Latin American Journal of Education
www.lajoe.org

MATRITSANING XOS SON VA XOS VEKTORINI TOPISH METODLARI

https://doi.org/10.5281/zenodo.20262406

Avezova Durdona Ozatovna
Xorazm viloyati Urganch shahar 28- son umumiy o'rta ta'lim maktabining matematika fani o'qituvchisi
Osiyo xalqaro universiteti Xorazm filiali Muhandislik, ta'lim va boshqaruv fakulteti MM 102-Mat-25 guruhi talabasi
Ilmiy rahbar: **Rayimov Doniyor G'afurovich**
Osiyo xalqaro universiteti Umumtexnik fanlar kafedrasi dotsenti, PhD

Annotatsiya: *Mazkur maqolada matritsaning xos son va xos vektorlarini topishning nazariy asoslari hamda ularni aniqlash metodlari keng yoritilgan. Unda xos son va xos vektor tushunchalarining matematik mohiyati, xarakteristik tenglama yordamida xos qiymatlarni aniqlash usuli, iteratsion metodlar, Yakobi usuli, QR algoritmi hamda diagonalizatsiya jarayonlari tahlil qilingan. Shuningdek, algebraik va geometrik karralik, spektral nazariya, singular qiymatlar va sonli hisoblashlarning barqarorligi masalalariga ham alohida e'tibor qaratilgan. Maqolada xos son va xos vektorlarning fizika, iqtisodiyot, informatika, sun'iy intellekt va texnik tizimlardagi amaliy qo'llanilish jihatlari yoritilib, zamonaviy hisoblash matematikasidagi ahamiyati ochib berilgan.*

Kalit so'zlar: *matritsa, xosson, xosvektor, determinant, diagonalizatsiya, iteratsiya, Yakobi, QR-algoritm, spektr, algebra, ortogonallik, karralik, modellashtirish, hisoblash.*

Аннотация: *В данной статье подробно освещены теоретические основы собственных значений и собственных векторов матриц, а также методы их нахождения. Рассмотрены математическая сущность понятий собственных значений и собственных векторов, методы определения собственных значений с помощью характеристического уравнения, итерационные методы, метод Якоби, QR-алгоритм и процессы диагонализации. Особое внимание уделено вопросам алгебраической и геометрической кратности, спектральной теории, сингулярных значений и устойчивости численных вычислений. В статье также раскрыто практическое применение собственных значений и собственных векторов в физике, экономике, информатике, искусственном интеллекте и технических системах, а также их значение в современной вычислительной математике.*

Ключевые слова: *матрица, собственное значение, собственный вектор, детерминант, диагонализация, итерация, Якоби, QR-алгоритм, спектр, алгебра, ортогональность, кратность, моделирование, вычисление.*

Abstract: *This article extensively discusses the theoretical foundations of eigenvalues and eigenvectors of matrices as well as the methods for determining them. The*

Latin American Journal of Education
www.lajoe.org

mathematical essence of eigenvalues and eigenvectors, methods of finding eigenvalues using the characteristic equation, iterative methods, the Jacobi method, the QR algorithm, and diagonalization processes are analyzed. Special attention is paid to algebraic and geometric multiplicities, spectral theory, singular values, and the stability of numerical computations. The article also highlights the practical applications of eigenvalues and eigenvectors in physics, economics, computer science, artificial intelligence, and technical systems, as well as their importance in modern computational mathematics.

