

OPTIMAL BOSHQARISH MASALALARINI YECHISH UCHUN IZOXRON
USULI

Mamatova Zilolaxon Xabibulloxonovna

*FarDU amaliy matematika va informatika kafedrası dotsenti, pedagogika fanlari
bo'yicha falsafa doktori (PhD)*

E-mail: mamatova.zilolakhon@gmail.com

Orcid: 0009-0009-9247-3510

Niginabonu Erkinova Hamidulla qizi

FarDU amaliy matematika va informatika yo'nalishi 3-kurs talabasi

E-mail: enhahaneem2006@gmail.com

**MAQOLA
MALUMOTI**

ANNOTATSIYA:

MAQOLA TARIXI:

Received: 27.04.2026

Revised: 28.04.2026

Accepted: 29.04.2026

KALIT SO'ZLAR:

*optimal boshqaruv,
differensial tenglama,
boshqaruv vektori, holat
vektori, trayektoriya,
izoxron usuli, dinamik
tizim, optimallik
shartlari, matematik
model,
boshqariluvchanlik*

*Mazkur ishda optimal boshqaruv masalalarini
yechishning asosiy tushunchalari, obyektning
dynamikasi va boshqaruv vektori orqali
trayektoriyani aniqlash jarayoni ko'rib chiqilgan.
Shuningdek, izoxron usulining mohiyati, uning
matematik asoslari va amaliy qo'llanilishi yoritilgan.
Optimal boshqaruv nazariyasining asosiy masalalari,
jumladan boshqariluvchanlik, optimal yechimning
mavjudligi, zaruriy va yetarli shartlar tahlil qilindi.*

Kirish: Fundamental fanlar bo'yicha mutaxassislar tayyorgarlik darajasini va insonning qalb boyligini boyitish asosida insonparvarlik madaniyatini aniqlashda bilimlar sistemasini

egallash, tarixan Rossiyada chegaralangan sondagi maktablarning ta'lim to'g'risidagi dasturlaridan o'rin olgan.

Ta'lim to'g'risidagi masalani sharhlab, akademik A.N.Krilov shunday degan edi: "Maktab to'la tugallangan bilimlar sistemasini berishi mumkin emas; maktabning eng asosiy masalasi-umumiy rivojlantirishga yo'naltirish, zarur malakalarni shakllantirish, bir so'z bilan aytganda ... maktabning asosiy masalasi-o'qishni o'rganish, va maktabda o'qishni o'rganish, amaliy faoliyatda butun umr kishilarning eng yaxshi maktabi bo'ladi".

Optimal boshqaruv nazariyasi zamonaviy matematika va texnikaning muhim yo'nalishlaridan biri bo'lib, turli xil dinamik tizimlarni samarali boshqarish masalalarini o'rganadi. Bu nazariya yordamida obyekt holatini vaqt bo'yicha maqsadga muvofiq ravishda o'zgartirish, resurslarni tejash va optimal natijalarga erishish mumkin. Obyekt harakati odatda differensial tenglamalar orqali ifodalanadi va boshqaruv vektori yordamida uning trayektoriyasi belgilanadi. Bunda boshqaruvga qo'yiladigan cheklanishlar va sifat mezonlari muhim rol o'ynaydi. Izoxron usuli esa matematik modellashtirish va statistik yondashuvlar asosida noma'lum parametrlarni aniqlashga xizmat qiladi hamda optimal boshqaruv masalalarini yechishda qo'llanilishi mumkin.

