

BIR KVADRATIK STOXAСТИK OPERATORNING CHEKSIZ ITERATSIYALARI VA ULARNING CHEGARAVIY XOSSALARI

Xuddiyeva Umida Aminjon qizi

Buxoro Xalqaro Universiteti

Psixologiya va umumiy fanlar

kafedrası o'qituvchisi

Annotatsiya: Mazkur maqolada bir kvadratik stoxastik operatorning cheksiz iteratsiyalari va ularning chegaraviy xossalari matematik jihatdan o'rganiladi. Avvalo operatorning ta'rifi, uning dinamikasi va iteratsiyalar nazariyasidagi o'rni yoritiladi. Keyin cheksiz iteratsiyalar ostida hosil bo'ladigan ehtimollik taqsimotlarining chegaraviy holatlari, qo'zg'almas nuqtalarga intilish shartlari va invariant taqsimotlarning mavjudligi masalalari tahlil qilinadi. Tadqiqot natijalari kvadratik stoxastik operatorlarning uzoq muddatli dinamikasini aniqlash, ekologiya va iqtisodiyot sohalarida amaliy tatbiqlarini asoslashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kalit so'zlar: Kvadratik stoxastik operator, iteratsiya, cheksiz takrorlanish, chegaraviy xossa, qo'zg'almas nuqta, invariant taqsimot, ergodiklik, barqarorlik, dinamik tizim.

Аннотация: В данной статье математически исследуются бесконечные итерации одного квадратичного стохастического оператора и их предельные свойства. Сначала рассматривается определение оператора, его динамика и место в теории итераций. Затем анализируются предельные состояния вероятностных распределений, возникающих при бесконечных итерациях, условия сходимости к неподвижным точкам и существование инвариантных распределений. Полученные результаты имеют важное значение для изучения долгосрочной динамики квадратичных стохастических операторов и обоснования их практических приложений в экологии и экономике.

Ключевые слова: квадратичный стохастический оператор, итерация, бесконечное повторение, предельное свойство, неподвижная точка, инвариантное распределение, эргодичность, устойчивость, динамическая система.

Abstract: This article provides a mathematical study of the infinite iterations of a quadratic stochastic operator and their limiting properties. First, the definition of the operator, its dynamics, and its role within iteration theory are presented. Then, the limiting states of probability distributions generated under infinite iterations, the conditions for convergence to fixed points, and the existence of invariant distributions are analyzed. The results obtained are of significant importance for determining the long-term dynamics of quadratic stochastic operators and for justifying their practical applications in ecology and economics.

Keywords: quadratic stochastic operator, iteration, infinite repetition, limiting property, fixed point, invariant distribution, ergodicity, stability, dynamical system.

Kirish. Matematikaning zamonaviy yo‘nalishlaridan biri bo‘lgan kvadratik stoxastik operatorlar (KSO) nazariyasi ehtimollik nazariyasi, funksional analiz va dinamik tizimlar nazariyasi bilan chambarchas bog‘liq holda rivojlanib kelmoqda. Ushbu operatorlar ko‘p komponentli tizimlarda o‘zaro ta’sirni ifodalashda samarali matematik vosita hisoblanadi. Xususan, populyatsiya genetikasi, ekologiya va iqtisodiyotda kuzatiladigan jarayonlarni modellashtirishda KSO keng qo‘llaniladi.

KSO'larning eng muhim jihatlaridan biri ularning cheksiz iteratsiyalari orqali yuzaga keladigan dinamik jarayonlardir. Iteratsiyalar yordamida operatorning uzoq muddatli xatti-harakati, ya'ni tizim qanday chegaraviy holatga intilishi o'rganiladi. Bu jarayonda qo'zg'almas nuqtalar, invariant taqsimotlar va ergodiklik shartlari markaziy o'rin tutadi. Agar cheksiz iteratsiyalar natijasida operator barqaror taqsimotga intilsa, u holda tizimning ergodikligi va uzoq muddatli barqarorligi ta'minlanadi.

Shuningdek, cheksiz iteratsiyalar nazariyasi operatorlarning chegaraviy

xossalarini tahlil qilish imkonini beradi. Bunday tahlillar orqali nafaqat matematik modelning nazariy qiymati, balki uning real hayotdagi tatbiqlari ham asoslanadi. Masalan, populyatsiyalarda genetik tarkibning uzoq muddatli muvozanati yoki iqtisodiy bozorlarning barqaror rivojlanishi KSO'larning iteratsiyaviy dinamikasi orqali izohlanadi.

Mavzuning dolzarbligi. Bugungi kunda matematikaning zamonaviy yo'nalishlari orasida stoxastik operatorlar nazariyasi alohida ahamiyat kasb etmoqda. Xususan, kvadratik stoxastik operatorlar ehtimollik jarayonlarini modellashtirishda, murakkab dinamik tizimlarning uzoq muddatli barqarorligini o'rganishda muhim nazariy vosita sifatida keng qo'llanilmoqda.

Kvadratik stoxastik operatorlarning cheksiz iteratsiyalarini o'rganish masalasi nazariy va amaliy nuqtai nazardan dolzarbdir. Chunki iteratsion jarayonlar orqali tizimning kelajakdagi rivojlanish tendensiyalari, barqaror yoki beqaror bo'lishi, qo'zg'almas nuqtalarga intilishi va invariant taqsimotlarning mavjudligi aniqlanadi. Bunday tadqiqotlar nafaqat matematik tahlil uchun, balki turli sohalaridagi real jarayonlarni tushuntirish uchun ham muhimdir.