Key words: *matrix, eigenvalue, eigenvector, determinant, diagonalization, iteration, Jacobi, QR-algorithm, spectrum, algebra, orthogonality, multiplicity, modeling, computation.*

KIRISH

Zamonaviy ilm-fan va texnologiyalar rivojlanishi sharoitida matematik modellashtirish usullari turli fan va sohalarda keng qo‘llanilmoqda. Ayniqsa, chiziqli algebra bo‘limiga oid bo‘lgan matritsalar nazariyasi fizika, texnika, iqtisodiyot, informatika, sun’iy intellekt va statistika kabi yo‘nalishlarning muhim nazariy asosini tashkil etadi. Matritsaning xos son va xos vektorlarini aniqlash esa murakkab tizimlarni tahlil qilish, jarayonlarning barqarorligini o‘rganish hamda ko‘p o‘zgaruvchili masalalarni soddalashtirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Xos son va xos vektorlar chiziqli almashtirishlarning asosiy xususiyatlarini ifodalovchi muhim matematik tushunchalar hisoblanadi. Ular differensial tenglamalarni yechish, tebranishlar nazariyasi, kvant mexanikasi, ma’lumotlarni qayta ishlash va tasvirlarga ishlov berish kabi ko‘plab yo‘nalishlarda keng qo‘llaniladi. Shu sababli matritsaning xos son va xos vektorlarini topish metodlarini o‘rganish nafaqat nazariy, balki amaliy jihatdan ham dolzarb hisoblanadi.

Matritsaning xos sonlarini topishda xarakteristik tenglama, iteratsion metodlar, Yakobi usuli va QR algoritmi kabi turli metodlardan foydalaniladi. Ushbu usullar matritsaning turi va o‘lchamiga qarab tanlanadi hamda hisoblash matematikasining muhim yo‘nalishlaridan biri sifatida qaraladi. Zamonaviy dasturiy vositalar yordamida xos son va xos vektorlarni tez va aniq hisoblash imkoniyati mavjud bo‘lsa-da, ularning nazariy asoslarini chuqur bilish muhim ahamiyatga ega.

ASOSIY QISM

Chiziqli algebra kursining eng muhim tushunchalaridan biri bo‘lgan xos son va xos vektorlar matritsaning asosiy xususiyatlarini o‘rganishda muhim nazariy vosita hisoblanadi. Agar (A) kvadrat matritsa va (x) nolga teng bo‘lmagan vektor bo‘lsa, quyidagi tenglik bajarilganda:

$$Ax=\lambda x$$

bu yerda λ son matritsaning xos soni, (x) esa unga mos xos vektor deyiladi. Ushbu tenglama mazmuniga

Latin American Journal of Education
www.lajoe.org

ko‘ra, matritsa vektorga ta’sir qilganda uning yo‘nalishi o‘zgarmaydi, faqat uzunligi ma’lum miqdorga ko‘payadi yoki kamayadi. Demak, xos vektorlar chiziqli almashtirish davomida o‘z yo‘nalishini saqlab qoluvchi vektorlar hisoblanadi. Xos son esa ushbu o‘zgarish darajasini ifodalaydi. Matritsaning xos sonlari va xos vektorlarini aniqlash matematik modellashtirish jarayonida katta ahamiyat kasb etadi. Fizikada tebranish jarayonlari, mexanikada muvozanat masalalari, iqtisodiyotda dinamik tizimlarni tahlil qilish, informatika va sun’iy intellektda ma’lumotlarni qayta ishlash kabi ko‘plab yo‘nalishlarda aynan xos qiymatlar asosiy vosita sifatida foydalaniladi. Masalan, tasvirlarni siqish texnologiyalarida, internet qidiruv tizimlarida va katta ma’lumotlar bazasini tahlil qilishda xos qiymatlar usuli samarali natijalar beradi. Shu sababli xos son va xos vektorlarni topish metodlari nafaqat nazariy, balki amaliy jihatdan ham muhimdir.