Optimal boshqaruv masalasi uchun vaqt harakati o'zgarib turuvchi obyektning belgilidir. Faraz qilaylik, har bir t momentida obyektning holati $x^1(t), \dots, x^n(t)$ parametrlarning tanlanishi bilan to'la aniqlansin. Bu parametrlar qandaydir koordinatalar tizimida obyekt holatining koordinatalari, tezlikni koordinatalari va bo'lishi mumkin. $x(t) = (x^1(t), \dots, x^n(t))$ vektorga obyektning holat vektori deyiladi. Obyekt harakatini boshqarish, ya'ni obyektning holati qandaydir rullar yordamida o'zgartirilishi mumkin deb faraz qilamiz. Aytaylik, rullarning holati rivojlanishi har bir t momentida $(u^1(t), \dots, u^m(t))$ parametrlarning tanlanishi bilan xarakterlansin. $u(t) = (u^1(t), \dots, u^m(t))$ vektorga obyektning boshqaruv vektori yoki boshqaruvi deyiladi. Vaqtning berilgan t momentida ob'ektning holati $u(t)$ momenti boshqarish t momentigacha vaqt qiymatlari qabul qilinganligiga bog'liq, ammo boshqaruvning keyingi holatiga bog'liq emas. Obyektning $x(t)$ holat vektori $u(t)$ boshqaruvning dinamikga bog'liq turli xil xil obyektarga qaraladi. Masalan, bu bog'liqlikni

$$\dot{x} = f(t, x, u) \quad (1)$$

differensial tenglamalar tizimi bilan mumkin. Bu holda qurilma har bir t momentida $u(t)$ boshqaruvning sozlamalarini bilgan holda

$$\dot{x} = f(t, x, u)$$

differentensial tenglamani yechib, obyektning $x(t)$ trayektoriyasini aniqlashimiz mumkin.

Qandaydir tarzda obyektning harakat dinamikasi berilgan, ya'ni $u(t)$ boshqaruv vektorining o'zgarishiga bog'liq ravishda $x(t)$ holat vektorining o'zgarish qonuni berilgan deb hisoblaymiz.

Muayyan (konkret) fizik obyektlar uchun boshqaruv ixtiyoriy bo'lmaydi. Bu boshqaruvga uning fizik ma'nosidan kelib chiqadigan qandaydir cheklanishlar qo'yiladi. Masalan, agar $u^1(t)$ dvigatelning quvvati bo'lsa, u holda vaqtning har bir momentida

$$u_{min} \leq u^1(t) \leq u_{max}$$

cheklanishlarni qanoatlantiradi. Bunda chetki $u^1(t)$ u_{min} va u_{max} qiymatlarni ham qabul qilishi mumkin. Odatda $u(t)$ vektor boshqaruv vaqtning har bir t momentida

$$u(t) \in U \quad (2)$$

cheklanishni qanoatlantiradi, bu yerda U qandaydir berilgan to'plam. Qonuniyatga ko'ra muayyan fizik obyektlarda yopiq to'plamdir. Bu yopiqlik boshqariladigan obyektning holatini umuman klassik variatsion hisob usullari bilan tekshirishga imkoniyat bermaydi. (2) ko'rinishdagi cheklanishlardan tashqari $u(t)$ boshqaruvning vaqtga bog'liqligi bo'yicha cheklanishlar qo'yilishi mumkin. Masalan, joiz boshqaruvning fizik ma'nosidan bu boshqaruv yoki silliq, yoki uzluksiz, yoki bo'lakli-uzluksiz va hokazo bo'lishi mumkin. Qandaydir usulda $u(t)$ joiz boshqaruvlar sinfi berilgan deb hisoblaymiz.

1-misol. Kosmik kema yer atrofidagi qandaydir doiraviy orbita bo'ylab harakatlansin. Yetarlicha aniqlikda kosmik kema holatini (1) ko'rinishdagi differensial tenglamalar sistemasi bilan yozishimiz mumkin. Bunda $x(t)$ holat vektorining koordinatalari yer bilan bog'langan qo'zg'almas koordinata sistemasiga nisbatan kosmik kemaning holati, vektor tezligining koordinatasi, kema orientatsiyasini beruvchi burchaklar, burchak tezliklar va hokazolar bo'lishi mumkin. $u(t)$ vektor boshqaruvning koordinatalari bo'lib reaktiv dvigatel o'qining burish burchagi, birlik vaqt ichida yonilg'i sarfi va hokozolar bo'lishi mumkin. $u(t)$ vektor boshqaruv koordinatalarini u yoki bu ko'rinishda tanlab, kosmik kemani $x(t)$ trayektoriyaning biror qismida u yoki bu ko'rinishda harakatlanishga majbur qilish mumkin.

