

DIFFERENSIAL HISOBNING FARMAKOKINETIKA VA OZIQ-OVQAT
SANOATIDA AMALIY TATBIQLARI

Ismoilova Zamira Tuxtayevna

*Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti,
Oliy matematika va axborot texnologiyalari kafedrası katta o'qituvchi*

Annotatsiya. *Tibbiyot va oziq-ovqat sanoati kabi murakkab sohalarda jarayonlarni tahlil qilish, optimallashtirish va nazorat qilishda differensial hisobning ahamiyati beqiyos. Ushbu maqolada farmakokinetika (dori moddalarining organizmdagi konsentratsiyasi dinamikasi) va oziq-ovqat mahsulotlarini qayta ishlashdagi harorat nazorati misollaridan foydalanib, differensial hisob-kitoblarning qanday qilib amaliy yechimlar taklif etishi, jarayonlarni bashoratlash va boshqarish imkoniyatlarini ko'rsatib berilgan. Maqola har ikkala sohada ham maksimal samaradorlikka erishish, xavflarni kamaytirish (masalan, intoksikatsiya) va resurslardan oqilona foydalanishda matematik modellashirishning rolini chuqur o'rganadi. Xususan, dori konsentratsiyasining cho'qqi nuqtasini aniqlash va pishirish jarayonlarining optimal vaqtini belgilash usullari batafsil yoritilgan.*

Annotation. *The significance of differential calculus in analyzing, optimizing, and controlling complex processes within fields like medicine and the food industry is immense. This article demonstrates how differential calculus provides practical solutions and enables the prediction and control of processes, using examples from pharmacokinetics (the dynamics of drug concentration in the body) and temperature control in food processing. The paper thoroughly investigates the role of mathematical modeling in achieving maximum efficiency, minimizing risks (e.g., intoxication), and optimizing resource utilization in both domains. Specifically, methods for determining peak drug concentration and establishing optimal cooking times are detailed.*

Kalit so'zlar: *Differensial hisob, farmakokinetika, dori konsentratsiyasi, matematik modellashirish, ekstremum, harorat nazorati, optimallashtirish, tibbiyotda qo'llash, oziq-ovqat sanoati.*

Keywords: *Differential calculus, pharmacokinetics, drug concentration, mathematical modeling, extremum, temperature control, optimization, medical applications, food industry.*

XXI asrda ilm-fan va texnologiyaning jadal rivojlanishi natijasida tibbiyot, farmatsevtika, oziq-ovqat sanoati kabi murakkab va muhim sohalarda raqamli nazorat, bashoratlash va optimallashtirish tizimlariga bo'lgan ehtiyoj keskin oshdi. Ushbu ehtiyojni qondirishda matematik modellashirish, ayniqsa differensial hisob asosida qurilgan modellarning roli beqiyosdir. Chunki real jarayonlarning ko'pchiligi dori moddalarining tanadagi harakati, oziq-ovqat mahsulotlarining termik qayta ishlaniishi kabi vaqtga bog'liq dinamik tizimlar bo'lib, ularni aniq tahlil qilishda hosilalar, ekstremumlar, grafigining botiqligi, monotonligi va asimptotalar kabi differensial analiz vositalaridan foydalanish zarur bo'ladi.

Farmakokinetika, ya'ni dori moddalarining organizmdagi konsentratsiyasi vaqt o'tishi bilan qanday o'zgarishini ifodalovchi matematik modellar differensial hisobning amaliy qo'llanilishiga yorqin misol bo'la oladi. Dori ta'sirining eng yuqori darajasi maksimum va

organizmdan chiqarilish tezligini aniqlash, bemorga mos individual dozani belgilash jarayonida bu tahlillar muhim ahamiyat kasb etadi. Shu kabi, oziq-ovqat sanoatida mahsulotning ichki haroratini pishirish jarayonida aniqlash, haddan tashqari qizib ketishini oldini olish, energiya sarfini kamaytirish va sifatni barqaror saqlash uchun ham differensial hisob asosidagi matematik modellar zarurdir.