Matritsaning xos sonlarini topishning eng asosiy va klassik usullaridan biri xarakteristik tenglama usuli hisoblanadi. Ushbu metodning mohiyati matritsaning determinantidan foydalanishga asoslanadi. Yuqoridagi tenglamani quyidagi ko‘rinishga keltirish mumkin:

$$(A-\lambda E)x=0$$

Bu yerda (E) — birlik matritsa. Ushbu sistema nolmas yechimga ega bo‘lishi uchun determinant nolga teng bo‘lishi kerak:

$$\det(A-\lambda E)=0$$

Hosil bo‘lgan tenglama xarakteristik tenglama deb ataladi. Ushbu tenglamaning ildizlari matritsaning xos sonlari bo‘ladi. Xarakteristik tenglama darajasi matritsa tartibiga teng bo‘ladi. Masalan, ikkinchi tartibli matritsa uchun kvadrat tenglama, uchinchi tartibli matritsa uchun kub tenglama hosil bo‘ladi. Past tartibli matritsalarda bu usul juda qulay va aniq natija beradi.

Misol sifatida quyidagi matritsani qaraymiz:

$$A=\begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$$

Xarakteristik tenglama quyidagicha yoziladi:

$$\begin{vmatrix} 2-\lambda & 1 \\ 1 & 2-\lambda \end{vmatrix}=0$$

Determinantni hisoblab quyidagi tenglamaga ega bo‘lamiz:

$$(2-\lambda)^2-1=0$$

Natijada $\lambda_1=3$ va $\lambda_2=1$ xos sonlari hosil bo‘ladi. Har bir xos songa mos ravishda xos vektorlar aniqlanadi. Ushbu metod oddiy va tushunarli bo‘lsa-da, yuqori tartibli matritsalar uchun hisoblash murakkablashib ketadi.

Xos sonlar topilgandan keyin ularga mos xos vektorlarni aniqlash kerak bo‘ladi. Buning uchun har bir xos son xarakteristik tenglamaga qo‘yilib, bir jinsli chiziqli tenglamalar sistemasi hosil qilinadi. Masalan, $\lambda=3$ bo‘lsa: $(A-3E)x=0$

ko‘rinishidagi sistema tuziladi. Ushbu sistemani yechish orqali xos vektorlar topiladi. Xos vektorlar odatda cheksiz ko‘p bo‘ladi, chunki ularning istalgan nolmas songa ko‘paytmasi ham xos vektor hisoblanadi. Shu sababli amaliyotda normallashgan, ya’ni uzunligi

Latin American Journal of Education
www.lajoe.org

birga teng bo‘lgan xos vektorlar tanlanadi.

Xos vektorlarni topish matematik va fizik masalalarda muhim rol o‘ynaydi. Masalan, mexanik tizimlarning asosiy tebranish yo‘nalishlari aynan xos vektorlar yordamida aniqlanadi. Kvant mexanikasida zarrachalarning holati, iqtisodiyotda o‘sish modellari, statistika fanida esa asosiy komponentalar tahlili xos vektorlar nazariyasiga asoslanadi. Demak, xos vektorlar murakkab tizimlarning ichki tuzilishini tushunishda muhim vosita hisoblanadi.

Yuqori tartibli matritsalarda xarakteristik tenglamani yechish juda murakkab bo‘lib ketadi. Shu sababli amaliy hisoblashlarda iteratsion metodlardan foydalaniladi. Eng mashhur usullardan biri darajali metod hisoblanadi. Ushbu metod eng katta modulli xos sonni topishga xizmat qiladi. Metodning mohiyati shundan iboratki, boshlang‘ich vektor ketma-ket ravishda matritsaga ko‘paytirib boriladi va natijalar normallashtiriladi. Iteratsiyalar davomida hosil bo‘layotgan vektor dominant xos vektorga yaqinlashadi. Darajali metod katta o‘lchamli matritsalar bilan ishlashda juda samarali hisoblanadi. Ayniqsa, kompyuter hisoblashlarida ushbu metod keng qo‘llanadi. Internet qidiruv tizimlarida sahifalar reytingini aniqlashda ham xos qiymatlar metodidan foydalaniladi. Google kompaniyasining PageRank algoritmi aynan dominant xos qiymatlarni hisoblashga asoslangan. Iteratsion metodlarning afzalligi ularning hisoblash jihatdan qulayligidir. Biroq ular barcha xos sonlarni emas, faqat ayrimlarini topishga xizmat qiladi. Shuningdek, boshlang‘ich qiymatning noto‘g‘ri tanlanishi hisoblash aniqligiga salbiy ta’sir qilishi mumkin.