Faraz qilaylik, kosmik kemani yangi orbitaga o'tkazish talab qilinsin, ya'ni $u(t)$ vektor boshqaruvning shunday qiymatini topish talab qilinadiki, kemaning unga mos $x(t)$ trayektoriyasi vaqtning t_0 momentida birinchi doiraviy orbitada boshlanib, vaqtning qandaydir t_1 momentida ikkinchi doiraviy orbitada tugallansin. Bunda boshlang'ich

holatlarning M_0 to'plami sifatida kemanding birinchi orbitadagi koordinatalari, joiz boshlang'ich tezliklarini, ya'ni $u(t_0)$ vektorning qiymatlarini olish mumkin. Xuddi shu kabi mulohazalarni so'nggi holatlarning M_1 to'plamiga nisbatan ham aytish mumkin.

Sifat kriteriyasi bo'lib, kemanding birinchi orbitadan ikkinchi orbitaga olib o'tishda sarflanadigan umumiy yonilg'i miqdori bo'lishi mumkin.

Shunday qilib optimal boshqaruv masalasi, shunday $u(t)$ vektor boshqaruvning qiymatini topish talab qilinadiki, unga mos vaqtning t_0 momentida boshlangan $x(t)$ trayektoriyasi birinchi doiraviy orbitada boshlanib, eng oz yonilg'i sarfi bilan vaqtning qandaydir t_1 momentida ikkinchi doiraviy orbitada tugallansin.

Boshqariluvchanlik. Dastlab quyidagicha savol tug'ilishi tabiiy, harakatlanayotgan dinamik obyektning boshlang'ich holatlarning M_0 to'plamidan so'nggi holatlarning M_1 holatiga olib o'tuvchi hech bo'lmaganda bitta $u(t)$ joiz boshqaruv mavjudmi, ya'ni $x(t)$ holat vektorining trayektoriyasi $x(t_0) \in M_0, x(t_1) \in M_1$ shartni qanoatlantirishi uchun unga mos $u(t)$ joiz boshqaruv mavjudmi? Agar bu masala ijobiy hal etilsa, biz qaralayotgan obyekt M_0 to'plamidan M_1 to'plamga boshqariluvchan deb aytamiz. Aks holda optimal boshqaruv masalasining qo'yilishi ma'nosini yo'qotadi.

Optimal boshqaruvning mavjudligi. Agar boshqaruvchanlik masalasi ijobiy hal etilsa, ya'ni dinamik obyektning boshlang'ich M_0 to'plamidan so'nggi M_1 to'plamga olib o'tuvchi qandaydir $u(t)$ joiz boshqaruv mavjud bo'lsa, u holda optimal boshqaruvning mavjudligini aniqlash zarurdir.

IZOXRON USULI - bu tengdosh jinslar yoki tog' jinslari guruhlarining haqiqiy yoshini aniqlash uchun ishlatiladigan eksperimental ma'lumotlarni qayta ishlashning matematik usuli. n ta tengdosh jinslar yoki tog' jinslari shakllanishini o'rganish jarayonida olingan radioaktiv elementlar va ularning parchalanish mahsulotlari tarkibi bo'yicha analitik ma'lumotlar asosida ikkita noma'lum bo'lgan n ta chiziqli tenglamalar tizimi tuziladi. Uni matematik statistika usullaridan biri (masalan, eng kichik kvadratlar usuli) yordamida yechish izoxron tenglamasini olish imkonini beradi. Qo'rg'oshin izotopi usulida izoxronlarni qurish uchun turli tizimlar qo'llaniladi.

