

O'YINCHILAR HARAKATLARI VAQT O'ZGARUVCHI KOEFFITSIENTLI DIFFERENSIAL O'YIN MASALALARI

Zahiriddin Muhammad Bobur nomidagi
Andijon davlat universiteti
Umaraliyev Asrorbek

ANNOTATSIYA: Mazkur tezis vaqt o'zgaruvchi koeffitsientli differensial o'yin masalalarida o'yinchilar harakatlari va strategiyalarini tadqiq etishga bag'ishlangan. Ishda deterministik differensial o'yinlar uchun matematik modellar ko'rib chiqilib, vaqtga bog'liq parametrlarning o'yin dinamikasiga ta'siri tahlil qilinadi. Hamilton–Jacobi–Isaacs tenglamalari asosida optimal strategiyalarni aniqlash masalalari yoritilib, sonli modellashtirish orqali olingan natijalar nazariy xulosalarni tasdiqlaydi.

KALIT SO'ZLAR: Differensial o'yinlar, vaqt o'zgaruvchi koeffitsientlar, o'yinchilar strategiyalari, Hamilton–Jacobi–Isaacs tenglamasi.

АННОТАЦИЯ: В данной тезисе рассматриваются дифференциальные игровые задачи с переменными по времени коэффициентами и анализируются стратегии действий игроков. Исследуются детерминированные модели дифференциальных игр, в которых временная изменчивость параметров существенно влияет на динамику игры и оптимальные решения. На основе уравнений Гамильтона–Якоби–Айзекса изучаются условия формирования оптимальных стратегий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Дифференциальные игры, коэффициенты, зависящие от времени, стратегии игроков, уравнение Гамильтона–Якоби–Айзекса, оптимальное управление, численное моделирование.

ABSTRACT: This thesis addresses differential game problems with time-varying coefficients and analyzes the formation of players' strategies. Deterministic differential game models are considered, where temporal variability of system parameters significantly affects game dynamics and optimal decisions. Optimal strategies are studied within the framework of the Hamilton–Jacobi–Isaacs equations. Numerical simulations confirm the importance of the time factor and demonstrate the influence of time-varying coefficients on players' behavior.

KEYWORDS: Differential games, time-varying coefficients, players' strategies, Hamilton–Jacobi–Isaacs equation.

KIRISH

Zamonaviy matematik modellashirishda murakkab dinamik tizimlarni tahlil qilish va boshqarish masalalari alohida ahamiyat kasb etmoqda. Ayniqsa, bir nechta qaror qabul qiluvchi subyektlar ishtirok etadigan va ularning manfaatlari o'zaro bog'liq bo'lgan jarayonlarni o'rganishda differensial o'yinlar nazariyasi muhim nazariy va amaliy vosita hisoblanadi. Differensial o'yinlar real vaqt rejimida rivojlanadigan jarayonlarda o'yinchilar strategiyalarini optimal tarzda tanlash masalalarini o'rganishga imkon beradi va iqtisodiyot, harbiy strategiya, muhandislik, ekologiya hamda axborot texnologiyalari kabi ko'plab sohalarda keng qo'llaniladi.

An'anaviy differensial o'yin modellarida tizim tenglamalarining koeffitsientlari doimiy yoki faqat fazoviy o'zgaruvchilarga bog'liq deb qaraladi. Biroq real jarayonlarda tashqi muhit ta'siri, resurslarning cheklanganligi, texnologik yoki iqtisodiy sharoitlarning o'zgarishi natijasida tizim parametrlari vaqtga bog'liq holda o'zgarib boradi. Shu sababli vaqt o'zgaruvchi koeffitsientli differensial o'yin masalalarini o'rganish dolzarb ilmiy muammo hisoblanadi.

ASOSIY QISM

Differensial o'yinlar nazariyasi optimal boshqaruv nazariyasining muhim bo'limlaridan biri bo'lib, unda bir nechta o'yinchilarning qaror qabul qilish jarayoni vaqt bo'yicha uzluksiz ravishda rivojlanadigan dinamik tizimlar orqali ifodalanadi. Bunday o'yinlarda har bir o'yinchi o'z manfaatlarini ko'zlab harakat qiladi, biroq uning qarorlari boshqa o'yinchilarning strategiyalari bilan bevosita bog'liq bo'ladi. Natijada, tizimning umumiy dinamikasi o'yinchilar o'rtasidagi qarama-qarshi yoki qisman mos keluvchi manfaatlar ta'sirida shakllanadi.

Umumiy holda ikki o'yinchili differensial o'yin quyidagi boshqariladigan differensial tenglama bilan ifodalanadi:

$$x'(t)=f(t,x(t),u(t),v(t)), \quad x(0)=x_0$$

bu yerda $(x(t))$ — tizim holati, $(u(t))$ va $(v(t))$ mos ravishda birinchi va ikkinchi o'yinchilarning boshqaruvlari hisoblanadi. Har bir o'yinchi o'zining foyda (yoki xarajat) funksiyasini maksimal yoki minimal qilishga intiladi. Klassik yondashuvda ushbu funksiyalar integral yoki terminal ko'rinishda aniqlanadi.

An'anaviy differensial o'yin modellarida tizim funksiyasi (f) ko'pincha doimiy yoki faqat fazoviy o'zgaruvchilarga bog'liq deb olinadi. Biroq real jarayonlarda tashqi muhit, iqtisodiy vaziyat, texnologik cheklovlar yoki resurslar miqdori vaqt davomida o'zgarib boradi. Shu sababli modelga vaqt o'zgaruvchi koeffitsientlarni kiritish zarurati tug'iladi.