Simmetrik matritsalar uchun eng samarali usullardan biri Yakobi metodidir. Ushbu metodning asosiy g‘oyasi matritsani ketma-ket aylantirishlar yordamida diagonal ko‘rinishga keltirishdan iborat. Diagonal elementlar esa matritsaning xos sonlarini beradi. Yakobi metodi yuqori aniqlikka ega bo‘lib, sonli hisoblashlarda keng qo‘llaniladi. Metodning afzalligi shundaki, u barcha xos sonlarni bir vaqtda topish imkonini beradi. Bundan tashqari, hisoblash davomida xos vektorlar ham aniqlanadi. Simmetrik matritsalarning xos sonlari har doim haqiqiy bo‘lishi sababli Yakobi metodi fizik va texnik masalalarda juda qulay hisoblanadi. Masalan, qurilish mexanikasida konstruksiyalarning tebranish chastotalarini aniqlashda ushbu metoddan foydalaniladi. Yakobi metodining kamchiligi esa iteratsiyalar sonining ko‘pligidir. Juda katta tartibli matritsalar uchun hisoblash vaqti ortib ketishi mumkin. Shunga qaramay, usulning aniqligi va barqarorligi uni amaliyotda muhim metodlardan biriga aylantiradi.

Zamonaviy hisoblash matematikasida eng samarali usullardan biri QR algoritmi hisoblanadi. Ushbu metod matritsani ortogonal va uchburchak matritsalar ko‘paytmasiga ajratishga asoslanadi. Iteratsiyalar

Latin American Journal of Education
www.lajoe.org

davomida matritsa asta-sekin diagonal ko‘rinishga yaqinlashadi va diagonal elementlar xos sonlarni beradi.

QR algoritmi bugungi kunda ko‘plab matematik dasturlarning asosiy algoritmlaridan biri hisoblanadi. Matlab, NumPy, Mathematica kabi dasturiy paketlarda xos sonlarni hisoblash aynan ushbu metod yordamida amalga oshiriladi. QR algoritmining asosiy afzalligi uning tezkorligi va yuqori aniqligidir. Ayniqsa, katta hajmdagi matritsalar bilan ishlashda ushbu metod samarali natija beradi.

Mazkur metod ilmiy tadqiqotlar, sun’iy intellekt, signalga ishlov berish, aerokosmik hisoblashlar hamda statistik modellashtirishda keng qo‘llanadi. Shuningdek, differensial tenglamalarni sonli yechishda ham QR algoritmi muhim o‘rin tutadi.

Matritsaning xos son va xos vektorlari ko‘plab amaliy masalalarda qo‘llaniladi. Fizikada ular mexanik tizimlarning tebranish chastotalarini aniqlashda ishlatiladi. Elektronika va radiotexnikada signallarni qayta ishlash jarayonlari xos qiymatlar nazariyasiga asoslanadi. Kvant mexanikasida fizik kattaliklarning qiymatlari operatorlarning xos sonlari sifatida talqin qilinadi. Informatika sohasida xos qiymatlar katta ma’lumotlarni tahlil qilishda muhim vosita hisoblanadi. Mashinaviy o‘qitish algoritmlarida ma’lumotlarning o‘lchamini kamaytirish uchun asosiy komponentalar tahlili usuli qo‘llaniladi. Ushbu usul aynan matritsaning xos son va xos vektorlariga asoslanadi. Shuningdek, tasvirlarni siqish, yuzni aniqlash texnologiyalari, neyron tarmoqlar va qidiruv tizimlarida ham ushbu metodlardan foydalaniladi. Iqtisodiyotda esa dinamik modellar barqarorligini tekshirishda xos sonlar muhim ahamiyatga ega. Agar tizimning barcha xos sonlari ma’lum shartlarni qanoatlantirsa, iqtisodiy model barqaror hisoblanadi. Shu sababli xos qiymatlar nazariyasi zamonaviy ilm-fan taraqqiyotida muhim o‘rin egallaydi.

