2. Alatov D.V. Kavis shaklidagi o'zgarishlarning o'zaro bog'liqligini olish venoz orqa miya va uning bo'limlarida bükme momentining harakati / D.V. Alatov // Sat. ilmiy KDU aspirantlarining maqolalari. - Qo'rg'on, 2003 yil.

3. Axmetova Yu.A. Tibbiyotda matematik modellarning roli. Xulosa. Volga politexnika instituti - Volgograd davlat texnika universitetining filiali. - 16 p.

4. Axmerov R.R., Sadovskiy B.N. Biologiyada differentsial tenglamalar, kimyo, tibbiyot // Oddiy differentsial nazariyasiga oid insholar tenglamalar. - [Elektron manba]. URL: <http://www.ict.nsc.ru/ru/textbooks/akhmerov/ode/index.html>.

5. Hill AV Qisqartirish issiqligi va mushaklarning dinamik doimiyligi // Proc.R. London, London. - 1938. - Vol. Yotoqda va 126 - P. 136-195 yillar.

4. TIBBIYOTDA MATEMATIK MODELLAR

Tibbiy tadqiqotlarda eng katta ahamiyat matematik modellarga berilgan. Odatda bu haqiqiy fiziologik jarayonni yoki tizimni tavsiflovchi o'zgaruvchilar o'rtasidagi munosabatni tavsiflovchi tenglamalar tizimi. Matematik modellar deterministik va ehtimolliklarga bo'lingan. Deterministik modellarda o'zgaruvchilar va parametrlar doimiy deb qabul qilinadi yoki deterministik funktsiyalar bilan tavsiflanadi. Ehtimollar modellarida tasodifiy funktsiyalar yoki tasodifiy o'zgaruvchilar uni tavsiflovchi o'zgaruvchilar va parametrlar mavjud.

Deterministik matematik modellar ko'pincha algebraik yoki differentsial tenglamalar tizimini ifodalaydi. Ehtimilli modellar matematik statistika usullariga asoslangan obyektlarning statik yoki dinamik xususiyatlarini eksperimental aniqlash natijalariga asoslanadi.

Tibbiyotda kompyuter texnologiyalaridan foydalangan holda modellashtirishning matematik usullaridan foydalanish zarurati shundan iboratki, ularning yordami bilan hodisalar va jarayonlarning murakkab tabiatini yetarlicha va qisqa vaqt ichida umumlashtirish, dalillarni tushunish va tushunish, munosabatlarni aniqlash, ancha to'liq va ishonchlilik bilan oqilona yechimni topish mumkin. Bu og'zaki xususiyatlar, oddiy muntazam hisob-kitoblar asosida amalga oshiriladi;

Hozirgi vaqtda matematik modellashtirish usuli tibbiyotda nimani berishi mumkinligi haqida fikr shakllandi :

- fiziologik tizimlar haqidagi bilimlarni tizimlashtirish va birlashtirish;

- muhim parametrlarni (fiziologik mazmunli xususiyatlar) aniqlash va tizimning har bir parametr o'zgarishiga nisbatan sezgirligini aniqlash;

- o'lchash qiyin bo'lgan va umuman o'lchab bo'lmaydigan ko'rsatkichlarni miqdoriy aniqlash;

- gipotezalarni eksperimentga murojaat qilmasdan tez va samarali ravishda sinab ko'rish;

- tajriba va tadqiqotlarni rejalashtirish;

- Haqiqiy tizimning xatti-harakatlarini oldindan aytib berish.

Tibbiyotda matematik modellashtirishning muvaffaqiyati tananing tizimlari qanchalik chuqur o'rganilganligiga bog'liq va shu asosda belgilarning informatsion pastki sohalari samarali ajralib turadi. Tana funksiyalarini matematik tavsiflashda modellarning mualliflari o'rganilayotgan obyektning fizik, biokimyoviy, fiziologik va tarkibiy xususiyatlarini aks ettiradi.

Ushbu vaziyatning muammosi shundaki, matematik apparat jonsiz tabiat (mexanik, atom, molekulyar) jarayonlarini o'rganish uchun yaratilgan bo'lib, biologik jarayonlarga xos bo'lmagan bir o'lchovli taqsimot bilan tavsiflanadi. Tirik tizimlar ularni tirik bo'lmagan tizimlardan ajratib turadigan bir qator o'ziga xos xususiyatlarga ega. Tirik tizimlarning asosiy xususiyatlari quyidagilar.

1. Biologik tizimlar atrof-muhit bilan materiya, energiya va axborot almashadigan ochiq tizimlardir..

2. Tirik obyektlar - bu fazoviy tuzilish, ko'p komponentli va ehtimoliy xatti-harakatlarga ega bo'lgan murakkab tizimlar.

3. Biologik obyektlar ko'payish tizimlariga tegishli, ya'ni avto-ko'payish qobiliyatiga ega.

4. Biologik tizimlarda murakkab ierarxik tartibga solish tizimi mavjud. Hayotiy jarayonlarni tartibga solish hujayra, organ, tizim darajasida va butun organizm darajasida sodir bo'ladi. Ushbu barcha darajalar bir-biri bilan bog'liq va optimal boshqaruv signallarini yaratish uchun ma'lumot almashish.

Matematik modelni yaratish bosqichlari

Biosistemalarning matematik modellarini qurish o'rganilayotgan jarayonlarning miqdoriy xususiyatlarini olish uchun eksperimental ishlarni o'z ichiga oladi. Kelajakda ushbu xususiyatlar o'rganish obyekti bo'lib qoladi va ularning asosida nazariy taxminlarni hisobga olgan holda o'rganilayotgan obyektning ishlashini tushuntiradigan model quriladi. Ushbu umumlashtirishning eng yuqori nuqtasi haqiqiy o'rganish obyektini almashtiradigan matematik modeldir. Yaratilgan model haqiqiy obyekttni tuzilishida ham, ichki va tashqi munosabatlarning murakkabligida ham ma'lum bir soddalashtirishni anglatadi, ammo u

albatta obyektning maqsadi bo'lgan obyektning xususiyatlarini aks ettiradi Kelgusida model va haqiqiy obyektga yaxshiroq mos kelish uchun model har tomonlama tekshiruvdan o'tkaziladi va sozlanadi. N.M. Amosov tirik tizimlarning matematik modellarini qurish uchun quyidagi bosqichlarni taklif qildi.

1. Muammoning bayoni, ba'zi boshlang'ich farazlarga asoslangan tadqiqot va modellashtirish maqsadini aniqlash.

2. Obyektning funktsional diagrammasini qurish - kirish va chiqishlarni, kirish ta'sirining o'zgarishi rejimlarini, o'rganilgan rejimlarni (norma, patologiya) aniqlash.

3. Tajribani rejalashtirish Ushbu bosqichda kirish signallarini o'zgartirish rejimlari, tizimning ichki holatlari aniqlanadi, nazorat va o'lchash uskunalarini kompleks sinovdan o'tkaziladi.

4. Tadqiqot metodologiyasini takomillashtirish, qilingan taxminlarning maqbulligi va dastlabki farazni tasdiqlash uchun bir qator tajribalarini o'tkazish.

5. Statik va dinamik xarakteristikalarini olish uchun eksperimentlarning asosiy seriyasini o'tkazish.

6. Biosistemani tajriba qilish bosqichida olingan materialni dastlabki statistik qayta ishlash.

7. Tajriba natijalaridan model parametrlarini aniqlash.

8. Biosistemaning matematik modelini har tomonlama o'rganish. Modelning ishonchliligi va qo'llanilishini aniqlash.

Model va haqiqiy obyekt yordamida olingan natijalarni taqqoslash bizga model sifatining asosiy ko'rsatkichlarini aniqlash imkonini beradi:

- tizim ta'sirining tashqi ta'sirga nisbatan eksperimental qiymati va model tomonidan hisoblangan javob qiymati o'rtasidagi bog'liqlik bilan baholanadigan ma'lumot tarkibi;

- moslik, ya'ni aniqlik bilan obyekt obyekt xususiyatlarining muayyan to'plamini aks ettiradigan model;

- regressiya koeffitsientlari va model tuzilishining barqarorligi.

- Yurak-qon tomir tizimining statik modellari qon aylanishining o'zgaruvchan parametrlarini yurakning nasos funktsiyasini va qon tomir to'shagining rezistiv-sigim xususiyatlarini tavsiflovchi parametrlar bilan bog'liq analitik ifodalarni olish va o'rganishga imkon beradi.

V.A. Lishchuk tomonidan ishlab chiqilgan yurak-qon tomir tizimi statikasining bir qator modellari eksperimental va klinik kardiojarrohlikda foydalaniladi. Ushbu tadqiqotlarning o'ziga xos xususiyati shundaki, har bir holatda model tanlanadi, uning parametrlari o'lchanadigan o'zgaruvchilar asosida aniqlanishi mumkin. Model tomonidan o'lchanadigan va hisoblanadigan ko'rsatkichlardan foydalangan holda, identifikatsiyalash protsedurasi bemorlarning ma'lum bir sinfiga xos bo'lgan xususiyatlar va munosabatlarni tavsiflovchi modeldan hozirgi paytda kuzatilayotgan bemorning yurak-qon tomir tizimining individual modeliga o'tish uchun amalga oshiriladi. Ushbu model real vaqt rejimida davolanishni tanlash uchun ishlatiladi va shu maqsadda va quyidagicha birlashtiriladi:

- fiziologik bilimlar;
- klinik tajriba;
- joriy kuzatuvlar;
- matematik usullarning imkoniyatlari;
- hisoblash va o'lchash uskunalarining imkoniyatlari;
- shifokorning san'ati.

Klinik qo'llanishga yo'naltirilgan matematik modellar uchun maxsus talablar aniqlandi: patologik jarayonlar va kompensatsion siljishlarni, terapevtik ta'sirlarni (dori-darmonlar, shamollashdagi o'zgarishlar, suyuqlik balansi va boshqalar) aks ettirish, klinik nazorat taqdimoti, real vaqtda modelni baholash, klinikada qabul qilingan atamalarda interfaol (dialog) interfeysi (aloqa).

Masalan, yurak-qon tomir tizimining matematik modellarini yaratishda quyidagi amaliy qo'llanmalar mavjud.

- yordamchi qon aylanishini va qarshi ta'sirini boshqarish qobiliyati;

- tashxis qo'yish uchun yurak faoliyati holatini baholash ko'rsatkichlarini ishlab chiqish;

- yurak xuruji lokalizatsiyasi zonalarini va ularning gemodinamikaga ta'sirini o'rganish;

- aorta va yurak chiqishi parametrlarini aniqlash.

Yurak-qon tomir tizimini matematik modellashtirish usullari faol

joriy etilayotgan eng maqbul klinik bazasi intensiv terapiya va intensiv terapiya bo'ldi. Masalan, yurak nuqsonlarini modellashtirish hozirgi vaqtda rivojlanayotgan sohalardan biridir. Yurak nuqsonlari modellarida ulanishlardagi o'zgarishlar (masalan, qarshilikning kuchayishi yoki stenoz bilan regurjitatsiya), yangi ulanishlarni (atriyal va interventrikulyar septa nuqsonlari) va yangi ulanishlarni (anevrizma) hisobga olishni belgilash mumkin. Mustaqil yo'nalish bu yurak etishmovchiligining surunkali shakllarining matematik modellarini ishlab chiqishdir. Masalan, yurak yetishmovchiligida yurak chiqishining qon bosimi darajasiga bog'liqligi, o'tkir yurak etishmovchiligining rivojlanishida o'ng yurakning roli baholanadi. Transplantologiyaning rivojlanishi sun'iy yurakni boshqarish tizimlarining ko'plab namunaviy tadqiqotlarining rivojlanishiga olib keldi. Bundan tashqari, yurak-qon tomir tizimiga kuchli dori vositalarining yurak-qon tomir tizimiga ta'siri, ularning farmakodinamikasi va farmakokinetikasi to'g'risida yangi bilimlar olindi. Yurak-qon tomir tizimining matematik modellari, unda bajarilgan operatsiyalardan so'ng darhol yurakning ortiqcha yuklanishining sabablarini aniqlashga imkon beradi, bu Dopler tekshiruvii, yadroviy magnit rezonans kabi o'lchash usullarining ajralmas qismidir.

1 AMALIY MASHGULOT OBYEKTNING RASMIY MODELI

Simulyatsiya obyektining modeli, ya'ni S tizimi real tizimning ishlash jarayonini ta'riflaydigan va umumiy holatda quyidagi kichik guruhlarni tashkil etadigan miqdorlar to'plami sifatida ifodalanishi mumkin:

- tizimda kirish harakatlarining to'plami

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

- atrof-muhitning ta'siri

$$v_l \in V, l = \overline{1, n_v};$$

- ichki (o'z) tizim parametrlari to'plami

$$h_k \in H, k = \overline{1, n_H};$$

- tizimning chiqish xarakteristikalari to'plami

$$y_j \in Y, j = \overline{1, n_y}.$$

Bunday holatda, ko'rsatilgan subkeysalarda boshqariladigan va boshqarilmaydigan parametrlarga ajratish mumkin. Umuman olganda, x, v, h, y ular subjektiv subkeysalarning elementlari bo'lib, deterministik va stokastik qismlarga ega.

S tizimini modellashtirishda, kirish harakatlarida, tashqi muhitdagi E ta'sirlari va tizimning ichki parametrlari mustaqil o'zgaruvchan bo'lib, ular vektor shaklida navbati bilan

$$\bar{x}(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_{n_x}(t)), \bar{v}(t) = (v_1(t), v_2(t), \dots, v_{n_v}(t)),$$

$$\bar{h}(t) = (h_1(t), h_2(t), \dots, h_{n_h}(t)),$$

tizimning chiqish xarakteristikalari qaram o'zgaruvchilardir va vektor shaklida bo'ladi. $\bar{y}(t) = (y_1(t), y_2(t), \dots, y_{n_y}(t))$

S tizimining ishlash jarayoni vaqtincha F_s operatori tomonidan tasvirlangan, bu umumiy holatda mustaqil o'zgaruvchilarni qaram bo'lganlarga formadagi munosabatlarga mos ravishda o'zgartiradi.

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

Tizimning barcha xarakteristikalari uchun $y_j(t)$ ga chiqish xarakteristikasining barcha turlariga bog'liqligi $j=1, n_y$ chiqdi traektorisi deb ataladi $y(t)$. Qaramlikka (1) S tizimining qonuni deyiladi va F_s bilan belgilanadi. Umumiy holatda F_s tizimining ishlash qonuni funktsional, funktsional, mantiqiy shartlar shaklida, algoritmik va sekulyar shakllarda yoki og'zaki yozishma qoidasi shaklida ifodalanishi mumkin.

S tizimini tavsiflash va o'rganish juda muhim, chunki u o'z ta'sirini hisobga olgan holda, $x(t)$ tashqi muhitning $v(t)$ ta'siri va tizimning o'z parametrlarini hisobga olgan holda ishlab chiqarish xususiyatlarini olish usuli sifatida tushuniladigan faoliyatning algoritmidir A_s . Shuni aniq aytish kerakki, S tizimining F-lining ishlash qonuni turli yo'llar bilan amalga oshirilishi mumkin, ya'ni turli xil algoritmlarning A_s funktsiyasi yordamida.

Aloqalar (1) vaqt ichida modellashtirish obyektining (tizimining) xatti-harakatining matematik tavsifi, ya'ni uning dinamik xususiyatlarini aks ettiradi. Shuning uchun, bu turdagi matematik modellarga dinamik

modellar (tizimlar) deyiladi.

Statik modellar uchun matematik model (1) Y va $\{X, V, H\}$ modellangan obyektlarining xususiyatlarining ikkita kichik guruhi o'rtasida vektor shaklida

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

Aloqalar (1) va (2) turli yo'llar bilan aniqlanishi mumkin: analitik (formuladan foydalanib), grafik, jadval va boshqalar.

Ba'zi hollarda, bunday munosabatlar tizimning xususiyatlari bilan ma'lum bir vaqtga to'g'ri keladi, ya'ni davlatlar.

S tizimining holati vektorlar bilan ifodalanadi

$$\bar{z}^t = (z_1^t, z_2^t, \dots, z_k^t), \quad \bar{z}^t = (z_1^t, z_2^t, \dots, z_k^t), \quad t' \in (t_0, T)$$

Hozirgi paytda, hozirgi vaqtda. $z_1^t = z_1(t'), z_2^t = z_2(t'), \dots, z_k^t = z_k(t')$
 $t' \in (t_0, T)$

Agar S sistemaning vazifasi $z_1(t), z_2(t), \dots, z_k(t)$ ni ketma-ket o'zgarishi deb hisoblasak, ular k-o'lchovli fazalardagi nuqta koordinatalari deb talqin qilinishi mumkin. ba'zi bir o'zgarishlar traektoriyasi. Shtatlarning barcha mumkin bo'lgan qiymatlari $\{z\}$ majmuasiga Z modellar obyektlarining davlat maydoni, $z_k \in Z$ ham deyiladi.

$t_0 < t^* \leq T$ vaqtidagi tizimning holati S ning ikkita vektorli tenglamadan foydalanib, vaqt oralig'ida $t_0 < t^* \leq T$ davomida sodir bo'lgan kirish harakatlarining $x(t)$ boshlang'ich shartlari $z^0 = (z_1^0, z_2^0, \dots, z_k^0)$, ichki parametrlari $h(t)$ va atrof-muhit $v(t)$ ta'sirlari bilan aniqlanadi

$$z(t) = \Phi(\bar{z}^0, \bar{x}, \bar{v}, \bar{h}, t); \quad (3)$$

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

Dastlabki z^0 holat va mustaqil o'zgaruvchilar x, v, h uchun birinchi tenglama vektor funksiyasini $z(t)$ va olingan qiymatning ikkinchi $z(t)$ tenglamasini belgilaydi - tizimning chiqishidagi $y(t)$ qaram o'zgaruvchilar. Shunday qilib, "kirish - holat - chiqish" obyektining tenglamalar zanjiri tizimning xususiyatlarini aniqlash imkonini beradi

$$z(t) = F[\Phi(\bar{z}^0, \bar{x}, \bar{v}, \bar{h}, t)] \quad (5)$$

Umuman olganda, tizim modeli S vaqti simulyatsiya intervalida (0, T) ham, ham doimiy, ham alohida, masalan, har bir uzunlik uzunligi ΔT vaqt birliklarining segmentlariga kvantlashtirilishi mumkin.

Shunday qilib, obyektning matematik modeli (haqiqiy tizim) $\{\bar{x}(t), \bar{v}(t), \bar{h}(t)\}$ o'zgaruvchilarning cheklangan miqdori va ularning xususiyatlari $y(t)$ bilan matematik birikmalar bilan tushuniladi.

Agar simulyatsiya obyektining matematik ta'rifi tasodifiy unsurlarni o'z ichiga olmaydi yoki ular e'tiborga olinmasa, ya'ni, bu holda tashqi muhit $v(t)$ va stokastik ichki parametrlarning stokastik ta'siri mavjud $h(t)$ emasligini taxmin qilsak, unda modelni deterministik deb ataladi, bu xususiyatlar o'ziga xos deterministik kirish ta'sir qiladi

$$\bar{y}(t) = f(\bar{x}, t) \quad (6)$$

Determinallashtirilgan modeli stokastik rejimning alohida holdidir.

Tizim modeli algoritmini ishlab chiqish

Model algoritmining ishlab chiqilishi quyidagi pastki bosqichlarni o'z ichiga oladi:

- algoritmning mantiqiy sxemasini yaratish;
- matematik munosabatlarni olish;
- algoritmni tekshirish.

Birinchidan, modellashtirish algoritmining kengaytirilgan (umumlashtiruvchi) sxemasi yaratilgan bo'lib, u o'rganilayotgan jarayonni modellashtirishning umumiy tartibini belgilaydi.

Keyinchalik batafsil sxema ishlab chiqilgan bo'lib, har bir element keyinchalik dastur operatoriga aylanadi.

Qo'shma modellar uchun analitik qism aniq vazifalar va simulyatsiya qismini modellashtirish algoritmi shaklida ishlab chiqilgan.

Algoritmni tasdiqlash algoritm kontseptsiya modelni ishlab chiqish bosqichida shakllantirilgan simulyatsiya maqsadini aks ettiradigan savolga javob berishi kerak.

Algoritmik modelni yaratish va uni kompyuterda amalga oshirish

Ushbu bosqich quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi:

1) algoritmlarni tavsiflash tillaridan birida modellashtirish algoritmini (dasturini) ishlab chiqish (masalan, tizimli diagramma shaklida);

2) muayyan dasturiy ta'minot va apparatdan dasturlash;

3) modelni mashina tiliga tarjima qilish yoki yig'ish va tarqatish paketini tayyorlash.

2 AMALIY MASHGULOT TIBBIY TASHHIS MODELLARI

Noaniqlik mavjud bo'lgan fan va amaliyotning ko'plab muammolarida, ehtimoliy-statistik usullarga asoslangan (stoxastik matematik modellar) harbiy amaliyotlar, iqtisodiyot, murakkab tizimlarning ishonchliligi va boshqalar muvaffaqiyatli qo'llanilmoqda. Bunday modellardan tibbiyotda va sog'liqni saqlashda keng foydalanish kerak, bu yerda birinchidan, kuzatilayotgan jarayonlar sharoitida noaniqlik yuqori, ikkinchidan, ularning natijalari to'g'risida keng ma'lumot to'planishi mumkin.

Darhol ta'kidlash kerak-ki, matematik modellar kuzatilgan hodisada yuzaga keladigan qonuniyatlarni mazmunli (tabiatshunoslik) tahlilini o'rnini bosa olmaydi, ammo olingan natijalarni rasmiylashtirish natijasida jalb qilingan omillar o'rtasidagi munosabatni kuzatuvchidan yashiringan faktorlarni topish mumkin.

Namunaviy yondashuvni tibbiyotning ikki sohasida qo'llash maqsadga muvofiq: tibbiy diagnostika va o'lim kasalliklarida qo'llaniladigan tibbiy usullarning samaradorligini qiyosiy baholashda. Birinchi bosqichda bu maqsadda sof ehtimoliy modellar qo'llaniladi; ulardagi ehtimollik taqsimotlari tadqiqotchiga ma'lum deb hisoblanadi. Keyingi ishlarda (agar ular maqsadga muvofiq bo'lsa) matematik statistika usullarini o'z ichiga olgan holda stoxastik usullardan foydalanish taxmin qilinadi.

Matematik modellar terminlarida shakllanadigan (ifodalangan) tibbiy diagnostika masalalaridan boshlaymiz.

Tibbiy tashhis (diagnostika)ning asliy ma'nosi bu, bemorning mumkin bo'ladigan xolatlaridan birini aniqlash. Shu borada, ular ichida "sog'lom" holati ham bor bo'ladi. Bu aniqlanish obyekt (bemor) holatlari bilan bog'liq bo'lgan, berilgan alomatlar to'plamining kuzatish

natijalari bo'yicha amalga oshiriladi.

Oddiy holatlarda, bu bog'liqlik determinirlangan, ya'ni bemorning har bir holatiga kuzatiladigan belgilarning aniq qiymatlari to'la mos keladi. Bu bildiradiki, pasient holati va ular belgilari orasida mantiqiy qaramlik bor, aniq kasallik turini qo'yishga imkon beradigan (yoki ularning berilgan to'plamlari ichida yo'qligi).

Ayrim qizqarli va amaliy muhim holatlarda, bemor holati va kuzatiladigan belgilarlar orasidagi bog'lamlik, ehtimoliy xarakterga ega: belgilarlar to'plami o'zlari bilan, har hil holatga doir har hil taqsimotlarga ega tasodifiy vektorni namoyon etadilar. Bunda bu taqsimotlar katta hajmli ma'lumotlarni qayta ishlash natijasida olingan va shuning uchun, aniq ma'lumdir (bu shartni bajarilishi murakkab amaliy muammodir).

Tashhisni ehtimoliy modellariga o'tish, noto'g'ri yechimlarni oxirgi ehtimolliklarini paydo bo'lishiga keltiradi, unda bemor holati to'g'risidagi hulosa notug'ri bo'lib chiqadi. Bizning masalamiz shunday ehtimolli tashxis modellarini tuzish-ki, bunday noto'g'ri xulosalarni aniq bir ma'noda, minimallashtirishdir.

Ta'riflar va belgilarni kiritamiz.

Bemorning (obyektning) n sonli klasslar (sinflar) al'ternativ holatlarini belgilaymiz, $n-1$ har hil kasalliklar to'plami va bir sog'lomlik holatini tashkil etuvchi, $n \geq 2$. Bo' to'plam va uning elementlari (klasslari) uchun quyidagi belgilar kiritamiz $H = \{H_i\}_{i=1}^n$ (H_1 – obyektning sog'lomlik holati).

Obyektning o'lchanadigan parametrlari Y_1, \dots, Y_m umumiy holatda, $Y = (Y_1, \dots, Y_m)'$ - vektorli belgini tashkil etadi. Hamma obyektlar uchun vektor Y tarkibini bir xil deb qabul qilamiz (umumlashtirilgan vektor-belgini tashkil etib olish mumkin). Shu bilan birga, Y ni tasodifiy vektor deb qarasaq, taxmin qilinadiki, uning taqsimoti (ya'ni uning shartli taqsimoti) har hil obyektlar klasslari uchun mos kelmaydi.

Eslatamiz [1], tasodifiy vektorni taqsimlanishi ehtimoli umumiy xolda, uning komponentlarini ehtimollarini taqsimotlari to'plamidir, amaliyotda aralashgan xarakterga ega, chunki vektor Y uzluksiz va

uzlukli (diskret) komponentlarga ega bo'lishi mumkin. Oddiyroq qilib tushinitirish uchun, doimo taxmin qilamiz, vektor Y har bir klass H_i uchun uzluksiz shartli taqsimotga ega, ya'ni shartli taqsimot zichligiga $f(y|H_i), i = \overline{1, n}$ ega (kuzatuvchiga ma'lum - tashxisni).

Taxmin etiladi-ki, kuzatuvchi bilan tashhisiy ma'lumotlarni olishgacha (ya'ni tekshiriladigan obyekt uchun belgi qiymati to'g'risida ma'lumotni $Y = y$), uning har bir H_i holati uchun aniq tajribadan oldingi (aprior) ushbu holat tarqalganligini xarakterlovchi ehtimollikni $P(H_i)$, yozib berish mumkin. Har bir obyekt bir holatda bo'lishligini tahmin etib, olishimiz mumkin $\sum_{i=1}^n P(H_i) = 1$.

Tekshiriladigan obyektning belgi Y ni qiymati y ni olgandan keyin, kuzatuvchi tekshirilayotgan har bir obyekt uchun holatlarini ehtimolliklarini topish mumkin, Bayes formulasini qo'llagan holda [1]

$$P(H_i|y) = \frac{f(y|H_i)P(H_i)}{\sum_{j=1}^n f(y|H_j)P(H_j)}$$

$\{P(H_i|y)\}_{i=1}^n$ ehtimollari *aposterior* (tajribadan so'ng) ehtimolliklar deyiladi.

Kuzatuvchining xato yechimlar ehtimollari, kuzatilayotgan obyektlar klassini aniqlashda optimal qaror qabul qilish qoidalarini tuzish savoliga qaytamiz.

Keyinchalik biz faqat $n = 2$, ya'ni ikki alternativli tashxis masalasini ko'rib chiqamiz: ("sog'lom" yoki aniq kasal).

Ko'p alternativli tashxis va u bilan bog'liq bo'lgan qiyinchiliklarni qisqacha, quyida muhokama qilamiz. O'sha yerda biz vektorli belgi Y ni o'zgaruvchan o'lchovli bo'lishini, keraklicha o'sishini ko'rib chiqamiz.

Bizning masalamiz $n = 2$ da shunday qoyidani tuzishdan iborat-ki, ya'ni obyektida aniqlangan $Y = y$, belgining har bir qiymatiga asosan, uning holatini ikki klassning biriga birlashtirish: ("obyekt sog'lom") yoki ("obyekt kasal"). Bunday qoyidani *qaror qabul qilish qoidasi* deb ataymiz.

Qaror qabul qilish qoidasini tuzishda belgi Y ni barcha qiymatlari Y to'plamini ikki bir birini kesmaydigan doiralarga bo'lishdir, ya'ni Y_1 va

$Y_2: Y = Y_1 \cup Y_2, Y_1 \cap Y_2 = \emptyset$ va yoziluvlarni (implikasiyalarni) bajarishda.

$y \subseteq Y_2 \Rightarrow d_1$ (hodisa H_1 mavjud - qaror (obyekt sog'lom));

$y \subset Y_2 \Rightarrow d_2$ (hodisa H_2 mavjud – (obyekt kasal)).

Ba'zi bir holatlarda murakkabroq randomizirlashgan qaror qabul qilish qoyidalarini qo'llanadi (ammo ular amaliyot uchun uncha ham ahamiyatli emas va biz ularni ko'rib chiqmaymiz). Qaror qabul qilish qoydasini, d_1 va d_2 qiymatlarga ega belgi $\delta = \delta(y)$ qiymati funksiyasi deb qarashimiz mumkin va uni

$\delta(y) = \begin{cases} d_1 \text{ (объект здоров),} \\ d_2 \text{ (объект болен).} \end{cases}$ taqdim etamiz.

$Y = Y_1 \cup Y_2$ har xil bo'linishlar to'plamiga $\delta(y)$ qaror qabul qilish qoyidalarini to'plami tegishli bo'ladi. Ular ichidan bemor xolati to'g'risida aniq to'g'ri yechimga keltiruvchisini tanlab olish lozim. Ravshan-ki, bu aniqliq belgi taqsimoti xususiyatlari bilan aniqlanadi va quyidagi ma'noga ega.

Qaror qabul qilish qoyidasi $\delta(y)$, $Y = Y_1 \cup Y_2$ bo'linishga mos bo'lsin. Ikkita xato yechim bo'lishi mumkin: 1) sog'lom bemor kasal deb qabul qilinishi (birinchi tur xato); 2) kasal bemor sog'lom deb qabul qilinishi (ikkinchi tur xato). Bu xatolar tegishli, quyidagi ehtimolliklarga ega

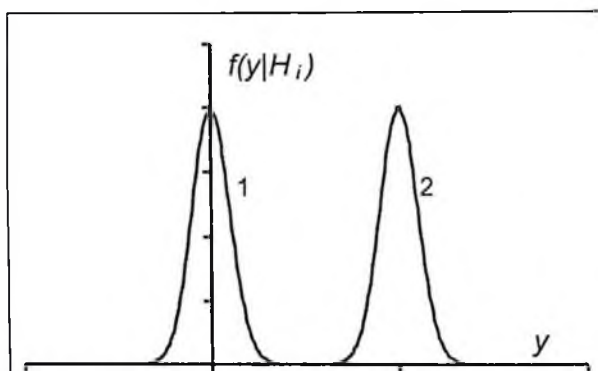
$$\alpha = \int_{Y_2} f(y|H_1) dy \text{ va } \beta = \int_{Y_1} f(y|H_2) dy$$

(bu yerda belgilar qabul qilingan: $Y_1 = Y_1, Y_2 = Y_2$).

Xususi oddiy holatlarda, Y ning barcha qiymatlari doirasini ikki doiraga bo'lish mumkin Y_1 , va Y_2 , ular uchun quyidagi tenglik o'rinli

$$\alpha = \int_{Y_2} f(y|H_1) dy = 0 \text{ va } \beta = \int_{Y_1} f(y|H_2) dy = 0,$$

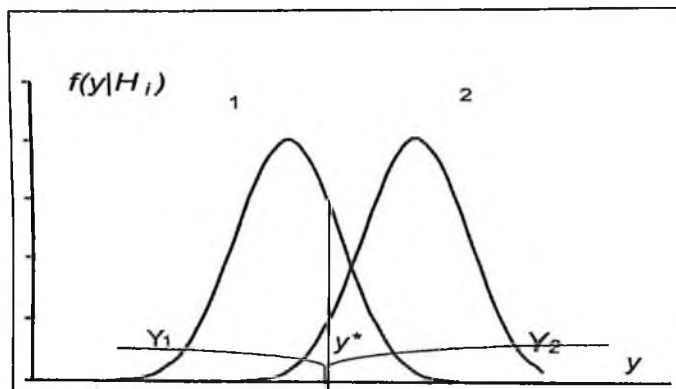
ya'ni birinchi va ikkinchi xatolar ehtimollari no'lga teng va bemor holati aniq beriladi; belgi $\{f(y|H_i)\}_{i=1}^2$ ning shartli zichlik taqsimoti bir birlari bilan kesilmaydi, (rasm 1 ga qarang. Skalyar belgi Y uchun; zichlik taqsimot 1 H_1 holatga tegishli, zichlik taqsimot 2 H_2 holatga tegishli),



1-rasm

Ammo bizni ko'p uchraydigan juda murakkab holatlar ham qiziqtiradi, ya'ni xatosiz yechim mumkin emas, α va β ehtimollari no'lga teng emas, ya'ni shartli taqsimotlar o'zaro kesishishga ega. Rasm 2 da shunday holat skalyar belgi uchun keltirilgan $Y = Y_1 \cup Y_2$ ning ihtiyoriy bo'lishlarida, belgi Y ni bo'lish qiymati $Y = y^*$: $Y_1 = \{y: y \leq y^*\}$, $Y_2 = \{y: y > y^*\}$. Bunda olamiz.

$$\alpha = \int_{Y_2} f(y|H_1) dy = P\{y \in Y_2 | H_1\}, \quad \beta = \int_{Y_1} f(y|H_2) dy = P\{y \in Y_1 | H_2\}$$

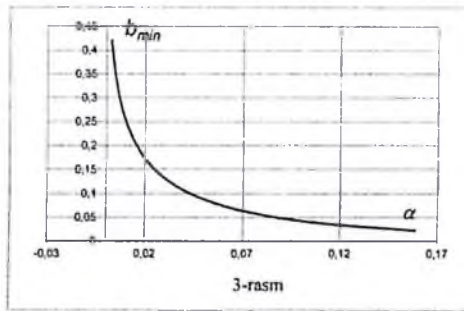


2-rasm

α va β qiymatlari o'zaro qaram, chunki ikkalasi ham $Y = Y_1 \cup Y_2$ bo'linishga qaram. Bu shunga keltiradi-ki, bir vaqtda shartsiz (bir biriga qaram emas) α va β minimal qiymatlarini aniqlab beruvchi shunday

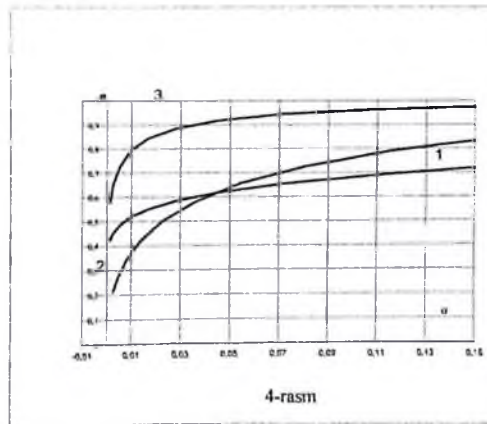
qaror qabul qilish qoyidasini topish mumkin emas. Mumkin, ammo, bu ehtimolliklarni birini (masalan - β) shartli minimumini topish, boshqa (α) ning belgilangan qiymatlarida, mumkin emas, ya'ni qaror qabul qilish qoyidalari ichida $\delta = \delta(\alpha)$ har bir berilgan α da shundayini topish kerak-ki, unda β minimal qiymatlarga erishishi kerak.

$$\beta_{min} = \beta_{min}(\alpha) = \min_{\delta(\alpha)} \beta(\alpha);$$



Bunday bogliqlikning tipik ko'rinishi rasm 3 da keltirilgan.

Ba'zan ikkinchi tur β xato ehtimoli o'rniga ikkinchi klass ob'etlarini to'g'ri klassifikatsiyalash $\varphi = 1 - \beta$ ehtimoli qo'llaniladi (qaror - bemor kasal, chunki u haqiqatdan ham kasal). unda $\beta_{min} = \beta_{min}(\alpha)$ funksiya o'rniga quyidagi bogliqlikni olamiz



$$\varphi_{max} = \varphi_{max}(\alpha) = \max_{\delta(\alpha)} \varphi(\alpha)$$

Buni ba'zan α ning har hil qiymatlarida uning klassifikatsiyalash

qobiliyatini aniqlaydigan belgining ishchi xarakteristikasi deb ataydilar. φ_{max} qiymatni berilgan α da qaror qabul qilish qoidasi quvvati deyiladi.

4 rasmda uch belgi uchun Y_1 , Y_2 va Y_3 (grafik 1, 2, 3), ishchi xarakteristikalari misollari keltirilgan $\varphi_1(\alpha), \varphi_2(\alpha), \varphi_3(\alpha)$, bundan kelib chiqadi-ki, belgi Y_3 ning klassifikasiyalash qobiliyati yuqori, belgi Y_2 dan α ning barcha qimatlarida, $(\varphi_1(\alpha) > \varphi_2(\alpha))$ α ning hamma qiymatlari bo'yicha, faqat trivial holatdan tashqari, ya'ni $\alpha = 0, \alpha = 1$). Y_1 va Y_2 belgilari o'zaro kesilish ishchi xarakteristikalari bu ma'noda solishtirilib bo'lmaydi, chunki $\alpha < \alpha^*$ belgi Y_1 effektivroq, $\alpha > \alpha^*$ bo'lganda belgi Y_2 effektivroq.

Belgining ishchi xarakteristikalarini tuzilish algoritmi *Neyman - Pirson lemmasiga* tayanadi [3], α ning har bir qiymati uchun qaror qabul qilish qoidasini topishga imkon beruvchi φ ehtimoli qiymatini maksimalashtiruvchidir.

Lemmaga asosan bunday qaror qabul qilish qoidasiga mos aniq o'xshash nisbati funksiyasi bilan aniqlanadigan

$$\Lambda = \Lambda(y) = \frac{f(y|H_2)}{f(y|H_1)}$$

belgi Y qiymatlari to'plamini ikki doiraga bo'linishi quyidagi sxema bo'yicha bo'ladi

$$\Omega_{1\alpha} = \{y: \Lambda(y) \leq \Lambda_\alpha\} \text{ va } \Omega_{2\alpha} = \{y: \Lambda(y) > \Lambda_\alpha\}, \quad Y = \Omega_{1\alpha} + \Omega_{2\alpha},$$

Bu yerda Λ_α quyidagi shartga javob beradi.

$$P\{Y \in \Omega_{2\alpha} | H_1\} = \int_{\Omega_{2\alpha}} f(y|H_1) dy = \alpha, \quad P\{Y \in \Omega_{2\alpha} | H_2\} = \int_{\Omega_{2\alpha}} f(y|H_2) dy = \varphi.$$

Ehtimolli qaror qabul qilish qoidalari xossalari tibbiy tashxis masalalarida nimada namoyon bo'lishini batafsilroq ko'rib chiqamiz.