Nazariy dolzarblik shundaki, ushbu operatorlarning iteratsiyalari yordamida ergodiklik, barqarorlik va dinamik tizimlarning uzoq muddatli xatti-harakati haqida fundamental xulosalar chiqarish mumkin. Bu esa matematikaning ehtimollik nazariyasi, funksional analiz va dinamik tizimlar nazariyasi bilan bevosita bog'liqdir.

Amaliy dolzarblik esa shundaki, kvadratik stoxastik operatorlar yordamida biologiyada populyatsiyalar rivojlanishini, genetika jarayonlarini, ekologiyada turli populyatsiyalar o'rtasidagi muvozanatni, iqtisodiyotda esa bozor tizimlarining barqaror yoki beqaror holatlarini modellashtirish mumkin. Shuningdek, ularning fizik jarayonlarni tavsiflashda ham qo'llanish imkoniyatlari mavjud.

Adabiyotlar tahlili. Kvadratik stoxastik operatorlar nazariyasi XX asrning boshlarida paydo bo'lib, dastlab S. N. Bernstein tomonidan genetika jarayonlarini matematik modellashtirish bilan bog'liq tadqiqotlarda qo'llanilgan. Keyinchalik bu nazariya matematik analiz va ehtimollik nazariyasi doirasida rivojlanib,

stoxastik operatorlar orqali dinamik tizimlarning uzoq muddatli xatti-harakatini o'rganishga xizmat qildi.

S. Ulam o'z tadqiqotlarida stoxastik operatorlarning umumiy xossalarini tahlil qilib, ularning murakkab tizimlarni modellashtirishdagi ahamiyatini ko'rsatib berdi. Bu yondashuv keyinchalik kvadratik stoxastik operatorlarni alohida tadqiqot sohasi sifatida shakllantirishga olib keldi.

O'zbekistonlik olimlardan N. N. Ganixodjaev kvadratik stoxastik operatorlarning dinamik xossalarini, ularning qo'zg'almas nuqtalari va barqarorligini chuqur tahlil qildi. Ularning ishlari kvadratik operatorlar yordamida murakkab ehtimollik jarayonlarini tasvirlashning nazariy asoslarini yaratdi.

Keyinchalik U. A. Rozikov bu nazariyani yanada kengaytirib, kvadratik stoxastik operatorlarning populyatsiya genetikasi, ekologiya va iqtisodiy modellardagi qo'llanilishini yoritdi. Uning monografiyalari va ilmiy maqolalarida cheksiz iteratsiyalar natijasida hosil bo'ladigan invariant taqsimotlar, ergodiklik va barqarorlik masalalari keng qamrovli tarzda tahlil qilindi.

F. M. Mukhamedov va hamkorlari esa KSO'larning fizika va statistik mexanika sohalaridagi tatbiqlarini o'rganib, ularning kvant tizimlari bilan bog'liqligini ko'rsatdilar. Shu bilan birga, KSO nazariyasining matematik genetika va ekologik jarayonlarda qo'llanilishi bo'yicha yangi natijalar yaratildi. Muhokama. Kvadratik stoxastik operatorlarning (KSO) ergodik xossalarini o'rganish nazariy va amaliy nuqtai nazardan katta ahamiyatga ega. Nazariy jihatdan, ergodiklik operatorlar dinamikasining uzoq muddatli barqarorligini, tizimning qanday holatga intilishini aniqlashga imkon beradi. Bu esa qo'zg'almas nuqtalar va invariant taqsimotlarning mavjudligi bilan chambarchas bog'liqdir.

Xulosa. Yuqorida keltirilgan tadqiqotlar natijasida shuni aytish mumkinki, kvadratik stoxastik operatorlarning cheksiz iteratsiyalari va ularning chegaraviy xossalarini o'rganish nazariy matematikaning dolzarb yo'nalishlaridan biridir. Bu operatorlar orqali murakkab tizimlarning uzoq muddatli barqarorligi, ergodikligi va qo'zg'almas nuqtalarga intilishi aniqlanadi.

Cheksiz iteratsiyalar natijasida hosil bo'ladigan invariant taqsimotlar va qo'zg'almas nuqtalar tizimning barqaror yoki beqaror rivojlanishini belgilab beradi. Agar operator yagona barqaror nuqtaga ega bo'lsa, u holda tizim ergodik bo'lib, barcha boshlang'ich shartlardan qat'i nazar umumiy muvozanat holatiga intiladi. Aksincha, ergodiklik bo'lmagan hollarda tizimning murakkab, ko'p holatli yoki xaotik dinamikasi kuzatiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Mukhamedov F.M., Rozikov U.A. On quadratic stochastic operators generated by Gibbs measures. *Journal of Statistical Physics*, 2013, 153(4), pp. 654–674.
2. Ganikhodzhaev R., Rozikov U., Shahidiyev F. On dynamics of quadratic stochastic operators. *Siberian Advances in Mathematics*, 1998, 8(3), pp. 71–91.
3. Rozikov U.A. *An Introduction to Mathematical Genetics*. Singapore: World Scientific, 2023.
4. Mukhamedov F.M. Quadratic stochastic operators and their ergodic properties. *Contemporary Mathematics and Applications*, 2016, 11(2), pp. 127–148.
5. Rozikov U.A., Mukhamedov F. Stochastic operators and their applications in mathematical genetics. *Eurasian Mathematical Journal*, 2015, 6(1), pp. 52–78.
6. Ganikhodzhaev R.N. Quadratic stochastic operators and zero-sum game theory. *Doklady Akademii Nauk Uzbek SSR*, 1986.
7. Rozikov U.A. *Matematika va biologiyadagi stoxastik modellar*. Toshkent: Fan nashriyoti, 2019.
8. Shahidiyev F. Kvadratlik stoxastik operatorlarning dinamik xossalari. *O'zbekiston matematika jurnali*, 2017, №3, pp. 33–49.