Matritsaning xos son va xos vektorlarini o‘rganishda diagonalizatsiya tushunchasi alohida ahamiyatga ega. Agar matritsa ma’lum bir bazisda diagonal ko‘rinishga keltirilsa, u diagonalizatsiyalanuvchi matritsa deyiladi. Bunday holatda murakkab hisoblashlar sezilarli darajada soddalashadi. Diagonal matritsa ustida darajaga oshirish, teskari matritsa topish yoki differensial tenglamalarni yechish kabi amallar ancha qulay bajariladi. Matritsaning diagonalizatsiyalanishi uning yetarli sondagi chiziqli erkli xos vektorlarga ega ekanligini bildiradi. Agar (A) matritsa (P) matritsa yordamida diagonal ko‘rinishga keltirilsa, quyidagi munosabat hosil bo‘ladi:

$$P^{-1} AP=D$$

Bu yerda (D) diagonal matritsa bo‘lib, uning diagonal elementlari matritsaning xos sonlaridan iborat bo‘ladi. (P) matritsaning ustunlari esa mos xos vektorlardan tashkil topadi. Diagonalizatsiya ko‘plab hisoblash jarayonlarini yengillashtiradi. Masalan, matritsaning katta darajalarini

Latin American Journal of Education
www.lajoe.org

hisoblashda diagonalizatsiya usuli katta qulaylik yaratadi. Ayniqsa, iqtisodiy prognozlash va dinamik tizimlarni modellashtirishda bu usul samarali hisoblanadi. Ortogonal matritsalar uchun esa xos vektorlar o‘zaro ortogonal bo‘ladi. Simmetrik matritsalar har doim ortogonal diagonalizatsiyaga ega bo‘lib, bu ularning eng muhim xususiyatlaridan biridir. Ortogonal bazisda ishlash hisoblashdagi xatolarni kamaytiradi va sonli metodlarning barqarorligini oshiradi. Shu sababli zamonaviy hisoblash matematikasida ortogonal almashtirishlardan keng foydalaniladi.

Xos sonlarni o‘rganishda algebraik va geometrik karralik tushunchalari muhim nazariy ahamiyatga ega. Xarakteristik tenglamada xos son necha marta takrorlansa, shu sonning algebraik karraligi deyiladi. Masalan, agar xarakteristik tenglama ildizlari orasida biror xos son ikki yoki undan ortiq marta uchrasa, uning algebraik karraligi mos ravishda ikki yoki undan katta bo‘ladi. Geometrik karralik esa ushbu xos songa mos keluvchi chiziqli erkli xos vektorlar sonini bildiradi. Geometrik karralik hech qachon algebraik karralikdan katta bo‘lmaydi. Agar har bir xos son uchun algebraik va geometrik karraliklar teng bo‘lsa, matritsa diagonalizatsiyalanuvchi hisoblanadi. Ushbu tushunchalar matritsaning ichki tuzilishini chuqur tahlil qilish imkonini beradi. Ba’zi hollarda matritsa yetarli sondagi xos vektorlarga ega bo‘lmaydi. Bunday vaziyatlarda Jordan normal shakli qo‘llaniladi. Jordan shakli yordamida diagonalizatsiyalanmaydigan matritsalarni ham soddalashtirilgan ko‘rinishda ifodalash mumkin. Ushbu usul differensial tenglamalar nazariyasida va dinamik tizimlarni tadqiq qilishda muhim o‘rin tutadi.