Demak, umumiy holda ikki alternativli tashxisda har bir qaror qilishni qabul qilinishi, ikki xatoning birining bo'lishi bilan bog'liq: sog'lom bemorni kasal deb qabul qilish (birinchi tur xato) yoki kasalni sog'lom deb hisoblash (ikkinchi tur xato); bu xatolarni ehtimoli bir, tegishli, α va $\beta = 1 - \varphi$. Har bir konkret belgi Y uchun bu xatolar ehtimollari tashxis qo'yuvchi tomonidan o'zgartirib turilishi mumkin, o'xshash nisbati funksiyasi Λ_α ni chegaraviy qiymatini tanlash yo'li bilan, shunda monoton kamayuvchi o'zaro bog'liqlikda bo'lib: birini o'sishi bilan ikkinchisi kamaydi.

Shunga bog'liq savol tug'iladi, shunday Λ_α tanlash kerak-ki, unda α va β lar qoniqarli qiymatlarga ega bo'ladigan bo'lsin (ularning chegaraviy imkoniyatlari doirasida).

Qo'llanish ilovalarida, xatolar oqibatlarini jarima sifatida ko'rish bersalar, umumiy o'lchov bilan o'lchanadigan (masalan, so'mda), bu masala o'rtacha jarimaning minimumlash bilan yechiladi [3]

$$C = C_\alpha P(H_1)\alpha + C_\beta P(H_2)\beta$$

C_α, C_β -- birinchi va ikkinchi hatolar jarimalari; C ni minimumlash α bo'yicha, $\beta = \beta(\alpha)$ qaramlik hisobini nazarga olgan holda bajariladi.

Bunday yondoshuv iqtisodda qo'llanishi mumkin, tibbiyotda samara bermaydi, chunki birinchi va ikkinchi tur xatolar bir birlariga qiyin solishtiriladi (masalan, sog'lom bemorni kasalxonada uzoq vaqt bo'lishi, yoki kasalxonadan to'la davolanmagan bemorni chiqarish). Shuning uchun ko'rib chiqiladigan tibbiy-tashhisiy masalalarida birinchi va ikkinchi tur xatolarni mumkin bo'ladigan qiymatlarini o'zaro munosabatlarini tanlash, tashxis qo'yuvchining mazmuniy fikrlariga tayanishi kerak.

Belgi Y_i ni alohida skalyar komponentasi Y_1 ni ko'rib chiqamiz, ya'ni bir o'lchovli belgi Y_1 ni. Uning individual klassifikasiyalash qobiliyati obyekt holati haqidagi ma'lumotda namoyon bo'ladi, aprior va aposterior ehtimollar $P(H_i)$ va

$$P(H_i|y_i) = \frac{f(y_i|H_i)P(H_i)}{\sum_{j=1}^2 f(y_i|H_j)P(H_j)} \quad (i=1,2).$$

qiymatlari farqi bilan aniqlanadi.

Shunday qilib, belgi Y_1 klassifikasiyalash qobiliyati no'lga teng, agar barcha H_i uchun tenglik mavjud bo'lsa (y_1 bo'yicha).

Ushbu tenglik, belgi Y_1 ni shartli taqsimotining tengligiga ekvivalent, bemorning ikki holalariga:

Belgi Y_1 ni individual klassifikasiyalash qobiliyatiga egaligini e'tiborga olib no'lli deymiz, agar belgi Y ni ko'rsatilgan xususiyatlar bajarilmasa, no'lli emas deymiz. Bu terminologiyani quyida vektorli priznakni umumiy holatida ham qo'llaymiz.

Belgi Y_1 - no'lli bo'lsin. Agar uni komponenta sifatida

ko'po'lchovli belgi Yga qo'shishimizda ma'no bormi, ya'ni uning klassifikasiyalash qobiliyatini oshirishga keltiradimi?

Ammo, bunday emas ekan: no'lli individual klassifikasiyalash qobiliyatiga ega belgining komponentasi priznak Y komponentlari guruhida qo'llansa, ularni guruhiy klassifikasiyalash qobiliyatini oshirishga ko'maklashadi. (ya'ni Y. klassifikasiyalash qobiliyatini.)

Misol keltiramiz. Ikkio'lchovli belgi $Y = (Y_1, Y_2)$, shartli birlashtirilgan zichlik taqsimotlari bilan Y_1, Y_2 komponentlari bo'lsin $f(y|H_i) = f(y_1, y_2|H_i), i=1,2$

Pasient H_i holatini aposterior taqsimoti uchun

$$P(H_i|y) = \frac{f(y|H_i)P(H_i)}{\sum_{j=1}^2 f(y|H_j)P(H_j)} = \frac{f(y_1, y_2|H_i)P(H_i)}{\sum_{j=1}^2 f(y_1, y_2|H_j)P(H_j)}, i=1,2.$$

$P(H_i|y) \equiv P(H_i)$ ($f(y_1, y_2|H_1) \equiv f(y_1, y_2|H_2)$) da belgi Y no'lli bo'ladi, qarshi holatda – no'lli emas. Qo'yilikchi, har bir H_i da komponentalar Y_1, Y_2 bir biriga qaram emas, ya'ni $f(y|H_i) = f(y_1|H_i)f(y_2|H_i), i=1,2$,

$f(y_1|H_i), f(y_2|H_i), i=1,2$, – Y_1 va Y_2

ni xususiy taqsimotlari (komponentalarning bunday qaramsizligini ularni shartli qaramsizligi deyiladi). Unda

$$P(H_i|y) = \frac{f(y|H_i)P(H_i)}{\sum_{j=1}^2 f(y|H_j)P(H_j)} = \frac{f(y_1|H_i)f(y_2|H_i)P(H_i)}{\sum_{j=1}^2 f(y_1|H_j)f(y_2|H_j)P(H_j)}, i=1,2$$

Agar ikki komponentlar Y_1 va Y_2 no'lli bo'lsalar, unda tenglik mavjud $P(H_i|y) \equiv P(H_i)$, ya'ni vektorli priznak ham $Y = (Y_1, Y_2)$ no'lli bo'ladi.

Endi ko'raylik-chi, belgi Y_1 va Y_2 komponentlari H_1 da shartli qaram emas, ammo H_2 da qaramlar (no'lli bo'lib qolib). Unda, $f(y|H_2) \neq f(y_1|H_2)f(y_2|H_2)$, nazarga olsak, quyidagini olamiz

$$P(H_1|y) = \frac{f(y_1|H_1)f(y_2|H_1)P(H_1)}{f(y_1|H_1)f(y_2|H_1)P(H_1) + f(y_1, y_2|H_2)P(H_2)} \neq P(H_1),$$

ya'ni belgi Y no'lli emas samaraga ega, uning klassifikasiyalash qobiliyati uning no'lli komponentalari qaramligi bilan aniqlanadi.

Qayd etilganlarga asosan, hulosa: vektorli belgini klassifikasiyalash

qobiliyati nafaqat uning komponentlarining individual klassifikasiyalash qobiliyatiga, ular orasidagi qaramlik mavjudligi bilan ham aniqlanadi. Aytib o'tish lozim-ki, bu klassifikasiyalash bog'lanishni qo'llash mumkin, qachon-ki, belgilar qiymatlari o'rganish tanlanmasida uning komponentlari orasidagi bog'lanish ma'lumoti saqlansa, ya'ni ularning sinxron o'lchanishlarida tanlanmani shakllantirishda (o'rganish tanlanmasi deb belgi qiymatlari to'plami tushiniladi, oldingi ko'zatuvlarda olingan va tashhisni ehtimolli modelini shakllantirishda parametrlari va xususiyatlarini baholashda qo'llanadigan).

Vektorli belgi Y_{ni} , o'lchovlarini sinxronligi, umumiy tanlanmani tashkil etuvchi, bildiradi-ki, uning har bir qiymati (komponentlarining barcha qiymatlari) bitta bemorga ta'luqli va bir operasion vaqtda olingan.

Biz oddiy holatni, ya'ni ikki alternativli tibbiy tashhisni ko'rib chiqdiq. Oldin aytilgandek, bemorlar holatlarini biri tashhisiy tanlov n ning masalasi, $n > 2$, (ko'p alternativli tashhis), y'ni $H = \{H_i\}_{i=1}^n$, $n > 2$ da ham mumkin.

d_{ij} deb xatoli yechimni belgilaylik, unda bemor H_i ning asl xolati H_j , $i \neq j$ sifatida qabul qiladi. Bunday xatoni (i,j) – tur xato deb aytamiz. Endi xato yechimlarning mumkin bo'ladigan soni $n(n-1) > 2$ to'zadi va optimal tashhisiy qaror qabul qilish qoidasini tanlash uning ma'nosi bo'yicha, hamda amaliy amalga oshirilishi bo'yicha ham murakkablashadi.

Misol sifatida kup alternativli tashhisni bir variantini ko'rib chiqamiz (bu variant naqadar amaliy ma'noga egaligini mutahassis – diagnost baholaydi). Bir qator mazmuniy fikrlar bo'yicha, (i,j) -tur xatolar ehtimoli barcha i, j lar bo'yicha, $i = k$, $j = 1$ dan tashqari, chegaralanishlarga qanoatlanadiganlar bo'lsin, berilgan sonlar va shu sharoitlarda xato yechimning ehtimoli minimumga yetib boradi.

Masalani bunday varianti (bu yerda batafsil ko'rib chiqilmaydi) ko'p o'lchovli Neyman-Pirson metodiga keltiradi.

Tibbiy tashhisning boshqa qiziqarli rivoji, bu ketma-ketlik tashhis qo'yish modellarini ishlab chiqishdir. Bunda bemor to'g'risida qaror qabul qilish belgi Y_{ni} o'lchovligini oddiy komponentlardan boshlab,

ketma- ket oshirib borish. Bunday yondoshuv amaliyotda keng qo'llanadi, (masalan, onkologik tashhisda). Ketma-ketlik tashhisni modellashtirish, masalan tashxisni maksimal aniqligiga erishish maqsadini ko'zda tutadi, komponentlarni berilgan chegaralanishlarda qo'llash, yuqori moddiy va jismoniy harajatlarni talab etadigan (masalan – onkologik tashhis qo'yishda biopsiya operatsiyasini bajarishda).

3 AMALIY MASHGULOT.

NOANIQ TUPLAMLAR NAZARIYASINI QO'LLAGAN HOLDA TIBBIY TASHXIS UCHUN EKSPERT TIZIMINI YARATISH YONDOSHUVI.

TIBBIY TASHXIS UCHUN EKSPERT TIZIMINI YARATISH YONDOSHUVI

Bemorlarni so'rov va taxminiy tashhis tizimlari

Bemorlarni so'rov va taxminiy tashhis tizimlarining ishlab chiqilgan to'zilmesi va funksional bloklarini ko'rib chiqamiz (rasm 1):

1. Ekranni boshqarish bloki boshlang'ich ma'lumotlarni kiritish va natijalarni ekranning alohida maydonlariga chiqarish, amaliy interfeysdan iborat, ekran boshqaruvi podprogrammasi (dastur ichidagi dasturi), maydonlarga kirish va qayta ishlash va boshqa podprogrammalar (dastur ichidagi dasturlar);

2. Tasvirni boshqarish bloki kasall organlarni so'rov vaqtida ko'rishga va "sichqoncha" bilan kerakli joyga kiritishga imkon beradi;

3. Ma'lumotlar va bilimlar bazasini boshqarish bloki xulosalar chiqarish mexanizmidan ma'lumotlarni va bilimlarni ularni qaramsiz kirib olishga samarali qo'llashga va sog'liqni saqlash ma'lumotlarini so'rovda olingan ma'lumotlarga qaramsiz qo'llashga imkon beradi;

4. So'rovda dialogni yuritish bloki o'zi bilan dialog rejimida bemor aytayotgan simptomlar va ular darajasini kiritish va tashhis natijasini olish dasturini tadbiiq etadi (so'rov olib borish, aks ettirish, hulosalar, simptomlarni tekshirish va xatolarni qayta ishlash uchun bir go'ruh dastur ichidagi dasturlaridan iborat);

5. Bilimlarga ega bo'lishga yordamchi blok bilimlarni vrachlardan

va boshqa ekspertlardan va ularni paketli qayta ishlashga muljallangan (sptomlar va kasalliklarni o'zaro bog'liqlarini, soobsheniyalarni, parametrlarni, kirish soobsheniyalarni, bilim bazasini tekshirish va boshqa operatsiyalarni belgilash (registratsiya etishga) dastur ichidagi dasturlardan iborat).

6. Xulosalar jarayonini tushuntirish bloki - tizim shu hulosaga qanday kelganligini tushuntiruvchi natijalarni aks ettirish va ma'lumotlarni bosib chiqarishni bajaradi;

7. Xulosalar uchun ma'lumotlarni va bilimlarni shakllantirish. Vrachning bemordan so'rovi an'anaviy o'tishi qo'yidagidan iborat: bemor o'z subyektiv simptomlari xaqida so'zlab beradi, vrach ular ichidan eng axamiyatga ega, simptomlarni biror kassallar turlariga yaqinligini nazarda tutgan holda, chiqarib oladi. Shunda vrach o'z fundamental bilimlari va shaxsiy tajribasini qo'llab, extimoli bor kasallikka bog'liq simptomlar bo'yicha batafsil so'rab oladi va o'z xulosasini beradi.

Bilimlar sifatida bu xolatda kasalliklar va sptomlar orasidagi o'zaro umumiy bog'liqlar kerak, undan tashqari, rovshanki, shu bog'lamlarni biror bir o'lchovi kerak, kasllik uchun simptomlar nuqtai nazaridan va simptomlar uchun kasllik nuqtai nazaridan.

Bu yerda, noaniq to'plamlar nazariyasini (NTN) qo'llash maqsadida shamollash va yutalni kurib chiqamiz. Bu holatda bilimlarni taqdim etish qo'yidagicha bo'ladi: 1) shamollash va yutal o'zaro bog'liqlar (aniqlik darajasi = 0,9); 2) agar yutal bo'lsa, shamollash yuzaga chiqadi (aniqlik darajasi = 0,8); 3) shamollashda yutal bo'lishi mumkin (aniqlik darajasi = 0,6).

Aniqlik darajasi bu yerda o'zaro bog'liqligni bildiradi, ya'ni ta'aluqlik funksiyasi qiymatlarini. Noaniqlik munosabatlar formulalari yordamida olingan ho'losalarda, munosabatlar matritsasi Rning sonli qiymatlarini berish usuli bilan bog'liq muammo qoladi: modeli ta'savurga qaysi aniqlik darajasi mosdir? Amaliyotda maksimum-minimum operatsiyasini qo'llash - aniqlik darajasining obyektlar xususiyatlari bilan solishtir-ganda, ba'zan juda qupol qiymatlariga olib keladi, va shu ma'noda xulosalar aniqligi pasayadi. Shuning uchun bu

tizimda noaniqlik moslikka asoslangan kengroq tushunchaga ega model kiritilganligi uchun, adekvat va egiluvchan xulosalar olinadi. Yuqorida aytilganlarni hisobga olgan holda, bilimlarni noaniq xulosalarga adaptatsiyasi uchun tezislarni o'rnatamiz.



Рисунок 1 - Структура системы расспроса и предварительной диагностики

Belgilab olamiz X va Y tegishli kaslliklar to'plami va simptomlar to'plami.

Kasalliklar. Simptomlar

A_i, B_j, R_{ij} - qo'yidagi tezislar: A_i – i kasallikni borligi, B_j - simptom j ko'zatilayapti, R_{ij} - X_i kasalligi o'z alomatlari (priznaklari) simptom Y_j mos.

Bu tezlarni har biri noaniqlikni o'z ichiga oladi. Bo'ndan tashqari, yuqoridagi tezislardan qo'yidagi Pj, Pij, tezislarni o'rnatamiz.

$$P \Delta^* B \rightarrow OR(R, \& A). \quad (1)$$

$$P_i \Delta^*(R_i \& A_i) \rightarrow B_j. \quad (2)$$

Bu yerda \rightarrow - implikatsiya, OR - diz'yunksiya, & - kon'yunksiya. Boshqa so'zlar bilan aytganda, Pj – qo'yidagi tasdiqlashni aniqligi bo'lsin – "Agar simptom Bj bo'lsa, kasalliklar va simptomlar orasida Rij o'zaro bog'liqlik asosida Aj kasalligi namayon bo'ladi. Pij - tasdiqlashni aniqligi bo'lsin "Agar kasalliklar va simptomlar orasida Rij o'zaro bog'liqlik asosida Aj kasalligi namayon bo'lsa, simptom Bj bor. Rij, Pj, Pij tezislarni hulosalar uchun bilimlar deb hisoblaymiz.

Bunda bashorat etish mumkinki, Pj aniqligi umumiy holda yetarlicha yuqori.

Ammo simptom xatoli ko'zatilgan bo'lishi mumkin, shuning uchun Pj absolyut aniq bo'lishi mumkin emas. Umumiy holda Pij odam diqqatiga va ko'zatisht sharoitlarga qaram, va shuning uchun Rj aniqligi Pij aniqligidan yuqori.

Rij bo'yicha aniq misollar keltiramiz. (jadval 1).

Rij, Pj, Pij aniqliklari to'plamlar – nazariyasida – aniqlikni lingvistik qiymatlari shaklida (ALQ): VT – juda to'g'rili; RT – yetarlicha to'g'rili; RT – balkim to'g'rilidir; va bo'lishlari mumkin PF – mumkin, yolg'onli; RF – yetarlicha yolg'onli; VF – juda yolg'onli; UN – noma'lum.

Tashhis qo'yish algoritmini ko'rib chiqamiz. Keltirilgan misol bo'yicha vrachdan va bemordan olingan ma'lumot noaniqlikni o'z ichiga ALQ namoyoni orqali oladi. Hisoblashlar uchun bo' qiymatlarni sonli qiymatli aniqliklarga (SQA) o'zgartirish kerak. O'larni qiymatli baholanishlari uchun tegishlilik funksiyalari qo'llanadi. O'zaro bog'liqlik misoli.

1-jadval

Kasallik va simptomlar (Rij) o'zaro bog'ligligi misoli bo'yraklar kasalligi uchun

Sinfilyashtirish		Siydik anomaliyalari				
Simptomlar		Kupayishi siydik xajmi	Kamayishi siydik xajmi	Ko'pikli siydik	Loyqa siydik	Siydikda qon
Kasallik	No	1	2	3	4	5
O'tkir nefrit	1			RT		RT
Nefrotik sindrom	2		VT	VT		
Xronik buyrak etishmovchiligi	3	RT		RT		
Buyrak tosh kasalligi	4			PT		RT
Siydik qovig'i Yallig'lanishl	5			PT	RT	

Taklif etilayadigan ekspert tizimi (ET) qo'yidagi tushunchalar, "kup emas", "juda" simptomlar uchun va "tez-tez", "extimol" va boshqalar, kasalliklar va simptomlar orasidagi o'zaro bog'liqlari uchun ALQ (etti darajali) taqdim etiladi. Bunda aniqlash kerakki, har bir ALQning tegishlilik funktsiyasi bo'yicha tegishlilik qiymatlarini qanday tanlash kerak.

Bunday qiymatlarni α -kesimlar deb ataymiz, qiymati esa, A uchun tanlangan, $A\alpha$ deb belgilaymiz. Qoida $A\alpha$ bir qiymatga ega, ammo noaniqlikni saqlash maqsadida so'zlashuvda tabiiyki qiymatlar intervali qo'llanadi, masalan ALQ "UN" (noma'lum) [0,1] intervalini kiritamiz. Shunday qilib, xar bir

ALQlar uchun tegishlilik qiymatlari intervalini beramiz, ya'ni

$$A^{\alpha} = \{x | \mu_x(x) > \alpha\}. \quad (3)$$

ALQ, α -kesimlar, tegishlilik qiymatlari orasidagi bog'lamlilik rasm 2 da keltirilgan.

Tizimda ma'lumotlar bazasi yaratiladi, barcha tegishlilik funktsiyalari va α -kesimlar koordinatalar, konstantalar va boshqa

parametrlar bo'lishadi.

Hulosalar algoritmi (2) va (3) formulalardan kelib chiqadi. Bunda taxmin etiladiki, P_j, R_{ij} – to'plam V ILQning noaniq to'plam ostilari, ya'ni juda to'g'ri va yalpi (выруклые) to'plam ostilar. Agar (2) va (3) formulalarga noaniq qoidalar "modus ponens" va "modus tollens" qo'llansa, unda kasalliklar va simptomlar orasida qo'yidagi o'zarobog'liqlik bo'ladi:

$$\bar{r} \propto \bar{p} \quad [0,1] \text{ ushun}$$

$$\bar{r} \propto \bar{p}$$

$$\bigvee_j (R_j^* \wedge A_j^*) = (B_j^*) \vee ((-P_j^*) \wedge 0), j = \overline{1, n}, \quad (4)$$

$$(R_i^* \wedge A_i^*) = (B_i^*) \vee ((-P_i^*) \wedge 1), i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}, \quad (5)$$

Bu yerda noaniq mantiqda rad etishni bildiradi, 1 pastki chegarani kursatadi.

Ko'zatiladigan simptomlar V_j – va P_j, P_{ij}, R_{ij} bilimlarni beramiz va barcha kasalliklar $\{A_i\}$ aniqlaymiz. (4) va (5) formulalarni umumiy yechimlarini topib A_i ni olish mumkin. Bunda P_{aj}, P_{aij}, B_{aj} bilimlar aniqliklarini, ularning qiymatlari intervali orqali aniqlash mumkin ([pastgi qiymat, yuqorigi qiymat]) qo'yidagi bilan:

$$\begin{cases} P_j^* = [p_j, 1], P_{ij}^* = [p_{ij}, 1], \\ R_i^* = [r_i(1), r_i(2)], B_j^* = [b_j(1), b_j(2)]. \end{cases} \quad (6)$$

Bundan tashqari, simptom va bilimlar orasidagi masofani qo'yidagicha aniqlaymiz:

$$\begin{cases} Z_j^* \Delta [(b_j(1) - p_j - 1) \vee 0, 1], \\ E_i^* \Delta [0, (b_i(2) - 1 - p_i) \wedge 1]. \end{cases} \quad (7)$$

Noaniqlik muhitida ekspert baholashning tashkil etish va o'tkazish metodi.

Ekspert baholashning tashkil etish va o'tkazish vrachlar va bemorlar ishtiroqida bir qator muammolar paydo bo'ladi, ya'ni odamning baholash protsedurasining xususiyatlari bilan bog'liq. Bu muammolarni yechish uchun, ekspert baholashning tashkil etish va o'tkazish protseduralarini amalga oshirishda, noaniq to'plamlar nazariyasi metodologiyasini

qo'llash taklif etiladi. Ishlab chiqiladigan ekspert baholash metodi ekspertlar fikriga va nioaniq to'plamlar nazariyasini qo'llashga asoslanadi.

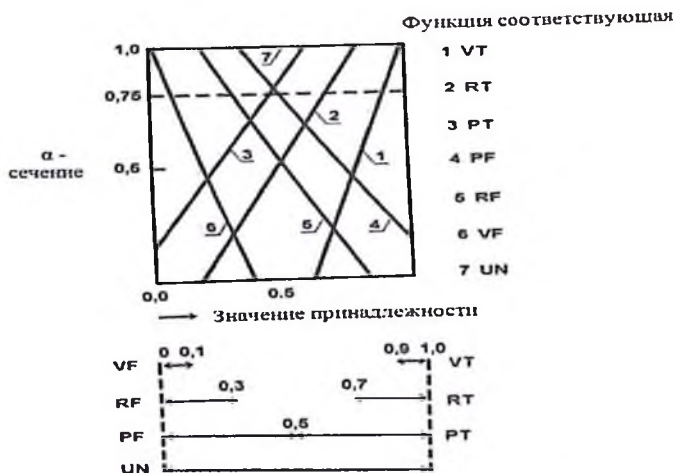


Рисунок 2 - Связь между ЛЭИ, α и значениями принадлежности.

Ishlab chiqilgan ekspert baholashni tashkil etish va o'tkazish metodi noaniq muhitda qo'yidagi punktlar (etaplardan) iborat:

1. Baholash obyekti, masalalar sinflari va operatsiyalarni kategorizatsiyalash;

2. Kvalifikatorlar sinfini tanlash (term-to'plam, lingvistik o'zgaruvchan-larni qiymatlari), obyektga va operatsiyalar sinfiga adekvatli baho berish, lingvistik qiymatlarni aniqligini aniqlash;

3. Shkalalar tipini aniqlash, obyekt va masalalarni yozib chiqadigan, sonli qiymatlar aniqligini aniqlash;

4. Tibbiy tashhis uchun baholash uslubini aniqlash va baholshni o'tkazish;

5. O'tkazilgan baholash natijalari asosida bilim bazasi to'ziladi – "Agar Bi simptomlar bo'lsa, Rij o'zarobog'liqlik asosida kasalliklar va simptomlar orasida Aj kasalligi namoyon bo'ladi";

6. Subyektiv priznaklar va ular to'plamlari birgaliklarini tekshirish (obyektni intuitiv obraziga moslik).

Chunki, baholashda ekspertlar go'ruhi ishtiroq etadi, ular

fikrlarining kelishilganligini aniqlash kerak. Agar ekspertlar fikrlari asosan mos kelsa, ya'ni konkordatsiya dispersion koefitsienti qiymatlari w 1ga yaqin bo'lsa, (masalan, $0,90 \leq w \leq 1$), punkt 8ga o'tiladi;

7. Agar $0,90 \leq w \leq 1$ sharti bajarilmasa, ya'ni ekspertlar fikri mos kelmagan holda, ularga boshqa ekspertlar javoblari bilan tanishishga imkoniyat beriladi, o'zlarining oldingi baholarini qayta tahlil etish va korrektsiyalash, ya'ni ekspert protsedurasi sikli qaytariladi, 2 punktdan boshlab. Bu punktda Del'fi (Delphi) metodini qo'llash mumkin.

8. Baholar va noaniq ko'rsatgichlar tegishlilik funksiyasini to'zish, olingan natijalarni qayta ishlashga o'tish.

9. Yakuniy natijalarni olish uchun olingan ma'lumotlar noaniq to'plamlar nazariyasi metodlari bilan qayta ishlanadi, tibbiy tashhisi to'g'ri o'tkazadigan lingvistik modelni to'zishga imkon beradi.

Bu metodning asosida, qo'yidagi asosiy faktorlar to'plami yotibti: masalani xususiyatlari, noaniq kategoriyalar sinfi, shkalalarning shakllan-tirish uslubi, ekspertlar so'rov uslublari va olingan noaniq ma'lumot-larni qayta ishlash.

Taklif etilayotgan metodikaning asosiy punktlariga yozuv va izoh keltiramiz.

1 punktda baholanadigan obyektning kategoriyazatsiyalash bajariladi, tibbiy tashhis va operatsiyalar masalalarini sinfiylashtirish, ya'ni ekspert baholashni tashkil etuvchilar va ekspertlar bilan baholashga mansub tashhis masalasini o'rganib chiqish bajariladi, ekspertlar oldiga masala qo'yiladi va ekspertiza o'tkazish metodi va protsedurasi aniqlanadi. Belgilash joizki, ko'p xolatlarda ekspert baholashni eng qo'lay va samarali metodi, bu Del'fi metodi hisoblanadi.

2 punktda kvalifikatorlar sinfini tanlash bajariladi, ya'ni term-to'plam – baholash obyekti va operatsiyalar sinfiga adekvat lingvistik o'zgaruvchi-lar parametrlari aniqlanadi,

Buning uchun eng informativ ko'rsatgichlar (aniqlikning lingvistik qiymatlarining simptomlari), tibbiy tashhis masalasini to'g'ri yozib chiqadigan.

Qo'laylik uchun O'LQ o'zgarish diapazonlari kesimlar shaklida beriladilar, minimal () va maksimal () qiymatlarini ko'rsatib berib. Bu kesimlar qo'laylik uchun va ekspert-mutaxassislar fikrlashlaridan iborat.

diskretizatsiya intervallariga bo'linadilar, ularni kvantlar deb atash mumkin:

$$x_1^{k+1} = x_1^k < x_2^k < \dots < x_n^k = x_n^{k+1}$$

O'LQni to'zish uchun tanlov tavsiya etiladi: VT – juda to'g'ri; RT – yetarlicha to'g'ri; RT – balkim to'g'rilidir; va bo'lishlari mumkin PF – mumkin, yolg'onli; RF – etarlicha yolg'onli; VF – juda yolg'onli; UN – noma'lum.

3 punktda, yechiladigan tashxis masalasini yozib chiquvchi shkalalar tipi tanlovi amalga oshiriladi. Baholanishlari kerak bo'lgan kasallik va simptomlar parametrlari, va o'lar baholarining intervallari va shkalalari aniqlanadi.

4 punktda simptomlar ko'rsatgichlari va o'lar bog'lanishlari baholanishlari uslubi aniqlanadi, masalan, ba'zi bir parametrlarni ekspertlar sonli baholashlari mumkin, ba'zi parametrlar va ular baholanishlarini so'zli (sifatli-kachestvenno) baholaydilar, ya'ni noaniqlik muhitida.

5 punktda bilimlar bazasi, xulosalar produktsion qoidalari modeli qo'llanishi bilan to'ziladi: "Agar ... unda", "Agar ... unda ... aksincha".

Bu bosqichning bajarilishi natijalarini noaniqlik munosabatlar matri-tsasi ko'rinishda shakllantirish qo'lay, masalan simptomlar va kasalliklar bog'lanishi jadvalidek.

6 punktda alomatlar va ular to'plami sub'ektiv birliklarini tekshirish amalga oshiriladi, baholashda ishtiroq etuvchi ekspertlar (vrachlar, mutaxassislar) fikrlarining naqadar kelishuvligi aniqlanadi. Agar ekspertlar fikrlari asosan mos kelsa, ya'ni konkordatsiya dispersion koefitsienti qiymatlari w 1ga yaqin bo'lsa, (masalan, $0,90 \leq w \leq 1$), punkt 8ga o'tiladi.

Ekspertlar bahosini sub'ektiv birgaligini tekshirish uchun konkordatsii koefitsienti (kelishuvchanlik) formulasi bo'yicha hisoblanadi:

$$\pi = \frac{\sum (S_j - S)^2}{(12) m^2 (n^2 - n) - (m \sum F_j^2)}$$

S_{ij} – har bir xususiyat bo'yicha ranglar bahosi (rangovye otsenki)

yig'indisi; $S = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n S_i$ - barcha ko'rsatgichlar uchun ranglar yig'indisi o'rtachasi (srednyaya summa rangov); m – ekspertlar soni; n – ko'rsatgichlar soni;

$\bar{r}_i = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^m (r_{ij}^2 - r_{ij})$ - i- ekspertning bir hil baholi ranglar soni, i- ekspertning tij - i-ekspertda bir hil rangli baholashlar soni.

Agar ekspertlar fikri bir biriga mos kelmasa, ya'ni $0,90 \leq w \leq 1$ sharti bajarilmasa (punkt 10), ularga boshqa ekspertlar javoblari bilan tanishishga imkoniyat beriladi, o'zlarining oldingi baholarini qayta tahlil etish va korrektsiyalash, ya'ni ekspert protsedurasi sikli qaytariladi, 2 punktdan boshlab. Bu punktda Del'fi (Delphi) metodini qo'llash mumkin.

Noaniq ko'rsatgichlar tegishlilik funksiyasini to'zish, baholashlarni (punkt 8) noaniqlik to'plamlar nazariyasini qo'llagan holda tibbiy tashhis qo'yish masalarini yechishda asosiy bosqichdir. Bu funktsiyani analitik ko'rinishini tiklash asosiy uslubi – u yoki bu ko'rsatgichni tegishli noaniqlik to'plamiga tegishlilik darajasi egri chizig'i grafikini to'zilishidir. Olingan grafik asosida shunday funktsiya turi tanlanadiki, o' uni eng yaxshi approksimatsiyalasa. Bundan keyin tanlangan funktsiyani parametrlari identifikatsiyalanadilar.

Tegishlilik funktsiyalarni boshqa alternativ turlari ham mavjud, noaniqlik statistikasini qo'llashga va tegishlilik funktsiyasi egri chizig'ini tanlashga asoslangan.

Tadqiqot tajribasi asosida noaniqlik ko'rsatgichlarni baholash masalalari, tibbiy tashhis qo'yish masalarini yechishda va boshqa o'xshash masalalarni noaniqlik muhitida, qo'yidagi eksponentsial turdagi tegishlilik funktsiyasining strukturasi taklif etiladi:

$$\mu_{\tilde{y}}^p(\tilde{y}) = \exp(-Q_{\tilde{y}}^p |(y_j - y_{\tilde{y}})| N_{\tilde{y}}^p)$$

$\mu_{\tilde{y}}^p(\tilde{y}) = \tilde{y}$ bahoning tegishlilik funktsiyasi \tilde{y} noaniqlik to'plamiga, chiqish parametrlarini qiymatlarini xarakterlovchi; p – kvant nomeri; $Q_{\tilde{y}}^p$ – tegishlilik funktsiyasini identifikatsiyalashda va noaniqlik darajasini aniqlovchi parametr; $N_{\tilde{y}}^p$ – noaniqlik parametrlar tegishlilik

funksiyasining termlar maydonini va grafiklar shaklini o'zgartirish koeffitsientlari; $\mu_{m, \bar{x}}$ – noaniq o'zgaruvchan, mazkur termga kuproq mos (kvant pda), uning uchun

$$\mu_{\bar{x}}^p(\bar{y}_{-m}) = \max_j \mu_{\bar{x}}^p(\bar{y}_j)$$

Yechiladigan masalani lingvistik modeli ekspert ma'lumotlarni qayta ishlash natijalari bo'yicha to'ziladi. Qo'laylik uchun uni jadval shaklida shakllantirish mumkin, so'zli (noaniq) kirish parametrlar - \bar{x} , har xil qiymatlari ko'rsatilgan va usha variantlarga tegishli chiqish parametrlarini - \bar{y} qiymatlari. Jadval tanlangan term -to'plam qo'llanishi bilan to'ldirilishi kerak.

Shunday yo'l bilan olingan model asosida, noaniqlik munosabatlar R_{ij} formallashtiriladi, simptomlar va kasalliklar bog'lamni aniqlab beruvchi.

Kvant r uchun noaniqlik aks etilganlar qo'yidagicha aniqlash mumkin:

$$R_i^r = A_i^r \circ B_i^r$$

R_i - noaniqlik aks etilganlar qo'llash qo'layligi uchun, hisoblarda noaniqlik aks etilganlar matritsasini to'zish kerak $\mu_{x_i}(\bar{x}_i, \bar{y}_i)$, masalan, belgilangan kvantlar uchun:

$$\mu_{x_i}(\bar{x}_i, \bar{y}_i) = \min[\mu_{A_i}^r(\bar{x}_i), \mu_{B_i}^r(\bar{y}_i)], i = \overline{1, m}, j = \overline{1, L}$$

Noaniqlik to'plamlarni sintezi uchun kompozitsion hulosa qoyidasini qo'llash mumkin:

$$B_j = A_j \circ R_{ij}$$

Bu qoyida bilan ET chiqish parametrlarini hisobini amalga oshirish mumkin, masalan, maksimin ko'paytma asosida:

$$\mu_{\bar{y}}^r(\bar{y}^*) = \max_{i, \bar{x}_i} \{ \min[\mu_{A_i}^r(\bar{x}_i), \mu_{R_i}^r(\bar{x}_i, \bar{y}_i)] \}$$

\bar{x}_i^* - ulchangan (ekspertlar bilan baholangan) kirish parametrlarni qiymatlari, ulchanadigan qiymatlari eng yuqori (maksimal) qiymatlarga ega to'plam sifatida aniqlanadigan tegishli kvantning tegishlilik funksiyasi

$$\mu_A(\bar{x}_j) = \max_{x \in A} (\mu_A^j(\bar{x}_j))$$

Bashorat qilinuvchi chiqish parametrlari qiymatlari (noaniq bilimlar) tegishli tegishlilik funktsiyasi sifatida aniqlanadi.

Noaniqlik yechimlar to'plamidan chiqish parametrlarni konkret sonli qiymatlari - y_j^{**} qo'yidagi munosabat orqali aniqlanadi:

$$y_j^{**} = \arg \max_{y_j} \mu_j^*(y_j)$$

ya'ni kirish parametrlarni shu qiymatlari tanlanadiki, qaysilari uchun tegishlilik funktsiyasi maksimumga erishsa.

Metodikaning yakuniy etapi masalasi (punkt 9) olingan modelni adekvatligini tekshirishdir.

Model adekvatli deb hisoblanadi, kachonki uning yordami bilan kompyuterda topilgan obyekt xarakteristikallari berilgan aniqlik bilan mos kelsa, amaliyotda eksperimental yo'li bilan olinganlar real ma'lumot-lar bilan.

Qoida bo'yicha, adekvatlik kriteriyasi sifatida, amaliyotda modelni real situatsiyaga mosligi ulchovi bo'lgan deb hisoblangan, hisobli (modelli) y_j^{**} va real (eksperimental) y_j^{**} ma'lumotlar:

$$R = |y_j^{**} - y_j^{**}| \text{ qo'llanadi}$$

Bundan tashqari, mumkin bulgan kelishishmaslik darajasi - R_j tanlanadi.

Model adekvatli hisoblanadi, agar $R = |y_j^{**} - y_j^{**}| \leq R_j$.

4 AMALIY MASHG'ULOT

8. POPULYATSIYA DINAMIKASI MODELI

AHOLI DINAMIKASI MODELI

Aholi sonining o'zgarishi, muayyan hududda, ma'lum darajada cheklangan miqdordagi bir turdagi shaxslarning ko'payish tezligini taxmin qilish uchun juda muhimdir. Bu viruslar, hayvonlar turlarining tarqalishi va yer aholisining o'sishi bilan bog'liq. Bu 1778 yilda "Aholi to'g'risidagi risolalar" deb nomlangan ruhoniylar Tomas Maltus tomonidan taklif etilgan birinchi matematik model yaratilgan. Maltusning taklif qilgan modeli yer aholisining o'zgarishini tasvirlaydi, ammo u aholi va boshqa tirik organizmlarning o'zgarishini tasvirlash uchun ham ishlatilishi mumkin.

Ushbu matematik modelda aholi sonidagi o'zgarishlar raqamlarning ko'payishini cheklaydigan tashqi zararli omillar bo'lmagan hollarda hisobga olinadi. Shunday qilib, quyidagi taxminlar soddalashtirildi.