Ushbu maqolada differensial hisobning ikki muhim sohadagi farmakokinetik analiz va ovqat mahsulotlarini pishirishdagi harorat nazoratidagi amaliy tatbiqlari chuqur yoritiladi. Birinchi navbatda, dori moddasining qon tarkibidagi konsentratsiyasi funksiyasi asosida ekstremum nuqtalar va ularning klinik ahamiyati tahlil qilinadi. Ikkinchi qismda esa, pishirish jarayonining matematik modeli asosida mahsulot haroratining vaqtga bog'liq o'sishi, uning maksimal qiymatga yaqinlashuvi, grafigining botiqligi va harorat o'sish tezligining tahlili orqali optimal pishirish vaqti aniqlanadi. Bu masala differensial hisob vositalarining nafaqat nazariy, balki amaliy hayotdagi hal qiluvchi rolini ko'rsatadi. Shuningdek, u zamonaviy sog'liqni saqlash, oziq-ovqat texnologiyalari va raqamli boshqaruv tizimlari uchun matematik modellashtirish va bashoratlash metodologiyasining fundamental poydevorini ifodalaydi.

$$C(t) = A \cdot t \cdot e^{-kt} \quad t \geq 0$$

Dori moddasining konsentratsiyasi ko'plab hollarda quyidagi matematik funksiya orqali ifodalanadi bu yerda:

(t) - dori moddasining vaqt t da qon tarkibidagi konsentratsiyasi (masalan, mg/l),

A - dozalash, singish tezligi va boshqa fiziologik omillarga bog'liq koeffitsiyent;

$k > 0$ - organizm tomonidan dori chiqarilish tezligini ifodalovchi eliminatsiya konstantasi (vaqtga teskari birlikda);

t - vaqt odatda daqiqa yoki soat birligida;

Vaqtning boshlanishida $t = 0$ dori qonga yuboriladi, lekin u hali to'liq singmagan shuning uchun $C(0) = 0$. Vaqt o'tishi bilan dori qonga singa boshlaydi va konsentratsiya ortadi $C(t)$. Ma'lum bir maksimal nuqtaga erishgach, organizm dorini parchalay boshlaydi metabolizm, siydik bilan chiqarilish konsentratsiya kamayadi.

Bu esa funksiya shaklida maksimal qiymat (ekstremum) paydo bo'lishini bildiradi. Shuning uchun

$$C'(t) = (A \cdot t \cdot e^{-kt})' = A \cdot e^{-kt}(1 - kt);$$

$$C'(t) = 0 \Rightarrow 1 - kt = 0 \Rightarrow t = \frac{1}{k}$$

Demak, maksimal konsentratsiya vaqtida $t = \frac{1}{k}$ yuz beradi.

Bu vaqtda dorining eng kuchli ta'sir qiladigan vaqti, dozalashni takrorlash yoki to'xtatish qarori uchun asos, intoksikatsiya (zaharli ta'sir) xavfi oshadigan payt ham bo'lishi mumkin.

Dorining maksimal samarali ta'siri uchun $t = \frac{1}{k}$ da yangi doza yuborilishi mumkin. Bu vaqt bemorning qonida kerakli konsentratsiyani saqlab turadi. Agar $C(\frac{1}{k})$ qiymati fiziologik xavf chegarasidan ohsa, doza kamaytiriladi yoki yuborish oralig'i uzaytiriladi. Har xil dorilar uchun k va A parametrlari turlicha bo'ladi. Kichikroq $k \rightarrow$ dori uzoqroq ta'sir qiladi. Katta $A \rightarrow$ yuqoriroq maksimal konsentratsiyaga ega.

Funksiya va uning hosilasi yordamida dorilarning qon tarkibidagi kontsentratsiyasini matematik modellashtirish imkonini mavjud. Bu tahlil orqali dorining maksimal ta'sir vaqti aniqlanadi, Optimal dozlash rejimini ishlab chiqiladi, intoksikatsiya xavfini kamaytirish mumkin bo'ladi, dori terapiyasini individualizatsiya qilish imkoniyati paydo bo'ladi. Bu differensial hisobning tibbiyotdagi eng aniq va kuchli amaliy tatbiqlaridan biridir.

Tibbiyotda dori kontsentratsiyasining maksimal darajasini differensial hisob orqali aniqlash. Farmatsevtikada muhim muammolardan biri dori vositalarining tanadagi ta'sir vaqtini optimallashtirishdir. Har bir dori moddasining qondagi konsentratsiyasi vaqt o'tishi bilan o'zgaradi. Ushbu o'zgarish matematik funksiya bilan ifodalanadi va ekstremum nuqtalar differensial hisob yordamida topiladi.