Har doim ham matritsaning xos sonlari haqiqiy sonlardan iborat bo‘lavermaydi. Ayrim matritsalarda kompleks xos sonlar hosil bo‘ladi. Ayniqsa, nosimmetrik matritsalar uchun kompleks ildizlarning paydo bo‘lishi tabiiy hol hisoblanadi. Kompleks xos sonlar fizik va texnik jarayonlarni tavsiflashda muhim rol o‘ynaydi. Masalan, aylanish jarayonlari, elektromagnit to‘lqinlar, tebranish va rezonans hodisalari ko‘pincha kompleks xos sonlar yordamida ifodalanadi. Kompleks xos sonning haqiqiy qismi tizimning o‘sishi yoki kamayishini, mavhum qismi esa tebranish chastotasini ifodalaydi. Shu sababli avtomatik boshqaruv tizimlarida kompleks xos sonlar orqali tizimning barqarorligi baholanadi. Kompleks xos sonlar odatda juft holda uchraydi. Agar matritsa haqiqiy elementlardan tashkil topgan bo‘lsa va (λ=a+bi) xos son bo‘lsa, unda (λ =a-bi) ham xos son bo‘ladi. Bu xossa hisoblash jarayonida muhim ahamiyat kasb etadi va sonli metodlarning asosiy nazariyalaridan biri hisoblanadi.

Matritsaning barcha xos sonlari to‘plami uning spektri deb ataladi. Spektral nazariya esa xos qiymatlar va xos vektorlarni chuqur o‘rganadigan matematik yo‘nalish hisoblanadi. Ushbu nazariya funksional analiz, kvant

Latin American Journal of Education
www.lajoe.org

mexanikasi va operatorlar nazariyasining asosini tashkil qiladi. Spektral tahlil yordamida murakkab jarayonlarni oddiy tarkibiy qismlarga ajratish mumkin. Masalan, signalga ishlov berishda murakkab signal turli chastotalarga ajratiladi. Bu jarayonning matematik asosi spektral nazariyaga borib taqaladi. Tasvirlarni qayta ishlash, audio signallarni tahlil qilish va sun’iy intellekt tizimlarida ham spektral metodlardan foydalaniladi. Spektral nazariya iqtisodiy modellarni tadqiq qilishda ham muhim o‘rin tutadi. Masalan, iqtisodiy tizimlarning uzoq muddatli holatini bashorat qilishda dominant xos sonlar asosiy ko‘rsatkich sifatida qaraladi. Shu sababli spektral metodlar amaliy matematikaning eng muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

Singular qiymatlar nazariyasi xos sonlar bilan chambarchas bog‘liq bo‘lib, zamonaviy hisoblash matematikasida keng qo‘llaniladi. Har qanday matritsa uchun singular qiymatlar mavjud bo‘ladi va ular quyidagi matritsaning xos sonlari bilan bog‘liq:

$$\mathbf{A^TA}$$

Ushbu matritsaning xos sonlaridan kvadrat ildiz chiqarilganda singular qiymatlar hosil bo‘ladi. Singular qiymatlar ma’lumotlarni siqish, shovqinlarni kamaytirish va katta o‘lchamli tizimlarni soddalashtirishda muhim ahamiyatga ega. Singular qiymatlar ajratmasi sun’iy intellekt va ma’lumotlar tahlilida juda mashhur metodlardan biri hisoblanadi. Ushbu metod yordamida katta hajmdagi ma’lumotlarni ixcham shaklda ifodalash mumkin. Masalan, tavsiya tizimlari, yuzni tanish dasturlari va qidiruv algoritmlarida aynan singular qiymatlar nazariyasidan foydalaniladi.