1. Aholining yashash joylarida aholi sonining kamayishiga olib keladigan nojo'ya ta'sirlar mavjud emas.

2. Aholi sonining o'sish surati aholi soni bilan bevosita proportsionaldir.

Aholi soni t vaqtida $x(t)$ ga teng bo'lsin. Aholi sonining o'sishi bu raqamlar orasidagi farq bilan belgilanadi

$$\varepsilon = \frac{x(t+\Delta t) - x(t)}{\Delta t \cdot x(t)} \quad (1.1)$$

yoki

$$\varepsilon = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{x(t+\Delta t) - x(t)}{\Delta t \cdot x(t)} = \frac{dx}{dt \cdot x(t)} \quad (1.2)$$

Biz boshlang'ich $x(0) = x_0$ xili bilan differensial tenglamani (1.2) hal qilamiz, bu yerda x_0 - dastlabki aholi soni.

$$\int_{x_0}^x \frac{dx}{x} = \varepsilon \int_0^t dt$$

yoki

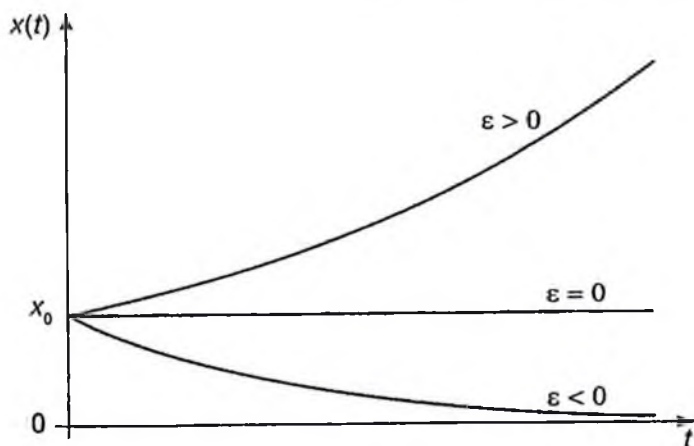
$$\ln \left| \frac{x}{x_0} \right| = \varepsilon t$$

bizda bor:

$$x(t) = x_0 e^{\varepsilon t} \quad (1.3)$$

Olingan yechimga ko'ra, aholi soni aholi o'sishi (ε) bilan belgilanadi. Agar tug'ilgan shaxslarning soni o'lganlardan kattaroq

bo'lsa, u holda aholi sonining eksponentsional o'sishi kuzatiladi. Salbiy o'sish ($\epsilon < 1$) bilan aholi kattaligi nolga teng bo'ladi (1.2-rasm).



Shakl. 1.2. Cheklovlarsiz aholi sonining o'zgarishi.

Haqiqiy sharoitda aholining o'sishi (jismoniy shaxslar o'rtasidagi raqobat, cheklangan oziq-ovqatlar, tabiiy ofatlar, kasalliklar va h.k.) har doim cheklovlar mavjud. Shuning uchun, 1845 yilda P.F. Ferxyults Maltusning modelini aholining o'sishiga cheklovlar bilan to'ldirdi. Cheklovga ko'ra, har qanday populyatsiya maksimal x_{\max} ga erishishi mumkin va bu qiymatga erishilganda o'sish tezligi ϵ kamayishi kerak. Aholi kattaligining nisbiy qiymatini:

$$y = \frac{x}{x_{\max}}$$

Keyinchalik, Ferhulst modelida aholi kattaligidagi nisbiy o'sish quyidagicha bo'ladi:

$$R(t) = \epsilon \left(\frac{x_{\max} - x}{x_{\max}} \right) = \epsilon(1 - y)$$

Tenglama (1.2) ga almashtirishga quyidagilar kiradi:

$$\frac{dy}{dt} = \epsilon(1 - y)y \quad (1.4)$$

Ushbu differensial tenglamani $y(0) = y_0$ boshlang'ich shartlari bilan o'zgaruvchilarni ajratish usuli bilan yechish orqali quyidagilarga erishamiz:

$$\frac{dy}{y(y-1)} = \frac{dy}{y-1} - \frac{dy}{y} = -\varepsilon \cdot dt;$$

$$\int_{y_0}^y \frac{dy}{y-1} - \int_{y_0}^y \frac{dy}{y} = -\varepsilon \cdot dt;$$

$$\ln|y-1| \Big|_{y_0}^y - \ln|y| \Big|_{y_0}^y = -\varepsilon t;$$

$$\ln \left| \frac{y-1}{y} \right| \Big|_{y_0}^y = -\varepsilon t;$$

$$\ln \left| \frac{y_0-1}{y_0} \right| - \ln \left| \frac{y-1}{y} \right| = \varepsilon t;$$

$$\ln \left| \frac{(y_0-1)y}{y_0(y-1)} \right| = \varepsilon t;$$

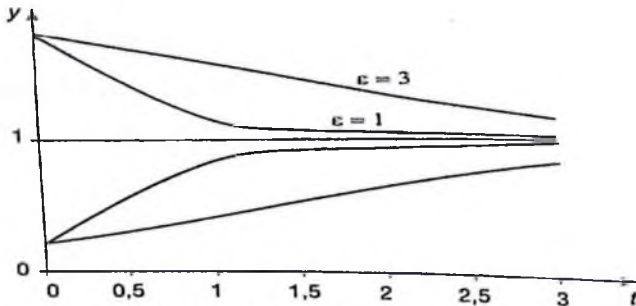
$$\frac{y_0 y - y}{y_0 y - y_0} = e^{\varepsilon t};$$

$$y_0 y - y = y_0 y e^{\varepsilon t} - y_0 e^{\varepsilon t};$$

$$y_0 e^{\varepsilon t} = y_0 y e^{\varepsilon t} - y_0 y + y;$$

$$y = \frac{y_0 e^{\varepsilon t}}{1 - y_0(1 - e^{\varepsilon t})} \quad (1.5)$$

Shkl. 1.3 ga ko'ra, y_0 va ε ning turli qiymatlari uchun aholi nisbatan sonidagi o'zgarishning grafiklari ko'rsatilgan ($\varepsilon > 0$, ya'ni jismoniy shaxslarning tug'ilish darajasi o'lim darajasidan yuqori). Bunday holda, aholi soni ε ga qarab har xil tezlikda x_{\max} yaqinlashadi.



Shkl. 1.3. Aholining nisbatan kattaligidagi o'zgarish ($\varepsilon = 1$ va 3 ; $y_0 = 0,2$)

Populyatsiya modellari

Maltus o'zining "maxsun nazariyasini" ilgari surganidan beri, aholining o'sishi muammosi butun dunyo e'tiborini jalb qila boshladi: agar insoniyat geometrik progressiya asnosida o'sish davrlari yuqumli

kasalliklar va tabiiy ofatlar bilan boglansa, omon qolishi mumkin. Nisbatan yaqinda Erlich (1999) va Meadows va boshqalar (1999) populyatsiyaning ekspansional o'sishi va qayta tiklanmaydigan tabiiy resurslarning kamayib ketishiga bir xil e'tibor qaratishdi.

Garchi biz Yer yuzida populyatsiyaning o'sishi muammosining ahamiyatini inkor eta olmasak-da, Maltus modeli biologik populyatsiyalar uchun yagona bo'lgan deb taxmin qilish haqiqatdan yiroqdir.

Darhaqiqat, u qoniqarli ravishda organizmlarning hayot tsiklining juda qisqa davrlarini tasvirlaydi va universal emas.

Turlarning populyatsiyasining ko'payishi bilan bog'liq bo'lgan aniq hodisalarni malum aniqlik bilan aniqlaydigan modellarni yaratish mumkin. Qo'llanilishning keng doirasiga ega modellarni qurish esa ancha qiyin. Modellardan qanday foyda olish mumkin va ular qanday shaklda bo'lishi ishi kerak degan savol tug'iladi.

Modellar juda xilma-xil bo'lishi mumkin - tavsiflovchi, empirik turdan tortib, umumiy modellarga qadar. Ushbu farq aniq dasturlarga nisbatan ayniqsa muhimdir.

Convey va Merdi (1997) zararkunandalarga qarshi kurash vositalarini tanlashda ishlatilishi mumkin bo'lgan modellarni tavsiflaydi. Biroq, ushbu modellarning doirasi nisbatan tor: masalan, jinsiy va hududiy hatti-harakatlarni tavsiflovchi yordamchi modellardan tortib, biologik tizimning juda kichik bo'laklarini tavsiflash uchun ishlab chiqilgan modellarga, masalan, ma'lum bir sohada bitta g'o'za zararkunandalari populyatsiyasini o'rganish uchun. Ushbu turdagi modellar ma'lum bir turga tegishli savollarga javob berish va atrof-muhitning umumiy qonuniyatlarini o'rganmaslik uchun mo'ljallangan. Xolling terminologiyasida bunday modellar "taktik" deb nomlanadi.

Umumiy "strategik" model "umumiy qonunlarni qabul qilish uchun aniqlikni talab qiladi. Amaliy ish strategik modellarga bag'ishlangan. Ular rasmiy tilda tug'ilish va o'lim kabi eng muhim biologik jarayonlarning diagrammasini tuzadilar. Modellar tahlili ushbu biologik jarayonlar, xususan, biologik o'zaro ta'sir jarayonlarining mohiyatiga kirib borish uchun ishlatiladi, bu esa o'rganishda tabiiy

populyatsiyalarda raqamlarni tartibga solishning asosiy mexanizmlarini tushuntirib beradigan joylarni aniqlashi mumkin.

Bizning e'tiborimiz populyatsion modellarga qaratilishi, u boshqa modellarga nisbatan ularning ahamiyatini aks ettirmaydi, balki shunchaki tabiiy populyatsiyalarni, ayniqsa hasharotlar, zararkunandalarga qarshi kurash sohasida miqdoriy baholashning keng qamrovli muammosiga jalb qilingan ekologlarning manfaatlariga javob beradi.

Hozirgi paytda atrof-muhitning ifloslanishi va pestitsidlardan foydalanish haqidagi xavotirlar zararkunandalarning tabiiy dushmanlaridan foydalanib, asosan biologik nazorat choralarini qo'llashni ma'qullaydigan olimlarning dalillarini keltirib chiqarmoqda. Tabiiy dushmanlardan foydalanish imkoniyatini o'rganish uchun kamida ikkita turdan, aniqrog'i, hatto ko'p turli tizimlardan tashkil topgan jamoalarning dinamikasi to'g'risida ba'zi ma'lumotlarga ega bo'lishimiz kerak. Biroq, ushbu o'zaro ta'sirlarning tomonlarini o'rganishga kirishdan oldin, nisbatan oddiy bitta turlar tizimining asosiy xususiyatlarini tahlil qilish foydalidir.

Bir turli modellar

Doimiy sharoitlarda ko'payadigan organizmlar populyatsiyasining o'sish sur'ati uchun Maltusning eng oddiy modeli shunday deydi:

bu yerda b - populyatsiyaning bir zumda tug'ilish darajasi. $N=N_0$ ni integratsiyalash va $t = 0$ deb, biz populyatsiyaning oniy sonini topamiz:

$$N_t = N_0 \exp^{bt} \quad (2)$$

Modeliga bir zumda o'lim d ni kiritilishi mumkin. $r_m = -b - d$, ni belgilab, biz quydagini olamiz

$$N_t = N_0 \exp^{r_m t} \quad (3)$$

r_m parametri populyatsion sonning ko'payish qobiliyatining o'lchovidir. Kamdan-kam hollarda r_m parametri doimiy deb hisoblanishi mumkin. Umumiy holda $r_m = r(t)$ va

$$N_t = N_0 \exp \left(\int_0^t r_m(t) dt \right) \quad (4)$$

Tabiiy populyatsiyalar uchun cheksiz ekspansional o'sish qonuni taklif qilinganiga qaramay, shuni esda tutish kerakki, tabiiy resurslar,

masalan, bo'sh joy, oziq-ovqat va suv miqdori cheklangan. Bu biz K deb belgilagan populyatsiyaning yuqori darajasiga ega bo'lishini belgilaymiz. Bu songa osish darajasi intiladi va bu darajaga yetganda yoki oshganda, u yana pasayadi, chunki oziq-ovqat yetishmasligi ochlikni keltirib chiqaradi, bu esa o'limni kuchaytiradi va ko'payishni oldini oladi. Masalan, oziq-ovqat mahsulotlarini ishlab chiqarishning ko'payishi hisobiga kamaygan resurslarning yangilanish darajasi populyatsiyaning tiklanish vaqtini belgilaydi. Ushbu jarayonlar populyatsiya miqdori doimiy darajada saqlanmasligiga olib keladi, lekin ba'zan juda keng chegaralarda, o'rtacha qiymat atrofida, atrof-muhit ta'minlay oladigan maksimal miqdordan oshmaydi. Populyatsion modellarning rivojlanishi ushbu tebranishlarni barqarorlashtirish mexanizmlarini o'rganishga yordam beradi.

(3) munosabatydan kelib chiqadi-ki, $N_r \rightarrow 0$ i^{ao} da, qachon $r_m > 0$, va $N_t \rightarrow 0$ $t \rightarrow 0$ da, qachon $r_m < 0$ bo'lganda. Agar $r_m = 0$ bo'lsa, u holda populyatsiya barqaror, uning soni o'smaydi va kamaymaydi. $r_m = 0$ muvozanat qiymatining kichik buzilishlari populyatsiyaning cheksiz og'ishlariga olib keladi.

Biroq, odatda populyatsiyaning o'sish sur'ati bo'yicha uning N_t soni t bilan bog'liq bo'lgan cheklovlar mavjud.

Bu ichki zichlikka bog'liq tartibga solish mexanizmi mavjudligini anglatadi. Shuning uchun, raqamlarning o'zgarishi tezligiga teng

$$\frac{dN_t}{dt} = (b - d - cN_t)N_t \quad (5)$$

bu yerda c - doimiy, r_m ning o'zgarishi $(K - N_t)/K$. ga to'g'ri proporsional keladi.

$$\text{Chizikli munosabat} \quad r = r_m \left(\frac{K - N_t}{K} \right) \quad (6)$$

Shuni anglatadi-ki, agar N_t atrof muhit ta'minlay oladigan K sonining qiymatiga yaqinlashsa, r nolga intiladi va $N_t \rightarrow 0$ bo'lganda, r miqdori tur uchun mumkin bo'lgan maksimal r_m qiymatiga to'g'ri keladi. $(K - N_t) / K$ ifodasi ishlatilmagan resurslarning o'lchovidir. Qayta yozish tenglamasi (5) quyidagicha

$$\frac{dN_t}{dt} = r_m \left(1 - \frac{N_t}{K} \right) N_t \quad (7)$$

va integratsiya natijasida Verhalst-Pearl logistika egri tenglamasini olamiz

$$N_t = \frac{N_0 K \exp(r_m t)}{K - N_0 (1 - \exp(r_m t))} \quad (8)$$

($N_t < K$ da r kattalik musbat, $N_t > K$ da manfiy).

Shunday qilib, populyatsion zichlik muvozanat zichligiga K yuqoridan yoki pastdan yaqinlashadi. $N = K$ da, biz $r = 0$ ga egamiz va atrofida muvozanat holati mavjud, uning atrofida sonlarning tebranishi sodir bo'ladi. Har qanday og'ish qarama-qarshi kuchlar tomonidan $K - N_t$ ga mutanosib ravishda muvozanatlanadi va populyatsiyani muvozanat darajasiga qaytaradi. To'g'ri tuzatish, albatta, masalaning mohiyatini o'zgartirmaydi, chunki egri chiziqli funktsiyalar uchun mantiqiy mulohazalarimiz to'g'ri deb hisoblanadi.

Yuqorida tavsiflangan modellarning jiddiy kamchiliklari - bu aholining hozirgi holati bilan aniqlanadigan tug'ish va o'limning tezkor qiymatlaridan foydalanish. Shubhasiz, nasl berish qobiliyati uzoq o'tmishda sodir bo'lgan voqealarga bog'liq va uning boshqarilishi tabiiy ravishda o'sha paytda populyatsiyaning soni bilan bog'liq. Homiladorlik va tug'ilish o'rtasida vaqt davri mavjud.

Boshqa tomondan, o'lim darajasi hozirgi vaqtda populyatsiya holatiga bog'liq degan taxmin kichikroq xato bilan bog'liq bo'lishi mumkin, garchi ilgari ovqatlanishdagi ba'zi bir tanqisliklar hozirgi paytda kasalliklarga moyilligini oshirishi va shu tariqa ko'payishi mumkin deb taxmin qilish mumkin bo'lsa.

Tabiatda bunday kechikishning mavjudligini kuzatish oson. Masalan, sut emizuvchilarda uzoq vaqt kamolotga yetishish davri mavjud, buning natijasida kamolotga yetganlar soni oldingi nasl berish davridagi populyatsiya miqdoriga bog'liq, shuning uchun $t-t$ vaqt sharoitlari t vaqtda tug'ilish darajasiga ta'sir qiladi. Vaqtning kechikishini hisobga olsak, logistik tenglama kechikish bilan differentsial tenglamaga aylanadi

$$\frac{dN_t}{dt} = b_0 \left(1 - \frac{N_{t-\tau_1}}{K}\right) N_{t-\tau_2} - d_0 N_t \quad (9)$$

Bu yerda τ_1 va τ_2 — kechikish vaqti, a va d_0 — mos ravishda tugʻilish va oʻlimning asosiy belgilari.

Yuqoridagi mulohazalar alohida naslga ega boʻlgan turlarga nisbatan qoʻllaniladi (masalan, naslchilik faqat yilning maʼlum bir davrida sodir boʻlganda). Agar nasllar bir-biriga uygʻun boʻlsa, biz baʼzi populyatsiyalarda mavjud boʻlgan yosh tuzilishini hisobga olishimiz kerak. Masalan, yosh (hali naslga oʻtmagan) va kattalar oʻlim darajasi juda farq qiladi va yosh, chunki ular naslchilik qilmay, populyatsiyaga umuman boshqacha hissa qoʻshadilar.

Populyatsiyalarning yosh xususiyatlarini hisobga olish uchun demograflar va statistika mutaxassislari foydalangan va ularning asosida yosh tuzilishi boʻlgan populyatsiyalar uchun maxsus usullar ishlab chiqilgan, ammo har qanday populyatsiyaga tegishli boʻlgan umumiy naqshlar mavjud.

Har qanday populyatsiya uchun, agar λ_x x yoshga etgan odamning ehtimolligi boʻlsa, u holda $\lambda_x = 1$ va $\lambda_x \rightarrow 0$ boʻladi degan xulosaga kelishimiz mumkin. Faqat urgʻochilarga, yaʼni populyatsiyaning reproduktiv qismiga qarash qulaydir, bu yerda bitta X dan t_x gacha boʻlgan bitta katta yoshli ayol urugʻida urgʻochilar soni koʻrsatilgan. Endi populyatsiyaning sonini urgʻochilar sonini jinsiga qarab koʻpaytirish orqali olish mumkin. Agar avlodlar orasidagi vaqtni birlik sifatida olsak, demak, aholining nasldan naslga oʻtish darajasi oʻsadi

$$R = \sum_0^{\infty} l_x m_x = \frac{N_{t+1}}{N_t} \quad (10)$$

Agar hozir n_x bilan belgilasak, t vaqt ichida x dan $x + 1$ gacha boʻlgan shaxslar sonini t ga tenglashtirsak, t vaqt ichida populyatsiyada tugʻilgan shaxslar soni

$$n_{0,t} = \sum_{x=0}^{\infty} n_{x,t} m_x \quad (11)$$

Yosh tarkibi boʻyicha populyatsiyani oʻrganayotganda, yoshga qarab taqsimlanish barqarorligi masalasi muhimdir. Agar doimiy yosh

taqsimoti bo'lsa, unda ko'payish davriga nisbatan populyatsiyaning doimiy nisbiy o'sishi kuzatiladi,

$$R = \frac{\sum n_{x,t+1}}{\sum n_{x,t}} \quad (12)$$

Shundan so'ng davrlar soni bo'yicha ajratilgan populyatsiyalar uchun (ya'ni, avlodlar) T ni olamiz

$$n_{x,t} = n_{x,t-T} R^T \quad (13)$$

$$n_{0,t-x} = n_{0,t} R^{-x} \quad (14)$$

va shunday qilib

$$n_{0,t} = n_{0,t} \sum R^{-x} l_x m_x \quad (15)$$

tenglama

$$1 = \sum R^{-x} l_x m_x \quad (16)$$

R yoshini doimiy yosh tuzilishi bilan (l_x) va tug'ish (m_x) yosh jadvali uchun R ni aniqlaydi. Doimiy sharoitlarda, agar bir nechta yosh guruhlari ko'payib ketsa, ularning soni pasayish bilan salinimli xususiyatga ega bo'ladi va barcha yosh guruhlari sonining doimiy nisbati bilan barqaror yosh taqsimotiga erishiladi.

Turli yosh guruhlari uchun o'rtacha umr ko'rish statistik jadvalining yana ikkita xususiyatini aytib o'tish kerak.

1. Populyatsiyaning x yoshgacha omon qolgan, ammo x dan x + 1 yoshgacha o'lgan qismi, teng bo'ladi

$$d_x = -\lambda_x + \lambda + \lambda_{x-1} \quad (17)$$

Unda

$$l_{x+1} = 1 - \sum d_x = l_{x-1} - d_{x-1} \quad (18)$$

1. Ushbu q_x yosh guruhidagi o'lim, x dan x + 1 gacha bo'lgan odamning o'limi ehtimoliga teng bo'ladi

$$q_x = \frac{d_x}{l_x} \quad (19)$$

Aholining yoshi guruhlarining umr ko'rish davomiyligi jadvalining o'zgarish xususiyatlari bilan, ya'ni cheklash shartlari bo'lmagan taqdirda, populyatsiya har doim doimiy yosh taqsimotiga erishadi. Ushbu taqsimotga erishgandan so'ng, sonlarning ko'payish tezligi R ning doimiy yakuniy qiymatiga yetadi, uning qiymati doimiy populyatsiya holatida e^m qiymati hisoblanadi. r_m ni hisoblash uchun shaklni doimiy ravishda taqsimlash uchun biz (16) munosabatni o'zgartirishimiz mumkin:

$$1 = \int e^{-r_m x} l_x m_x dx \quad (20)$$

R va r_m parametrlarini baholash imkoniyatiga ega bo'lishiga qaramay, ular doimiy yosh taqsimotiga erishilgandan keyingina mantiqiy ekanligini ta'kidlash kerak. Shu bilan birga, doimiy yosh taqsimlanishiga kamdan-kam hollarda erishilsa ham, bu parametrlar turni ko'paytirish qobiliyatining muhim belgilari bo'lib xizmat qiladi.

Mustaqil ishlash uchun topshiriqlar

1. Logistik tenglamani ko'rib chiqamiz

$$\frac{dN}{dt} = N \left(1 - \frac{N}{K} \right)$$

Maksimal o'sish sur'ati ($1/k$) lna nuqtasida va hozirgi vaqtda populyatsiya $N_{eq}/2$ bo'lganligini ko'rsatish kerak.

Gompertsuning o'sish chizig'i logistika egri chizig'iga o'xshash, ya'ni

$$N_t = N_{eq} \exp[-b \exp(-kt)]$$

Ushbu egri chiziqning egilish nuqtasini va N_t qiymatini ko'rsating.

1. Xassell - Warl modelidan foydalanib, $Q = 0,20$; $f = 2,0$; $P_0 = 10$ va $N_0 = 50$ holatlar uchun deb faraz qilib, xo'jain va parazit populyatsiyasining tebranishlar darajasini o'rganing:

a) $m = 0$, ya'ni, o'zaro ta'sir bo'lmaganda va Nikolson-Beyli modelining maqsadga muvofiqligi sharoitida;

b) $m = 0,2$ (kuchsiz o'zaro ta'sir);

c) $m = 0,6$ (kuchli o'zaro ta'sir).

No'xat shira bilan laboratoriya tajribalari quyidagi natijalarni berdi.

Populyatsion modellar

Kun bo'yicha yoshi	Katta shaxslar		Kichik shaxslar	
	L_x	m_x	L_x	m_x
0—4	1,0	0	1,0	0
5—8	1,0	0	1,0	0
9—12	1,0	24,04	1,0	15,00
13—16	0,978	29,94	0,962	20,88
17—20	0,913	23,34	0,889	19,42
20—24	0,783	10,00	0,796	14,10
25—28	0,522	2,94	0,648	6,28
29—32	0,370	0,36	0,574	1,74
33—36	0,217	0	0,370	0
37—40	0,130	0	0,111	0

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Komilov M.M., Salaxutdinov V.X. "Matematik modellashtirish" kursi bo'yicha amaliy mashg'ulotlar uchun ko'rsatmalar / TATU. Toshkent - 2008 .-- 59 s.

PULS TO'LOQINI MODELI.

Puls bu: Sistola vaqtida chap qorinchadan qonning aorta va yirik qon tomirlariga otilib chiqishi natijasida tomirlar devoriga qonning bosim bilan urilishi hisobiga tomirlar devorining tebranishidir.

Puls to'loqin sistolik va diastolik bosimlarning farqi:

$$P_p = P_s - P_d$$

Qon tomir chap qorinchadan qonni chiqarilishi sistola vaqtining diastoladan farqini 0,3 s deb olamiz

$$\text{Ya'ni } t(s) = 0,3 \text{ s}$$

Yurak siklining boshidagi arterial qon bosimini sistolik bosimga teng deb olsak u yurak siklining oxirida diastolik bosimga teng bo'ladi

$$\text{Ya'ni: } V(0)=V+CP(0)$$

$$V(0)=V+CP(T)$$

V =qon bilan tolмага aorta

T =yurak sikldagi qon bilan tolishi

Bular orasidagi farq yurak qisqarganda qonning bir marta otilib chiqqan hajmiga teng

$$Vot=V(0)-V(T)=CP(0)-P(T)$$

Shunda sistola va diastola orasidagi farq

$$P_s=P(0)=Vot/C(1-e^{-t/cr})$$

$$P_p=P_s-P_d=Vot/C$$

Ko`rinib turibdiki sistolik va diastolik bosimlar qoning otilib chiqqan hajmiga va aortaning elastikligiga yurakning qisqarish kuchiga bog`liq ekan.

Qonning otilib chiqqan hajmi 60 ml ga teng deb olsak arterial qon tomirarning hajmini aniqlab olsak bo'ladi

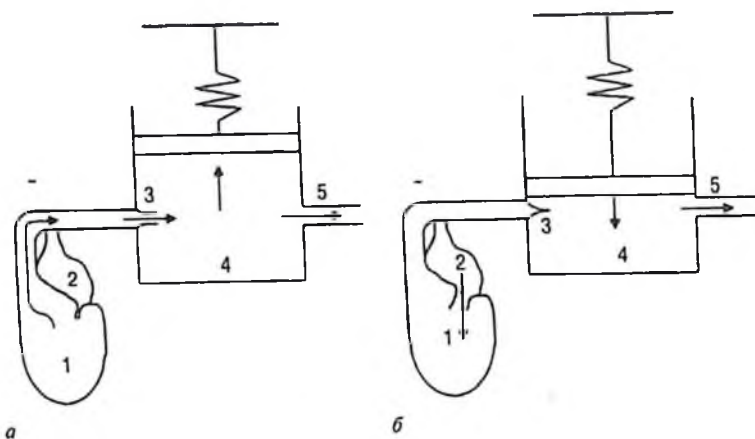
$$C=Vot/P_p=60 \cdot 10^{-3}/40=0,0015 \text{ l/mm}$$

$$T=1/80=0,0125$$

$$P_s=108 \text{ mm sm us}$$

5 AMALIY MASHG'ULOT. КОН ТОМИР КАНАЛИ МОДЕЛИ. QON TOMIR TIZIMI MODELI.

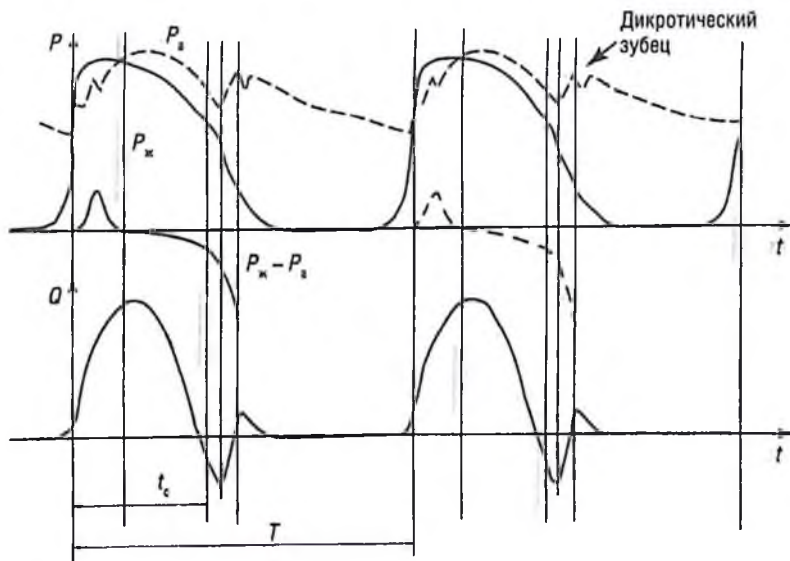
Katta tomirning ma'lum bir nuqtasida (aorta) bosim o'zgarishini hisoblash uchun vaskulyar tizimning dastlabki soddalashtirilgan modeli nemis fiziologi Otto Frank tomonidan 1899 yilda taklif etilgan elastik rezervuar modeli bo'lgan. Ushbu modelda qon aylanishining katta aylanashining arterial qismi elastik xonada namoyon bo'ladi va periferik kichik tomirlar tizimi qattiq naycha orqali modellashtirilgan (1.4-rasm).



Shakl. 1.4. Sistol va diastol fazalarida qon tomir kanalining elastik rezervuarining gidrodinamik modeli: a - 1 bosqich, aortik valve ochiq; b - 2-bosqich, aorta qopqog'i yopiladi.

Shakl. 1.4. Aorta va kichik tomirlardagi qon oqimining sxematik namoyishini ko'rsatadi va yurak mushagini kamaytiradi va tasalli beradi. Qonning chap qorinchasida (1) qonning ejeksiyon bosqichida (a), aorta qopqog'i (3) orqali aorta (4) orqali o'tib, uning aortik devorlarining moslashuvchanligi tufayli uning hajmini oshiradi. Shuning uchun qonning bir qismi uning hajmini oshirishi tufayli aortada saqlanadi va uning bir qismi kichik tomirlarga kiradi (5). Diastol bosqichida (a), aort qopqog'i (3) yopiladi va aorta devorlarining moslashuvchanligi tufayli uning miqdori asl hajmiga qaytadi va qon kichik tomirlarga chiqariladi (5). Ushbu bosqichda chap atriumdan qon (2) yurakning chap qorinchasiga kiradi (1). Ushbu model juda sodda bo'lib, yurak mushagi qisqarishi va qon tomirlarining qon hajmini kamaytirish bilan bog'liq jarayonlarni tekshiradi. Faqat katta tomirlar egiluvchanlik xususiyatiga ega bo'lgan va kichik tomirlar qattiq naychani ($C \approx 0$) ifodalaydi. Bundan tashqari, katta tomirlarning gidravlik qarshiligi minimal deb hisoblanadi ($R \approx 0$) va kichik tomirlarning (arteriol va kapillyar) qarshiligi katta. Bosim va yurak urish tezligidagi haqiqiy o'zgarishlar shakl. 1.5.

Katta soddalashtirishga qaramasdan, ushbu model, A hajmli oqim nisbati Q aortik bosim bilan R, kichik tomirlarning R periferik qarshiligi va katta tomirlar S ning elastikligi bilan bog'liqligini tasvirlashga imkon beradi.



Shakl. 1.5. Yurak - terminalda aylanishi paytida P bosimining o'zgarishi va Qning kardiyak chiqishi tezligi (P - aortadagi bosim, P - qorinchalarda bosim).

Ushbu jarayonlarni ta'riflovchi tenglamalar hosil qilamiz. Aortadagi (V) sistoldagi qon miqdori aortaning "to'ldirilmagan" hajmini (ya'ni $P = 0$ da) va sistol faza bosimining qiymati bilan aniqlanadi. $V(t) = V_0 + CP(t)$ (1.6)

Qon hajmini bilish uchun vaqtning birligiga miqdoriy o'zgarish sifatida volumetrik qon oqimi tezligini hisoblash mumkin, ya'ni. $\frac{dV}{dt} = C \frac{dp}{dt}$ (1.7) Keyin siqilgan suyuqlik miqdori saqlanib qolishi haqidagi qonunga binoan biz $Q(t) = dV / dt + Q_0(t)$, (1,8)

bu yerda $Q(t)$ - yurakning chap qorinchasidan volūmetrik qon

aylanish tezligi; $Q_0(t)$ katta tomirlardan kelib chiqqan volumetrik qon oqimi tezligi.

Poiseuil tenglamasiga asoslanib, biz quyidagilarni yozishimiz mumkin:

$$Q_0(t) = (P(t) - P_B) / R \quad (1.9)$$

bu yerda R - katta tomirlardagi bosim; P_B - venoz bosim, nolga tenglashtirilishi mumkin.

Keyin

$$Q_0(t) = (R(t)) / R \quad (1.10) \text{ Formulani (1.10) 1,8 ga aylantiramiz}$$

$$Q(t) = C \, dP / dt + (P(t)) / R \quad (1.11)$$

Bu tenglama uchun oddiy yechim kardiyak kontraksiyonning ikkinchi bosqichida, ya'ni aorta qopqog'i yopilganda va $Q(t) = 0$ bo'ladi. Keyin tenglama (1.11) quyidagi shaklga ega:

$$0 = C \, dP / dt + R(t) / R; \quad (1.12)$$

$$-C \, dP / dt = P(t) / R;$$

$$dP / P = -1 / CR \int_0^t dt \quad (1.13)$$

$T = 0$ da bosim P_0 ga teng bo'lganini hisobga olgan holda (1.13) formula - bu aorta qopqog'i yopilganda katta tomirlarda bosim (sistolik bosimga yaqin) ekanligini hisobga olamiz.

$$\int_{P_0}^P \frac{dP}{P} = -\frac{1}{CR} \int_0^t dt; \quad (1.14)$$

$$\ln|P| \Big|_{P_0}^P = -\frac{1}{CR} t \Big|_0^t;$$

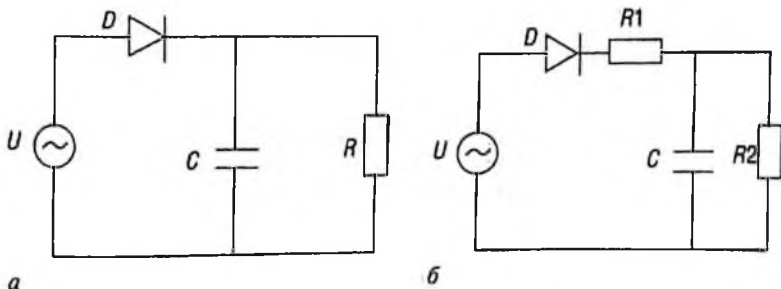
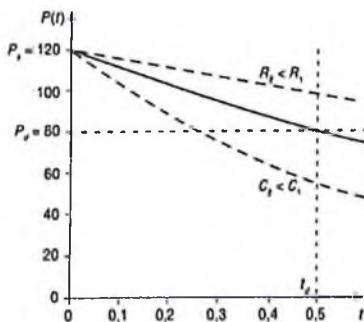
$$\ln \frac{P}{P_0} = -\frac{t}{CR};$$

$$SP(t) = P_0 e^{-\frac{t}{CR}} \quad (1.15)$$

Shkl. 1.6 diastol fazasida (qattiq chiziq) aorta va katta tomirlardagi bosim o'zgarishini tasvirlaydigan differensial tenglamaning (1.12) yechimini ko'rsatadi. Aorta qopqog'i yopilganidan so'ng aortada bosimning o'zgarishini aks ettiradigan bu grafikni haqiqiy egri (1.5-rasmga qarang) bilan taqqoslash ularning o'xshashligini ko'rsatadi. Shu bilan birga, ushbu bosqichda, model haqiqiy tizimda joylashgan va sistolning tugashi bilan bosimning engil ko'tarilishi bilan bog'liq

bo'lgan drikrotik tishning mavjudligini aks ettirmaydi. Arik qopqog'i yopilganidan keyin Dikrotik to'liqlar aortada qisqa muddatli teskari oqimni aks ettiradi. Shakl. 1.6. Aorta va katta tomirlardagi qon bosimining o'zgarishi orta qopqog'ini yopish.

Ushbu matematik modelni o'rganish diastol fazasidagi katta tomirlardagi bosimning tomirlardagi elastikligini va R tomirlarining shiddatligining qiymatiga bog'liqligini o'rganish mumkin (1.6 rasm, kesilgan chiziqlar). Tenglama (1.11) - birlamchi chiziqli differensial tenglama va uning echimi $Q(t)$ funktsiyasiga bog'liq. Yarim sinusoidal yoki parabolik funktsiyaga yaqinlashganda, yurakning qisqarishining 1-bosqichida bosim o'zgarishini tasvirleydigan eritma olinadi. Hidromekanik model asosida qon tomir tizimidagi gemodinamik jarayonlarning elektr modeli yaratilishi mumkin (1.7-rasm).



Shakl. 1.7. Qon tomir yostig'ining gemodinamikasining elektr modeli: a - tizimli gemodinamikaning elektr modeli; b - aorta qarshiligi bilan bog'liq tizimli gemodinamikaning elektr modeli. Ushbu modeldagi yurakning nasos funksiyasi U o'zgaruvchan uzatish manbai bo'lib,

diode D yurak qopqog'ining rolini bajaradi va signalning faqat yarim to'liqidan o'tadi, shu bilan yurakning chap qorincha ichidan sistologik fazaga simulyatsiya qilinadi, bu kondansatör C bu yarmida zaryadni to'playdi va elastiklikni aks ettiradi katta tomirlarning xususiyatlari va R qarshiligi kichik tomirlarning gidravlik qarshiligini xarakterlaydi. Bu devordagi kondansatör mavjudligi qon bosimining pulsi dalgalanmalarini yumshatilishiga olib keladi. Shunday qilib, elektr devresinin kirish paytida voltaj bosim P'ye to'g'ri keladi va davr ichidagi oqim kuchi volümetrik oqim tezligiga o'xshaydi. Rezistor bo'ylab kuchlanish

$$U = IQ$$

va kondansatkichda

$$U = q / s,$$

q qaerda to'lov miqdori; S - kondansatkichning sig'imi.

$$\text{Kirchhofning qonuniga ko'ra: } IQ + q / C = 0 \quad (1.16)$$

$$I = dq / dt,$$

$$R dq / dt + q / C = 0, \quad (1.17)$$

yoki $dU / dt = I / C dq / dt$ ni hisobga olgan holda, bizda mavjud

$$dU / dt + U / RC = 0. \quad (1.18)$$

Tenglama (1.18) tenglamaga teng (1.12) teng ekanligi ko'rinib turibdi. Shunday qilib, elektr model qon tomir yotqizilgan gemodinamikaning gidrodinamik modelida tasvirlangan jarayonlarni aks ettiradi. Ushbu model A1 rezistentligini simmetriya qiluvchi elektron platalarga R1 qarshilik qo'shib, tozalanishi mumkin (qarang, 1.7, b).

6. AMALIY MASHG'ULOT. СТРУКТУР МОДЕЛЛАР. СТРУКТУРАВИЙ МОДЕЛЛАР

Matematik modellarni qurishda qiyin bosqichlardan biri bu muammoning tavsifiy yoki konseptual formulasidan formulalar va tenglamalarning matematik tiliga o'tishdir. Avvalo, bu tirik organizmlarni o'z ichiga olgan murakkab obyektlar uchun to'g'ri keladi. Bunday holda tizimni tahlil qilish usullariga asoslangan tarkibiy

modellashtirish usullariga o'tish mumkin. Tizim deganda, atrof-muhit bilan o'zaro ta'sir qiluvchi va uning elementlari funktsiyalari bilan qisqartirilmaydigan o'zaro bog'liq elementlarning to'plami tushuniladi.