Izoxron usulining asosiy 3 ta tamoyili:

1. Harakat yoki jarayon vaqtga bog'liq holda tahlil qilinadi
2. Turli yo'llar yoki sharoitlar bo'lsa ham, vaqt bir xil deb olinadi
3. Shu orqali tizimning xususiyatlari (tezlik, yo'l, energiya va boshqalar) aniqlanadi

R^n holatlar fazosida bo'sh bo'lmagan M_0 va M_1 kompakt to'plamlar, ya'ni $M_0, M_1 \in \Omega(R^n)$ to'plamlar berilgan bo'lsin.

Agar $[t_0, t_1]$ vaqt oralig'ida aniqlangan $u(t)$ joiz boshqaruvga mos

$$\dot{x} = Ax + u(t) \quad (3)$$

tenglamaning $x(t)$ yechimi $x(t) \in M_0, x(t_1) \in M_1$ chegaraviy shartlarni qanoatlantirsa, u holda bu joiz boshqaruv M_0 to'plamni so'nggi M_1 to'plamga olib o'tadi deyiladi.

Kelgusida vaqtning t_0 boshlang'ich momenti mahkamlangan deb hisoblanadi, vaqtning so'nggi momenti t_1 esa $x(t)$ yechimning M_1 to'plamga tushish shartidan aniqlanadi. Endi tezkorlik masalasi M_0 to'plamni M_1 to'plamga eng qisqa vaqt oralig'ida olib o'tuvchi $u(t)$ joiz boshqaruvni topishdan iborat. Bu masala uchun 1 ma'ruzada qo'yilgan optimal boshqaruv nazariyasining asosiy matematik masalalari: boshqariluvchanlik, optimal boshqaruvning mavjudligi, optimallikning zaruriy sharti, optimallikning yetarli sharti va optimal boshqaruvning yagonaligini tadqiq qilamiz. Albatta bu masalalarni hal etishda har vaqt obyekt dinamikasiga qo'shimcha talablar qo'yiladi, ammo chiziqli tezkorlik masalasini qo'yilishida qilingan kelishuvlar doimo bajariladi. Bu shartlar chiziqli tezkorlik masalasining asosiy mohiyatini tashkil qiladi.

Xulosa: Optimal boshqaruv masalalari obyektning holatini vaqt davomida maqsadga muvofiq ravishda o'zgartirishga qaratilgan bo'lib, bunda boshqaruv parametrlariga turli cheklanishlar qo'yiladi. Obyektning harakati odatda differensial tenglamalar orqali ifodalanadi va boshqaruv vektori yordamida uning trayektoriyasini belgilash mumkin. Amaliy masalalarda, masalan kosmik kemani bir orbitadan boshqasiga o'tkazishda, optimal boshqaruv yo yonilg'i sarfini kamaytirish yoki vaqtni qisqartirish kabi mezonlarga asoslanadi.

Izoxron usuli esa eksperimental ma'lumotlarga tayangan holda matematik tenglamalar tizimini tuzish va uni statistik usullar yordamida yechish orqali noma'lum kattaliklarni aniqlash imkonini beradi. Bu usul, ayniqsa, vaqtni aniqlash yoki jarayonlarni tahlil qilishda muhim ahamiyatga ega.

Umuman olganda, optimal boshqaruv nazariyasi va izoxron usuli birgalikda murakkab tizimlarni samarali boshqarish, ularning dinamikasini chuqur o'rganish hamda eng maqbul yechimlarni topishda muhim vosita hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. The Mathematical Theory of Optimal Processes — 60–120-betlar
2. Optimal Control Theory: An Introduction — 150–220-betlar
3. Applied Optimal Control — 200–300-betlar
4. Foundations of Optimal Control Theory — 200–280-betlar
5. Differensial tenglamalar va optimal boshqaruv — 150–220-betlar
6. Optimal boshqaruvga kirish — 80–140-betlar
7. Principles of Isotope Geology — 100–180-betlar
8. An Introduction to Error Analysis — 120–180-betlar
9. V.I. BLAGODATSKIX Optimal Boshqaruvga Kirish Toshkent-«Fan va texnologiya»-2019