Matritsaning xos sonlarini hisoblash jarayonida sonli xatoliklar muhim masala hisoblanadi. Ayniqsa, juda katta yoki juda kichik qiymatlarga ega matritsalar bilan ishlashda yaxlitlash xatolari yuzaga kelishi mumkin. Shu sababli sonli metodlarning barqarorligini ta’minlash muhim vazifa hisoblanadi. Barqaror algoritmlar kichik xatoliklarning katta natijaviy og‘ishlarga olib kelishining oldini oladi. QR algoritmi va ortogonal almashtirishlarga asoslangan metodlar aynan shu jihatdan samarali hisoblanadi. Kompyuter texnologiyalarining rivojlanishi bilan yuqori aniqlikdagi hisoblash usullari ishlab chiqilgan bo‘lsa-da, nazariy asoslarni chuqur bilish hamon muhim hisoblanadi.

XULOSA

Xulosa qilib aytganda, matritsaning xos son va xos vektorlarini topish masalasi chiziqli algebra fanining eng muhim yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, u nazariy matematika va amaliy hisoblashlar o‘rtasidagi muhim bog‘lovchi bo‘g‘in hisoblanadi. Xos sonlar va xos vektorlar orqali matritsalar va chiziqli o‘zgartirishlarning asosiy xususiyatlari ochib beriladi, bu esa murakkab tizimlarni soddalashtirib tahlil qilish imkonini yaratadi. Ushbu tushunchalar yordamida turli matematik modellarni o‘rganish, ularning

Latin American Journal of Education
www.lajoe.org

barqarorligini baholash hamda ko‘p o‘zgaruvchili jarayonlarni chuqur tahlil qilish mumkin.

Tadqiqot davomida xos son va xos vektorlarni aniqlashning turli metodlari — xarakteristik tenglama, iteratsion yondashuvlar, Yakobi usuli va QR algoritmi kabi sonli hisoblash usullari ko‘rib chiqildi. Har bir metodning o‘ziga xos afzalliklari mavjud bo‘lib, ular matritsaning tartibi va xususiyatiga qarab tanlanadi. Kichik o‘lchamli masalalarda analitik usullar yetarli bo‘lsa, katta hajmdagi matritsalar uchun zamonaviy sonli algoritmlar yuqori samaradorlik va aniqlikni ta’minlaydi. Shuningdek, diagonalizatsiya, spektral nazariya hamda karralik tushunchalari xos qiymatlar nazariyasining chuqur matematik asoslarini tashkil etishi aniqlandi. Bu tushunchalar nafaqat nazariy ahamiyatga ega, balki amaliy sohalarda ham keng qo‘llaniladi. Xususan, fizika, iqtisodiyot, axborot texnologiyalari, sun’iy intellekt va ma’lumotlar tahlili kabi yo‘nalishlarda xos son va xos vektorlar muhim vosita sifatida xizmat qiladi. Umuman olganda, xos son va xos vektorlar nazariyasi zamonaviy ilm-fan va texnologiyalar rivojida muhim o‘rin egallaydi. Kelgusida katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlash, murakkab tizimlarni modellashtirish va optimallashtirish jarayonlarida ushbu metodlarning ahamiyati yanada ortib borishi shubhasizdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Axadov A. Oliy matematika. – Toshkent: O‘zbekiston, 2018. – 640 b.
2. Mirziyodov M. Chiziqli algebra va analitik geometriya. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2019. – 432 b.
3. Isroilov M. Hisoblash matematikasi asoslari. – Toshkent: Tafakkur, 2017. – 384 b.
4. Kolman B., Hill D. Chiziqli algebra. – Toshkent: O‘qituvchi, 2010. – 520 b.
5. Gantmaxer F.R. Matritsalar nazariyasi. – Moskva: Nauka, 1988. – 552 b.
6. Strang G. Linear Algebra and Its Applications. – New York: Cengage Learning, 2016. – 504 p.
7. Golub G.H., Van Loan C.F. Matrix Computations. – Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2013. – 756 p.
8. Anton H., Rorres C. Elementary Linear Algebra. – New York: Wiley, 2014. – 768 p.