Tizimdagi elementlarning kombinatsiyasi miqdorning sifatga o'tishini, ya'ni tizimdagi elementlarga ega bo'lmagan yangi xususiyatlarning paydo bo'lishini amalga oshiradi. Shu sababli, tirik tizimlarni o'rganishda muhim jihatlardan biri bu individual elementlarning joylashishi, ularning o'zaro munosabatlari va alohida elementlarning hatti-harakatlaridan qat'i nazar, atrof-muhit bilan o'zaro aloqada bo'lgan tizimni tanlashdir.

Tirik tizimlarning namunasi sifatida hujayralar, organlar, tananing tizimlari va umuman butun organizmni ko'rsatish mumkin. Ushbu tizimlarni tarkibiy modellashtirish usuli bo'yicha o'rganish o'rganilayotgan obyektни alohida elementlarga bo'lish va ular o'rtasida aloqa o'rnatishdan iborat. Bundan tashqari, tizim kirish signallariga tizim javobi ko'rinishida atrof-muhit bilan bog'liqlik o'rnatish mumkin.. Shunday qilib, tarkibiy modellashda tizimning individual elementlari tanlanadi va ularning funktsiyalari tavsiflanadi, so'ngra sintez amalga oshiriladi, ya'ni ularning yaxlitligi birlashtiriladi.

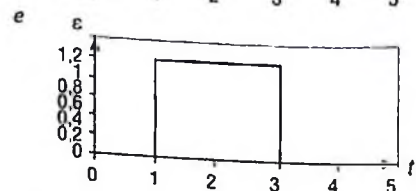
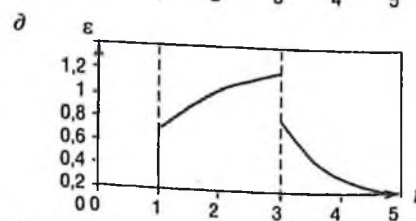
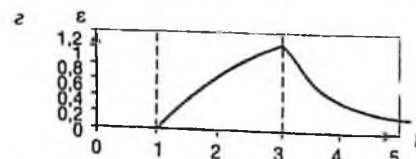
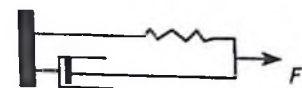
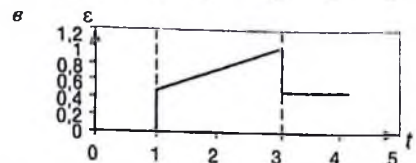
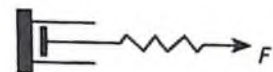
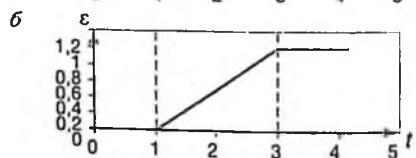
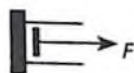
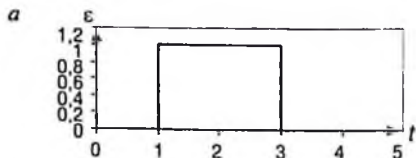
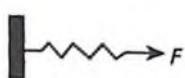
Bu tarkibiy modelni yaratish maqsadi bo'lib, o'rganilayotgan obyekt haqida yangi ma'lumot olishga imkon beradigan individual elementlarni yagona tizimga tahlil qilish (parchalash) va sintez qilish (birlashtirish).

Masalan, biologik to'qimalarning strukturaviy modellarini tuzishni ko'rib chiqamiz..

Biologik to'qimalar anizotrop xususiyatlarga ega va murakkab tuzilishga ega bo'lgan kompozit tizimlardir. Biologik to'qimalarning passiv va faol mexanik xususiyatlarini farqlanadi. Passiv mexanik xususiyatlar ular tarkibidagi moddalarning fizik xususiyatlari bilan belgilanadi.

Biologik to'qimalarning asosiy tarkibiy qismlari mushak hujayralari, kollagen va elastindir. Kollagen molekulyar birlik bo'lib, neylon tolasiga o'xshash 10% gacha cho'zilishi mumkin bo'lgan tolali oqsildir. Elastin bir xil tolali oqsil, ammo u kauchuk singari 200-300%

gacha cho'zilishi mumkin. Shuning uchun biologik to'qimalar qovushqoq elastik tizimlarga tegishli.



1.10-rasm. To'qimalarning qovushqoq elastik xususiyatlarining strukturaviy modellari: a - elastik element; b - qovushqoq element; c - Maksvell modeli; g - Foygt modeli; Kelvin modeli; e - kuchlanishning jismga ta'sir qilish grafigi

Organlarning elastik va qovushqoq xususiyatlarini individual elementlar yordamida modellashtirish mumkin. Korpusga F kuchlanish kuchini qo'llanganda (1.10-rasm, e) modellarda uzunlikning o'zgarishi yuz beradi, bu rasm sxemalarida aks etadi. O'ng tomonda 1.10.- rasm

Kichik deformatsiyalar ostida Guk qonuniga bo'ysunadigan elastik elementni oddiy prujina shaklida (1.10-rasm, a) tarkibiy element yordamida modellashtirish mumkin. $F = \text{const}$ dagi nisbiy cho'zilish grafigi qo'llanilgan kuchlanishni to'liq takrorlaydi.

Qovushqoq elementning modeli uchun yopishqoq suyuqlik bilan to'ldirilgan silindrdan iborat strukturaviy elementni olish mumkin (1.10-rasm, b). Nima bo'lishidan qat'iy nazar

(1.10-rasm, b).

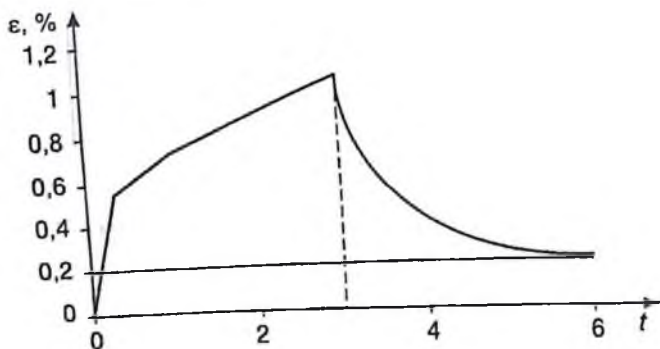
Strukturaviy elementlarning turli xil birikmalarini tashkil etuvchi ushbu ikki element asosida turli xil qovushqoqelastik xususiyatlarga ega to'qimarning strukturaviy modellarini qurish mumkin. Olingan modellarning xususiyatlari ko'p jihatdan turli xil qismlarni ulash usuliga bog'liq.

Ketma-ket ulangan suyuqlikdagi prujina va porshenndan tashkil topgan tizim Maksvell modeli deb ataladi. Ushbu modelda kuchlanishni yaratishda dastlab prujina cho'ziladi, so'ngra porshen harakatga keladi. Yukni olib tashlaganingizdan so'ng qoldiq deformatsiya saqlanib qoladi (1.10, b-rasmlarga qarang).

Foygt modeli prujina va porshen parallel ravishda ulanadigan tizimni anglatadi. Qo'llaniladigan kuch bir vaqtning o'zida porshenni tortadi va prujinani cho'zadi. Bunday holda, nisbiy chozilish chiziqli emas va kuchni olib tashlaganingizdan so'ng prujina siqilib, porshenni tortib oladi (1.10-rasm, d-rasmga qarang).

Foygt modeli va elastik prujinaning kombinatsiyasi Kelvin modeli deb nomlanadi (1.10-rasm, d). Tashqi kuch ta'sirida 1 prujina tezda cho'zilib ketadi va keyin porshenni uzaytiradi, nisbiy uzayish esa chiziqli emas. Kuchlanish olinganidan keyin 1- prujina tezda siqiladi, so'ngra 2- prujina siqiladi, porshen asta-sekin orqaga qaytadi. Ko'rib chiqilgan modellardan foydalanib, biologik to'qimalarning passiv mexanik xususiyatlarini o'rganish mumkin. Buning uchun muayyan

biologik to'qimalarning mexanik xususiyatlarini o'rganiladi va ularni ko'rib chiqilayotgan modellarning xususiyatlari bilan taqqoslanadi.



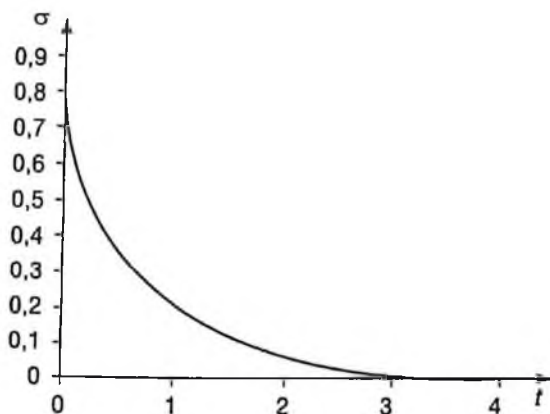
1.11-rasm Suyakni oquvchanlik egri chizig'i

Xususiyatlari biologik to'qimalarning xususiyatlariga yaqin bo'lgan modellardan to'qimalarning qovushqoqelastik xususiyatlarini o'rganish uchun foydalanilishi mumkin. Ko'pincha izotonik rejim mexanik xususiyatlar, ya'ni doimiy kuchlanish kuchi ta'sirida vaqt o'tishi bilan to'qima uzunligining o'zgarishi sifatida ishlatiladi. Ikkinchi rejim izometrik deb nomlanadi, bunda obyekt uzunligi bosqichma-bosqich o'zgartiriladi va o'zgarish namunaning ichki zo'riqishi paytida o'lchanadi. Biologik to'qimalarning ushbu ikki xususiyatini ko'rib chiqilayotgan modellarning o'xshash xususiyatlariga taqqoslash, kelgusida o'rganish uchun etarli modelni tanlashga imkon beradi.

Suyak to'qimasi. Suyak kompozit material bo'lib, uning asosini mineral modda - gidroksiapatit tashkil etadi.

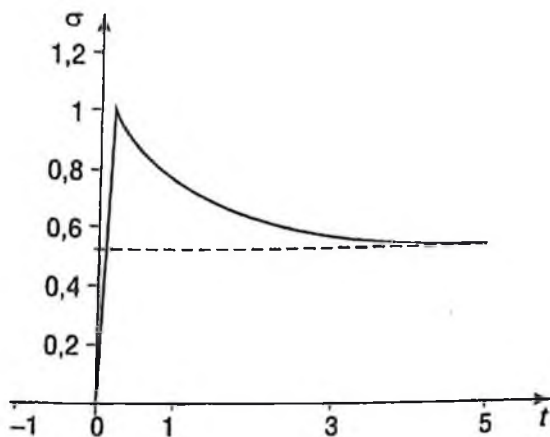
Qolganlari kollagendan iborat. Mexanik xususiyatlarga ko'ra suyak to'qimasi qattiq materiallarga yaqin. 1.11. rasmdan ko'rish mumkin-ki, yuk ko'tarilganda, suyak namunasi avvalgi hajmiga to'liq tiklanmagan. Ushbu bog'liklikni ko'rib chiqilayotgan modellarning egri chiziqlari bilan taqqoslash Kelvin modeliga to'g'ri keladi (1.10-rasm, e-rasmga qarang). Biroq, ushbu modelda doimiy deformatsiya mavjud emas.

Teri. Kollagen, elastin va yadro to'qimalari tolalaridan iborat. U juda elastik xususiyatlarga ega, yaxshi cho'zilib ketadi.

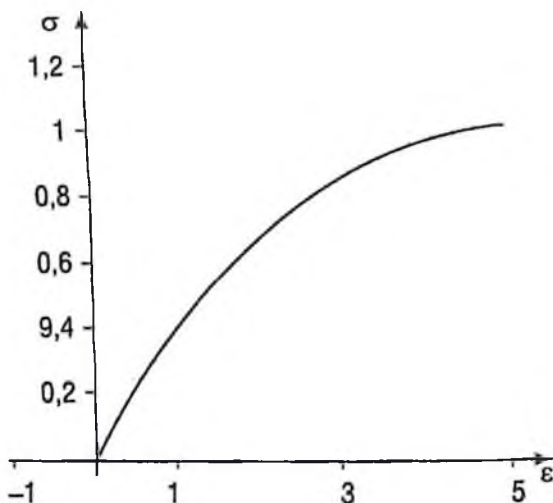


1.12-rasm. Maksvell modelidagi kuchlanish o'zgarishi.

Terining xususiyatlarini modellashtirish uchun Maksvell modeli eng mos keladi (1.10, c-rasmlarga qarang). Ushbu model, shuningdek, silliq mushaklarning, ichi bo'sh organlarning devorlarini (o't pufagi, oshqozon, ichak, venoz va limfa tomirlari) xususiyatlarini modellashtirish uchun juda mos keladi, ular odatda cho'zish kuchiga ega. Cho'zilish qobiliyati tufayli ichi bo'sh organlar Maksvell modeliga xos bo'lgan kuchlanishni rivojlantirmasdan chozilishi mumkin, kuchlanishning kuchlanish vaqtiga bog'liqligi 1.12. rasmda ko'rsatilgan.



1.13-rasm. Kelvin modelidagi kuchlanish o'zgarishi



1.14-rasm. Kuchlanishning skelet mushaklarining uzoqlashishiga bog'liqligi

Silliqlik mushaklardan farqli o'laroq, skelet mushaklarida, ular tezda cho'zilganida, kuchlanish keskin ko'tariladi va keyin ma'lum bir qoldiq qiymatgacha kamayadi. Ushbu belgi Kelvin modelining xususiyatlariga o'xshashdir (1.13-rasm). Biroq, ushbu modeldan farqli o'laroq, skelet mushaklarining cho'zilishi kuchlanishning uzunlikka chiziqli bog'liq emasligi bilan tavsiflanadi (1.14-rasm).

Shunday qilib, strukturaviy modellarning qurilishi biologik to'qimalarning xususiyatlarini sifatli namoyish etish va turli xil yuklash sharoitida ularning harakatlarini o'rganish imkonini beradi.

Доривор модданинг фармакокинетикаси модели.

Dori vositalar farmakokinetikasi modeli

Farmakokinetikaning matematik modeli yuborilgan dori moddasining vaqt birligida konsentratsiyasi o'zgarish jarayonini ifodalaydi.

Preparatni kiritish paytida organizmda yuzaga keladigan jarayonlarni soddalashtirish uchun hisobga olinmaydimaqsadli organga mushak - dan (mushak ichiga in'ektsiya) dori-darmonlarni, shuningdek, preparatni qabul qilish, metabolism va ekskretatsiyani kuzatadigan molekulyar mexanizmlarni kiritish. Keling, qonda preparat miqdorini

(m) kamaytirishning asosiy kinetik tenglamasini yarataylik:

$$\frac{dm}{dt} = Q - km,$$

bu yerda (Q - preparatning nisbati, kt - preparatni chiqarish darajasi, k - preparatning turiga va organizmning o'ziga xos xususiyatlariga qarab koefitsient.

Preparatning bemorning qoniga qabul qilish darajasi uni kiritish usuliga bog'liq. Vena ichiga yoki intraarteriyal infuziya bilan, dori berish muddati bir marta inyeksiya bilan solishtirganda ancha uzoq bo'ladi, shuning uchun ikkinchi holda $Q = 0$ deb hisoblaymiz. Shunda:

$$\frac{dm}{dt} = -km$$

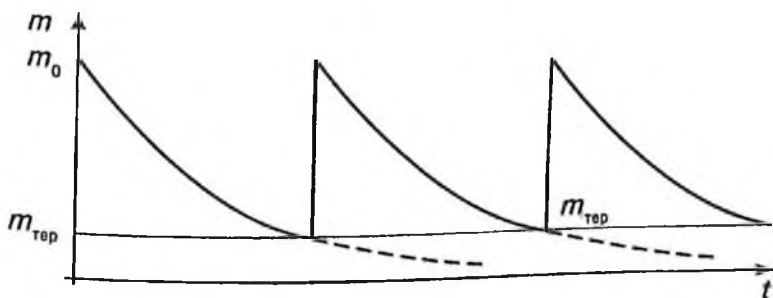
$T = 0$ da preparatning massasi $t = t_0$ bo'ladi. Birinchi darajadagi bir xil differensial tenglamani hosil qilamiz. Uning qarori:

$$\int_{m_0}^m \frac{dm}{dt} = -k \int_0^t dt;$$

$$\ln|m| \Big|_{m_0}^m = -kt;$$

$$m = m_0 e^{-kt}.$$

Shunday qilib, preparat mushaklardan qonga qo'yilgach, uni yo'q qilish jarayoni boshlanadi. Ushbu jarayon eksponentlik belgisiga ega (1.8-rasm).



Shakl. 1.8. Periodik inyeksiya bilan qonda preparat darajasida o'zgarishlar Preparatning terapevtik dozasini saqlab turish uchun k

koeffitsienti va preparatning boshlang'ich (zararli) dozasi (1.8-rasmga qarang) bo'yicha ma'lum bir vaqtdan keyin preparatni qo'shimcha yuborish kerak. Ushbu grafadan tanada terapevtik dozani saqlab turish uchun muntazam ravishda dori-darmon olish juda muhim.

Preparatning bemorning qondagi doimiy konsentratsiyasini saqlab turish uchun preparatni doimiy ravishda tomchilab yuborish kerak. Bunday holda, $Q \neq 0$ va $Q = \text{const}$, tenglamani (1.27) qo'lga qilamiz. Buni hal qilish uchun yangi o'zgaruvchini taklif qilamiz $U = Q - km$, $dU = -kdm$, shunda

$$\frac{dm}{Q - km} = dt; \quad (1.30)$$

yangi o'zgarmaydigan o'rniga o'tadi va integratsiya $t = 0, m = 0$.

$$\begin{aligned} -\frac{1}{k} \int_0^m \frac{dU}{dt} dt &= \int_0^t dt; \\ -\frac{1}{k} \ln \frac{Q - km}{Q} \Big|_0^m &= t \Big|_0^t; \\ \ln(Q - km) &= -kt. \\ \frac{Q - km}{Q} &= e^{-kt}. \\ m(t) &= \frac{Q}{k} (1 - e^{-kt}). \end{aligned} \quad (1.31)$$

Preparatning massasidan uning kons Uzluksiz in'ektsiya (infuzion) bilan vaqtga nisbatan dori konsentratsiyasining uchastkasi.

$$m(t) = \frac{Q}{k} (1 - e^{-kt}). \quad (1.31)$$

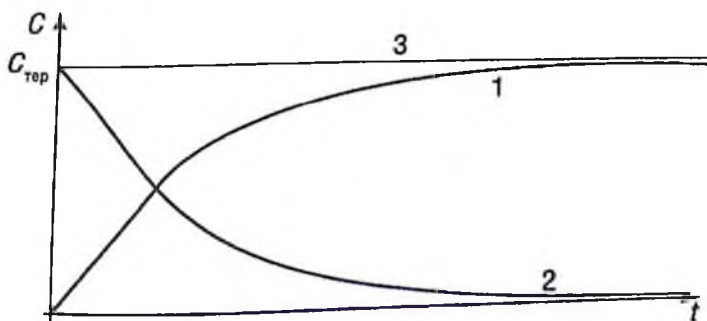
$$C(t) = \frac{Q}{vk} (1 - e^{-kt}). \quad (1.32)$$

1.9 (1-qator). Jadvaldan ko'rinib turibdiki, preparatni qo'llashdan biroz vaqt o'tgach, uning qonda konsentratsiyasi ma'lum darajaga etib boradi, bu esa o'zgarmasdir. Tenglama (1.32) dan, Ster qonida dori konsentratsiyasining terapevtik darajasiga erishish uchun preparatni qo'llash darajasi $Q = \text{Ster VK}$ hisoblanadi. Shu bilan birga, ushbu

darajaga erishish darajasi Q ga bog'liq emas, faqat dori berish nisbati k koeffitsiyenti bilan belgilanadi. Shuning uchun, bemorning qonida (Stehr) preparatning kerakli konsentratsiyasi darajasiga tezda erishish uchun, bir vaqtning o'zida in'ektsiya (qarshi) - layn 2 va infuzion (dropper) - layn 1 bo'lishi kerak, bu holda farmakokinetik tenglamaentratsiyasiga o'tish uchun massani V . qon miqdori bo'yicha ajratish kerak

$$C(t) = \frac{Q}{Vk} (1 - e^{-kt}) + \frac{m_0}{V} e^{-kt}. \quad (1.33)$$

Shakl. 1.9 (3-satr) - preparatning Q konsentratsiyasini Q dori-darmonlarining qo'shilishiga jami qo'shib borishi grafikasi.vaziyat uchun $m_0 = \frac{Q}{k}$



Shakl. 1.9. Preparat qondagi qondagi konsentratsiyasining o'zgarishi: 1 - preparatni doimiy ravishda in'ektsiya qilish (tomizish); 2 - preparatni bir vaqtning o'zida kiritish bilan (intravenöz in'ektsiya yoki in'ektsiya uchun); 3 - preparatning birlashtirilishi (in'ektsiya + tomizish).

Shunday qilib matematik model (4.33), Q , t_0 va k parametrlarini tanlash, qonda preparatning zarur terapevtik konsentratsiyasini optimallashtirish va saqlab turishi mumkin. Farmakokinetik modellarni qo'llash ma'lum bir preparatning individual dozlash rejimini tanlashga imkon beradi, lekin bu: preparatning uzoq muddatli infuzionligi, yuklama dozasi tanlash, dori-darmonlarni fraksiyonel ravishda berish uchun texnik dozani qo'llash tezligi.

7 AMALIY MASHG'ULOT. IMITASION MODELLASHTIRISH

Simulyatsiya hozirgi vaqtda tizimlarni o'rganish va ularning ishlashini hisoblashning eng universal usuli hisoblanadi. Simulyatsion modellashdan foydalanishda tadqiqotlar simulyatsiya modelida olib boriladi, bunda real tizimda sodir bo'ladigan jarayonlar simulyatsiya qilinganlar bilan almashtiriladi, bunda individual hodisalar vaqti va ketma-ketligining ma'lum nisbati saqlanib qoladi. Simulyatsiya jarayonida, haqiqiy tizimning o'zi bilan tajribalarda bo'lgani kabi, tizimning kerakli xususiyatlari parametrlarning sobit qiymatlari bilan belgilanadi. Simulyatsiyaning afzalligi shunda-ki, uni tizimning barcha elementlari qat'iy matematik bog'liqlik shaklida taqdim etilmagan holatlarda analitik va sonli modellashtirishdan farqli ravishda foydalanish mumkin. Bundan tashqari, agar yetarlicha kuchli hisoblash tizimi mavjud bo'lsa, simulyatsiya yaratilgan modelning deyarli har qanday detali bilan amalga oshirilishi mumkin. Shu sababli, hozirgi vaqtda axborot texnologiyalarining jadal rivojlanishi bilan simulyatsiya usullari keng qo'llanilmoqda.

Ko'p amaliy muammolarni hal qilish tasodifiy omillar ta'sirida bo'lgan yoki stoxastik bo'lgan tizimlarni tahlil qilish zarurligiga olib keladi. Boshqa usullardan farqli o'laroq, simulyatsiya stoxastik tizimlarni o'rganish uchun juda qulay moslama bo'lib chiqadi. Tasodifiy omillar hisobga olingan tizimlarni o'rganishda qo'shimcha qiyinchiliklar paydo bo'ladi.

Simulyatsiyani modellashtirish uchun, odatda, tasodifiy o'zgaruvchilar, jarayonlar, oqimlarni va boshqalarni modellashtirish uchun yetarlicha ishlab chiqilgan algoritmlarning mavjudligi sababli ushbu qiyinchiliklarni bartaraf etish nisbatan osondir, tizimning ishlash jarayonini bitta takrorlash natijasida olingan simulyatsiya natijalari o'rganilayotgan obyektни obyektiv tavsiflay olmaydi. Shuning uchun tasodifiy omillarni hisobga olgan holda tizimlarni modellashda ko'p sonli natijalarni ko'paytirish va o'rtacha qiymatlar sifatida kerakli qiymatlarni aniqlash kerak.

Simulyatsiya quyidagi hollarda qo'llanilishi mumkin:

1) muammoning to'liq matematik formulasi mavjud emas;
2) analitik modellar mavjud, ammo matematik jarayonlar shunchalik murakkab va vaqt talab etadi-ki, simulyatsiya muammoni hal qilishning sodda yoki mumkin bo'lgan usulini ta'minlaydi;

3) chiqish parametrlarini baholashdan tashqari, ma'lum vaqt ichida tizimning hatti-harakatlarini kuzatib borish maqsadga muvofiqdir;

4) haqiqiy sharoitda eksperiment va kuzatuvlarni o'rnatish imkonsizligi sababli (masalan, sayyoralararo kosmosda kosmik kemalarning harakatlarini o'rganish) simulyatsiya mumkin bo'lgan yagona narsa bo'lishi mumkin;

5) modellashtirishda vaqt jadvalini o'zgartirish kerak (o'rganilayotgan jarayonlarning sekinlashishi yoki tezlashishi);

6) real tizimda tajriba o'tkazishdan oldin yangi strategiyalar va qarorlarni qabul qilish qoidalarini oldindan tekshirishni o'tkazish kerak;

7) agar ma'lumotlarning stoxastik modeli uchun faqat taqsimlanish momentlari yetarli bo'lmasa va o'rganilayotgan tizimdagi voqealar ketma-ketligi alohida ahamiyatga ega bo'lsa.

Shuni ta'kidlash kerak-ki, simulyatsiya usuli nafaqat tasodifiy ta'sirlar bilan bog'liq muammolarni, balki xossalari avvaldan malum bolganlarni ham hal qiladi. Bundan tashqari, avvaldan malum bolgan tizimlarni modellashtirishda avval stoxastik tizimni qurish kerak, uning chiqish xarakteristikalari o'rganilayotgan tizimning istalgan xususiyatlarini baholashga imkon beradi.

2. Matematik model yordamida o'rganilayotgan jarayon yoki hodisa haqida yangi ma'lumotlarni simulyatsiya modellashtirish orqali olish mumkin.

Simulyatsiya - bu tadqiqot usulidir, unda o'rganilayotgan tizim haqiqiy tizimni etarlicha aniqlik bilan tavsiflaydigan matematik model bilan almashtiriladi va ushbu tizim haqida ma'lumot olish uchun kompyuter tajribalari o'tkaziladi.

Model bilan tajriba o'tkazish taqlid deb ataladi (taqlid qilish - haqiqiy obyektida tajribaga murojaat qilmasdan, hodisaning mohiyatini tushunish).

O'rganilayotgan obyektning modeli rasmiylashtirilgan shaklda, ya'ni formulalar, tenglamalar, grafikalar, tuzilmaviy diagrammalar ko'rinishida, so'ngra ushbu tizim joylashishi mumkin bo'lgan vaziyatlarning turli xil versiyalari kompyuterda namoyish etiladi. Kirish ta'siri yoki tizimning ichki holati o'zgaradi va modelning chiqish signali ko'rinishidagi reaksiyasi tahlil qilinadi. Odatda, bunday o'zgarishlar modelni o'rganilgan kirish signallari doirasidan tashqarida yaratiladi.

Agar model tadqiqotchini qiziqtirgan obyektning tegishli jihatlarini etarli darajada aks ettirsa, u holda o'rganilayotgan obyekt haqida yangi ma'lumotlar olinishi mumkin. Haqiqiy obyekt haqida bunday ma'lumotni olish qiyin bo'lsa ham, chunki bunday ta'sir obyekt uchun xavfli oqibatlarga olib kelishi mumkin. Har xil boshqaruv harakatlarini o'zgartirib, tizimning kritik holatdan maqbul chiqishiga javob olish mumkin. Shuning uchun simulyatsiya biologik obyektini boshqarishning eng samarali usullarini tanlash uchun "inson-kompyuter" muloqot rejimida tajribalar o'tkazishga imkon beradi.

Simulyatsiyaning asosiy bosqichlari quyidagilar.

Modelni yaratishning asosiy maqsadlari va modellashtirish jarayonida javob berilishi kerak bo'lgan savollar aniqlandi.

- Modellashtirilgan tizimning murakkabligini hisobga olib, obyekt bir-biri bilan o'zaro aloqada bo'lgan alohida bloklarga bo'linadi. Har bir blokning kirish va chiqish signallari va ularning funktsional yoki ehtimoliy bog'liqliklari aniqlanadi.

- Alohida bloklarning ishlash qoidalari va algoritmlari, shuningdek ularning bir-biri bilan o'zaro ta'siri aniqlanadi.

- Funktsional bloklarning modellari tanlangan dasturiy ta'minot asosida yagona tizim modeliga birlashtirilgan.

U ikkala alohida bloklarning va umuman butun modelning ishlashini tekshiradi, bu haqiqiy murakkab tizimning hatti-harakatlarini taqlid qiladi. • Tezlashtirilgan va sekinlashgan vaqt o'lchovlarida jarayonlarni simulyatsiya qilishga imkon beradigan vaqt parametri joriy qilingan.

- Keyin, model bilan tajriba o'tkaziladi. Natijalar haqiqiy tizimni yaxshi biladigan, modelning yetarliligi to'g'risida xulosa beradigan

mutaxassislar tomonidan tahlil qilinadi. Kelajakda model mutaxassislarning xulosalariga muvofiq tuzatiladi, kirish ta'sirlari va tizimning ichki holatlari kengayadi.

Shunday qilib, yangi ma'lumot olish bilan birga, modelni takomillashtirish va uning imkoniyatlarini kengaytirish jarayoni ham mavjud. Shunday qilib, simulyatsiya natijalariga ko'ra, alohida bloklarning va umuman butun tizimning ishlash mexanizmlari to'g'risidagi gipotezaning to'g'riligi to'g'risida xulosalar chiqarish, kirish ta'sirlari va ichki holatlar o'zgarganda tizimning harakatini taxmin qilish, shuningdek turli xil boshqarish samaradorligini baholash mumkin.

Nazorat savollari

1. Modelga ta'rif bering.
2. Tibbiyotda qanday modellardan foydalaniladi?
3. Matematik modellarning afzalligi nimada?
4. Tibbiyotda matematik modellashtirishga nima yordam beradi?
5. Tirik bo'lmagan tizim bilan solishtirganda tirik tizimlarning xususiyatlarini aytib bering.
6. Matematik modelni yaratish bosqichlarini sanab bering.
7. Tizimga ta'rif bering.
8. Strukturaviy modellashtirish usuli qanday?
9. Simulyatsiyaning asosiy bosqichlari qaysilar.
10. Simulyatsion modellashtirishning mumkin bo'lgan natijalarini bering.

Adabiyotlar

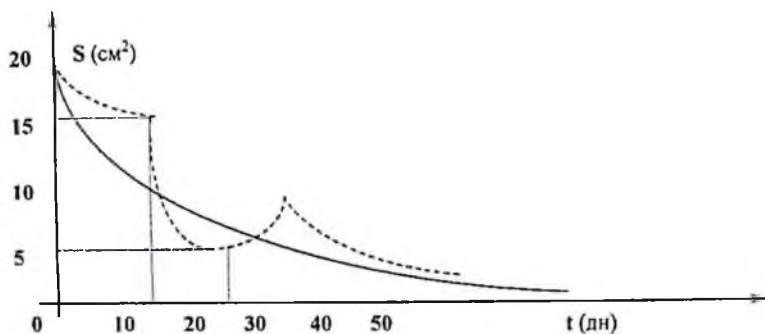
1. Matematik modellashtirishga kirish: darslik / ed. P.V. Trusova. - M.: Logos, 2014. -- 440 p.
2. Vladimirovskiy Yu.A., Roshchunkin D.I., Potapenko A.Ya. va boshqa biofizika: darslik. - M.: Tibbiyot, 1983.- 276 p.
3. German I. Inson tanasi fizikasi: trans. ingliz tilidan; ilmiy nashr. - Dolgoprudny: "Intellekt" nashriyot uyi, 2011. - 992 b.

4. Omelchenko V.P., Demidova A.A. Tibbiy informatika bo'yicha seminar, darslik. nafaqa. - Rostov-n / D: Feniks, 2001 .-- 304 p.

5. Fizika va biofizika: darslik / nashr. V.F. Antonova. - M.: GEOTAR-Media, 2008 .-- 480 p.

Uzoq muddatli jarohat yuzasining vaqtga bog'liqligini aks ettiruvchi qonun.

Yaraning tuzalishini tasvirlaydigan ideal egri chiziq shakli quyidagi formulada keltirilgan.: $S=Sie^{-kt}$,



1-rasm

Bu yerda S_i boshlang'ich vaqtida yaraning maydonini anglatadi. Haqiqiy kuzatuvlar egri chiziq tasvirlangan ideal yoki bashorat qilingan egri chiziq bilan taqqoslanadi (1-rasmga qarang). Agar yaraning kuzatilayotgan maydoni ideal egri chiziq bilan belgilangan maydondan sezilarli darajada katta bo'lsa, bu yaraning infeksiyasini ko'rsatadi. Agar yara yuzasi ideal egri chiziq korsatayotgan vaqtdan tezroq shifo topsa, odatda, yonboshli (ikkinchi darajali) yaralar paydo bo'lib, ular egri chizig'ini "normal holatga" keltiradi.

Determinant matematik modelning yana bir matematik jihatdan mazmunli misoli bu yurak faoliyatini yopiq gemodinamik zanjirda tavsiflaydigan tenglamalar tizimi [2]. Shunga ko'ra, qon tomir sistemasi ma'lum parametrlarga ega bo'limlar tarmog'i sifatida qaraladi.

Tizimning i-qismidagi gemodinamikaning tavsifi ko'rib chiqilayotgan modelning ma'lum bir xilligi uchun deyarli bir xil va quyidagi shaklga ega:

$$q_i = (P_i - P_{(i+1)}) / R_i$$

$$P_i = (V_i - U)_i / C_i, \text{ если } V_i \geq U_i,$$

$$P_i = 0, \text{ если } V_i \leq U_i$$

$$V_i = V_{0i} + \int_0^t (q_{i-1} - q_i) dt$$

Qisqartirilgan tizimda q_i va q_{i-1} - qonning chiqish va kirishdagi hajmiy tezliklari.

sm^3 / s -da; P_i -bosim, mm.sim. ust.; V_i - i-chi uchastkada qon miqdori cm^3 ;

R_i - mm.sim. ust / sm^3 dagi i-va (i + 1) j- bo'limlari orasidagi qarshilik;

C_i - cho'zilish $\text{sm}^3 / \text{mm. sim. ust}$; U_i - bu santimetrda belgilanmagan hajm sm^3 , V_{0i} - bu i-chi qismni sm^3 -da dastlabki to'ldirish.

Ushbu turdagi modellardan foydalanib, tadqiqotlar qonning minutlik miqdori, tizimli va arterial bosimning o'rtacha ko'rsatkichlari, markaziy va o'pka venoz bosimi kabi muhim gemodinamik omillardan kelib chiqadi. Reanimatsiyada ushbu ko'rsatkichlar asosida o'tkir yurak yetishmovchiligining rivojlanishida yurakning turli qismlarining roli baholanadi [2, 3 va boshqalar].

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Pichugina P.G., Rodionov M.A. Oliy matematikaning elementlari: Darslik. ruxsatnoma / Ed. I.V. Boykova. - Penza: Penz nashriyot uyi. davlat Universitet, 2003, 156 b.

2. Lishchuk V.A. Qon aylanishining matematik nazariyasi. - M.: Tibbiyot, 1991, 256 bet.

3. Fiziologik tizimlarni nazariy o'rganish. Matematik modellashirish. Jami ostida. tahrirlangan Amosova N.M. - Kiev: Naukova Dumka, 1977, 246 p.

8 AMALIY MASHG'ULOT. ВОЛЬТЕРР МОДЕЛИ (ЎЛЖА - ЙИРТҒИЧ МОДЕЛИ).

MATEMATIK MODELLASHTIRISH, YIRTQICH-QURBON MODEL.

Biologik jarayonlarni matematik modellashtirish ekologik tizimning dastlabki eng oddiy modellarini yaratishdan boshlanadi.

Italiya matematigi Volter tomonidan taklif qilingan "Hishchnik-jertva" modelini ko'rib chiqamiz.

Yopiq hududda yashaydigan lynxlar va quyonlar mavjud. Lynx faqat quyonlarni quyonlar esa o'simlik taomlarini iste'mol qiladilar. Aholini tavsiflovchi makroskopik xususiyatlarni topish kerak. Bunday xarakteristikalar populyatsiyada jismoniy shaxslar soni - N_1 hareslari soni va N_2 soniklarining soni.

Vaqtı-vaqtı bilan shaxslar sonini o'zgartirish jarayonini tavsiflovchi differensial tenglamalar yozamiz.

Soqol bo'lmasa, quyonlar sonining o'zgarishi quyidagicha bo'ladi:

$$dN_1 = \alpha N_1 dt$$

α - quyonlarning (qurbonlarning) reproduksiyasini tavsiflovchi koeffitsient.

Kuyov bo'lmasa, shoxlar sonining o'zgarishi quyidagicha bo'ladi:

$$dN_2 = -\beta N_2 dt$$

Sinkkaning (yirtqichlarning) yo'qolishini tavsiflovchi β - koeffitsient.

Qushlarning va soxta jonzotlar bilan birgalikda:

$$dN_1 = \alpha N_1 dt - \varepsilon N_1 \cdot N_2 dt$$

$$dN_2 = -\beta N_2 dt + \gamma N_1 \cdot N_2 dt$$

Jazosini topib, lolalarga uchraganlari sababli, quyonlarning yo'qolishini tavsiflovchi koeffitsient.

γ - lunks o'sishi xarakterli koeffitsienti, ularning quyonlar bilan uchrashuvlari tufayli.