Masala. Tana ichida dori moddasi kontsentratsiyasi vaqt t soatda ga bog'liq bo'lib, quyidagicha ifodalanadi:

$$C(t) = 50 \cdot t \cdot e^{-0,5t} \quad t \in [0, 10]$$

Bu ko'paytma funksiyasi bo'lib, fizikada dori kontsentratsiyasi kabi holatlarni modellashtirishda qo'llaniladi. $C(t)$ –kontsentratsiya (mg/l), t –vaqt;

Aniqlik sohasi

$$D(C) = [0, 10] \in \mathbb{R}$$

Bu fizik jihatdan mantiqiy, chunki dori faqat $t \geq 0$ uchun qonda mavjud. Bu interval berilgan masalada vaqt t masalan, soat bo'yicha chegaralangan, shuning uchun funksiya faqat shu oraliqda o'rganiladi.

Ushbu ko'rinishdagi funksiya eksponent bilan cheklangan chiziqli o'sish ifodasi bo'lib, u ko'plab real hayotiy jarayonlarda uchraydi. Bu kabi funksiyalar quyidagi asosiy xususiyatlarga ega. Boshlanishda o'sish sodir bo'ladi chunki chiziqli t soni ustun bo'ladi. Ma'lum bir vaqt o'tib, eksponentli kamayish komponenti ustunlik qiladi. Natijada funksiya maksimumga yetadi va so'ngra pasaya boshlaydi. Bu ekstremum nuqtasi ko'pincha eng samarali vaqt, optimal miqdor, yoki eng yuqori foyda bilan bog'liq bo'ladi. Funksiyaning birinchi hosilasi kritik nuqtalar va ekstremumlari

$$C'(t) = (50 \cdot t \cdot e^{-0,5t})' = 50 \cdot e^{-0,5t} + 50 \cdot t(-0,5) \cdot e^{-0,5t} = e^{-0,5t}(50 - 25t)$$

$$\text{Kritik nuqtalar uchun: } C'(t) = 0 \Rightarrow 50 - 25t = 0 \Rightarrow t = 2$$

$$\text{Bu nuqtadagi qiymat: } C(2) = 50 \cdot 2 \cdot e^{-1} = \frac{100}{e} = 36,79 \text{ mg/l};$$

Asosiy fiziologik bosqichlar

1. Singish bosqichi $0 < t < 2$ dorining qonga singishi faollik bosqichida bo'lib, kontsentratsiya tez o'sadi. Bu davrda dori plazmaga tez so'riladi va terapevtik ta'sir ko'rsata boshlaydi.

2. Maksimal ta'sir vaqti $t = 2$ soat vaqtida qon tarkibidagi kontsentratsiya maksimal qiymatga $36,79 \text{ mg/l}$ yetadi. Bu nuqta dorining eng samarali ta'siri ko'rinadigan vaqtni ifodalaydi. Bu vaqtda bemorda terapevtik effekt eng yuqori bo'ladi.

3. Eliminatsiya bosqichi $t > 2$ bu vaqtdan so'ng, dori moddasining chiqarilishi metabolism va ekskresiya ustunlik qiladi. Kontsentratsiya kamayadi, dori samarasi sekin-asta susayadi. Birinchi tartibli hosila yordamida aniqlangan $t = 2$ nuqtasi, dori

kontsentratsiyasining ekstremum nuqtasini bildiradi. Bu vaqtda dori ta'siri maksimal, qo'shimcha dozalash zarurligi yuzaga kelishi mumkin, dozani oshirmaslik kerak, chunki kontsentratsiya cho'qqiga yetgan. Tahlil yordamida organizmda dorining haddan tashqari to'planishidan ogohlantiruvchi chegaralar aniqlanadi. Intoksikatsiya xavfini kamaytirish uchun bu turdagi tahlil farmakologik xavfsizlikni kafolatlaydi. Har bir bemor uchun eliminatsiya tezligi k qiymati farqli bo'lishi mumkin. Shunga ko'ra, optimal doza va vaqt oralig'i individual tarzda hisoblab chiqiladi.

$$C(t) = 50 \cdot t \cdot e^{-0,5t}$$

Bu matematik model orqali dori ta'sirining boshlanishi, eng kuchli ta'sir ko'rsatadigan vaqt, dozalashni takrorlash zarurati, davolashning samaradorligi va xavfsizligi klinik jihatdan asoslab beriladi. Differensial hisob vositalari orqali bunday funksiyalarni tahlil qilish zamonaviy tibbiyotda farmakokinetik modellashirishning asosiy poydevorlaridan biridir.