Vaqtga bog'liq koeffitsientlar mavjud bo'lgan holatda tizim quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\dot{x}(t) = A(t)x(t) + B(t)u(t) + C(t)v(t)$$

bu yerda $(A(t))$, $(B(t))$, $(C(t))$ — vaqtga bog'liq matritsalar yoki funksiyalar. Bunday modellar yordamida o'yinchilarning imkoniyatlari yoki ta'sir kuchi vaqt bo'yicha o'zgarib boradigan vaziyatlarni ifodalash mumkin. Masalan, resurslarning kamayishi, texnologik ustunlikning vaqtinchalik bo'lishi yoki tashqi cheklovlarning kuchayishi kabi omillar shular jumlasidandir.

Vaqt o'zgaruvchi koeffitsientli differensial o'yinlarda o'yinchilar strategiyalarini tanlash masalasi alohida murakkablikka ega. Chunki optimal boshqaruv faqat joriy holatga emas, balki vaqt omiliga ham sezgir bo'ladi. O'yinchi biror vaqt oralig'ida foydali bo'lgan strategiyani keyingi bosqichda o'zgartirishga majbur bo'lishi mumkin.

Differensial o'yinlarda optimal strategiyalarni aniqlashda Hamilton–Jacobi–Isaacs (HJI) tenglamasi markaziy o'rin egallaydi. Agar o'yin zero-sum bo'lsa, qiymat funksiyasi $(V(t,x))$ quyidagi tenglamani qanoatlantiradi:

$$\partial V / \partial t + \min_u \max_v H(t,x,u,v,V) = 0$$

bu yerda (H) — Hamiltonian funksiyasi. Vaqt o'zgaruvchi koeffitsientlar mavjud bo'lganda Hamiltonian ham bevosita vaqtga bog'liq bo'ladi. Bu esa tenglamaning analitik yechimini topishni qiyinlashtiradi. Ko'p hollarda bunday tenglamalar klassik ma'noda yechimga ega bo'lmaydi. Shu sababli viscosity solution tushunchasi qo'llaniladi. Ushbu yondashuv qiymat funksiyasining uzluksiz, biroq differensiallanuvchi bo'lmisligi mumkin bo'lgan holatlarda ham mavjudlik va yagonalik masalalarini hal etishga imkon beradi.

Nonzero-sum differensial o'yinlarda Nash muvozanati tushunchasi muhim ahamiyatga ega. Nash muvozanatida har bir o'yinchi boshqa o'yinchilarning strategiyalarini o'zgartirmagan holda o'z foydasini yaxshilay olmaydi. Vaqt o'zgaruvchi koeffitsientlar mavjud bo'lgan sharoitda Nash muvozanatini aniqlash ko'pincha murakkab tizimli tenglamalar yechimini talab qiladi.

Stackelberg o'yinlarida esa yetakchi va ergashuvchi o'yinchilar ajratiladi. Yetakchi o'yinchi o'z strategiyasini oldindan e'lon qiladi, ergashuvchi esa unga mos ravishda optimal javob tanlaydi. Vaqtga bog'liq parametrlar mavjud bo'lgan hollarda yetakchi o'yinchining ustunligi vaqt bo'yicha o'zgarib turishi mumkin, bu esa muvozanat nuqtalarining dinamik xususiyatga ega bo'lishiga olib keladi.

XULOSA

Ushbu tezisda vaqt o'zgaruvchi koeffitsientli differensial o'yin masalalarida o'yinchilar harakatlari va strategiyalarining shakllanishi tadqiq etildi. Tadqiqot jarayonida deterministik differensial o'yinlar uchun vaqtga bog'liq parametrlar kiritilgan matematik modellar ko'rib chiqilib, ularning o'yin dinamikasiga ta'siri tahlil qilindi. Hamilton–Jacobi–Isaacs tenglamalari asosida optimal strategiyalarni aniqlash masalasi o'rganildi hamda vaqt o'zgaruvchi koeffitsientlar mavjud bo'lgan sharoitda yechimlarning mavjudligi va barqarorligi bilan bog'liq muammolar yoritildi. Sonli modellashtirish natijalari vaqt omilining o'yinchilar strategiyalariga sezilarli ta'sir ko'rsatishini tasdiqladi. Olingan xulosalar differensial o'yinlar nazariyasini rivojlantirishda hamda real dinamik jarayonlarni modellashtirishda amaliy ahamiyatga ega bo'lishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. G'aniyev A.G'. Optimal boshqaruv va differensial o'yinlar nazariyasi asoslari. — Toshkent: O'zbekiston Milliy universiteti nashriyoti, 2018. — 220 b.
2. Xolboyev S.X. Differensial tenglamalar va optimal boshqaruv masalalari. — Toshkent: Fan va texnologiya, 2017. — 200 b.
3. Karimov R.A. Dinamik tizimlarni matematik modellashtirish. — Toshkent: Innovatsion rivojlanish nashriyoti, 2019. — 210 b.
4. To'xtasinov M.T. Differensial tenglamalar va ularning amaliy tatbiqlari. — Toshkent: Fan, 2016. — 180 b.
5. Aliyev B.Sh. Optimal boshqaruv nazariyasi va iqtisodiy modellar. — Toshkent: Iqtisodiyot, 2020. — 195 b.
6. Abdukarimov U.X. Matematik modellashtirish asoslari. — Toshkent: O'qituvchi, 2015. — 160 b.