Aholining o'zgarish tezligi

$$\begin{aligned} \frac{dN_1}{dt} &= N'_1 = \alpha N_1 - \varepsilon N_1 \cdot N_2 = (\alpha - \varepsilon N_2)N_1, \\ \frac{dN_2}{dt} &= N'_2 = -\beta N_2 - \gamma N_1 \cdot N_2 = (-\beta + \gamma N_1)N_2 \end{aligned} \quad (1)$$

Turg'un holda, dantelli va sliplar soni o'zgarib, bizda:

$N_1 = \text{const}$ va $N_2 = \text{const}$ va, shuning uchun, $N'_1 = N'_2 = 0$

$$\text{T.e.} \begin{cases} (\alpha - \varepsilon N_2)N_1 = 0 \\ (-\beta + \gamma N_1)N_2 = 0 \end{cases}$$

Ushbu tenglamalarning echimi (yagona nuqtalar):

$$\begin{aligned} N_{1\alpha} &= 0; & N_{2\alpha} &= \frac{\alpha}{\varepsilon}; \\ N_{1\gamma} &= 0; & N_{2\gamma} &= \frac{\beta}{\gamma}. \end{aligned} \quad (2)$$

Shunday qilib: Statsionar davlatlar aholi kattaligiga bog'liq emas, faqat boshqa turlar uchun o'sish va yo'qotish omillari bilan belgilanadi. Statsionar davlatlardagi barqarorlikni aniqlash uchun ushbu davlatlar yaqinidagi tizimni tekshirish kerak. Tasavvur qiling-a, ba'zi bir tasodifiy farqlar, n_1 va n_2 dalgalanmalari. Tizimning xatti-harakatlarini belgilaymiz.

$$\begin{aligned} N_1 &= N_{1\alpha} + n_1 = \frac{\beta}{\gamma} + n_1, \\ N_2 &= N_{2\alpha} + n_2 = \frac{\alpha}{\varepsilon} + n_2 \end{aligned}$$

Derivativlarni oling. Statsionar davlat lotin 0 ga teng ekanligini hisobga olsak, quyidagilarga erishamiz:

$$\begin{cases} N'_1 = n'_1 \\ N'_2 = n'_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} n'_1 = N'_1 = \alpha \left(\frac{\beta}{\gamma} + n_1 \right) - \varepsilon \left(\frac{\beta}{\gamma} + n_1 \right) \left(\frac{\alpha}{\varepsilon} + n_2 \right) = \frac{\alpha\beta}{\gamma} + \alpha n_1 - \frac{\varepsilon\alpha\beta}{\varepsilon\gamma} - \frac{\varepsilon\alpha}{\varepsilon} n_1 - \frac{\varepsilon\beta}{\gamma} n_2 - \varepsilon n_1 n_2 \\ n'_2 = N'_2 = -\beta \left(\frac{\alpha}{\varepsilon} + n_2 \right) + \gamma \left(\frac{\beta}{\gamma} + n_1 \right) \left(\frac{\alpha}{\varepsilon} + n_2 \right) = -\frac{\alpha\beta}{\varepsilon} - \beta n_2 + \frac{\alpha\beta\gamma}{\gamma\varepsilon} + \frac{\alpha\gamma}{\varepsilon} n_1 + \frac{\gamma\beta}{\gamma} n_2 + \gamma n_1 n_2 \end{cases}$$

Qavslarni ochamiz, biz shunga o'xshash shartlarni beramiz va ularning kamchiliklari sababli $\varepsilon n_1 n_2$ va $\gamma n_1 n_2$ so'zlarini e'tiborsiz qoldiramiz. Ularni e'tiborsiz qoldirish natijasi tenglamalarning linearizatsiyasi bo'ladi. O'tkazish natijasida (4) quyidagilarga erishamiz:

$$n_1' = -\beta \frac{\varepsilon}{\gamma} n_2 \quad (5)$$

$$n_2' = \alpha \frac{\gamma}{\varepsilon} n_1 \quad (6)$$

Ikkinchi lotinni toping:

$$\left. \begin{aligned} n_1'' &= -\beta \frac{\varepsilon}{\gamma} n_2' = -\beta \frac{\varepsilon}{\gamma} \alpha \frac{\gamma}{\varepsilon} n_1 = -\alpha \beta n_1 \\ n_2'' &= \alpha \frac{\gamma}{\varepsilon} n_1' = -\alpha \frac{\gamma}{\varepsilon} \beta \frac{\varepsilon}{\gamma} n_2 = -\alpha \beta n_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{cases} n_1'' + \alpha \beta n_1 = 0 \\ n_2'' + \alpha \beta n_2 = 0 \end{cases} \quad \omega_0^2 = \alpha \beta$$

Nihoyat, konservativ osilatsiya tizimini tavsiflaydigan ikkinchi tartibli chiziqli differensial tenglamalar tizimini (ya'ni tebranish jarayonida energiya ta'minoti barqarorligicha qolayotgan ideal tizim)

$$\text{qo'lga kiritamiz: } \begin{cases} n_1'' + \omega_0^2 n_1 = 0 \\ n_2'' + \omega_0^2 n_2 = 0 \end{cases} \quad (7)$$

Keling, birinchi tenglamani tizimdan (7) topamiz. Xarakteristik tenglamani yozamiz:

Boshlang'ich shartlarni belgilang

N1 funktsiyasi bilan bog'liq funktsiyani topish uchun n2 ni ishlatamiz, tenglama (5)

$$\begin{aligned} n_2 &= \frac{n_1'}{-\beta \frac{\varepsilon}{\gamma}} \\ n_2 &= \frac{[n_{01} \cos(\sqrt{\alpha\beta} \cdot t)]'}{-\beta \frac{\varepsilon}{\gamma}} \\ n_2 &= n_{01} \frac{\gamma}{\varepsilon} \sqrt{\frac{\alpha}{\beta}} \sin(\sqrt{\alpha\beta} \cdot t) \end{aligned}$$

Nihoyat, biz differensial tenglamalar dvux tizimining yechimini olamiz:

$$\begin{cases} n_1 = n_{01} \cos(\sqrt{\alpha\beta} \cdot t) = n_{01} \sin\left(\sqrt{\alpha\beta} \cdot t - \frac{\pi}{2}\right) \\ n_2 = n_{02} \sin(\sqrt{\alpha\beta} \cdot t) \end{cases}$$

bu yerda n01, n02 - dalgalanmalar amplitudasi qiymatlari

$$n_{02} = n_{01} \frac{\gamma}{\varepsilon} \sqrt{\frac{\alpha}{\beta}}$$

Nihoyat, biz ikkinchi darajali tizimli tizimli, differensial tenglamalar hosil qilamiz, ya'ni konservativ kollektiv tizimni ta'riflaymiz (masalan, hayotiy o'zgarish jarayonida energiya ta'minoti idealizatsiya qilingan tizim):

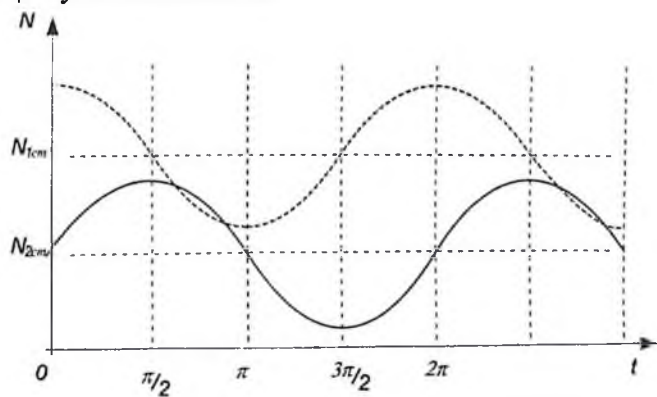
$$\begin{cases} n_1'' + \omega_0^2 n_1 = 0 \\ n_2'' + \omega_0^2 n_2 = 0 \end{cases} \quad (7)$$

Nihoyat, biz ikkita differensial tenglamalar tizimini hal qilamiz:

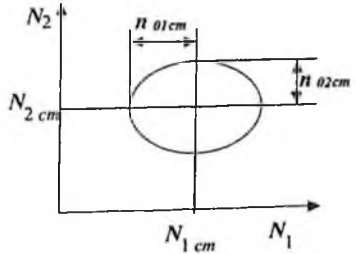
$$\begin{cases} n_1 = n_{01} \cos(\sqrt{\alpha\beta} \cdot t) = n_{01} \sin\left(\sqrt{\alpha\beta} \cdot t - \frac{\pi}{2}\right) \\ n_2 = n_{01} \sin(\sqrt{\alpha\beta} \cdot t) \end{cases}$$

$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\alpha\beta}}$ - ikkilanish muddati, $\nu = \frac{\sqrt{\alpha\beta}}{2\pi}$ - ikkilanish chastotasi,

$\omega = 2\pi\nu = \sqrt{\alpha\beta}$ -aylanish chastotasi.



rasm 11 Aholining o'z vaqtida o'zgarishiga bog'liqligi



Tizimning portreti.

Chiqish Yirtqichlar va yirtqichlar populyatsiyalari bir xil chastotada

davriy salınımları boshdan kechiradi, fazada kaydırılırlar (maksimal yirtqich sonlarning maksimal miqdorini eng yuqori darajada bo'lgan avji bilan).

N_1 ga nisbatan N_2 grafigini ko'rib chiqing, ya'ni. t dan xalos bo'lish.

$$N_1 = N_{1CT} + n_{01} \cos(\sqrt{\alpha\beta} \cdot t)$$

$$N_2 = N_{2CT} + n_{02} \sin(\sqrt{\alpha\beta} \cdot t)$$

$$\frac{N_1 - N_{1CT}}{n_{01}} = \cos(\sqrt{\alpha\beta} \cdot t)$$

$$\frac{N_2 - N_{2CT}}{n_{02}} = \sin(\sqrt{\alpha\beta} \cdot t)$$

Oddiy matematik o'zgarishlarni amalga oshirib, markazning koordinatalarini (N_{1st} , N_{2st}) ellips tenglamasini oldik.

$$\left(\frac{N_1 - N_{1CT}}{n_{01}}\right)^2 + \left(\frac{N_2 - N_{2CT}}{n_{02}}\right)^2 = 1$$

$n_{01} = n_{02} = n$ bo'lsa, ellipsning tenglamasi radius n bo'lgan aylananing tenglamasiga aylanadi.

$$(N_1 - N_{1CT})^2 + (N_2 - N_{2CT})^2 = n^2$$

Shunday qilib, N_2 (N_1) uchastkasi bir xil chastotada ikki xil tebranishlarning qo'shilishi natijasidir, ammo turli xil amplitudalar va ularning fazalari / 2 dan farq qiladi.

Biroq, differentsial tenglamalar sistemamizning (4) soddalashtirilgan yechimlari (4) elementlardan qutulish bizni modellashtirilishi kerak edi, bu model haqiqiy modelga zid ravishda mos keladi. Diferensial tenglamalar tizimini (1) boshqa usul bilan hal qilishga harakat qilamiz. Biz bir tenglama boshqasiga bo'linib, keyin olamiz

$$\frac{dN_1}{dN_2} = \frac{\alpha N_1 - \varepsilon N_1 N_2}{-\beta N_2 + \gamma N_1 N_2}$$

yoki, ko'paytirganda, ifodani olamiz

$$-\beta N_2 \cdot dN_1 + \gamma N_1 N_2 \cdot dN_1 = \alpha N_1 \cdot dN_2 - \varepsilon N_1 N_2 \cdot dN_2$$

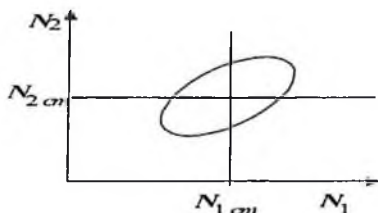
Tenglama o'ng va chap tomonlarini bo'lish orqali o'zgaruvchilarni ajratamiz

$$-\beta \frac{dN_1}{N_1} + \gamma dN_1 = \alpha \frac{dN_2}{N_2} - \varepsilon dN_2$$

integratsiyada

$$-\beta \int \frac{dN_1}{N_1} + \gamma \int dN_1 = \alpha \int \frac{dN_2}{N_2} - \varepsilon \int dN_2$$

$$-\beta \ln N_1 + \gamma N_1 = \alpha \ln N_2 - \varepsilon N_2 + C$$



Aholi sonidagi o'zgarishlarning grafik bog'liqligi

Olingan ifodani aylantirish.

$$\gamma N_1 + \varepsilon N_2 - \ln N_1^\beta - \ln N_2^\alpha = C \text{ yoki}$$

$$\gamma N_1 + \varepsilon N_2 - \ln N_1^\beta N_2^\alpha = C$$

Shunday qilib, biz ikkita o'zgaruvchini birlashtiruvchi ibora mavjud, ya'ni, yopiq qaramlik. Ushbu funksiyaning grafikasini chizish

Natijada paydo bo'lgan yopiq chiziq ellips emas, biroq u masofadan turib, bir xil chastota va o'zboshimchalik davrining salinimlarinin qo'shilishi bilan qo'lga kiritilgan bir elips o'xshaydi.

Biroq, bu yerda quyidagi naqshlar amalga oshiriladi:

1. Aholi sonidagi o'zgarishlarva, albatta, sodir bo'ladi.
2. Ushbu tebranishlarning chastotalari juda yaqin.
3. Fazali o'zgarish, teng bo'lmasa-da, aniq qayd etiladi.

Farmakokinetik model.

Tanaga tatbiq etilgan dori-darmonlarni (dori-darmonlarni) tarqalish kinetikasini tasvirlaydigan modelni ko'rib chiqaylik. Terapevtik ta'sir kasalxonada davolanishga bog'liq deb taxmin qilamiz. Model, minimal yon ta'sirlar bilan etarli darajada terapevtik ta'sir ko'rsatadigan dorilar dozasi haqida javob berishi kerak. Model, preparatning dozasi, tashilishi va ozlashtirilishi tezligi haqida javob berishi kerak, bu esa minimal yon ta'sirlar bilan etarli darajada terapevtik ta'sirni ta'minlaydi.

Fiziologiyadan ma'lumki, bir dori tarkibidagi organizmdagi

konsentratsiyasi tezligi K - konsentrlari bilan ifodalanadigan bir qator jarayonlarga bog'liq bo'lishi mumkin:

- 1). Preparatni qonga singib ketadigan ekstravaskulyar in'ektsiyali - qattiq - K_{12} .
- 2). Preparatni qondan organizmga tashilishi - K_{23} .
- 3). Preparatni tanadan qonga o'tkazish - K_{32} .
- 4). Preparatni qondan qonni buyraklar olib tashlash (yo'q qilish) va uning jigarini nobud qilish - K_4 .

Har bir model haqiqiy jarayonlarning soddalashtirilishini o'z ichiga oladi. Ushbu modelda faqat kinetika hisobga olinadi, ya'ni. sabablarini aniqlay olmasdan barcha jarayonlarning o'z xolicha. Organizmni alohida oddiy bloklar (qon, maqsad organi, preparatni yo'qotadigan organlar) sifatida ifodalanadi - ya'ni farmakokinetik, ya'ni. tizimning ayrim qismlari, ularning har birida preparatning taqsimlanishi bir xil bo'lib hisoblanadi, ularning har biri preparatning taqsimlanishi bir xil bo'lishi ehtimoli bor. Bir qator soddalashishlar mavjud.

Masalan, organlarning sezgirligi va faoliyatida chastotalar, preparatni organlarga ta'siri va boshqalar e'tiborga olinmaydi. Ammo bularning barchasi oddiy dorilarning differentsial tenglamalari yordamida bloklardagi konsentratsiyasining o'zgarishini tasvirlashga imkon beradi. Misol uchun, dC1 dori konsentratsiyasida engil o'zgarish (pasayish) aqt ichida kiritilgandan keyin birinchi blok:

$$dC_1 = -K_{12}C_1 dt$$

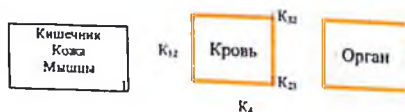


Рис. 14. Схематичное изображение фармакокинетической модели

Jarayon qanchalik qiyin bo'lmasin, jarayonni har doim chiziqli bo'lishi mumkin bo'lgan qisqa vaqtni tanlashingiz mumkin.

Preparat oqimlari va bloklarini blokirovkalashda, konsentratsiyalarning o'zgarish stavkalari uchun tenglama tizimini olamiz

$$\frac{dC_1}{dt} = -K_{12}C_1$$

$$\frac{dC_2}{dt} = -(K_4 + K_{23})C_2 + K_{12}C_1 + K_{32}C_3$$

$$\frac{dC_3}{dt} = -K_{32}C_3 + K_2C_2$$

Doimo hal qilindi, ya'ni. Birinchi darajadagi differensial tenglamalar birlashtirib, ular bir nechta tenglamalar tizimini o'zgartirish va soddalashtirish bilan kamaytirishga harakat qiladilar.

Tizimni soddalashtirishning bir yo'li - bir nechta bloklarni bitta yoki bir nechta elementlarni birlashtirish.

Boshqacha qilib aytganda, tizimning bir qismini statsionar deb hisoblash, keyin tizimning ushbu qismida differensial tenglama algebraik bo'ladi.

Oddiy tizimni ko'rib chiqaylik. Preparat bilan doimo aloqada bo'lib turing

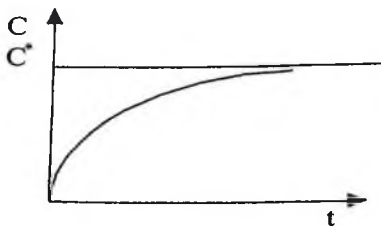
tezlik qonga kiradi, keyin qon miqdorini o'zgartiradi.

$$\frac{dm}{dt} = Q - km,$$

bu yerda k - qondan dori chiqarishning doimiyligi.

$T = 0$ vaqtida, qondagi preparatning massasi $m = 0$ deb hisoblang.

Keyinchalik, differensial tenglamani o'zgaruvchilarni oldindan ajratish va uning maxsus echimini topishingiz mumkin.



15-rasm. Dori konsentratsiyasining vaqtga bog'liqligi

$$\int_0^m \frac{dm}{Q - km} = \int_0^t dt$$

$$-\frac{1}{k} \ln(Q - km) \Big|_0^m = t \Big|_0^t$$

$$m = \frac{Q}{k} (1 - e^{-kt})$$

C(t) qaramligini olish uchun, tenglamaning har ikki tomonini dori tarqaladigan V miqdori bo'yicha ajratamiz.

$$C(t) = \frac{Q}{Vk} (1 - e^{-kt})$$

Агар $t \rightarrow \infty$ $C(\infty) = \frac{Q}{Vk} = C^*$ Графикка қаранг.

Eritma qonda C * dori miqdorining doimiy konsentratsiyasiga erishish uchun u tezligi bilan amalga oshirilishi kerakligini ko'rsatadi

$$Q = C^* V k$$

S darajasiga erishish uchun zarur vaqt ham giyohvand moddalarni chiqarib yuboradigan k koeffitsientiga bog'liq bo'ladi. Shunday qilib, preparatning qonda terapevtik konsentratsiyasi darhol dorivor maqsadlarga erishishni istaganimiz kabi, bir muncha vaqt o'tgach, aniq belgilanmagan. S * darajasining tezroq erishilishi uchun preparatni doimo qo'llash mning ma'lum bir dozaj dozasini boshlang'ich tekislik bilan qo'shib olish mumkin.

Qonda preparatning o'rnatish dozasi qonun bilan qisqartiriladi vaqtdan boshlab dori miqdoridagi o'zgarish qonuniga mos keladi

$$m(t) = m_n \cdot e^{-kt}$$

vaqtdan boshlab dori miqdoridagi o'zgarish qonuniga mos keladi

$$C(t) = \frac{Q}{Vk} (1 - e^{-kt}) + \frac{m_n}{V} e^{-kt} \quad \text{yoki} \quad C(t) = \frac{Q}{Vk} - \frac{1}{V} \left(\frac{Q}{k} - m_n \right) e^{-kt}$$

Oxirgi tenglamadan dori konsentratsiyasining yakuniy darajasi, ya'ni, hali ham C * da bo'lganida va o'rnatish dozasi bog'liq emas.

S darajasiga erishish darajasi kattaligiga $\left(\frac{Q}{k} - m_n \right)$, bog'liq, ya'ni. C darajasini darhol erishish uchun dozani o'rnatish tenglikdan $\frac{Q}{k} - m_n = 0$ olinishi mumkin. U tengdir

$$m^* = \frac{Q}{k} = C^*V$$

Shunday qilib, istalgan konsentratsiyali C^* ning bir lahzada yaratilishi uchun m^* va infuzionning bir dozani $Q = C^*Vk$ tezligi bilan kiritish kerak.

Ushbu nazariy xulosa eksperimental tarzda tasdiqlangan bo'lib, bu modelning to'g'riligiga hal qiluvchi sinovdir.

Bloklarni yig'ish yo'li bilan yanada murakkab modellar tuzilishi mumkin, agar biz chiziqli yaqinlikda qoladigan bo'lsak, ya'ni. vaziyatni lincer differentsial tenglamalar bilan izohlash.

9 AMALIY MASHG'ULOT EPIDEMIYANING ODDIY MATEMATIK MODELI

Ko'p yillar mobaynida turli epidemiyalardan insonlar halok bo'lishdi. O'lat, vabo, gripp va boshqa yuqumli kasalliklar juda ko'p aholining vafotiga sabab bo'ldi. Epidemik kasalliklar bilan kurashish uchun, tibbiy choralarni o'z vaqtida (karantin, emlash va hokazo) qo'llash choralarning samaradorligini solishtirish kerak. Agar epidemiyaning davomiyligini ma'lum bir hodisa bilan qanday o'zgarishini oldindan taxmin qilish mumkin bo'lsa, kasallikning qanday o'zgarishi solishtirish mumkin. Demak, prognozning maqsadiga xizmat qiladigan modelni yaratish kerak.

Oddiylik uchun epidemiyaning tabiiy jarayonini hech qanday aralashuvisiz ko'rib chiqamiz va oqibatlarini taxmin qilishga harakat qilamiz.

Bizning maqsadimiz faqat tasviriy modelni yaratishdan iborat, biz bu yerda juda ko'p omillarni (bakterial hujayralar ko'payishi, ayrim odamlarning infeksiyaga chalinishi darajasi, sog'lom odam bilan kasallik tashuvchining uchrashish ehtimoli va boshqalar) hisobga olmaymiz.

Shunday qilib, sog'lom odamlar N bo'lsin, va $t = 0$ vaqtida bir kasal odam bu guruhga kiradi - infeksiyaning manbai. Biz guruhdan kasallarning chiqib ketishi yo'q deb hisoblaymiz. Shuningdek, inson o'zi

infektsiyalanganidan so'ng darhol infektsiyaning manbai bo'lib qoladi, deb hisoblaymiz.

Bir t vaqt momentida

$X(t)$ - infektsiya manbalarining soni,

$Y(t)$ - kasal bo'lib qolishlari mumkin bo'lgan odamlarning soni,

Keyin har qanday vaqtda $X(t) + Y(t) = N + 1$ bo'ladi.

$T = 0$ bo'lsa, $X(0) = 1$ sharti bajariladi.

Dt vaqt oralig'ida paydo bo'lgan yangi dX kasalliklarining soni sog'lom va kasal odamlarning uchrashuvlari bilan mutanosib bo'ladi, XY qiymatlar kopavtmasi. Shuning uchun siz yozishingiz mumkin

$$dX = a \cdot X \cdot Y dt = a \cdot X(N+1-X) dt \quad \text{yoki} \quad \frac{dX}{dt} = aX(N+1-X)$$

Bu yerda a -proportsionallik koeffitsienti.

Olingan differensial tenglama $X(0) = 1$ sharti bilan birgalikda $X(t)$ funktsiyasini aniqlaydi, ya'ni. t vaqtda kasallanganlar soni.

O'zgaruvchilarni oldindan bo'lib, umumiy echim topamiz.

$$\int \frac{dX}{X(N+1-X)} = a \int dt$$

Birinchi integralni oilish uchun, kasrning surati va mahrajini X^2 ga bolamiz va yangi o'zgaruvchini kiritamiz $u = \frac{1}{X}$ unda $du = -\frac{1}{X^2} dX$ va bu

$$dX = -X^2 du$$

yerdan

O'zgaruvchini integral ostida o'zgartiramiz

$$\int \frac{\frac{dX}{X^2}}{X(N+1-X)} = a \int dt; \quad \int \frac{\frac{X^2}{N+1-X}}{X^{-1}} = a \int dt; \quad \int \frac{du}{(N+1)u-1} = -a \int dt$$

Integrallashdan song

$$\frac{1}{N+1} \ln|(N+1)u-1| = -at + \ln C \quad \text{va shuning uchun} \quad u = \frac{Ce^{-at(N+1)} + 1}{N+1}$$

$u = \frac{1}{X}$ ni hisobga olsak, $X(t)$ funktsiyasini olamiz,

$$X(t) = \frac{N+1}{Ce^{-at(N+1)} + 1}$$

$t = 0$ qiymatida $X(t) = 1$ bolgani uchun C ning qiymatini aniqlash uchun quyidagi tenglama mavjud

$$1 = \frac{N+1}{C+1} \text{ bu yerdan } C=N$$

Nihoyat biz quyidagini olamiz

$$X(t) = \frac{N+1}{Ne^{-at(N+1)} + 1}$$

Shunday qilib, biz kasallar sonini vaqtning funksiyasi deb bilamiz. Olingan formulani tahlil qilaylik. t oshganda, mahraj kamayadi, ya'ni $X(t)$ ortadi. Bu bizning g'oyalimizga mos keladi, chunki, ularga ko'ra, kasallar soni ko'payishi mumkin.

Bemorlarning sonidagi o'sish sur'ati qanday o'zgarganini aniqlash qiziq. Ushbu muammoni hal qilish uchun quyidagi kattalikni tekshirishingiz kerak

$$\text{Differensiallab, biz olamiz } \frac{d^2 X}{dt^2} = \frac{\frac{d^2 X}{dt^2}}{\frac{d^2 X}{dt^2}} = \frac{(N+1)^3 a^2 N [Ne^{-2a(N+1)t} - e^{-a(N+1)t}]}{(Ne^{-a(N+1)t} + 1)^3}$$

$t = \frac{\ln N}{a(N+1)}$ bolganida kasrning surati nolga aylanadi.

Shunday qilib,

$t \in \left[0, \frac{\ln N}{a(N+1)}\right]$ bolganida $\frac{d^2 X}{dt^2} > 0$

$t \in \left[\frac{\ln N}{a(N+1)}, \infty\right]$ bolganida $\frac{d^2 X}{dt^2} < 0$ boladi.

Shuning uchun, funksiya $\frac{dX}{dt}$ kasallanganlar sonining ortish tezligi

$t = \frac{\ln N}{a(N+1)}$ momentgacha ortib, keyin kamayadi.

Bu natija eksperimental ma'lumotlarga yaxshi mos keladi, chunki epidemiyaning boshlanishida bemorlar soni keskin oshib boradi, keyinchalik infeksiyaning tarqalish tezligi pasayadi.

Epidemiyaning matematik modeli [1]

Biz tibbiyotda differentsial tenglamalarni qo'llash uchun misol tariqasida qulay bo'lgan epidemiyaning eng oddiy matematik modelidan foydalanamiz.

Model yuqumli kasallikning izolyatsiya qilingan populyatsiyada tarqalishini tasvirlaydi.

Aholini uch sinfga bo'lingan.

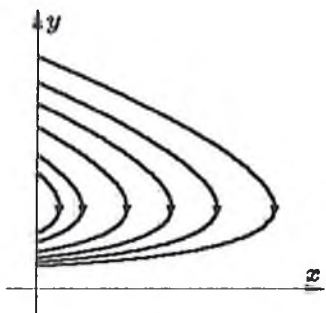
Birinchi sinf - $x(t)$ kasallangan sinf (t - vaqt) yuqtirilgan (kasallangan) shaxslardan iborat bo'lib, ularning har biri yuqumli (kasallikning inkubatsiya davri ahamiyatsiz deb taxmin qilinadi).

$Y(t)$ *ikkinchi sinfi* sezgir shaxslar, ya'ni infeksiyalangan shaxslar bilan aloqa qilish orqali yuqishi mumkin bo'lgan shaxslardan iborat. Va nihoyat, *uchinchi sinf* kasallik yuqmaydigan odamlardan iborat (immunitetni oshirgan yoki kasallik natijasida vafot etgan). Uning soni $z(t)$ bilan belgilanadi. Shuningdek, umumiy aholi soni n doimiy bo'lib hisoblanadi (ya'ni tug'ilish, tabiiy o'lim va migratsiya hisobga olinmaydi).

Model asosidagi ikkita faraz quyidagicha:

1) t vaqtidagi kasallanish $x(t)$ $y(t)$ ga teng. (bu gipoteza bemorlarning soni bemorlar va sezgir shaxslar o'rtasidagi uchrashuvlar soniga mutanosib bo'lib, bu o'z navbatida $x(t)$ $y(t)$ (birinchi yaqinlashishga) mutanosibdir degan taxminga asoslanadi); Shunday qilib, x sinfining kattaligi o'sib boradi va y sinfining kattaligi $ax(t) y(t)$ ($a > 0$) tezlik bilan kamayadi;

2) immunitetning kuchayishi natijasidakasallikka chidamli shaxslar soni (immunitetga ega bo'lgan yoki vafot etgan shaxslar) holatlar soniga mutanosib ravishda o'sib boradi, ya'ni $bx(t)$ ($b > 0$).



3-rasm.

Natijada biz tenglamalar sistemasini olamiz

$$\begin{cases} x' = axy - bx \\ y' = -axy \\ z' = bx \end{cases}$$

Ushbu masaladan kelib chiqib, $x\phi$ va $y\phi$ sistemalari traektoriyalari 3-rasm korinishiga ega ekanligini ko'rish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Axmerov R.R., Sadovskiy B.N. Biologiya, kimyo, tibbiyotda differentsial tenglamalar// Oddiy differentsial tenglamalar nazariyasi bo'yicha insholar. - [Elektronmanba].URL:<http://www.ict.nsc.ru/ru/textbooks/akhmerov/ode/index.html>.

10 AMALIY MASHG'ULOT. INFEKSIYON KASALLIKNING ODDIY MODELI

Immunitet – organizmning genetik jihatdan begona moddalarga qarshilik ko'rsatish qobiliyati. (mikrob, virus, toksin va boshqalar.)

Tananing immune tizimi kasallik keltirib chiqaradigan mikroorganizmlar, viruslar va boshqalarni nazorat qilish uchun xizmat qiladi. Biz immunitetning ushbu funksiyasiga qiziqib qoldik.

Antegen tanaga kiradi va bir muncha vaqt (maxfiy yoki yashirin davr) immunitet tizimidan yetarlicha aniq qarama qarshilikka duch kelmasdan ko'payadi. Immunitet tizimining tuzulishi mavjud. Organizmga virus (antigen) paydo bo'lishiga javoban plazma

hujayralarining kata populyatsiyali iqlab chiqariladi, ularning asosiy vazifasi antetilolarni ishlab chiqarishdir. Antetilolar viruslarni bog'laydi, kasallikning oqibati ular o'rtasidagi kurash natijalariga bog'liq. Agar viruslar organga sezilarli tasir etsa, unda tananing umumiy holati va natijada immunitet tizimining ishi yomonlashadi. Antetilolar ishlab chiqarilishi kamayadi va shifo ehtimiligi kamroq bo'ladi.

Tasavur qilaylik V - tanada ko'payadigan antegenlar populyatsiyasi.

C - antetilo hosil qiluvchi hujayralar populyatsiyasi (plazma hujayralari)

F - organizmdagi antitelalar (immunoglobulinlar) miqdori

m - oganizmning shikaslanish darajasi

Keyin ushbu omillar dinamikasini aniqlaydigan tanglamalrni yozish mumkin.

$$\begin{aligned} \frac{dV}{dt} &= (\beta - \gamma \cdot F) \cdot V \\ \frac{dC}{dt} &= \alpha \cdot V(t - \tau) \cdot F(t - \tau) - \mu_C(C - C_0) \\ \frac{dF}{dt} &= \zeta \cdot C - \eta \cdot \gamma \cdot F \cdot V - \mu_F \cdot F \\ \frac{dm}{dt} &= \sigma \cdot V - \mu_m \cdot m \end{aligned} \quad \begin{array}{l} \text{shartlari} \\ V(0) = V_0 > 0 \\ F(0) = F_0 > 0 \\ C(0) = C_0 > 0 \\ m(0) = 0 \end{array}$$

β - antetilolarni ko'payish omili;

γ - atetilolar tomonidan antegenni neytrallanish koeffitsienti;

α - atetilolar bilan antegenni uchrashish ehtimolini belgilovchi koeffitsient;

μ_C - plazma hujayralarining ishlash muddati;

ζ - bitta plazma hujayrasi tomonidan antetilolarni ishlab chiqarish tezligi;

μ_F - antetilolarni parchalanish vaqtiga teskari proporsional bo'lgan koeffisient;

η - bitta antegenni zararsizlantirish uchun zarur bo'lgan antitelolarning soni;

σ - anteginni zararli tasiri tufayli ho'jayra o'limi tezligini belgilovchi koeffisient;

μ_m – organi tiklanish tezligini hisobga olgan holdagi koeffitsent;
 τ - kechikish vaqti (antitelolarni kaskadi shakllanishi sodir bo'lgan vaqt).

Yuqorida keltirilgan parametrlar ijobiy va antigen turiga organ va o'ziga xos organizmga xosdir. Eng oddiy modeldagi ushbu parametrlar barqaror deb hisoblanadi. Modomiki bu omillar haroratning vazifasi sifatida ko'rib chiqilgan.

Modellashtirish kasallikning rivojlanish shakli sifatida talqin qilinishi mumkin bo'lgan to'rt xil sifatli yechimlarning mavjudligini ko'rsatadi: subklinik, o'tkir, tiklanish, surunkali, o'limga olib keladigan natijalar.

Subklinik shakli immunitetning samaradorligi va kuchiga qaramasdan organizmda viruslarni barqaror olib tashlash bilan tavsiflanadi.

O'tkir shakli virusning aniq dinamikasi bilan ajralib turadi: tez o'sish va nolga keskin pasayish.

Surunkali shakli viruslarning organizmga uzoq vaqt turishi bilan tavsiflanadi.

O'lgan natijalar virusning organda konsentratsiyasining chesiz ko'payishi va tananing to'liq mag'lubiyati bilan tavsiflanadi.

Tananing yetarlicha kuchli zaralanishi bilan o'tkirdan surunkali vao'limga qadar davom etishi mumkin.

Asosiy bilogik hulosa: kasallikning bir yoki boshqa shaklining paydo bo'lishi ifeksiya dozasi bo'g'liq emas, balki organizmning ushbu turdagi virusga nisbatan immunologik holati bilan belgilanadi.

Simulyatsiya natijalaridan biri, ifeksiya dozasi oshishi (minglab marta) surunkali jarayonlar tiklanish bilan keskinlashadi, surunkali shakllarni davolash kasallikning kuchayishi haqidagi fikrlarni ilgari suradi.

Kasallikning surunkali shakllariga moyil bo'lgan organizmga malum bo'lmagan oraliqdan keyin ko'payadigan yangi pathogen bo'lmagan anteginni kiritish boshlanadi. Immun tizimi ushbu yangi antegenga qarshi javob berishni boshlaydi. Virusga qarshi immunitetni tuxtatib quyish uchun kata dozada biostimulyatorlarni kiritish mumkin.

immunitet tizimi faqat biostimulyatorlarga javob beradi va viruslarni unutadi.

Aftoning mohiyati (biostimulyatsiya) quyidagicha. Organizmda kasallikning surunkali shakliga qarab, ma'lum bir vaqt oralig'ida ortib boruvchi biostimulyant - yangi ko'paymagan patogen bo'lmagan antigeni joriy qilishni boshlashadi. Immun tizimi ushbu yangi antijene qarshi javob berishni boshlaydi. Viruslarga qarshi immunitetni to'xtatib qo'yish uchun katta dozada biostimulyatorlarni kiritish mumkin. Immun tizimi faqat biostimulyatorlarga javob beradi va viruslar haqida unutish bo'ladi. Bu vujudga viruslarning konsentratsiyasi oshishiga olib keladi. Bir muncha vaqt o'tgach, biostimulyatorlarni kiritish to'xtatiladi va ular to'plangan antikorlar tomonidan tanadan tezda yo'q qilinadi. Immun tizimi surunkali antijen bilan yana bir marta, ammo boshqa holatda. Viruslarning konsentratsiyasi (biostimulyatorlarning ta'siri vaqtida) sezilarli darajada ko'paygan va o'zlariga qarshi samarali immunitetni bartaraf etishga qodir, bu esa vujudni vujudan to'liq yo'q qilishga olib keladi. Bundan tashqari, ushbu antijene organizmning immunologik holati ham oshadi, ya'ni. virusga qayta ta'sirlanganda, kasallik yanada yumshoq shaklda davom etadi. Biroq, viruslar konsentratsiyasining sezilarli darajada ortishi shikastlanishiga olib kelishi mumkin. Shuning uchun, biostimulyatsiya viruslarga qarshi tuzilmani buzmasdan, patogenga qarshi terapiya bilan birlashtirilgan bo'lishi kerak. Shunday modellar shuni ko'rsatdiki, biostimulyator yordamida surunkali kasallikning sun'iy ravishda kuchayishi badanni o'z-o'zini yaxshilashga olib kelishi mumkin. Bundan tashqari, simulyatsiya surunkali shakllarda antigenlardan foydalanish virus populyatsiyasini to'liq yo'q qilish bilan birga to'liq tiklanishga olib kelmasligini ko'rsatdi. bu antijen bilan takrorlangan aloqalar bilan, tananing yana og'ir kasalligiga aylanadi (immunitet holati ushbu davolash bilan ishlab chiqilmaganligi sababli).

Ko'pgina antibiotiklar immunosupressantlardir, ya'ni. organizm immunologik reaksiyalarini inhibe qiluvchi moddalar. Shuning uchun har bir keyingi antigen bilan aloqa kasallikning tobora og'irlashishiga olib keladi. Biostimulyatsiya bilan, buning aksi haqiqatdir.

Shuningdek, harorat reaksiyasining kasallikning ta'siriga ta'sirini

ham ta'kidlash kerak. Haroratni oshirish viruslarning ko'payish tezligini pasaytiradi va antikorlarning sintezini rag'batlantiradi. Ya'ni harorat tananing sog'lom reaksiyasidir. (Ammo harorat oshishi sababli toqat mumkin, keyin ba'zi organlar paydo bo'lishi mumkin).

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Axmerov R.R., Sadovskiy B.N. Biologiya, kimyo, tibbiyotda differentsial tenglamalar // Oddiy differentsial tenglamalar nazariyasi bo'yicha insholar. - [Elektron manba]. URL: <http://www.ict.nsc.ru/ru/textbooks/akhmerov/ode/index.html>

Sil kasalligining matematik modeli

Markov jarayonlarini diskret holatlar va uzluksiz vaqt bilan ko'rib chiqayotganda, biz tizimning bir holatdan boshqasiga o'tishi voqealar oqimining ta'siri ostida sodir bo'ladi deb taxmin qilamiz. Agar barcha oqimlar oddiy bo'lsa, unda Markov tizimda sodir bo'ladigan jarayon bo'ladi. Har bir o'q (**стрелки**) uchun tizimning holat grafigida biz tizimni Q_i holatidan Q_j holatiga o'tkazadigan λ_{ij} voqea oqimining intensivligini qo'yamiz.

Bu yerda λ_{01} - birinchi tugunning ishlamay qolish darajasi; $\lambda_{01} = \Delta t_1$ (Δt_1 - birinchi tugunning o'rtacha ish vaqti). Rasmda belgilangan soha grafik uchun tizimning $p_1(t), p_2(t), \dots, p_n(t)$ ($p_i(t)$ da i -inchi holatining ehtimolligini aniqlaymiz, $\sum p_i(t) = 1$).