Ovqat sanoatida sifatli mahsulot ishlab chiqarish jarayonida harorat nazorati muhim rol o'ynaydi. Ayniqsa, avtomatlashtirilgan pishirish tizimlarida haroratning dinamikasini oldindan bilish mahsulotning sifatini barqaror saqlash, ortiqcha energiya sarfini kamaytirish va xavfsiz pishirish me'yorlariga rioya qilish imkonini beradi. Bunday tizimlarda matematik modellashirish pishirish jarayonini aniq bashoratlash va boshqarish vositasi sifatida ishlatiladi.

Pishirish vaqtida mahsulotning ichki harorati o'zgarib boradi. Bu o'zgarish differensial hisob vositalari yordamida tahlil qilinib, optimal pishirish vaqti, ya'ni mahsulot zarur haroratga erishgan vaqti, aniqlanadi. Mazkur funksiyaning birinchi va ikkinchi tartibli hosilalari, harorat grafigining xatti-harakatlari, botiqligi va gorizont al asimptotasi orqali bu jarayon nazariy jihatdan asoslab beriladi.

Amaliy masalada pishirish jarayonida mahsulotning ichki harorati vaqtga bog'liq holda quyidagicha ifodalanadi:

$$T(t) = 300 - 200 \cdot e^{-0,1t}, t \geq 0$$

Bu model sovish qonuni asosida tuzilgan bo'lib, harorat o'zgarishi tashqi muhit (ya'ni pech) harorati bilan bog'liq tarzda eksponensial tusda bo'ladi. Bu yerda: $T(t)$ – mahsulotning ichki harorati $^{\circ}C$ vaqt t da, t - vaqt (minutlarda), $300^{\circ}C$ - pechning barqaror harorati (tashqi muhit harorati), 200 – dastlabki harorat farqi. $e^{-0,1t}$ – mahsulot ichki haroratining vaqtga bog'liq ravishda oshish modeli.

$$\text{Boshlang'ich qiymat } T(0) = 300 - 200 \cdot e^{-0,1 \cdot 0} = 300 - 200 = 100^{\circ}C ;$$

Bu mahsulotning dastlabki ichki haroratidir. Chegara qiymat asimptotik limit

$$\lim_{t \rightarrow \infty} T(t) = 300^{\circ}C$$

Bu qiymat pechning maksimal barqaror harorati bo'lib, mahsulot unga yaqinlashadi, lekin hech qachon oshmaydi. Funksiyaning birinchi hosilasi yordamida monotonlik tahlilini qaraymiz: $T'(t) = (300 - 200 \cdot e^{-0,1t})' = 20 \cdot e^{-0,1t}$ $e^{-0,1t} > 0$ har doim, shuning uchun $T'(t) > 0$ har qanday $t \geq 0$ uchun. Demak, harorat doim o'suvchi funksiya. Mahsulot ichki harorati vaqt o'tishi bilan doim oshadi, ya'ni mahsulot qizib boradi. Ammo bu o'sish tezligi pasayadi, bu holatni aniqlash uchun ikkinchi tartibli hosila olinadi.

$$T''(t) = 20 \cdot e^{-0,1t} = -2 \cdot e^{-0,1t}$$

$T''(t) < 0$ har qanday $t \geq 0$ uchun. Bu funksiya har doim botiq ekanligini bildiradi. Mahsulot ichki harorati tezda o'sadi, lekin vaqt o'tishi bilan bu o'sish sekinlashadi. Bu holat mahsulot ichki harorati to'yinganlik holati tomon ketayotganini bildiradi.

$$\lim_{t \rightarrow \infty} T(t) = 300^{\circ} C$$

Mahsulot hech qachon $300^{\circ}C$ dan yuqoriga o'tmaydi. Shuning uchun $300^{\circ} C$ barqaror holat, ya'ni cheksiz vaqt davomida pishirilsa ham harorat o'zgarmaydi.