Buning uchun biz ma'lum bir tizim uchun Kolmogorov tenglamalar sistemasini tuzamiz, uning belgilangan soha grafigi rasmda ko'rsatilgan. Tizim t vaqt oralig'ida Q_1 holatida bo'lganda $p_1(t)$ ehtimolini topamiz.

Biz t ni Δt ga o'tishini ko'ramiz va vaqt oralig'ida tizim $t + \Delta t$ bo'lganda Q_1 holatida bo'lish ehtimolini topamiz. Ushbu hodisa ikki shaklda sodir bo'lishi mumkin:

1. Tizim t vaqtida Q_1 holatida edi va u Δt vaqtida ham undan chiqmadi;

2. Tizim t vaqtida Q_3 holatida edi va Δt vaqtdan keyin Q_1 ga o'tdi.

Birinchi variantning ehtimolligi $p_1(t)$ ga teng va Δt $Q_1 \rightarrow Q_2$ chegarasidan tashqariga chiqmasligi shartli ehtimoldir. Bu ehtimollik 1-

$\lambda_{12} \Delta t$ dir. Natijada, biz $p_1(t)$ ($1 - \lambda_{12} \Delta t$) ga egamiz. Ikkinchi variantning ehtimolligi $p_3(t)$ $\lambda_{31} \Delta t$ ($\lambda_{31} \Delta t$ - shartli o'tish ehtimoli). Natijada $p_1(t + \Delta t) = p_1(t)(1 - \lambda_{12} \Delta t) + p_3(t) \lambda_{31} \Delta t$.

Ikkala tomonni Δt ga bo'lish va $\Delta t \rightarrow 0$ dagi chegaraga o'tish orqali quyidagini topamiz

$$\frac{dp_1}{dt} = -\lambda_{12}p_1(t) + \lambda_{31}p_3(t)$$

Xuddi shunday, yana uchta tenglamani topishimiz mumkin

$$\frac{dp_2(t)}{dt} = -\lambda_{23}p_2 - \lambda_{24}p_2 + \lambda_{12}p_1 + \lambda_{42}p_4$$

$$\frac{dp_3(t)}{dt} = -\lambda_{31}p_3 - \lambda_{34}p_3 + \lambda_{23}p_2$$

$$\frac{dp_4(t)}{dt} = -\lambda_{42}p_4 + \lambda_{24}p_2 + \lambda_{34}p_3$$

Ushbu tenglamalar Kolmogorov tenglamalari deyiladi.

Ushbu tenglamalar tizimini birlashtirsak, biz xolatning ehtimolliklarini vaqt funksiyasi kabi topamiz. Buning uchun dastlabki shartlarni $t = 0$ ga o'rnatish kerak.

Masalan, $p_1 = p_3 = p_4 = 0, p_2 = 1$ - bu $t = 0$ holatida tizimning Q_2 holatidaligini anglatadi.

Differensial tenglamalarni tuzish qoidasini ko'ramiz:

Har bir tenglamaning chap tomonida holat ehtimolining hosilasi, o'ng tomonda esa ushbu holat bilan bog'liq o'qlar (**стрелок**) mavjud.

Agar o'q holatdan yo'naltirilgan bo'lsa, tegishli kattalik "-" belgisini, agar tegishli holatda bo'lsa "+" belgisi qo'yiladi. Har bir holat berilgan o'qga mos keladigan o'tish ehtimolligi zichligi ko'rsatkichi o'qining turgan holatiga ko'paytiriladi.

Matematik modelni yaratishga misol sifatida sil kasalligi jarayonini ko'rib chiqamiz.

Sil kasalligi jarayonida biz tizimning to'rt holatini ko'rib chiqamiz: A_1 - "sog'lom", A_2 - "sil bilan kasallangan", A_3 - "o'lim", A_4 - "sil bilan kasallangan", bu yerda λ_{ij} holat i holatdan boshqasiga o'tish intensivligidir. Quyida mos keladigan tizimning holat grafigi keltirilgan.

Individning ma'lum bir holatda bo'lish ehtimolini topish uchun biz

Kolmogorov tenglamalarini tuzamiz. Bizning sxemamiz uchun tizim quyidagi shaklga ega:

$$\begin{aligned}\frac{dp_1}{dt} &= -\lambda_{12}p_1 \\ \frac{dp_2}{dt} &= -\lambda_{23}p_2 - \lambda_{24}p_2 + \lambda_{12}p_1 \\ \frac{dp_3}{dt} &= \lambda_{23}p_2 + \lambda_{43}p_4 \\ \frac{dp_4}{dt} &= \lambda_{24}p_2 - \lambda_{43}p_4\end{aligned}$$

Bu yerda $p_i(t)$ - A_i holatining ehtimolidir.

Tizimning boshlang'ich shartlarini belgilashda 2010 yilda 4879 kishi sil kasalligi bilan kasallanganligini, 1910 kishi yuqtirganligini hisobga olamiz. Boshqirdiston Respublikasi aholisi 4072292 kishi ekanligini hisobga olsak, biz boshlang'ich davrda 4065022 sog'lom kishiga egamiz. Shunday qilib, ushbu shartlar quyidagicha:

$$\begin{aligned}p_1(0) &= \frac{\textit{sog'lomlar soni}}{\textit{BR umumiy aholisi}} \\ p_2(0) &= \frac{\textit{infeksion kasallanganlar soni}}{\textit{BR umumiy aholisi}} \\ p_3(0) &= \frac{\textit{o'lganlar soni}}{\textit{BR umumiy aholisi}} \\ p_4(0) &= \frac{\textit{kasallar soni}}{\textit{BR umumiy aholisi}}\end{aligned}$$

Bundan tashqari, har qanday t vaqt uchun normallashtirish sharti qondiriladi:

$$p_1(t) + p_2(t) + p_3(t) + p_4(t) = 1$$

O'tish intensivligi ma'lum bo'lganda, ish to'g'ridan-to'g'ri muammoga - Kolmogorov tenglamalarini yechishga olib keladi.

Biz Kolmogorov tizimini $\lambda_{12}, \lambda_{23}, \lambda_{24}, \lambda_{43}$ uchun chegara shartlari bilan hal qilamiz va quyidagi shaklda echimni olamiz:

$$p_1(t) = e^{-\lambda_{12}t}$$

$$p_2(t) = \frac{\lambda_{12}(e^{(-\lambda_{12} + \lambda_{23} + \lambda_{24})t} - 1)}{(-\lambda_{12} + \lambda_{23} + \lambda_{24})e^{(\lambda_{23} + \lambda_{24})t}}$$

$$p_4(t) = e^{\lambda_{43}t} \frac{\lambda_{23} \left(-\frac{e^{(-\lambda_{12} + \lambda_{23} + \lambda_{24})t}}{\lambda_{43} + \lambda_{12} \log(e)} + \frac{1}{\lambda_{43} + \lambda_{12} \log(e)} (\lambda_{23} + \lambda_{24}) \right)}{(-\lambda_{12} + \lambda_{23} + \lambda_{24})e^{(\lambda_{23} + \lambda_{24})t} + e^{\lambda_{43}t}}$$

$$p_3(t) = 1 - p_1(t) - p_2(t) - p_4(t)$$

Bu yerda respublika silga qarshi dispanseri ma'lumotiga ko'ra, 2009-2012 yillarda Boshqirdiston Respublikasida sil kasalligining asosiy ko'rsatkichlari keltirilgan.

1.1-jadval

tegishli sharoitlardagi odamlar soni

	2010	2011	2012
Vaqt	0	1	2
Sog'lom	4065022	4064983	4057157
Infektsion kasallangan	1910	1898	1894
Kasal	4879	4817	4808
O'lgan	481	387	386

1.2-jadval

tegishli holatlarda tizimni topish ehtimolligi

	2010	2011	2012
t	0	1	2

p_1	0,99821	0,998255	0,998256
p_2	4,7639E-4	4,6610E-4	4,6601E-4
p_3	0,001198	0,001182	0,001182
p_4	1,1811E-4	9,5037E-5	9,4974E-5

Matematik model uchun o'tish intensivligini topamiz. Kolmogorov tizimining p_1 ehtimolligi uchun biz o'tish intensivligini λ_{12} bilan ifodalashimiz mumkin

$$\lambda_{12} = \frac{\ln(1,00120043 * p_1)}{t}$$

O'tish intensivligi intensivlikning o'rtacha qiymati sifatida aniqlandi.

1.3-jadval.

O'tish intensivligining qiymat jadvali

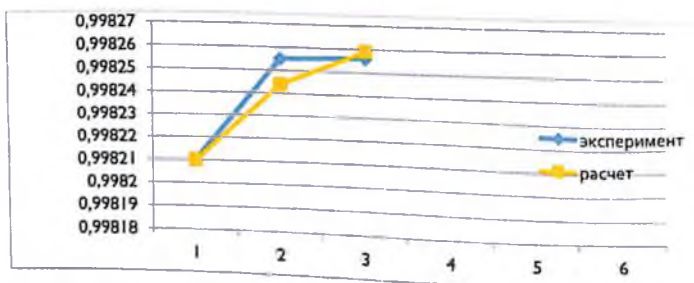
t	1	2	O'rtacha qiymat
λ_{12}	4,6691E-4	4,6682E-4	4,6786E-4
λ_{23}	0,203898	0,203801	0,219843
λ_{24}	0,391473	0,394021	0,393926
λ_{43}	0,080340	0,080282	0,086402

$\lambda_{12}, \lambda_{23}, \lambda_{24}, \lambda_{43}$ ko'rsatkichlarining o'rtacha qiymatlaridan kelib chiqib, tizimni A_1 - "sog'lom", A_2 - "sil bilan kasallangan", A_3 - "o'lim", A_4 - "sil bilan kasallangan" holatlarida topish ehtimolligining hisoblangan qiymatlarini olamiz.

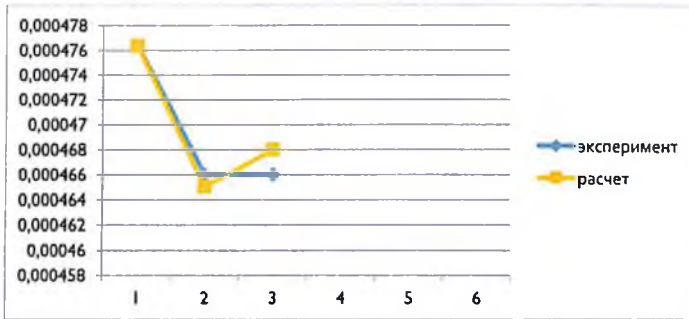
tegishli holatlarda tizimni topish ehtimoli (hisoblash)

	2010	2011	2012
	0	1	2
p_1	1,001788	0,999534	0,999067
p_2	4,7639E-4		
p_3	0,001198		
p_4	1,1811E-4		

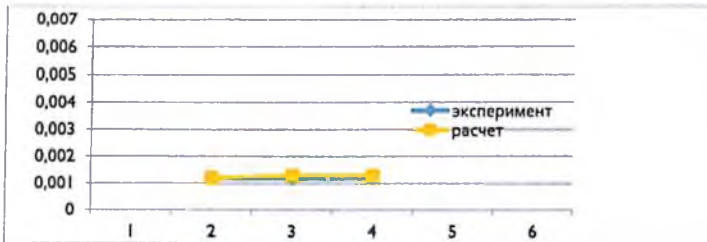
Eksperimental va hisoblangan ma'lumotlarning grafik taqqoslanishi 1.1-1.4-rasmda keltirilgan. Hisoblash tajribaga mos kelishini ko'rish mumkin. Hisoblash natijalarini eksperimental ma'lumotlar bilan taqqoslash shuni ko'rsatadiki, tizim tomonidan tasvirlangan model haqiqiy ma'lumotlarga mos keladi va ulardan amaliy hisob-kitoblarda sil kasalligi bilan kasallangan bemorlarni davolash va profilaktikasi uchun zarur mablag'lar oralig'ini aniqlash uchun foydalanish mumkin, undan keyin tarif stavkalari hisoblab chiqiladi.



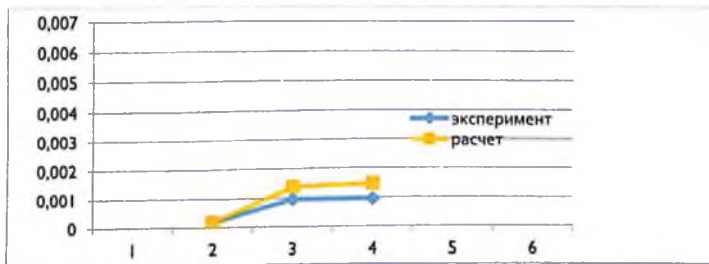
1.1-rasm. «Sog'lom» holat uchun ehtimolliklarning hisoblangan va eksperimental qiymatlarini taqqoslash



1.2-rasm «Sil bilan kasallangan» holati uchun ehtimolliklarning hisoblangan va eksperimental qiymatlarini taqqoslash



1.3-rasm. "Sil kasalligi" holati uchun ehtimolliklarning hisoblangan va eksperimental qiymatlarini taqqoslash



1.4-rasm. "o'lim" holati uchun ehtimolliklarning hisoblangan va eksperimental qiymatlarini taqqoslash.

11 amaliy mashg'ulot.

Монте-Карло методи ёрдамида объектни моделлаштириш

(Monte-Karlo simulyatsiya metodi misolida imitatsion modellashtirish)

Qisqacha mazmuni: Agar farmako-iqtisodiyotda haqiqiy obyekt ustida tajriba o'tkazishning iloji bo'lmasa, ko'pincha simulyatsiya qo'llaniladi. Simulyatsiya usullaridan biri Monte-Karlo simulyatsiyasidir. Usullar samaradorligini tahlil qilishda Monte-Karlo simulyatsiyasidan foydalanib, har bir baholash usulining matematik modeli yaratildi. Modeldan foydalangan holda solishtirilgan davolash usullarining har biri uchun iqtisodiy samaradorlik koeffitsientlari hisoblanadi. Hisoblash uchun MS Excel dasturi qo'llaniladi. Qiymat va samaradorlik to'g'risi-dagi ma'lumot qiyosiy "to'lashga tayyor" egri chiziqlarni tuzishda ishlatilishi mumkin.

Simulyatsiya - bu modeldagi "bajarish", vaqt o'tishi bilan uni holatida (diskret yoki uzluksiz) o'zgartirish orqali amalga oshirish jarayoni. Simulyatsiyaning maqsadi - o'rganilayotgan tizimning xatti-harakatlarini uning elementlari orasidagi eng muhim munosabatlarni tahlil qilish natijalari asosida yoki boshqacha qilib aytganda, turli xil tajribalar uchun mavzu sohasida simulyatorni (inglizcha termin - simulyatsiya modellashtirish) ishlab chiqish.

Farmako-iqtisodiyotda simulyatsiya quyidagi hollarda qo'llaniladi:

- haqiqiy obyektida tajriba o'tkazish qimmat yoki imkonsiz;
- analitik modelni qurish imkonsiz: tizimda vaqt, sababli munosabatlar, oqibatlar, chiziqli bo'lmagan holatlar, stoxastik (tasodifiy) o'zgaruvchilar mavjud; - o'z vaqtida tizimning xatti-harakatlariga taqlid qilish kerak.

Simulyatsiya modelini ma'lum bir hozirgi holatdan kelajakda tizimning qaysi holatga o'tishini belgilaydigan qoidalar to'plami (differentsial tenglamalar, holat xaritalari, avtomatika, tarmoqlar va boshqalar) sifatida ko'rib chiqilishi mumkin.

Simulyatsiyaning quyidagi turlari mavjud:

Agentli modellashtirish. Agent modellarining maqsadi uning individual faol obyektlarining individual, shaxsiy harakati va ushbu obyektlarning tizimdagi o'zaro ta'siri to'g'risidagi taxminlarga asoslangan tizim xatti-harakatlarining global qoidalari haqida tasavvurga

ega bo'lishdir. Agent - bu faoliyat, avtonom xulq-atvorga ega bo'lgan, muayyan qoidalar to'plamiga muvofiq qarorlar qabul qiladigan, atrof-muhit bilan o'zaro aloqada bo'lgan, shuningdek mustaqil ravishda o'zgartirishga qodir bo'lgan muayyan shaxs;

Diskret hodisani simulyatsiya qilish. Modellashtirishning ushbu turi ishlab chiqarish jarayonlarini modellashtirish uchun eng mos keladi va juda ko'p qo'llanishga ega - logistika va navbat tizimlaridan transport va ishlab chiqarish tizimlarigacha;

Tizim dinamikasi. Modellashtirishning bu turi, har qanday boshqalarga qaraganda, obyektlar va hodisalar o'rtasidagi sababiy munosabatlarni aniqlash uchun nima bo'layotganini mohiyatini tushunishga yordam beradi. Tizim dinamikasidan foydalangan holda, biznes jarayonlarining modellari, shaharni rivojlantirish, ishlab chiqarish modellari, aholi soni, ekologiya va epidemiya rivojlanishi;

Monte Karlo simulyatsiyasi - bu tasodifiy o'zgaruvchilarni modellashtirish orqali matematik muammolarni yechishning raqamli usuli.

Hozirgi vaqtda simulyatsiya nimani anglatishi masalasida yagona fikr yo'q. Shunday qilib, turli xil talqinlar mavjud:

birinchidan, simulyatsiya modeli klassik ma'noda matematik modeldir;

ikkinchidan, bu atama faqat tasodifiy ta'sirlar u yoki bu tarzda o'ynaladigan (taqlid qilingan) modellar uchun saqlanib qoladi;

uchinchidan, simulyatsiya modeli odatdagi matematik modeldan batafsilroq matematik tavsif bilan farq qiladi, lekin matematik model qachon tugashi va simulyatsiya modeli boshlanganida aytish mumkin bo'lgan mezon joriy etilmagan.

Simulyatsion modellashtirish jarayonini klassik matematik model bilan taqqoslash orqali tasvirlashga harakat qilaylik.

Murakkab tizimning matematik modelini qurish jarayonini 3 bosqichga bo'lish mumkin. Birinchi bosqichda asosiy savollar tizimning xatti-harakatlari, biz model yordamida olishni istagan javoblar to'g'risida shakllantirilgan. Keyinchalik, tizimning xatti-harakatlarini tartibga soluvchi qonunlar to'plamidan, berilgan savollarga javob

izlashda ahamiyati katta bo'lganlar tanlanadi va ushbu qonunlarga qo'shimcha ravishda, agar kerak bo'lsa, tizim uchun umuman yoki uning alohida qismlari uchun ma'lum farazlar shakllantiriladi.

Modelning afzallik mezoni amaliyotdir. Biroq, murakkab tizimning matematik modelini qurishda bir qator qiyinchiliklar paydo bo'lishi mumkin. Shunday qilib, model ko'p sonli parametrlarni, elementlar va turli xil chiziqli bolmagan cheklovlarni o'z ichiga olgan bo'lsa-da, real tizimlarga ko'pincha turli xil tasodifiy omillar ta'sir ko'rsatadi, ularning analitik jihatdan ko'rib chiqilishi juda katta qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi, ko'pincha ularning ko'pligi uchunyengib bo'lmaydigan. Ushbu qiyinchiliklar quyidagi bosqichlarda amalga oshiriladigan simulyatsiyadan foydalanishni aniqlaydi:

Matematik modelda bo'lgani kabi, asosiy tizimlar murakkab tizimning xatti-harakati, biz olishni istagan javoblar to'g'risida quyidagicha shakllantirilgan:- tizimni sodda qismlar-bloklarga ajratish;

- butun tizimning, shuningdek uning alohida qismlarining xatti-harakatiga tegishli qonunlar va "mumkin" gipotezalar shakllantirilgan;

- tadqiqotchiga qo'yilgan savollarga qarab, real vaqt ichida vaqtning borishini taqlid qiladigan vaqt deb ataladi;

- rasmiylashtirilgan holda tizimning zaruriy fenomenologik xususiyatlari va uning alohida qismlari o'rnatiladi;

- modelda paydo bo'ladigan tasodifiy parametrlarga nisbatan, ularning ba'zi bajarilishi tizim vaqtining bir yoki bir necha soatlik tsikllari uchun doimiy bo'lib qoladi.

Eng ko'p ishlatiladigan simulyatsiya usullaridan biri Monte-Karlo simulyatsiyasi. [1, 2].

Monte-Karlo usuli stoxastik (tasodifiy) jarayonning ko'p sonli amalga oshirilishini olishga asoslangan sonli usullar guruhining umumiy nomi bo'lib, uning ehtimoli xarakteristikalari yechilayotgan muammoning o'xshash qiymatlariga mos keladigan tarzda shakllanadi. Monte-Karlo usuli simulyatsiya modellashtirishga ishora qiladi, unda tizimni hisoblashda uning barcha tarkibiy qismlarining xatti-harakatlari takrorlanadi va tadqiq qilinadi [2]. FEKtadqiqotlarini o'tkazishda ushbu usul odatda iqtisodiy samaradorlikni tahlil qilishning bir qismi sifatida

ishlatiladi [4].

Ushbu tahlil uch bosqichga bo'lingan:

- kerakli ma'lumotlarning o'zgaruvchan parametrlarga, masalan, tibbiy va tibbiy bo'lmagan manbalar qiymati, klinik natijalar ehtimoli va boshqalarga matematik bog'liqligini qurish.

- ma'lum o'zgaruvchan parametrlarning tarqalishini tavsiflovchi matematik taqsimot turlarini aniqlash

- aslida Monte-Karlo simulyatsiyasi, o'zgaruvchan ma'lumotlardan foydalanib, kerakli ma'lumotlarni qayta-qayta takrorlash (odatda 1000 yoki 10000 marta).

Monte-Karloda modellashtirishning birinchi bosqichida baholashning har bir usuliga "iqtisodiy samaradorlikni" tahlil qilishda matematik model qurilgan. Modeldan foydalangan holda solishtirilgan davolash usullari uchun iqtisodiy samaradorlik koeffitsientlari hisoblanadi. Hisob-kitoblarning qulayligi uchun odatda MS Excel dasturidan foydalaniladi. Modelga kirish sifatida turli xil tibbiy va tibbiy bo'lmagan sabablar qo'llaniladi (o'rganish maqsadlari va har bir patologiya uchun alohida bemorlarni boshqarish xususiyatlariga qarab belgilanadi), shuningdek ma'lum klinik natijalarning (masalan, to'liq remissiya, qisman remissiya va boshqalar) boshlanish ehtimoli. o'lim, dori ta'sir etishmasligi va boshqalar).

Quyidagi taxmin qilinadi, barcha o'zgaruvchan ma'lumotlar qat'iy belgilangan tarzda taqsimlangan tasodifiy sonlar to'plami sifatida taqdim etiladi. Beta taqsimlanish odatda natijalar ehtimolini tavsiflash uchun ishlatiladi va gamma taqsimlash xarajatlarni taqsimlashni tasvirlash uchun ishlatiladi [2]. Beta taqsimlash ehtimolliklarni tavsiflash uchun ishlatiladi, chunki u faqat musbat sonlarni olish imkonini beradigan va binom ma'lumotlarini tavsiflash uchun mos bo'lgan matematik taqsimotdir. Ehtimollar nazariyasi va statistikasida beta taqsimot mutlaqo doimiy taqsimotlarning ikki parametrli oilasidir.

U 0 dan 1 gacha bo'lgan interval bilan cheklangan va ikkita parametr- alfa va beta bilan tavsiflanadi. Eksperimental ma'lumotlarning binomiy taqsimlanishi bilan, ularni beta taqsimlash yordamida tasvirlash juda oddiy vazifadir. Agar ma'lumotlar ma'lum bir o'lchov namunasi

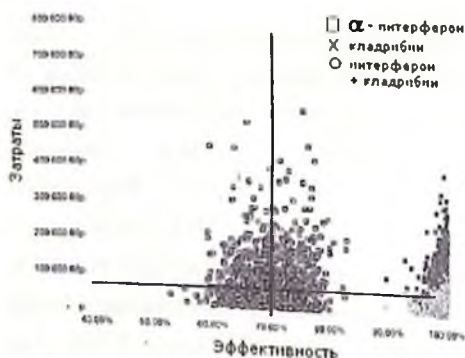
bilan - r bo'lgan voqealar soni bilan ifodalangan bo'lsa - n, u holda alfa va beta parametrlari $\alpha = r$, va $\beta = n-r$ deb belgilanadi. Shunday qilib, ushbu vaziyatda beta taqsimlash vazifalarni bajarish uchun eng mos keladi.

Normal taqsimot xarajatlar va ta'sirlarni hisoblashda qabul qilinishi mumkin bo'lmagan taqsimlangan qiymatning salbiy manfiy olishiga imkon berganligi sababli ishlatilmaydi.

Yuqorida ta'kidlab o'tilganidek, gamma taqsimoti odatda xarajatlarni tavsiflash uchun ishlatiladi. Ehtimollar nazariyasida gamma taqsimoti mutlaqo doimiy tarqalishning ikki parametrli oilasidir.

Ushbu tanlov, gamma taqsimotining 0 dan cheksizlikka qadar bo'lgan oraliqqa ega bo'lganligi va resurslar qiymati birliklar soniga ko'paytiriladigan xarajatlarni tavsiflash uchun mos bo'lganligi bilan asoslandi.

Keyinchalik, soxta tasodifiy olingan o'zgaruvchan parametrlar modelga kiritiladi. Parametrlar yuqorida tavsiflangan matematik taqsimotlar yordamida tuziladi. Ushbu jarayon 1000 marta takrorlanadi. Olingan nuqtalar to'plami grafikada keltirilgan (1-rasm), o'rtacha qiymatlar keyingi hisoblash uchun ishlatiladi.



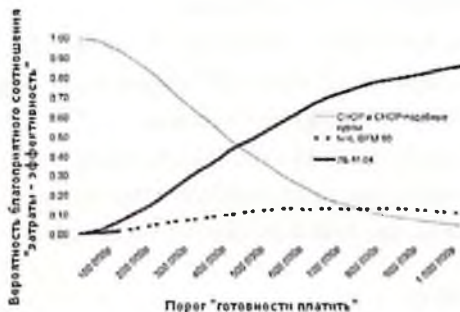
1-rasm. Uch xil terapiya kurslari yordamida tukli hujayrali leykemiyani davolash misolida "iqtisodiy samaradorligi" simulyatsiyasi nuqtalarini taqsimlash.

Bundan tashqari, xarajatlar va samaradorlik to'g'risidagi olingan ma'lumotlardan "to'lashga tayyorlik" ning qiyosiy egri chizig'ini yaratish uchun foydalanish mumkin. Ushbu egri chiziqlar pul to'lashga tayyor bo'lishning turli darajalarida taqqoslangan tibbiy texnologiyalarning farmako-iqtisodiy jozibadorligi o'zgarishini aks ettiradi. Farmako-iqtisodiyotga kelsak, to'lashga tayyorlik darajasi ushbu toifadagi bemorlarga ma'lum terapevtik ta'sirga yoki ma'lum bir surrogat nuqtalariga erishish uchun sarflashga tayyor bo'lgan miqdorni aks ettiradi.

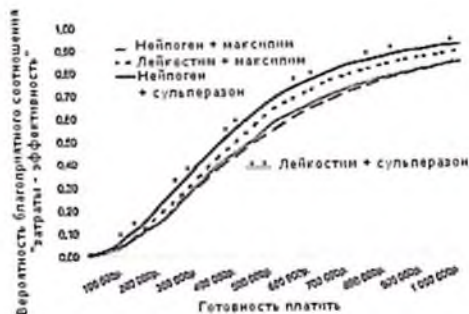
"To'lashga tayyorlik" (TT) egri chiziqlarini hisoblash bir necha bosqichda amalga oshiriladi. Birinchi qadam Monte-Karlo simulyatsiyasi orqali olingan har bir nuqtada taqqoslangan davolash rejimlarining har biri uchun "sof pul foyda" (SPF) ni hisoblash edi. Hisoblash uchun [2] formuladan foydalaniladi:

$$NMB = Ef \times wpR - C,$$

bu yerda NMB - "sof pul daromadlari" (Netmonetarybenefit), Ef - Monte-Karlo simulyatsiyasi natijasida olingan samaradorlik, wpR - bu to'lashga tayyorlik darajasi (Willingnesstopayratio), C - Monte-Karlo simulyatsiyasi natijasida yuzaga keladigan yoqotishlar.



2-rasm. FEC misolida "to'lashga tayyorlik" taqqoslash egri chiziq-lari Burkittning limfoma terapiyasini baholash.



3-рasm. Burkit limfomasini davolashni FEC baholagan holda LB-M-04 polimeroterapiya kursining tayyorlik-to'lov nisbati.

Keyingi bosqichda, eng yuqori mutlaq qiymatni aniqlash uchun har bir davolash rejimi uchun SPF ning raqamli qiymatlari bir-biri bilan taqqoslanadi. So'ngra, har qanday foizda har bir metodologiya hisoblab chiqiladi, bu ushbu TT uchun eng yuqori SPFni beradi. Olingan ma'lumotlar grafikada joylashtirilgan, abtsissa o'qi TTchegasarini va ordinat o'qi eng yuqori SPF ehtimolini bildiradi.

Shunga o'xshash tahlilni davolash rejimlarining har biri uchun alohida-alohida o'tkazish mumkin va bitta INN doirasidagi turli dorilarni taqqoslash mumkin (3-rasm).

To'lashga tayyorlikni tahlil qilish natijasida biz davolanishning qaysi metodologiyasi ushbu GP chegarasida eng foydali ekanligi to'g'risida xulosa chiqarishimiz mumkin.

Shunday qilib, dastlabki ma'lumotlarning yetishmasligida iqtisodiy samarador farmako-iqtisodiy tahlilda simulyatsiyadan foydalanish eng asosli degan xulosaga kelishimizga imkon beradi.

Adabiyotlar:

1. Barton P, Bryan S, Robinson S. Modelling in the economic evaluation of health care: selecting the appropriate approach. *J Health Serv Res Policy* 2004; 9(2): 110-118

2. Briggs A, Claxton K, Sculpher M. Decision Modelling for Health Economic Evaluation. Oxford University Press, 2007, - p. 237.

3. Baryax EA Burkitt limfomasini tashxislash va davolash: mavhum ... sham. tibbiyot fanlari. / Baryax E.A. - M., 2007. –26 b.
4. Krysanov I.S. Farmakoiqtisodiy modellastirishga kirish // Farmakoiqtisodiyot. - 2008. - №1. –S. 8-10
5. Sobol IM "Monte Karlo usuli", "Ilmiy", - M., 1985 yil
6. Xemdi A. Taha 18-bob. Simulyatsiya // Operatsion tadqiqotlarga kirish - 7-nashr. - M.: "Uilyams", 2007. - S. 697-737.

Aholini ommaviy tibbiy ko'rikdan o'tkazish tizimi va uni algoritmik taminlash

Tibbiy diagnostika uchun matematikadan va shaxsiy kompyuterdan foydalanganda, bu haqda qabul qilingan umumiy fikrlarni aniq shakllantirish odatiy hol emas. Odatda, tibbiy tashxis bir vaqtning o'zida (T_1) bemorlarning ahvolini tekshirishning bilvosita ma'lumotlari bo'yicha (T_1 , T_0) bemorlarning mavjudligi uchun belgilangan sharoitlarda taksonlar (turlari, turlari, sinflari, turlari) tan olinishi sifatida talqin qilinadi.

$G(T_1, T_0)$.

Shu bilan birga, bemorlarning holati taksonlarini tashkil qilish tajribali shifokorlar tomonidan bemorni tekshirish natijalari bo'yicha to'g'ridan-to'g'ri ma'lumotlarga ko'ra amalga oshirilgan deb taxmin qilinadi, to'g'ridan-to'g'ri va bilvosita ma'lumotlarni bir-biriga bog'laydigan ba'zi dastlabki tajriba materiallari mavjud.

Tibbiy tashxis haqidagi ushbu umumiy fikrlar, albatta, yagona emas.

Tibbiy tashxisni umumiy ma'noda boshqacha talqin qilish mumkin - o'zaro bog'liqlik va bemorlarning taksonlari (turlari, turlari, sinflari, turlari) ketma-ketligini va davr uchun sharoitlarini tan olish (T_0 , T_1). Bemorlarning taksonlarini ketma-ketligini va ularning holatini tashkil qilish bemorlarni tekshirishdan olingan to'g'ridan-to'g'ri ma'lumotlarga muvofiq amalga oshiriladi va ularni tan olish davr uchun bilvosita ma'lumotlar bo'yicha amalga oshiriladi (T_1 , T_0). $G(T_1, T_0)$ bemorlarining mavjudligi uchun sharoitlar barqaror deb hisoblanadi.

$G(T_1, T_0)$ bemorlarining mavjudligi uchun sharoitlar barqaror deb hisoblanadi. Bundan tashqari, bizda taxmin qilish mumkin: tajribali

shifokorlar tomonidan taksonlar ketma-ketligini tashkil qilish va ularning sharoitlari haqidagi qabul qilingan g'oyalar, bemorni tekshirishdan to'g'ridan-to'g'ri va bilvosita ma'lumotlarni bog'laydigan ba'zi dastlabki eksperimental materiallar va ma'lum ma'noda shifokorlar haqida yaxshi ma'lumotlar mavjud.

Aholi kompleks tibbiy ko'rigining funktsional sxemasi

Aholini kompleks tibbiy ko'rikdan o'tkazishning funktsional sxemasi quyidagilarni o'z ichiga oladi:

(a) Foydalanuvchilarning patologik tahlil bosqichi: mijozlar (sog'lom) va bemor (bemor).

(c) Bemorlarni (bemorlarni) tashxislash bosqichi.

(c) mijozlarga tashxis qo'yish bosqichi (sog'lom).

1-jadval

Tibbiy tashxis sxemasi (stsensariy)

Profilaktik qism

0. Gipotezani asoslash: individ x sog'lom, xavf jihatdan R turga tegishli

1	Individ x tekshiruv uchun D_0 sxemasini aniqlash	1*	Individi x tekshiruv uchun E_0 sxemasini aniqlash
2	x individni tekshirish uchun D_0 sxemasini qurish.	2*	x individ tekshirish uchun E_0 sxemasini qurish.
3	G (D_0) gipotezasi x (R), $x \in R_i$ xatar turiga bog'liqligi	3*	G (E_0) gipotezasi insonning salomatligi N - $x \in N_i$, x individni G (D_0) gipotezasi x (R), ($x \in R_i$) xatar turiga bog'liqligi
4	x individni tadqiqoti uchun D_1 sxemasining ta'rifi	4*	x individni tadqiqoti uchun E_1 sxemasining ta'rifi
5	x individ uchun D_1 ning tavsiflarini tuzish	5*	x individ uchun E_1 ning tavsiflarini tuzish
6	R_i xavf guruhidagi x individni aniqlash yoki uning xavf guruhini tan olish haqidagi G (D_0) gipotezasini sinash	6*	x indeividni G (E_0) gipotezasini H_i yoki uning sog'lig'ini tan olish to'g'risidagi sinov gipotezasi

7. Bemor x (individ) ni ma'lum sog'liqqa ega bo'lgan xavf guruhida tekshirish uchun M_0 sxemasini aniqlash.

8. M_0 kasalining tavsifi x .

9. S profilaktika rejimini aniqlash va S_k bemor x profilaktikasi uchun barcha oqilona va arzon vositalar ro'yxatini aniqlash.

10. x bemorning S_k kasalligining oldini olishning turli usullari uchun mumkin bo'lgan natijalar va xarajatlarni bashorat qilish. Tanlov mezonini θ va x bemorning profilaktikasi usulini tanlash S_k

1-jadvalning davomi.

Davolash qismi

0. Gipotezani asoslash: individ x kasal bo'lib, u P tipidagi patologiyaga ega.

1	x individ uchun tekshiruv A_0 sxemasini aniqlash.	1*	x individ uchun tekshiruv B_0 sxemasini aniqlash.
2	x individning A_0 tavsifini qurish.	2*	x individning B_0 tavsifini qurish.
3	x individning P_i shakliga tegishli ekanligi ($x \in G_i$) to'g'risidagi $G(A_0)$ gipotezani ilgari surilishi	3*	x individning P_i shakliga tegishli ekanligi ($x \in G_i$) to'g'risidagi $G(B_0)$ gipotezani ilgari surilish
4	x individ uchuh - A_1 sxematik tekshiruvi	4*	x individ uchuh - B_1 sxematik tekshiruvi
5	x individ uchuh A_1 tavsivni qurish	5*	x individ uchuh B_1 tavsivni qurish
6	x individ uchun $G(A_0)$ gipotezani sinash G_i shaklida yoki uning turini tanlab olish.	6*	x individ uchun $G(B_0)$ gipotezani sinash P_i shaklida yoki uning turini tanlab olish.

7. Ma'lum patologiyaga ega bo'lgan ma'lum bir turdagi x (individual) bemorni tekshirish uchun C_0 sxemasini aniqlash.

8. x bemorning C_0 tavsifini qurish.

9. P davolanish rejimini aniqlash va barcha oqilona va maqbullarning ro'yxati.

Shaxsning hayotini ta'minlash uchun harakatlar sxemasi

0. Supertip darajasi		Yordamchi operatsiya Shaxsning N-P turini aniqlash (Turlarga qadar norma-patologik tasnifi)			Asosiy operatsiya Bemor patologiyasidan normani ajratish (ichki ko'rinish)		
		Норма			Патология		
		Yordamchi operatsiya		Asosiy operatsiya	Yordamchi operatsiya		Asosiy operatsiya
1. Turi darajasi	1.	H turini aniqlash (TH tasnifi pastga qarab)	→	1. H-Bemorning salomatlik turini aniqlash (tur ichida)	1. Shaxsning P-turini aniqlash (TPni turlarga qarab tasniflash)	→	1. P-bemorda patologiya turini aniqlash (tur ichida)
2. Umumiy daraja	2.	H turini aniqlash (PH turlarga qarab turlarga bo'linadi)	→	2. H-Bemorning salomatlik turini aniqlash (tur ichida)	2. Shaxsning P-turini aniqlash (Turlargacha RP tasnifi)	→	2. P-bemorda patologiya turini aniqlash (tur ichida)
3. Sinf darajasi	3.	Shaxsning H - sinfini aniqlash (KN tasnifi)	→	3. H-Bemorning salomatlik darajasini aniqlash (tur ichida)	3. Biror kishining P turini aniqlash (turlargacha KP tasnifi)	→	3. P -Bemorlarda patologiya klassini aniqlash (tur ichida)
4. Turlar darajasi	4.	H - shaxs turini aniqlash (BH- turiga qadar tasniflash)	→	4. H-Bemorning sog'lig'i turini aniqlash (tur ichida)	4. Shaxsning P-turini aniqlash (turga qadar BP tasnifi)	→	4. P-bemorda patologiya turini aniqlash (tur ichida)
1. Ijtimoiy turlar	5.	Individning H-ijtimoiy Turini aniqlash	→	5. Ro'yxat: N-bemorlarda	5. Shaxsning P-sotsial-tipini	→	5. Ro'yxat: P-bemorlarda barcha

136

darajasi				barcha sog'liq turlari; har bir turni davolashning barcha mumkin bo'lgan usullari. Ishlash mezonlarini tanlash. Bemor bilan birgalikda davolanish rejimini tanlash.	aniqlash		sog'liq turlari; har bir turni davolashning barcha mumkin bo'lgan usullari. Ishlash mezonlarini tanlash. Bemor bilan birgalikda davolanish rejimini tanlash.
			6	Davolash sxemasini amalga oshirish			2. Davolash sxemasini amalga oshirish

Ilova: Barcha darajalar uchun etaplar: 1. Takson tashkiloti. 2. Taksonni aniqlash (gipoteza, gipoteza testi). 3. Tanib olishni boshqarish.

→ Ning manosi shununda-ki, avvalgi operatsiyani bajarib bolib, keyingisiga otish lozim.

10. Bemorning P_K x ni davolashning turli usullari uchun mumkin bo'lgan natijalar va xarajatlarni bashorat qilish. Tanlov mezonini θ va bemorning davolanish usulini tanlash

12 AMALIY MASHGULOT. U YOKI BU EKOLOGIK JARAYONLARNI MODELLASHTIRUVCHI TIPIK VAZIFALARI.

Funksional bogliqlik algebraik tengliklar yoki differentsial tenglamalar shaklida ifodalanishi mumkin. Muayyan atrof-muhit jarayonlarini modellashtiradigan eng tipik funktsiyalarni ko'rib chiqamiz.

O'sish funktsiyalari ko'pincha parametr o'sishi, masalan, moddaning massasi va bu o'sishni belgilaydigan omillar o'rtasidagi ba'zi bir analitik bog'liqlikni ko'rsatadi. Shunday qilib, agar dt vaqt davomida S substratining o'sishiga qarab o'simlikning quruq moddasi W ning o'sishini hisoblasak, unda o'sish tenglamasini olamiz

$$\frac{dW}{dt} = \frac{dS}{dt}$$

Bundan tashqari, o'sish sur'ati (tizim tashqi muhitdan hech qanday materialni olmasa va yo'qotmasa) funktsiya sifatida ko'rsatilishi mumkin:

$$\frac{dW}{dt} = f(W, S)$$

Agar o'sish energiyasining miqdori quruq massaga W ga mutanosib deb hisoblasak; o'sish mexanizmi ozuqa moddasi mavjud bo'lgan vaqt davomida maksimal ko'rsatkichga ega; o'sish jarayoni qaytarilmas va ozuqa muhiti tugashi bilanoq to'xtaydi

$$\frac{dW}{dt} = \mu W$$

Bu yerda μ — solishtirma (nisbiy) o'sish sur'ati.

μ parametr ozuqaviy muhit manbaiga mos keladigan quruq massa W turiga va o'sish mexanizmi ishlaydigan tezlikka bog'liq. Integratsiyalashdan song (5.9), biz quyidagilarni qo'lga kiritamiz:

$$W = W_0 e^{\mu t}, \text{ da } 0 < t < t_f,$$

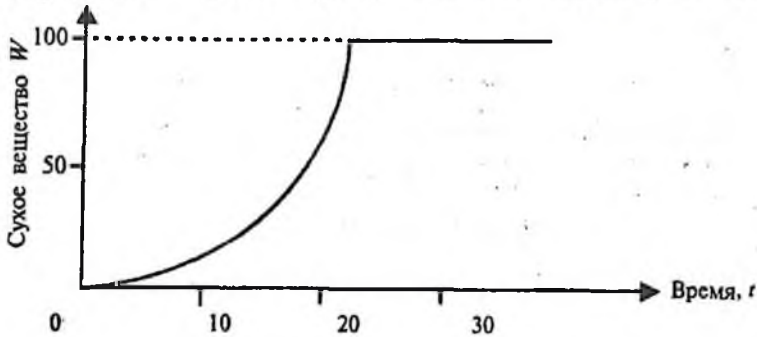
$$W=W_f, \text{ da } t>t_f.$$

Agarda $W = W_f$, $S = 0$, ro $W_f = W_0 + S_0$ bo'lsa o'sishi to'satdan to'xtaydi, unda

$$t_f = \frac{\ln \frac{W_0 + S_0}{W_0}}{\mu}$$

(bu yerda almashtirish natijasi $W_f = W_0 + S_0$ ni $t = t_f$).

Oziqlantiruvchi vositaning haqiqiy manbai bilan cheklangan oddiy eksponensial o'sish grafik shaklda keltirilgan. 11.2-rasm



11.2-rasm. O'tkir qisqartirish bilan eksponensial o'sish

Agar o'sish mexanizmi S ozuqaviy muhitga mutanosib ravishda ishlaydi deb faraz qilsak, quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$\frac{dW}{dt} = kS,$$

Bu yerda k —doimiy qiymat.

$S = W_f - W$ ga eng bo'lganda :

$$\frac{dW}{dt} = k(W_f - W).$$

Integrallaymiz

$$\int_{W_0}^W \frac{dW}{W_f - W} = \int_0^t k dt$$

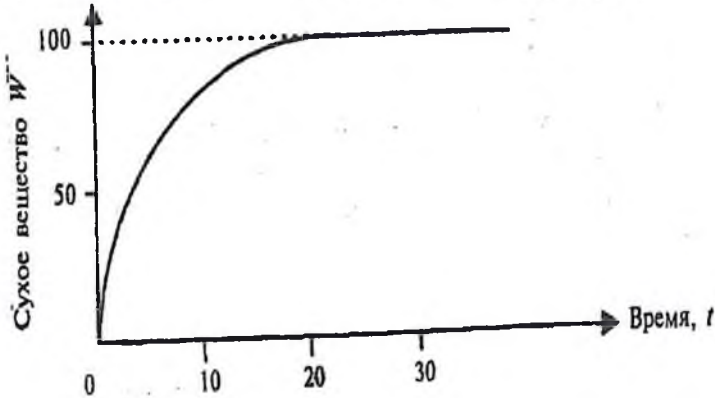
Quyidagi qiymatni olamiz

$$\ln \left| \frac{W_f - W_0}{W_f - W} \right| = kt \quad (11.10)(5.10)$$

$W_0 = 0$ ga teng bo'lganda

$$W = W_f(1 - e^{-kt}).$$

Bog'lanish 11.10 (5.10) 11.3. rasmda tasvirlangan. U monomolekulyar o'sishni anglatadi: tenglama birinchi tartibdagi oddiy qaytarilmaydigan kimyoviy reaksiyani tasvirlaydi.



11.3-rasm. Monomolekulyar o'sish

Bundan tashqari, o'sish tenglamalari quyidagicha bo'lishi mumkinligini ko'rsatish mumkin.

-logistik

$$W = \frac{W_0 W_f}{W_f - (W_f - W_0)e^{-\mu t}},$$

• Gomperts

$$W = W_0 \exp\left[\frac{\mu_0(1 - e^{-Dt})}{D}\right],$$

Bu yerda D — μ ni kamayganini ko'rsatib beruvchi qo'shimcha parametrg;

• F.Richards

$$W = \frac{W_0 W_f}{\left[W_0^n + (W_f^n + W_0^n)e^{-\mu t}\right]^{1/n}}$$

Bu yerda n — параметр, $n \geq -1$;

• L.Chanter

$$W = \frac{W_0 B}{W_0 + (B - W_0) \exp\left[\frac{\mu(1 - e^{-Dt})}{D}\right]}$$

Bu yerda B va D doimiy kattaliklar.

D. Xaksli dastlab hayvonlarning o'sishini va ularning tanasining qismlarini tavsiflash uchun allometrik munosabatlarni tavsiflagan, so'ngra W. Percell bu bog'liqlikni o'simliklarning o'sishini tasvirlash uchun ishlatgan.

Aytaylik, P va Q organizmning ba'zi xususiyatlari (kuzatilgan miqdoriy xususiyatlar): masalan, P va Q hayvonlarning turli qismlarining massalari bo'lishi mumkin, yoki P o'simlikning quruq massasini, Q esa barglarning sirt maydonini bildiradi. Tana o'sishi va rivojlanishi bilan vaqt o'tishi bilan P va Q o'zgaradi, ya'ni $P = P(t)$; $Q = Q(t)$.

P va Q ular allometrik tenglamani qanoatlantirsa, ular allometrik jihatdan bog'liq deb hisoblanadi $P = aQ^b$ (11.10) (5.11)

Bu yerda a va b — doimiy koeffitsiyentlar.

P va Q vaqt o'tishi bilan o'zgarib turadi, shu sababli (11.10) (5.11) tenglama butun kuzatuv davri davomida o'z kuchini yo'qotmaydi.

$$c = \frac{1}{a} \frac{1}{Q^b} \quad \text{va} \quad d = \frac{1}{b} \quad \text{bo'lganda quyidagicha yozish mumkin}$$
$$Q = cP^d.$$

Logarifmlaymiz (5.11)

$$\ln P = \ln a + b \ln Q$$

va vaqt bo'yicha differensiyallaymiz

$$\frac{1}{P} \frac{dP}{dt} = b \frac{1}{Q} \frac{dQ}{dt}$$

Shunday qilib, mutanosib o'sish sur'atlari b omiliga bog'liq. Allometrik tenglama ko'plab muammolarda qo'llanilishini topdi. Shunday qilib,

$$W_1 = aW_2^b$$

unda ildizlarning quruq massasining o'sib borayotgan o'simlikdagi quruq kurtaklar massasiga nisbati tasvirlanadi.

Ko'plab o'sish modellari shaklida taqdim etilishi mumkin

$$\frac{dW}{dt} = g(W, P, E_m, E_w).$$

Bu yerda W — massa;

t - vaqt;

P - organizmni xarakterlovchi parametrlar yoki doimiy koeffitsientlar to'plami;

E_m - boshqarilishi mumkin bo'lgan atrof-muhit sharoitlarini tavsiflovchi parametrlar yoki o'zgaruvchilar;

E_w - ob-havo ko'rsatkichlari.

Ko'pgina hollarda ekologik modellardan "yirtqich - olja" foydalanish mumkin. Bu savollar birinchi marta A. Lotka va V. Volterning asarlarida ko'tarilgan.

Berilgan tabiiy muhit uchun y- oljalar sonini, x - yirtqichlarning sonini bildiradi. Volterning ta'kidlashicha:

$$\begin{aligned}\frac{dy}{dt} &= \mu y \left(1 - \frac{y}{y_m}\right) - kxy \\ \frac{dx}{dt} &= k'xy - mx.\end{aligned}\quad (11.12)(5.12)$$

Bu yerda μ , k , k' , t — parametrlar;

y_m — o'ljalar soni (1/sutka.).

Tenglamalar (5.12) yechimlarni topishi mumkin:

1) yirtqichlarning avtonom o'sishi uchun

$$\frac{dx}{dt} = k'xy + \mu x \left(1 - \frac{1}{x_m}\right);$$

2) yirtqichlar tomonidan o'ljalarning cheklangan iste'moli bilan

$$\frac{dx}{dt} = k'x \left[\frac{y}{1 + cy} \right] - mx;$$

3) Populyatsion o'sish davrida evolyutsion hodisalar uchun zarur bo'lgan vaqtni aniqlash uchun y miqdori t vaqtining funktsiyasi sifatida ko'rib chiqiladi

$$\frac{dy}{dt} = \mu y(t),$$

agar tuxum qoyish va hayvonning kata bolishi orasida τ vaqt o'tsa, unda

$$\frac{dy(t)}{dt} = \mu y(t - \tau).$$

Inkubatsiya vaqti bilan epidemiyalarni baholashda model quyidagi shaklga ega bo'lishi mumkin. Y_m umumiy populyatsiya bo'lsin va Y - yuqtirganlar soni bo'lsin, shunda $(Y_m - Y)$ kasallikka moyil bo'lganlardir. Kechikishni hisobga olsak, infektsiyaning hozirgi ehtimoli yuqtirilgan populyatsiya miqdoriga bog'liq $(t - \tau)$, quyidagicha yozilishi

$$\text{mumkin. } \frac{dY(t)}{dt} = \mu Y(t - \tau) \left[1 - \frac{Y(t)}{Y_m} \right] - cY(t), \quad (11.13)(5.13)$$

bu yerda μ - organizmning har bir vaqt uchun infeksiyasi ehtimoli;
 c - tabiiy tiklanish tezligi. (5.13) tenglama quyidagicha yozilishi

$$\text{mumkin } \frac{dy}{dt} = \mu y(t) + cy(t - \tau).$$

Funksional modellar bir parametрни boshqasiga o'tkazish jarayonini tavsiflashda, xarajatlarni (daromadlarni) tahlil qilishda, tarkibiy tahlilda va boshqa ko'p hollarda keng tarqalgan.

Популяциялар тирик қолишлари жараёнларини моделлаштириш.

Моделирование процессов выживаемости популяций

Matematik modellashtirish - bu tabiiy muhitni o'rganish uchun eng keng tarqalgan usullardan biri bo'lib, u o'rganilayotgan obyektlar to'g'risida minimal harajatlarda ishonchli ma'lumot olish imkonini beradi.

Modellashtirish yordamida atrofdagi olamda yuz beradigan real jarayonlar rasmiy xarakteristikalar ko'rinishida tasvirlanishi mumkin. Matematik modellashtirish bizga haqiqiy materiallarni tasniflash va tizimlashtirish, vaziyatning rivojlanishini taxmin qilish imkonini beradi. Ko'pincha matematik modellashtirish muayyan turdagi muammolarni hal qilishning yagona usuli hisoblanadi. Aholining ma'lum avlod avlodining tug'ilishdan nasli yo'qolgunga qadar hayot dinamikasini ko'rib chiqamiz. Biz muammoning shartlarini rasmiylashtiramiz.

Shunday qilib, vaqtning dastlabki momentida $t = 0$ (masalan, baliq tomonidan tuxum qoyish yoki qushlar tomonidan tuxum qo'yishda), kuzatilgan avlodagi shaxslar soni N_0 ga teng edi. Faraz qilaylik z vaqtda ularning soni N ga, va bir muncha vaqt o'tgach $(t + \Delta t)$ - $(N + \Delta N)$. Δt vaqt davomida, kuzatilgan guruh N hayvonga kamaydi. Keyin kuzatilgan guruhdagilarning kamayish darajasi quyidagicha bo'ladi:

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{dN}{dt}.$$

Aytaylik, avlodagi shaxslar sonining kamayish tezligi ularning ma'lum bir vaqtdagi soniga to'g'ridan-to'g'ri mutanosibdir. Unda

$$\frac{dN}{dt} = -kN$$

bu yerda k - populyatsiyaga xos bo'lgan mutanosiblik koeffitsienti. Tenglamani yechamiz:

$$\frac{dN}{dt} = -kdt,$$

$$\ln N = -kt + \ln C,$$

$$N = Ce^{-kt}$$

Boshlang'ich vaqtdan boshlab $t_0 = 0$ (tug'ilganida) populyatsiyada hayvonlar soni N_0 edi, unda

$$N_0 = Ce^{k \cdot 0} = C$$

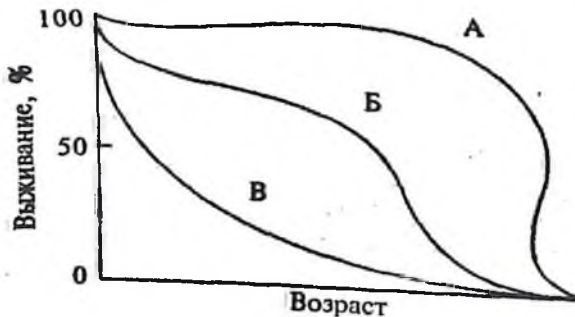
Unda quyidagi qiymatni olamiz:

$$N = N_0 e^{-kt}$$

Ushbu formula har qanday populyatsiyada shaxslarning yashashi uchun eng oddiy matematik model bo'lib, ilgari bir xil yoshdagi shaxslar sonining kamayish tezligi har qanday vaqtda uning umumiy soniga to'g'ridan-to'g'ri mutanosib bo'ladi degan taxminga asoslanadi.

Har bir populyatsiyada omon qolishning o'ziga xos matematik modeli mavjud bo'lib, uni egri chiziq shaklida grafik tarzda ko'rsatish mumkin. Bunday egri chiziqlarning odatiy misollari 11.4.rasmda tasvirlangan.

A egri chizig'i - bu qarish o'limning asosiy omili bo'lgan aholining yashash uchun ideal egri chizig'i. Bunday egri chiziq insoniyat uchun eng xarakterlidir.



11.4-rasm. Omon qolish egri chiziqlarining turlari

Dastlabki davrda o'lim darajasi yuqori bo'lgan populyatsiyada tirik qolish jarayoni B egri chizig'i bilan tasvirlangan. Bu o'simlik va hayvonot dunyosida eng keng tarqalgan yashash modelidir. Va nihoyat, B chizig'i, asosan tashqi omillar o'limni aniqlaydigan populyatsiyaning omon qolish jarayonini tavsiflaydi. Odamlarning o'limi qarish jarayonidan ancha oldin boshlanadi.

Aholi sonining ko'payishi bilan bog'liq yana bir muammoni ko'rib chiqing. Biz buni rasmiylashtiramiz.

t_0 vaqtda ma'lum bir populyatsiyada hayvonlar soni N_0 ga teng bo'lsin, va bir muncha vaqt o'tgandan keyin N songacha ko'payadi.

$$R = \frac{\Delta N}{N \Delta t}$$

Nisbat populyatsiyaning o'rtacha o'sish sur'atini tavsiflaydi. $\Delta t \rightarrow \infty$ da ushbu ko'rsatkich ko'rib chiqilayotgan shakl uchun tabiiy o'sishga xos bo'lgan ma'lum bir r ga to'g'ri keladi

$$r = \frac{dN}{N dt}$$

Ushbu tenglamani yechib, biz quyidagilarga ega bo'lamiz:

$$N = N_0 e^{rt}$$

Darhaqiqat, shaxslar sonining bunday cheksiz eksponensial o'sishi faqat inson zotiga xosdir. Qolgan tirik organizmlar uchun ularning sonini cheksiz ko'paytirishga imkon bermaydigan bir qator cheklovchi omillar mavjud. Bundan tashqari, ko'pincha bu omillar biotik o'zaro ta'sirlar tizimining o'zgarishi bilan bevosita emas, balki bilvosita ta'sir qiladi. Bundan xulosa qilish mumkinki, populyatsion o'sish egri chizig'i cheksiz ravishda harakat qiladigan K populyatsiyasining maksimal sonini anglatuvchi chegara mavjud. Bunday sharoitda N populyatsiyasi ifodaga muvofiq o'zgaradi

$$N = \frac{K}{1 + e^{-\alpha t}} \quad (11.14)(5.14)$$

Bu yerda $\alpha = r/K$.

Ushbu ifoda bilan tasvirlangan egri chiziq va (11.14) (5.14) ifoda bilan tasvirlangan egri chiziq o'rtasida joylashgan maydon, muhitning aholining o'sishiga qarshiligini ko'rsatadi (11.5-rasm).

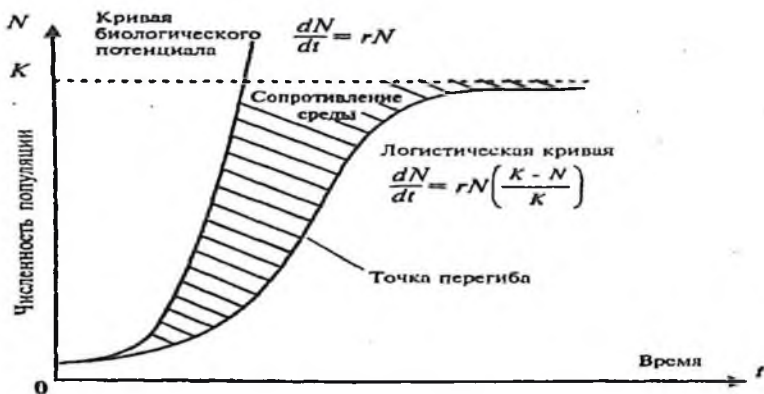


Рис. 11.5. Inson populyatsiyasining kopayishi

Aholi soni qancha ko'p bo'lsa, ekologik qarshilik kuchayadi. Ekologik qarshilik koeffitsienti quyidagi ifoda yordamida tasvirlangan

$$R = 1 - \frac{K - N}{K}$$

(5.14) Ifodaning hosilasi bu populyatsiyaning o'sish sur'atini beradi

$$\frac{dN}{dt} = \frac{rN(K - N)}{K}$$

(5.14) iborasi empirik ma'lumotlarga yetarlicha yaqin bo'lishiga qaramay, uning natijalari yetarlicha to'liq deb bo'lmaydi. Haqiqiy sharoit ancha murakkab. Tabiatda har bir turga mansub shaxslar soni hech qachon doimiy bo'lib qolmaydi, ammo ma'lum bir o'rtacha qiymat atrofida o'zgarib turadi. Bu populyatsiya sonini tartibga soluvchi ichki va tashqi omillar raqobatidan dalolat beradi. Tashqi omillar asosan r o'lim ko'rsatkichiga ta'sir qiladi m, va ichki b - tug'ilish darajasi. Ushbu ko'rsatkichlarning farqlanishi

$$r = b - m$$

aholining demografik imkoniyatlarini aniqlaydi. Aholining demografik tarkibini baholash uchun o'lim ko'rsatkichi to'g'risida ma'lumot to'plash va aholini tashkil etadigan turli yosh guruhlarida umr ko'rish davomiyligini hisoblash kerak.

13. AMALIY MASHG'ULOT.
OPTIMIZATSIYA METODLARI – UMURTQA
DEFORMATSIYASINI TASHQI FIKSATSIYA APPARATI
BILAN KORREKTSIYALASH JARAYONINI
MODELLASHTIRISH.
МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ - МОДЕЛИРОВАНИЕ
ПРОЦЕССА КОРРЕКЦИИ ДЕФОРМАЦИИ
ПОЗВОНОЧНИКА АППАРАТОМ ВНЕШНЕЙ ФИКСАЦИИ
[1]

Zamonaviy travmatologiya va ortopediya turli xil shikastlanishlar va patologiyalarni davolashda mexanik ta'sir o'tkazish vositalaridan keng foydalanadi. Xususan, umurtqa deformatsiyalarini tuzatish uchun tashqi fiksatsiya apparati, uning dizayni yuqori statik noaniqlik darajasiga ega edi.

Modellashtirish (lat. Modulus - o'Ichov, namuna) - yaratish jarayoni ahamiyatli aks etadigan modellar, mikrosxemalar, muhim yoki haqiqiy analoglar

yanada murakkab obyektlarning xususiyatlari (prototiplar)ni yaratishdir. Tadqiqot prototipning individual jihatlarini va xususiyatlarini o'rganish vositalari sifatida xizmat qiladi.

Muayyan jarayonni optimallashtirish uchun matematik modelni tanlash

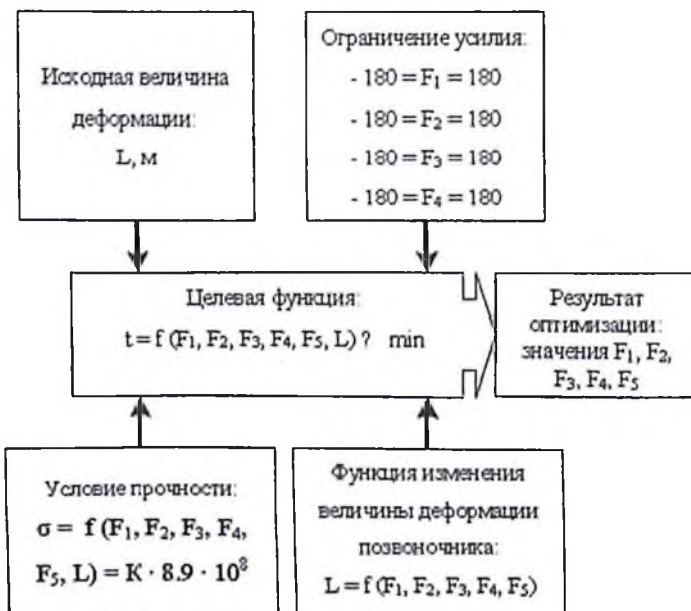
ko'rib chiqilayotgan jarayonning sifat jihatlariga ta'sir qiladi.

Matematik modelni korreksiya tasirlari, umurtqa segmentlariga boladigan kuchlanishni hisobga olib yaratish kerak

Xususan, umurtqa shaklidagi o'zgarishlar va uning bo'limlarida bukuvchi momentining harakati o'rtasidagi munosabatni olish usuli mavjud. Apparadni bir fazoviy pozitsiyadan ikkinchisiga o'tkazishni optimallashtirishning obyektiv funktsiyasi sifatida, jarayonni yakunlash uchun vaqt qabul qilinadi. Kuchlanishdagi cheklovlarni, dastlabki deformatsiya parametrlarini, tuzatish harakatlarining ishchi doirasini va tuzatish paytida deformatsiya parametrining o'zgarishini aniqlash kerak.

Optimallashtirish natijalari belgilangan cheklashlar sharoitida

vaqtning obyektiv funksiyasining qiymati minimal bo'lgan tuzatish harakatlarining qiymatini anglatadi (1-rasm).



Rasm 1. Bir moslamani boshqasidan uzatish jarayonini optimallashtirish uchun sxemali jadval

boshqa F_1, F_2, F_3, F_4, F_5 uchun fazoviy pozitsiya – korreksiya natijalari, (H) ; L - bu deformatsiyaning kattaligi.

Shunday qilib, o'zgarish jarayonini matematik modellashtirish umurtqa pog'onasini tashqi fiksatsiya qilish uchun apparatning fazoviy holati

strukturaning ishlash rejimlarini aniqlashga imkon beradi, bunda mexanik ta'sir deformatsiyalangan umurtqa pog'onasining tuzalish vaqtini sezilarli darajada kamaytirishi mumkin

Adabiyotlar

1. Alatov D. V. Kavis shaklidagi o'zgarishlarning o'zaro bog'liqligini olish

venoz orqa miya va uning bo'limlarida bükme momentining harakati /

D.V. Alatov // Sat. ilmiy KDU aspirantlarining maqolalari. - Qo'rg'on, 2003 yil.

2. Axmetova Yu. A. Tibbiyotda matematik modellarning roli referat, Volga politexnika instituti - Volgograd davlat texnika universitetining filiali. - 16 p.

Xill modeli (mushaklarning qisqarishi modeli).

Xill modeli [1, 2]

Muskullar qisqarishining eng erta fenomenologik modellaridan biri Xillga tegishli. Ushbu model mushaklarning qisqarishi anatomiyasining tafsilotlari ma'lum bo'lishidan avval ishlab chiqilgan. Xill payqadi-ki, skelet mushaklari doimiy yuk ostida qisqarganda (izotonik)

qisqarish rejimi), doimiy qisqartirish v tezligi va yuklama p o'rtasidagi munosabatlar

quyidagi tenglama bilan yaxshi tavsiflangan:

$(p + a) \times v = b \times (p - p_0)$, Bu yerda a va b nuqtalarni topish mumkin bo'lgan doimiyllar. Ular eksperimental ma'lumotlarga asoslanadi.

Mushaklar kuchini o'zgartirish vaqtinchalik jarayoniga taqlid qilish uchun,

Xill mushak tolasi modelini yaratdi, ketma-ket ulangan kontraktil elementdan iborat

elastik elementni yaratdi. Xill elastik element chiziqli ekanligi haqida eng oddiy taxmini qildi. Agar elastik elementning $p = P(x)$ kuchi ko'rsatilgan bo'lsa:

$P = a \times x - x_0$, bu yerda x_0 belgilangan tinch holatdagi uzunligi, x - elastik element

element uchun, keyin p uchun tenglama quyidagi formaga ega bo'ladi

$$\frac{dp}{dt} = \alpha \cdot \left[\frac{dL}{dt} + \frac{b(P_0 - P)}{P + a} \right]$$

bu yerda $L = l + x$ uchun mushak tolasining uzunligi ko'rsatilgan, l - kontraktil element uzunligi.

Model parametrlarini, masalan, quyidagicha topish mumkin.

Tetanus holatida (mushaklarning maksimal kuchlanish holati stimulyatsiya chastotasi shunchalik baland-ki, ular orasidagi mushak boshashish holati

sodir bo'lmaydi) mushakka doimiy kuchlanish beriladi (mushakning uzunligi o'zgarishni to'xtatmaguncha).

Keyin keskin ravishda mushaklardagi kuchlanish kamaytiriladi. O'tish jarayonidan so'ng mushaklar doimiy tezlikda ishlay boshlaydi. Tajribani kuchning turli amplitudalari bilan olib borib, kuch-tezlik grafiklarini olib, ularni Hill tenglamasiga qollasa boladi.

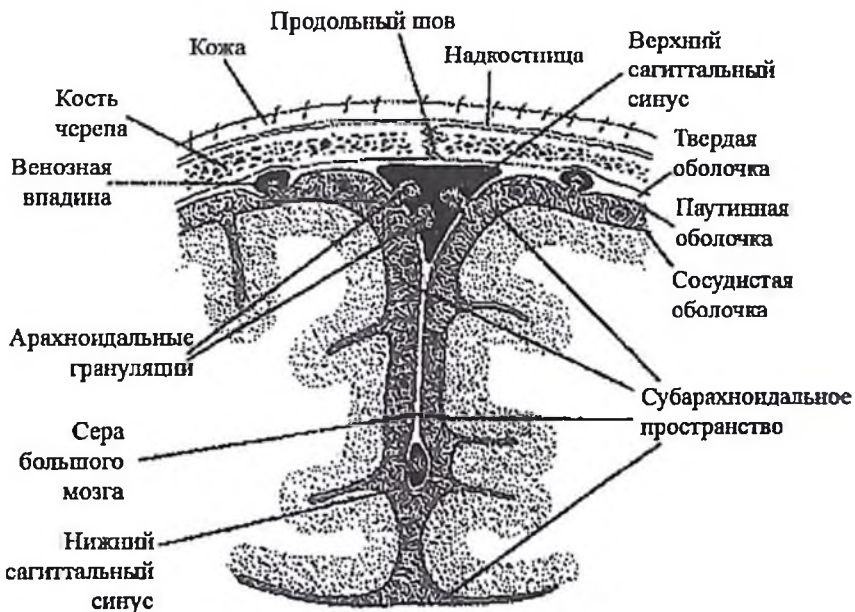
Adabiyotlar

1. Guryev V.Yu. Geterogen miyokarddagi biomexanik jarayonlarni matematik modellashtirish: dis ... sham. jismoniy - mat. fanlar. - Yekaterinburg, 2004-147s. 2. Hill A.V. Qisqartirish issiqligi va mushaklarning dinamik doimiyligi // Proc.R. Soc. Lond. - 1938. - Vol. B126 - 136-195-betlar

2. Hill A.V. The heat of shortening and the dynamic constant of muscle // Proc.R. Soc. Lond. - 1938. - Vol. B126. - P. 136-195.

14 AMALIY MASHG'ULOT. BOSH - MIYA JAROHLARI ASORATLARINI MODELLASHTIRISH .

Моделирование последствий черепно-мозговых травм
Rasm 1. Kranial tizimning diagrammasini ko'rsatadi, bu esa travmatik miya shikastlanishining ta'sirini taqlid qilish uchun tanlangan.



1-rasm. Travmatik miya shikastlanishining ta'sirini taqlid qilish uchun tanlangan kranial tizimning sxemasi.

Dizayn tarmoqlari (gorizontal proektsiyada) ham to'rtburchaklar, ham uchburchak shaklda ko'rsatilgan. 3 (mos ravishda a, b, c).



Shakl 1. Gorizontal proektsiyadagi dizayn tarmoqlari (to'rtburchaklar va uchburchaklar) kranial ta'sirini modellashtirishda ishlatiladi miya jarohatlari.

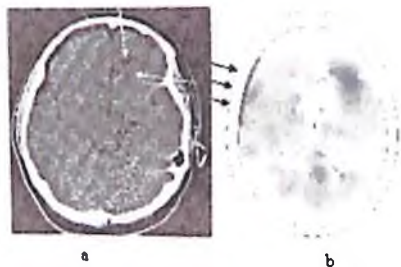
Biz qorincha, membranalar, kul ranglarni o'z ichiga olgan modeldan foydalanamiz modda va 5 qavatli kran. Ushbu muammo ko'rib chiqildi

Bosh suyagi kontakt yuzasida har xil sharoitlar - kulrang materiya: bepul toymasin va yopishadi. Birinchi shart yanada izchil haqiqiy biomexanik jarayon. Maksimal siquvchi va kuchlanishli kuchlanish zonalari

Shakldagi Lena. 4.



Rasm 2. Maksimal siquvchi va kuchlanishli kuchlanish zonalari. Miya shikastlanish joylari asosan maksimal hududlarda hosil bo'ladi miya travmatik jarohatlari natijasida kuchlanish va qichishish yuklari.



Rasm 3. Miya shikastlanish joylarini tomografik tadqiqotlar natijasida olingan va olinganlarni solishtirish.

Ishlatilgan adabiyotlar.

1. Petrov IB Tibbiyot va biologiyada matematik modellashtirish uzluksiz mexanika modellarining asoslari // MIPT materiallari, 2009, 1-jild, №1.

Qandli diabetining differentsial modeli.

Qandli diabet deb nomlanuvchi kasallik keng tarqalgan. Qandli diabet bilan, organizmda shakarning oksidlanishi bilan bog'liq ba'zi jarayonlar, energiya ishlab chiqarishga olib keladi. Agar qon shakarini tartibga soluvchi tegishli mexanizmning ishlashi buzilsa, u ko'payadi. Gomeostazga asosiy ta'sir shakar almashinuvi jarayonlarida ishtirok etadigan insulindir. Bu yoki boshqa sabablarga ko'ra ushbu aniq mexanizmning harakati buziladi.

Umumiy holda, differentsial modellar tabiiy ravishda sodir bo'ladigan jarayonlar bilan bog'liq bo'lib, unda o'zgaruvchilar o'zgarishi sur'atlari sezilarli darajada o'zgaradi, boshqacha aytganda, vaqt o'tishi bilan doimiy ravishda o'zgarib turadigan turli miqdorlar bilan aniqlanadigan dinamik jarayonlar. Kuzatuvlar yoki tajribalar sizga ushbu o'zgarishlarni boshqaradigan qoidalarni o'rnatishga imkon beradi. Ushbu qoidalar o'zgaruvchilarning o'zlarini ham, ularning hosilalarini o'z ichiga olgan tenglamalarga, ya'ni differentsial tenglamalarga olib keladi. Ko'proq jarayonlarni ko'rib chiqish yaxshiroq modelga olib kelishi mumkin, ammo endi bizning harakatlarimiz diabetning eng oddiy differentsial modelini olishga qaratilgan bo'ladi.

Asosiy o'zgaruvchilar

Modelga kiritilgan ikkita asosiy parametr - bu klinik amaliyotda o'lchanadigan yoki boshqarilishi mumkin bo'lgan miqdorlar; Bular qondagi qand darajasi x va insulin darajasi y . Ikkita qo'shimcha o'zgaruvchilar biroz kichikroq rol o'ynaydi - ovqat iste'mol qilish va diabet bilan kasallanganlar uchun insulin iste'mol qilish. Davlatning tenglamalari Sog'lom odamning tanasidagi biokimyoviy jarayonlarning sifat tavsifini quyidagicha umumlashtirish mumkin. Yo'naltiruvchi nuqta sifatida qabul qilingan barqaror holat, ro'za paytida qondagi qand miqdori, x_0 , insulin darajasi nolga teng. Agar bu darajalar tegishli barqaror holatdan farq qiladigan bo'lsa, unda bir necha mustaqil mexanizmlar natijasida ular o'zgaradi.

1. Agar qonda shakar darajasi barqarorlikdan oshsa, oshqozon osti bezi insulinni qon oqimiga kiritadi. Ushbu hodisani aniq chiziqli model

bilan tavsiflas mumkin. $\left[\frac{dy}{dt}\right]_1 = \begin{cases} b_1(x - x_0) & \text{при } x > x_0 \\ 0 & \text{при } x < x_0 \end{cases}$

(1)

Insulinning tarkibi bir nechta biokimyoviy jarayonlar ta'siri ostida kamayadi; tirik organizmda bepul insulinning yarmi 10-25 minut ichida faolsizlanadi. Shuning uchun, siz yozishingiz mumkin $\left[\frac{dy}{dt}\right]_2 = -b_2y, \quad y \geq 0$ (2)

Har qanday tashqi insulin manbai differentsial tenglamada tashqi kuchga mos keladigan atama bilan aniq tavsiflanadi. Sog'lom organizm uchun bu atama xuddi nolga teng; diabet bilan og'rigan bemorlar uchun bu vaqtni in'ektsiya jadvali bilan belgilanadi $\left[\frac{dy}{dt}\right]_3 = b_3w(t)$

(3)

Bi, bg va bs uch turg'unlik ta'rifi bo'yicha musbatdir. Ularni sezgirlik deb atash mumkin va mos ravishda insulin gradientining a) yuqori qon shakariga, b) insulin darajasiga va v) insulin qabul qilishning sezgiriligiga. (A) omilning ba'zi bir murakkabligi munosabatlar tomonidan belgilangan qadam funktsiyasi yordamida aks ettirilishi mumkin $H(\xi) = \begin{cases} 0 & \text{при } \xi < 0 \\ 1 & \text{при } \xi \geq 0 \end{cases}$ (4)

shuning uchun hozirgi vaqtda insulin darajasining umumiy gradientini ifodalash mumkin

Rasm $1 \frac{dy}{dt} = b_1w(t)(x - x_0)H(x - x_0) - b_2y + b_3w(t)$

(5) Shakar darajasining gradientini ko'rib chiqishda quyidagi tarkibiy qismlar ajratiladi:

Insulinning mavjudligi qondagi tarkibini pasaytiradigan shakar metabolizmiga olib keladi. Qondagi qand yoki insulin darajasi qanchalik yuqori bo'lsa, bu tezroq kamayadi. Bundan kelib chiqadiki, hech bo'lmaganda o'zgaruvchilarning kichik o'zgarishlari uchun bu ta'sir ko'rsatilgan ikki darajadagi mahsulot tomonidan yaxshi tasvirlangan bo'ladi. $\left[\frac{dy}{dt}\right]_1 = -a_1xy,$ (6)

1. Qonda shakar miqdori muvozanatdan pastga tushishi mumkin (masalan, ro'za tutish paytida yuqori jismoniy faollik tufayli). Uni

normal darajaga ko'tarish uchun jigarda uglevod zaxiralari chiqariladi.

$$\text{Shuning uchun} \quad \left[\frac{dy}{dt} \right]_2 = \begin{cases} a_2(x_0 - x) & \text{при } x < x_0 \\ 0 & \text{при } x \geq x_0 \end{cases} \quad (7)$$

1. Shuningdek, ko'rib chiqilayotgan model bo'yicha olingan natijalarga ta'sir ko'rsatadigan shakar kontsentratsiyasining ozgina tabiiy pasayishi ham mavjud. Shu sababli, ushbu omil aslida modelga kiritilgan bo'lsa ham, biz uni boshqa ko'rib chiqmaymiz va natijalarni keyingi muhokamada hisobga olmaymiz.

$$\left[\frac{dy}{dt} \right]_3 = a'_2(x - x_0) \quad (8)$$

Qondagi shakarning tashqi manbai iste'mol qilingan oziq-ovqat bo'lib, uni vaqtning aniq funktsiyasi bilan tavsiflash mumkin

$$\left[\frac{dy}{dt} \right]_4 = a_3 z(t) \quad (9)$$

A_1 , a_2 , a_1 va aya konstantalari ham ijobiydir va mos ravishda shakar gradientining sezgirligini a) insulin borligiga, b) past qon shakariga, v) yuqori qon shakariga va d) ovqatni iste'mol qilishga. Oldindan kiritilgan qadam funktsiyasidan foydalanib, qon shakarining umumiy gradienti uchun ifodani quyidagicha yozish mumkin

$$\frac{dx}{dt} = -a_1 xy + a_2(x_0 - x)H(x_0 - x) - a'_2(x - x_0)H(x - x_0) + a_3 z(t) \quad (10)$$

SHUNI YODDA TUTINGKI, MUVOZANAT DARAJASIGA NISBATAN SHAKAR MIQDORINING ORTISHI yoki pasayishi tomon o'zgarishi ikki xil barqarorlashtiruvchi jarayonlar bilan qoplanadi, shunda tizim Asosan chiziqli emas. Bundan tashqari, shakarni olib tashlashning asosiy jarayoni shakar va insulin tarkibiga bog'liq. Shunday qilib, shakarning yo'qolishini belgilovchi atama ham nomutanosibdir, shuning uchun yuqorida kontsentratsiya mahsuloti sifatida tasvirlanish ehtimol modelning eng oddiy versiyasiga to'g'ri keladi. Shuni ta'kidlash kerakki, ko'rib chiqilayotgan model haqiqatni namoyish eta oladigan eng sodda hisoblanadi. Model tenglamalariga kiritilgan turli atamalar, chiziqli atamalar mahsuloti bo'lgan o'zaro ta'sirni tavsiflovchi atamalar bundan mustasno, tekis chiziqli. Biroq,

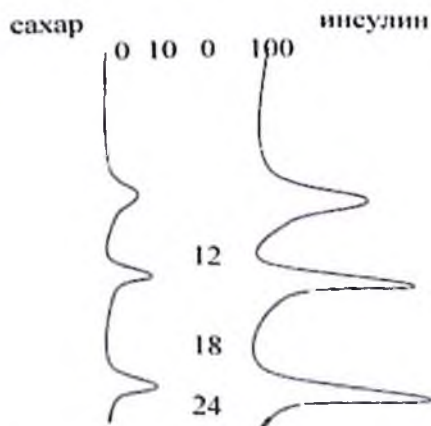
tepaliklar va bo'shliqlar haqiqatda, shuningdek, histerez hodisalari kuzatiladi; bunday ta'riflash uchun.