Biz mahsulotni pechdan qachon olish kerakligini aniqlashimiz kerak. Buning uchun quyidagilar e'tiborga olinadi. Harorat juda yuqori bo'lgan, lekin $300^{\circ} C$ ga yetmagan, Haroratning o'sish tezligi ya'ni $T'(t)$ juda kichik bo'lgan.

$$T(30) = 300 - 200 \cdot e^{-0,1 \cdot 30} = 300 - 200e^{-3} \approx 300 - 200(0,498) \approx 290^{\circ} C ;$$

$$T'(30) = (300 - 200 \cdot e^{-0,1 \cdot t})' = 20 \cdot e^{-3} = 20 \cdot 0,0498 \approx 1,0^{\circ} C / min$$

Bu mahsulotni pishirishning samarali oxirgi bosqichi harorat deyarli maksimal, o'sish sekin, mahsulot kuymaydi. Harorat funksiyasi mahsulotni haddan tashqari pishishdan himoya qiladi. Qavariqlik (botiqlik) mavjudligi mahsulot ortiqcha qizib ketmasligini ko'rsatadi. Bu model pishirishni avtomatlashtirish, energiya tejash, sifatni barqaror saqlash uchun qo'llaniladi sensorli tizimlar bu model asosida haroratni nazorat qilib, mahsulotni avtomatik ravishda pechdan chiqarishi mumkin.

Differensial hisob orqali pishirish jarayoni matematik modelashtirildi va optimal vaqt aniqlandi. Bu usul orqali mahsulot pishirilgan, ammo kuymagan holatda olindi, pishirish jarayoni nazorat ostida bo'ladi, raqamli texnologiyalar asosida intellektual boshqaruv algoritmlari ishlab chiqiladi.

Ushbu maqolada differensial hisobning tibbiyot va oziq-ovqat sanoati sohalarida real va amaliy muammolarni hal etishdagi muhim roli chuqur tahlil qilindi. Farmakokinetik jarayonlar dori vositalarining organizmdagi harakati va konsentratsiyasi o'zgarishini ifodalovchi matematik modellarda differensial analiz vositalari orqali dori moddasining maksimal samarali ta'sir ko'rsatadigan vaqti, organizmdagi to'planish xavfi, optimal dozalanish rejimlari aniqlanishi mumkinligi isbotlandi. Ayniqsa, hosilalar orqali ekstremum nuqtalarni topish orqali dori konsentratsiyasining cho'qqi qiymatini $t = 1/k$ aniqlash orqali dori terapiyasining individualizatsiyasi, xavfsizligi va samaradorligi oshiriladi.

Shuningdek, maqolada oziq-ovqat sanoatida mahsulotni pishirish jarayonini nazorat qilishda ichki harorat o'zgarishining matematik modeli asosida tahlil qilindi. Eksponent ko'rinishidagi funksiya yordamida mahsulot ichki haroratining vaqtga bog'liq oshishini tavsiflash, uning maksimal qiymatga yaqinlashishini, haroratning o'sish tezligi va botiqligi (ikkinchi tartibli hosila orqali) aniqlash imkoniyati amalda ko'rsatib berildi. Bu esa, mahsulotni optimal vaqtda pishirish, energiya sarfini kamaytirish va xavfsizlikni ta'minlash imkonini beradi.

Har ikkala misolda ham differensial hisob vositalari birinchi va ikkinchi tartibli hosilalar, ekstremumlar, asimptotalar va monotonlik kabi tushunchalar orqali murakkab real jarayonlarni modelashtirish, boshqarish va bashorat qilishning nazariy hamda amaliy asosi yoritildi. Ushbu yondashuvlar zamonaviy raqamli monitoring va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarining poydevorini tashkil qiladi.

Shunday qilib, maqola differensial hisobning faqat nazariy emas, balki hayotiy ahamiyatga ega amaliy vosita sifatida ilmiy salohiyatini tasdiqladi. Bu metodologiya kelajakda tibbiy texnologiyalar, biofarmatsevtika, oziq-ovqat muhandisligi va boshqa ko'plab sanoat tarmoqlarida xavfsizlikni oshirish, samaradorlikni ko'paytirish va resurslarni optimal boshqarishda keng qo'llanilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. A.I.Abdullayev, O.S.To'laganov Oliy matematika asoslari (amaliy yo'nalishlar uchun). - Toshkent: TDPU nashriyoti, 2022.-360 bet.
2. S.Matmurodov Tibbiyotda matematik modellashirish asoslari. - Toshkent: "Iqtisod-moliya" nashriyoti, 2020. - 256 bet.