Taklif etilgan model juda qo'pol.

Tenglamalar tizimini o'rganish Model x tenglamalarida xy mahsulotining mavjudligi ularni elementar tahlil qilishni imkonsiz qiladi. Insulin qabul qilishning chiziqli funktsiyasi tashqi manbalarni tavsiflovchi tizim va turli atamalar tadqiqot uchun jiddiy qiyinchiliklarga olib kelmaydi va agar mahsulot xy bilan bog'liq atamalar bo'lmagan bo'lsa, ba'zi algebraik munosabatlar. Biroq, ushbu nisbatlarning hajmi juda cheklangan bo'ladi, chunki bunday modellashtirish ikki o'zgaruvchi bo'lsa ham, shakar va insulin ta'sirini osonlashtiradi

Aslida, men tizimning turli xil moddalarni kiritilishiga reaksiyasining xususiyatlari haqida faqat umumiy ma'lumotga ega bo'lishni istardim va buning uchun etarli grafikalar mavjud. Tenglamalar tizimini raqamli echish va grafik chiqish moslamasi yordamida natijalarni taqdim etish uchun oddiy dastur tuzildi.

Rasm 1. Shakar va insulin darajasining normal javobi.



Natijalarni muhokama qilish Rasmda 1-rasmda ushbu model asosida qurilgan sog'lom odamda shakar va insulin miqdori (ya'ni, diabetdan aziyat chekadiganlar) kuniga uch marta ovqatlanishga reaksiyasi ko'rsatilgan. Har bir taomda qonda shakar darajasi ko'tariladi

va shu bilan insulin ishlab chiqarilishini rag'batlantiradi; qondagi insulinning mavjudligi shakar miqdorining pasayishiga olib keladi va o'z navbatida tabiiy parchalanish jarayoni tufayli insulin darajasi pasayadi. Ushbu model uchun raqamli ma'lumotlar quyidagicha:

Sezgirlik:

$$a_1 = 0,05,$$

$$a_2 = 1,0,$$

$$a_3 = 4,0,$$

$$b_1 = 0,5,$$

$$b_2 = 2,0,$$

b_3 — qiymati ahamiyatsiz

Glyukoza bardoshlilik testi ro'za tutish paytida normal miqdordagi (100 g) glyukoza miqdorini oziq-ovqat bilan kiritgandan keyin 1/2, 1 va 2 soat davomida uchta qondagi shakar miqdorini beradi va sog'lom odamni diabet kasalidan ajratish uchun xizmat qiladi. Va nihoyat, qora qutining oldingi davolanishga javobi keyingi davolanishga olib keladi. Aytishga hojat yo'q, qora qutining holati davolashda katta rol o'ynaydi. Ko'rib chiqilayotgan muammoni tahlil qilishda yuzaga keladigan qiyinchiliklar aniq. Shakar almashinuvining har qanday tizimi aniq gomeostatik jarayonga to'g'ri keladi. Ikkita asosiy parametрни belgilash mumkin - shakar va insulin darajalarining o'zaro sezgirligi.

Shunday qilib, ushbu parametrlarni o'z ichiga olgan har qanday model, yuqorida taklif qilingan ikki parametrli model misolida bo'lgani kabi, ma'lum darajada aniqlik bilan haqiqatni aks ettiradi. Ko'rib chiqilgan model texnik jihatdan eng oddiy past buyurtma model bo'lib, u ko'rsatilgan kalitlarning sezgirligini hisobga oladi.

Mustaqil ishlash uchun topshiriqlar

1. B3 ni insulinning yarim yemirilish davri bilan bog'laydigan tenglamani toping.

2. Modelga insulin sekretsiyasini tavsiflovchi atamani to'yinganlikni hisobga olgan holda kiriting (ya'ni sekretsianing maksimal darajasi) a) tekis chiziqli usulda; b) yumshoq funktsiya shaklida.

3. Qaysi tizim uchun $z(t)$ miqdorini qabul qilish shakarning quyi

tizimining delta funksiyasi bilan tavsiflangan kirishga javob berishini ko'rsating.

Insulinni etkazib berish funksiyasi $w(t)$ aslida Gaussian taqsimoti bilan tavsiflangan kirishning bir tekis chiziqli ko'rinishi; ushbu taqsimot uchun formulani bering. Qaysi maxsus quyi tizim shunga o'xshash tarzda javob berishini va qaysi kirishga javob berishini ko'rsating.

1. Bundan tashqari, modelga "tez ishlatiladigan" jigar glikogenini $K(t)$ miqdorida qo'shing. Ushbu ta'minot qonda past darajada shakar manbai bo'ladi. $X(t)$ ni taqqoslang, jigarni susaytiradigan va to'ldiradigan shakar oqimlari bilan tanishtiring. (Izoh: ushbu tenglama chiziqsiz bo'ladi, chunki $l = 0$ shakar qonga kirmaydi.)

2. Agar biz Heaviside funksiyasi tomonidan tasvirlangan kesishni hisobga olmasak, ko'rib chiqilayotgan modelning tuzilishi taniqli tulkilar va quyonlarning Volterra muammosiga to'g'ri keladi. Ushbu vazifaning nima ekanligini bilib oling va har ikki holatda ham o'zgaruvchilarning rollarini taqqoslang.

Ishlatilgan adabiyotlar.

1. Komilov M.M., Salaxutdinov V.X. "Matematik modellashtirish" kursi bo'yicha amaliy mashg'ulotlar uchun ko'rsatmalar / TATU. Toshkent - 2008. - 59 s.

Yurak-qon tomir tizimining tartibga solish mexanizmlarini matematik modellashtirish

Kirish

Yurak-qon tomir kasalliklarining cheksiz zo'ravonligi fonida qon aylanish mexanizmlarini o'rganish uchun miqdoriy usullarni har tomonlama rivojlantirish dolzarbdir. Ushbu muammoni muvaffaqiyatli hal qilish faqat yurak to'qimalarining qo'zg'alish xususiyatlarini hisobga olgan holda qon aylanish mexanizmlarini matematik va kompyuterda modellashtirish usullarini qo'llash orqali mumkin. Tajriba va namunaviy tadqiqotlar natijalari [1,4,5,7] yurak to'qimalarida qo'zg'alish jarayonlarining murakkab fazoviy-vaqtinchalik xilma-xilligini ko'rsatadi. Ushbu ishda biz qo'zg'alish paydo bo'lishi va tarqalishining fazoviy ajratilishini hisobga oladigan yurak to'qimalarining

qo'zg'alishining mumkin bo'lgan eng oddiy tenglamalarini ko'rib chiqamiz.

Tizimning funktsional tenglamalari.

Yurak to'qimasini qo'zg'atish jarayonining xarakterli namoyon bo'lishi - bu elektr o'zgarishlar. Faol (hayajonlangan) mushak tolasi faol bo'lmagan (qo'zg'almagan) mushak tolasiga nisbatan zaryadga aylanadi. Shunday qilib, potentsial farq har doim yurak faoliyati jarayonida yurak mushaklarining ba'zi tolalari qo'zg'alganda va ba'zi tolalar hayajonlanmaganida yuzaga keladi. [8].

Mumkin bo'lgan farqning umumiy qiymati vaqtning funktsiyasi bo'lsin. Bir vaqtning o'zida yurak tomonidan chiqariladigan qon bosimi asosan qorincha va atriya'dagi hayajonlangan hujayralar soniga bog'liq. Shuning uchun yurak tomonidan chiqarilgan qon bosimi (va biz buni belgilaymiz) o'rtasida funktsional bog'liqlik mavjud va. Agar bir vaqtning o'zida qorinchalar tomonidan chiqariladigan qon bosimi nafaqat o'sha paytda yurak hujayralari qancha hayajonlanganiga, balki qon bosimining oldingi paytdagi qiymatiga (qorincha sistolining boshlanishiga) va qon bosimi qiymatiga bog'liqligini hisobga olsak. Atriya tomonidan sistol davomida qorinchalarga chiqariladi, so'ngra umumiy holatda o'rtasidagi munosabatlar juda murakkab vazifadir va yurak faoliyatidagi jarayonlarning fazoviy ajratilishini hisobga olish uchun tenglamalardan foydalanishni talab qiladi. Shaklning bog'liqligini ko'rib chiqing:

$$a(t)f(t) + b(t)f(t - h) = Q(t), \quad (1)$$

qayerda $a(t), b(t)$ - atriya va qorinchalarning radial egiluvchanligini ifoda etuvchi doimiy funktsiyalar. Agar turni bilsak, buni ko'rish juda oson $Q(t)$ ha $[0, \infty)$ va $f(t)$ - boshlang'ich segmentda $[0, h]$, topish uchun etarli $f(t)$ ha $[h, \infty)$ berilgan $a(t), b(t)$.

(1) echimlarning eng oddiy xususiyatlarini tahlil qilish uchun biz juda kuchli taxminlar ostida shaklni topamiz $a(t), b(t)$ va h , aniq aytaylik

$$a(t) = b(t) = a^{-1} = \text{const} \neq 0$$

va - juda kichik musbat son. Belgilash

$$h_1 = \frac{h}{2}; \quad Q_1(t) = Q\left(t + \frac{h}{2}\right),$$

formulaga (1) tenglamani keltiramiz

$$f(t + h_1) + f(t - h_1) = aQ_1(t). \quad 2)$$

Biz buni taxmin qilamiz $f(t) \in C^2(0, T)$ shunda

$$f(t + h_1) + f(t - h_1) = 2f(t) + h_1^2 \frac{d^2 f(t)}{dt^2} + O(h^2)$$

yoki boshlang'ich shartlarni hisobga olgan holda (2) tenglamani

$$\text{formada yozamiz } 2f(t) + h_1^2 \frac{d^2 f(t)}{dt^2} = aQ_1(t);$$

$$f(0) = 0; \quad \frac{df(t)}{dt} \Big|_{t=0} = f_0.$$

Ushbu tenglamaning yechimi quyidagi shaklga ega:

$$f(t) = \frac{h_1}{\sqrt{2}} f_0 \sin\left(\frac{\sqrt{2}}{h_1} t\right) + \frac{a}{\sqrt{2} h_1} \int_0^t Q_1(x) \sin\left(\frac{\sqrt{2}}{h_1} (t-x)\right) dx.$$

Endi xulq-atvorni ko'rib chiqing $f(t)$ haqida turli taxminlar ostida

$$Q_1(t)$$

1. Agar $Q_1(t) \equiv 0$ Bo'lsa unda

$$f(t) = \frac{h_1}{\sqrt{2}} f_0 \sin\left(\frac{\sqrt{2}}{h_1} t\right).$$

U juda kichik bo'lgani uchun, bizda juda kichik amplituda tebranishlar mavjud. Shuning uchun yurak yuzasida shunday elektr o'zgarishlar bo'lishi mumkinki, qon bosimi yo'q, ya'ni yurak xujayralarini qo'zg'ata olmaydigan shunday "hayajonli" impulslar bo'lishi mumkin. Bu yurak hujayralari uchun impulsning chegara deb ataladigan qiymati borligini anglatadi. Agar impuls kuchi bu qiymatdan past bo'lsa, unda yurak hujayralari qisqarish funksiyasini bajara olmaydi. Bu haqiqat tibbiyotda ma'lum [8]. Agar yurak to'xtasa ham, lekin uzoq vaqt davomida yurak yuzasida ritmik elektr o'zgarishlar kuzatilishi mumkin.

2. Agar $Q_1(t) \equiv C = const$ bo'lsa unda

$$f(t) = \frac{h_1}{\sqrt{2}} f_0 \sin\left(\frac{\sqrt{2}}{h_1} t\right) + \frac{ac}{2} \left(1 - \cos\frac{\sqrt{2}}{h_1} t\right).$$

Bu tebranish $ac/2$ so'nggi amplitude atrofida aylanadi. $f(t) > 0$ bo'lganidan so'ng, keyin har doim qorincha yuzasining bir qismi qisqaradi. Bu doimiy qon oqimiga yordam beradi.

3. Agar $Q_1(t) = Ae^{-\alpha t}$, $\alpha = const > 0$; $A = const > 0$ bo'lsa. Unda

$$\begin{aligned} f(t) &= \frac{h_1}{\sqrt{2}} f_0 \sin\left(\frac{\sqrt{2}}{h_1} t\right) + \frac{aA}{\sqrt{2}h_1} \int_0^t e^{-\alpha x} \sin\left(\frac{\sqrt{2}}{h_1} (t-x)\right) dx = \\ &= \frac{h_1}{\sqrt{2}} f_0 \sin\left(\frac{\sqrt{2}}{h_1} t\right) + \frac{aA}{2 + \alpha^2 h_1^2} e^{-\alpha t} \left\{ 2 \sin^2 \frac{t}{\sqrt{2}h_1} + \frac{\alpha h_1}{\sqrt{2}} \sin \frac{\sqrt{2}}{h_1} t \right\}. \end{aligned}$$

$\psi(h_1, t)$ orqali a'zolari belgilaymiz. h_1 koefitsiyent kabi;
 $\psi(h_1, t)$ - kichik tebranishlar.. Quyidagi qiymatlarni olamiz

$$f(t) = \frac{2aA}{2 + \alpha^2 h_1^2} e^{-\alpha t} \sin^2 \left(\frac{t}{\sqrt{2} h_1} \right) + \psi(h_1, t).$$

Bu yerda biz pasayuvchi tebranishlarni oldik .

4. Yurak faoliyatini amaliy modellashtirishda qiziq holat mavjud

$$Q_1(t) = Ate^{-\alpha t}; \quad \alpha, A = \text{const} > 0, \quad 3)$$

qon bosimining haqiqiy funksiyasiga juda yaqin [8].

Kompyuterdagi hisob-kitoblar shuni ko'rsatadiki, bu holda parametrlarning o'ziga xos qiymatlariga qarab, yurakka yaqin bo'lgan to'qimalarni qo'zg'atish jarayonining turli xil, haqiqiy holatlariga qarab ko'rish mumkin.

(1) tenglamaga asoslangan yurak faoliyatini ko'rib chiqilgan miqdoriy tavsifidan cheklangan vazifalar doirasidagi yurak to'qimalarining qo'zg'alish jarayonini o'rganish uchun foydalanish mumkin. Bu soddalashtirilgan, ammo yurak mushaklari tenglamasini faollashtirishning muhim jihatlarini aks ettiradi. Quyidagi kamchiliklarni ta'kidlash kerak: yurak faoliyati faolligining arteriyalardagi bosimga bog'liqligi, yurakning chap va o'ng qismlari mavjudligiga beparvolik, tananing holatini yurak faoliyatiga ta'sir etmasligi.

Yurak faolligining yuqoridagi jihatlarini hisobga olgan holda yurak to'qimalarining mushak tolalari qo'zg'alishini ketma-ket miqdoriy tavsiflash asosida yurak faoliyatini simulyatsiya qilishga urinishlar natijalari [2,11,12] da tasvirlangan. Ushbu texnikaga ko'ra, yurak mushaklari tizimi sinus tugunida yurak stimulyatori (yurak stimulyatori) bilan qo'zg'aladigan vosita sifatida qabul qilinadi. Faoliyat to'lqinlari yurak yuzasida tarqalishi bilan uning bo'limlari ishlaydi. Elektron yurak stimulyatori faoliyati neyro-humoral omillar tomonidan tartibga solinadi. Belgilangan:

x_1 - Vaqt birligi t_0 ichidagi muskul tolalari qo'zg'alishi;
 x_2 - Vaqt birligi $t_0 + \tau$ ichidagi muskul qo'zg'alish darajasi;

x_n - Vaqt birligi $t_0 + (n - 1)\tau$ ichidagi qo'zg'alish darajasi, Yurak mushak to'qimasining sinus tugunidagi qo'zg'alishning tarqalishini quyidagi differentsial farq tenglamalari bilan tavsiflash mumkin. [11]:

$$\frac{dx_i(t)}{dt} = \alpha_{i-1}x_{i-1}(t - \tau) - b_{i-1}x_i(t); \quad i = 2, \dots, n, \quad 4)$$

Bu yerda α_i -qo'zg'alish tezligi aktivligini muskul qavatlarida ko'rsatib beruvchi koeffitsiyent; b_i qo'zg'alish tezligi aktivligini pasayishini muskul qavatlarida ko'rsatib beruvchi koeffitsiyent. Shuni esdan chiqazmaslik kerakki, $b_i > \alpha_{i+1}$ va $b_i - \alpha_{i+1}$ birlik energetik yo'qotishni ko'rsatib beradi. Keyin to'liq umumiy mushaklarga ega bo'lgan ikkala atriyani ham qamrab oladi:

o'ng qorincha:

$$\begin{aligned} \frac{dy_1(t)}{dt} &= \beta_1 x_n(t - \tau) - c_1 y_1(t); \\ \frac{dy_i(t)}{dt} &= \beta_i y_{i-1}(t - \tau) - c_i y_i(t); \end{aligned} \quad 5)$$

$$i = 2, \dots, m,$$

Chap qorincha

$$\begin{aligned} \frac{dz_1(t)}{dt} &= \beta'_1 x_n(t - \tau) - c'_1 z_1(t); \\ \frac{dz_i(t)}{dt} &= \beta'_i z_{i-1}(t - \tau) - c'_i z_i(t); \end{aligned} \quad 6)$$

$$i = 2, \dots, m,$$

Bu yerda $y_i(t), z_i(t)$ ($i = 1, 2, \dots, m$) - Vaqt birligi t da o'ng va chap qorinchalardagi qo'zg'algan muskul tolalari soni

$$\beta_i, c_i, \beta'_i, c'_i, \quad (i = 1, 2, \dots, m - 1)$$

koeffitsiyentlar ham shunday xarakterga

ega

Qorinchalarning mushak tolalari bo'ylab perturatsiya to'liqining keyingi tarqalishi quyidagi differentsial farq farqlari bilan ifodalanadi:

O'ng qorincha

$$\frac{d\theta_1(t)}{dt} = \gamma_1 y_m(t - \tau) - d_1 \theta_1(t);$$

$$\frac{d\theta_i(t)}{dt} = \gamma_i \theta_{i-1}(t - \tau) - d_i \theta_i(t);$$

7)

$$i = 2, \dots, k,$$

Chap qorincha

$$\frac{d\eta_1(t)}{dt} = \gamma'_1 z_m(t - \tau) - d'_1 \eta_1(t);$$

$$\frac{d\eta_i(t)}{dt} = \gamma'_i \eta_{i-1}(t - \tau) - d'_i \eta_i(t);$$

8)

$$i = 2, \dots, k,$$

Bu yerda $\theta_i(t), \eta_i(t) \quad (i = 1, 2, \dots, k)$ - o'ng va chap qorinchalardagi qo'zg'algan muskul tolalari soni .

Bu yerda $\gamma_i, d_i, \gamma'_i, d'_i \quad (i = 1, 2, \dots, k)$ - koeffitsiyentlar ham shunday xarakterga ega

Yurak tsiklining boshida sinus tugunining mushak tolalari qo'zg'alishi uchun tenglamalar tayyorlashga murojaat qilamiz. Ushbu tolalarning qo'zg'alish miqdori va darajasi energiya ta'minotiga, yurak tsiklining oldingi bosqichidagi atriya va qorinchalarning samarali ishlashiga, yurak va umuman organizmning holatiga bog'liq. Ro'yxatda keltirilgan parametrlar oxir-oqibat yurak mushaklarining ishlashiga bog'liq bo'lib, uning asosida butun organizm zarur resurslar bilan ta'minlanadi. So'ngra, qo'zg'alish tabiati qo'zg'aladigan muhitning o'ziga bog'liq - [4,7,9,13] va sinus tugunining hujayralariga neyroxumoral ta'sirni (tananing yon tomonidan, uning holatiga va

shuning uchun yurakning tabiatiga bog'liq) hisobga olsak. yozish:

$$\frac{dx_1(t)}{dt} = F_s(\theta_k(t), \eta_k(t))F_i(\theta_k(t), \eta_k(t)) - b_0x_1(t),$$

Bu yerda F_s - stimulyatsiya funksiyasi; F_i - Ingibirlash funksiyasi

Bunday jarayonlarni o'rganishda inhibitsiyon funksiyasi odatda uning argumentlarining monoton ravishda pasayadigan funksiyasi shaklida olinadi [9]. Yopiq tartibga solish tizimlarini modellashtirish tajribasini hisobga olgan holda [9,10], biz yozamiz:

$$\frac{dx_1(t)}{dt} = F_s(\theta_k(t), \eta_k(t)) \exp(-\delta_1\theta_k(t) - \delta_2\eta_k(t)) - b_0x_1(t),$$

Bu yerda δ_1, δ_2, b_0 - manfiy bo'lmagan doimiy kattalik . Yurakning faoliyati odatda qorinchalarning sinxron ishlashini va ulardan bittasining faoliyati to'xtashini yurakning to'xtab qolishiga va umuman faoliyatning rivojlanishiga olib kelganligi sababli, ogohlantiruvchi funksiyani o'z argumentlarining bir hil funksiyasi shaklida olish mumkin. Shuning uchun yurak aylanishining boshlang'ich bosqichida sinus tugunining mushak tolalari qo'zg'alishi kattaligining eng soddalashtirilgan shaklida quyidagi tenglamani yozamiz:

$$\frac{dx_1(t)}{dt} = a\theta_k(t)\eta_k(t) \exp(-\delta_1\theta_k(t) - \delta_2\eta_k(t)) - b_0x_1(t), \quad 9)$$

Bu yerda a - manfiy bo'lmagan doimiy.

Bunday holatda quyidagi qiymatlarni oladi $n + 2m + 2k + 1$ (4) -

(9)) chiziqli bo'lmagan differentsial farqli tenglamalar. n, m, k kattaliklar biologik ma'lumotlar asosida aniqlanishi mumkin. Tegishli vaqt intervallarida dastlabki shartlarni hisobga olgan holda, ushbu tenglamalar tizimining echimini ketma-ket integratsiya usuli bilan olish mumkin [9,13]. (4) - (8) tizimlar tenglamalari uchun nol boshlang'ich shartlar saqlanib qoladi, chunki yangi tsikl boshlanganda yurak mushak tolalari dam oladi. Yurak tsiklining boshlang'ich bosqichida sinus tugunining mushak tolalari qo'zg'alish kattaligini ifodalovchi (9) tenglama uchun koeffitsientlarning qiymatlari va boshlang'ich shartlari venoz qaytish qon bosimining qiymatlarini hisobga olgan holda

aniqlanadi. Bunday holda, birinchi tenglama (4) formadagi farqlanmaydigan differentsial tenglama bo'ladi:

$$\frac{dx_2(t)}{dt} = a_1\varphi(t) - b_1x_2(t)$$

Ushbu tenglamani uzunlik segmenti bo'yicha echish ikkinchi tenglamaning bir xil bo'lmagan qismini (4) va boshqalarni aniqlaydi. Shu tarzda (4) - (8) va (9) tenglamaning o'ng tomoni aniqlanadi.

Chiziqsizlik va ko'rib chiqilayotgan ko'plab tenglamalar tegishli qisqartirilgan tizimlardan foydalanishni talab qiladi. [11] da bunday tenglamalarni kamaytirishning asosiy usullari batafsil tavsiflangan va yurak to'qimalarining qo'zg'alishining haddan tashqari kamaytirilgan tenglamalari quyidagi bitta chizikli bo'lmagan differentsial-farq tenglamasi ko'rinishida ko'rib chiqiladi:

$$\frac{dx(t)}{dt} = ax^2(t-h) \exp(2(1-x(t-h))) - bx(t),$$

(bu yerda $a, b - const \geq 0$) quyidagi o'lchovsiz shaklda yozilishi mumkin:

$$\frac{1}{bh} \frac{dx(t)}{dt} = \frac{a}{b} x^2(t-1) \exp(2(1-x(t-1))) - x(t), \quad 10)$$

Bu yerda $x(t)$ - vaqt birligi ichida qo'zg'algan muskul kattaligi t ; - yurak mushak to'qimasi tolalari qo'zg'alishining o'rtacha tezligini tavsiflovchi parametr; - yurak mushagi to'qimalarining qo'zg'alishini bostirishning o'rtacha tezligini tavsiflovchi parametr; - yurak faoliyati tizimida geribildirim amalga oshirish uchun talab qilinadigan o'rtacha vaqtni tavsiflovchi parametr. Parametrlarning qiymatlari va asosan yurak mushaklarini qon bilan ta'minlash darajasiga, umuman organizm holatiga bog'liq.

(10) tenglama barqaror salinimli echimlarga ega ekanligi, yurak faoliyatining funksional faol rejimlarini ifoda etishi va umuman yurak

to'qimalarining qo'zg'alishining eng umumiy naqshlarini miqdoriy va sifatli tahlil qilish uchun foydalanish mumkinligi ko'rsatildi [2,12]. U (arterial tomirlardagi qon harakatini tavsiflash uchun Navier-Stokes tenglamalarini va tananing organlari va to'qimalarida qon tashishini tavsiflash uchun faol va passiv tarqalish tenglamalarini qo'shgan holda) qon aylanishining minimal yopiq modelini va dasturiy ta'minotini yaratish uchun ishlatilgan - QOIDALAR [10]. . Qon aylanish mexanizmlarini tahlil qilishda REGUS dan foydalanish normaldir, aritmiya va to'satdan yurak tutilishining paydo bo'lishi va rivojlanishi, uni yurak-qon tomir tizimi ishlash mexanizmlarini miqdoriy o'rganish uchun foydalanish mumkinligini ko'rsatdi. REGUS dasturi 40-96 granti doirasida portal gipertenziya uchun xirurgik davolashni optimallashtirish muammosini hal qilishda muvaffaqiyatli qo'llanildi (O'zR Sog'liqni saqlash vazirligining "Ko'krak jarrohligi" ilmiy-tadqiqot instituti prof. F.Adilovaning rahbarligi ostida [3]).

Atriy, qorinchalar va yurak stimulyatoridagi mumkin bo'lgan anomaliyalarni tahlil qilish vazifalarini ko'rib chiqishda yurak stimulyatoridagi qo'zg'aluvchi hujayralar sonining o'rtacha qiymatlarini hisobga olgan holda (4) - (9) tenglamalardan olingan quyidagi yurak to'qimalarining qo'zg'alish tenglamalari tizimidan foydalanish mumkin. atriya va qorinchalar:

$$\frac{dx(t)}{dt} = a_1 \theta(t - \tau_0) \eta(t - \tau_0) e^{(-\delta_1 \theta(t - \tau_0) - \delta_2 \eta(t - \tau_0))} - b_1 x(t);$$

$$\frac{dy(t)}{dt} = a_2 x(t - \tau_1) - b_2 y(t);$$

$$\frac{dz(t)}{dt} = a_3 x(t - \tau_2) - b_3 z(t);$$

11)

$$\frac{d\theta(t)}{dt} = a_4 y(t - \tau_3) - b_4 \theta(t);$$

$$\frac{d\eta(t)}{dt} = a_5 z(t - \tau_4) - b_5 \eta(t);$$

Bu yerda $x(t), y(t), z(t), \theta(t), \eta(t)$ - Peysmeyker, o'ng qorincha ,
 a, b, δ, τ - musbat doimiy.
 chap qorincha qo'zg'alishi;
 Sifatli tadqiqotlar natijalari (11) barqaror trivial muvozanat
 pozitsiyasining mavjudligini ko'rsatmoqda. Trivial bo'lmagan
 muvozanat holatining mavjudligi bu tenglamaning yechimlariga bog'liq

$$A\xi e^{-\delta\xi} = 1, \quad 12)$$

Bu yerda

$$A = \frac{a_1 a_2 \dots a_5}{b_1 b_2 \dots b_5}, \quad \delta = \delta_1 \frac{a_2 a_4}{b_2 b_4} + \delta_2 \frac{a_3 a_5}{b_3 b_5}.$$

Tahlil (12) uchun ikkita ijobiy ildiz mavjudligi ko'rsatilgan

$$A > \delta e.$$

Kompyuterda sifatli va miqdoriy tahlilga asoslanib, nitrivial bo'lmagan muvozanat pozitsiyalarining barqarorligini o'rganish (11) barqaror bo'lmagan muvozanat pozitsiyasi va tebranishli echimlar mintaqasi mavjudligini ko'rsatadi. Ikkinchisi Poincare tipidagi chegara tsikllari (yurakning normal ritmi) va tartibsiz salinimlar (aritmianin turli shakllari) shaklida bo'lishi mumkin. Ba'zi hollarda, tegishli REGUS modifikatsiyasidagi hisoblash tajribalarida tebranishlarning parchalanishi ("qora tuyruk" effekti) yuzaga keladi, bu to'satdan yurak urishi va qon aylanish tizimida bosimning keskin pasayishini anglatadi. Fazoviy fazoda yechimning harakatini va parametrik portretni tuzishni tartibga soluvchi asosiy qonunlarni aniqlash bilan batafsil sifatli tahlil (11) keyingi tadqiqotlar mavzusidir.

Shunday qilib, yurak faoliyatini miqdoriy tahlil qilish sohasida hal qilinishi kerak bo'lgan vazifalarga qarab quyidagilardan foydalanish mumkin: funktsional tenglama (1), differentsial-farq tenglamasi (10) va differentsial-farqli tenglamalar tizimi (11). Sifatli tahlillarning ushbu dastlabki natijalari ma'lum sharoitlarda barqaror statsionar, davriy

eritmalar, tartibsiz salınımlar va qora tuynuk effekti mavjudligini ko'rsatadi. Klinikada ularning mavjudligi sharoitlarini yurak faoliyati parametrlarining o'ziga xos qiymatlari bilan aniqlash mumkin bo'lsa, qon aylanish tizimining o'ziga xos kasalliklarini modellashtirish mumkin [3] va davolash taktikasini tanlash bo'yicha tavsiyalarni taklif qilish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. *Goldberger A.L.* Cardiac chaos //Science, 243 (4987),1989, 1419.
2. *Hidirova M.B.* Cybernetic simulation of "heart-vessels" systems. In proceedings, 10-th International Congress on Cybernetics and Systems. August, 26-31, 2, Buharest, 1996, 77.
3. *Hidirova M.B., Adilova F.T.* Mathematical Modeling of Portal Hypertension//Proceedings, Ninth World Congress on Medical Informatics, August 18-22, Korea, Seoul, Edited by B.Cesnik, A.T.McGray,DS, Press. Amsterdam-Berlin-Oxford-Tokyo-Washington, 1998, 399.
4. *Winfree A.T.* Electrical turbulence in three-dimensional heart muscle //Science, 266, 1994, 1003-1006.
5. *Witkowski F.X.* Spatiotemporal evolution of ventricular fibrillation. Nature,392, 1998, 78-82 .
6. *Камке Э.* Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. М.: ИЛ, 1951.
7. *Кринский В.И., Михайлов Ф.С.* Автоволны. М.: Знание, 1984, 64
8. Физиология кровообращения. Физиология сердца. Л.: Наука,1980, 72-82.
9. *Хидиров Б.Н.* Об одном методе исследования регуляторики живых систем //Вопр. кибернетики. Ташкент, 128, 1984, 41-46.
10. *Хидирова М.Б.* Программа для гибридного моделирования сердечно-сосудистой системы (REGUS). Свидетельство № 83. N ED GU 9700014. Зарегистрировано в Государственном реестре

программ для ЭВМ 24.04.1997.

11. *Хидирова М.Б.* Об одной замкнутой модели сердечно-сосудистой системы (ССС): Механика возбуждения сердечной ткани //Проблемы механики,2,1998, 39-43.

12. *Хидирова М.Б.* Об одной замкнутой модели сердечно-сосудистой системы (ССС): Норма и аномалия сердечной деятельности //Проблемы механики,3, 1998, 29-33.

13. *Хидирова М.Б.* Об одной замкнутой модели сердечно-сосудистой системы (ССС): Основные уравнения и результаты вычислительных экспериментов //Проблемы механики, 5, 1998, 26-30.

MUNDARIJA

1. Kirish.....	3
3. Amaliy mashg'ulotlarga qo'yiladigan asosiy talablar.	4
1-bo'lim.....	6
2. Tibbiyot oliy o'quv yurtlari talabalarini matematik modellashtirishni o'qitishning metodologik va nazariy asoslari.....	6
3. Matematik modellashtirish tibbiyot oliygohlari talabalarining kasbga oid muhim ko'nikmalarini shakllantirish vositasi sifatida	31
4. Tibbiyotda matematik modellar.....	40
1 amaliy mashgulot	44
Obyektning rasmiy modeli.....	44
2 amaliy mashgulot	48
Tibbiy tashhis modellari	48
3 amaliy mashgulot.	58
Noaniq tuplamlar nazariyasini qo'llagan holda tibbiy tashxis uchun ekspert tizimini yaratish yondoshuvi.	58
Tibbiy tashxis uchun ekspert tizimini yaratish yondoshuvi	58
4 amaliy mashg'ulot.....	70
Populyatsiya dinamikasi modeli Aholi dinamikasi modeli	70
Puls to'lqini modeli.....	80
5 amaliy mashg'ulot. Кон томир канали модели. Qon tomir tizimi modeli.....	81
6. amaliy mashg'ulot. Структур моделлар. Структурaviy modellar.....	86
7 amaliy mashg'ulot. Imitasion modellashtirish.....	96
8 amaliy mashg'ulot. Вольтерр модели (Ўлжа - йиртгич модели).....	102
9 amaliy mashg'ulot Epidemiyaning oddiy matematik modeli.....	111
10 amaliy mashg'ulot. Infeksiyon kasallikning oddiy modeli	115
12 amaliy mashgulot. U yoki bu ekologik jarayonlarni modellashtiruvchi tipik vazifalari.....	138
13. amaliy mashg'ulot. Optimizatsiya metodlari – umurtqa deformatsiyasini tashqi fiksatsiya apparati bilan korreksiyalash jarayonini modellashtirish. Методы оптимизации - моделирование процесса коррекции деформации позвоночника аппаратом внешней фиксации [1]	147
14 amaliy mashg'ulot. Bosh - miya jarohatlari asoratlarini modellashtirish	150



**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
SOG'LIQNI SAQLASH VAZIRLIGI
TOSHKENT TIBBIYOT AKADEMIYASI**

NASHR RUXSATNOMASI



**O'QUV ADABIYOTINING
NASHR RUXSATNOMASI**

**O'zbekiston Respublikasi Sog'liqni saqlash vazirligi
Toshkent tibbiyot akademiyasi rektorining 2022-yil
22-dekabrda 441-sonli buyrug'iga asosan**

M.I.Bazarbayev, D.I. Sayfullayeva, A.F.Marasulov

(tasmallif (lar) familiyasi, ismi, sharaflari)

(bu Tim yo'nalishi tasmallanuvchi)

60910600- Tibbiy biologik ish ta'lim yo'nalishi ning

talabalari (o'quvchilar) uchun tavsiya etilgan

Biologiya va tibbiyotda matematik modellashirish

(o'quv adabiyotining nomi va turi, shartlik, o'quv qo'llanmasi)

O'quv qo'llanma ga

**O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi
tomonidan litsenziya berilgan nashriyotlarda nashr
etishga ruxsat berildi.**



Rektor _____ **A.K.Shadmanov**
(imzo)

Ro'yxatga olish raqami
2022-147



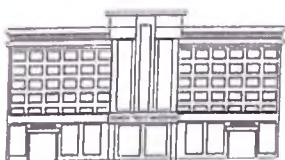
M.I.BAZARBAEV, D.I.SAYFULLAYEVA, A.F.MARASULOV

BIOLOGIYA VA TIBBIYOTDA MATEMATIK MODELLASHTIRISH

O'quv qo'llanma

Bosh muharrir O. Kozlova
Badiiy muharrir J. Xamdamov
Kompyuterda sahifalovchi S. Sultanova

NASH.lits. AA № 8798
«TIBBIYOT NASHRIYOTI MATBAA UYI» MChJ
Toshkent shahri, Olmazor tumani, Shifokorlar, 21



TIBBIYOT NASHRIYOTI MATBAA UYI

Shartli bosma tabog'i – 28,1. Adadi – 20. Qog'oz bichimi 60x84. 1/16.
Buyurtma № 2523-2023.

«TIBBIYOTNASHRIYOTIMATBAAUYI» MChJ da chop etildi
100109. Shifokorlar ko'ch. 21, tel: (998 71)214-90-64, e-mail: rio-tma@mail.ru № GUVOHNOMA: 7716

ISBN 978-9943-9315-9-6



9 789943 931596 >