

## MATHCADDA XOS SON VA XOS VEKTORLARNI HISOBLASH

**Sharofiddinov Iqboljon Usmonjon o'g'li**

Farg'ona davlat universiteti katta o'qituvchisi,  
pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori

E-mail: iqbol0766@gmail.com

**Jumaboyeva Mohlaroy Umidjon qizi**

Farg'ona davlat universiteti talabasi

E-mail: jumaboyevamohlaroyim622@gmail.com

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada Mathcad dasturi yordamida matritsalarining xos sonlari va xos vektorlarini hisoblash usullari tahlil qilinadi. Tadqiqot davomida chiziqli algebra masalalarini yechishda Mathcad dasturining imkoniyatlari, matritsalar ustida amallar bajarish hamda xos son va xos vektorlarni aniqlash algoritmlari o'rganiladi. Shuningdek, Mathcad muhitida matematik modellashtirish, hisoblash aniqligi va natijalarni grafik ko'rinishda tasvirlash imkoniyatlari yoritiladi. Maqolada xos son va xos vektorlarning muhandislik, fizika, iqtisodiyot va axborot texnologiyalaridagi amaliy ahamiyati ham ko'rib chiqiladi.

**Kalit so'zlar:** Mathcad, xos son, xos vektor, matritsa, chiziqli algebra, determinant, matematik modellashtirish, hisoblash algoritmi, eigenvalue, eigenvector.

**Аннотация:** В данной статье рассматриваются методы вычисления собственных значений и собственных векторов матриц с помощью программы Mathcad. В ходе исследования изучаются возможности программы Mathcad при решении задач линейной алгебры, выполнении операций над матрицами, а также алгоритмы определения собственных значений и собственных векторов. Кроме того, освещаются возможности математического моделирования, точности вычислений и графического представления результатов в среде Mathcad. Также рассматривается практическое значение собственных значений и собственных векторов в инженерии, физике, экономике и информационных технологиях.

**Ключевые слова:** Mathcad, собственное значение, собственный вектор, матрица, линейная алгебра, определитель, математическое моделирование, вычислительный алгоритм, eigenvalue, eigenvector.

**Abstract:** This article discusses methods for calculating eigenvalues and eigenvectors of matrices using the Mathcad software. The study examines the capabilities of Mathcad in solving linear algebra problems, performing matrix operations, and determining eigenvalues and eigenvectors. In addition, the possibilities of mathematical modeling, computational accuracy, and graphical

*representation of results in the Mathcad environment are highlighted. The article also considers the practical importance of eigenvalues and eigenvectors in engineering, physics, economics, and information technologies.*

**Keywords:** *Mathcad, eigenvalue, eigenvector, matrix, linear algebra, determinant, mathematical modeling, computational algorithm, matrix operations.*

## KIRISH

Zamonaviy axborot texnologiyalari va matematik modellashtirish tizimlarining rivojlanishi murakkab matematik hisob-kitoblarni kompyuter dasturlari yordamida tezkor va aniq bajarish imkoniyatini yaratdi. Ayniqsa, chiziqli algebra masalalarini yechishda foydalaniladigan dasturiy vositalar ilmiy tadqiqotlar, muhandislik hisoblari, iqtisodiy tahlillar hamda texnik modellashtirish jarayonlarida muhim ahamiyat kasb etmoqda. Shunday dasturlardan biri Mathcad hisoblanib, u matematik formulalarni tabiiy yozuv shaklida kiritish, murakkab hisoblashlarni avtomatik bajarish va natijalarni grafik ko‘rinishda tasvirlash imkoniyatiga ega. Shu sababli Mathcad dasturi bugungi kunda oliy ta’lim, ilmiy izlanishlar va texnik loyihalash jarayonlarida keng qo‘llanilmoqda.

Xos son va xos vektor tushunchalari chiziqli algebra fanining eng muhim bo‘limlaridan biri hisoblanadi. Ushbu tushunchalar XVIII–XIX asrlarda Leonard Eyler, Jozef Lagranj, Ogyusten Koshi va boshqa matematik olimlarning ilmiy tadqiqotlari asosida shakllangan. Keyinchalik matritisalar nazariyasining rivojlanishi bilan xos son va xos vektorlarni hisoblash usullari yanada takomillashdi. XX asrga kelib kompyuter texnologiyalarining rivojlanishi natijasida bu hisoblashlarni dasturiy vositalar orqali avtomatlashtirish imkoniyati paydo bo‘ldi. Mathcad, MATLAB, Mathematica kabi tizimlar esa murakkab algebraik masalalarni qisqa vaqt ichida yechish imkonini berdi.

Xos son va xos vektorlar ko‘plab ilmiy hamda texnik masalalarda muhim o‘rin tutadi. Fizikada ular tebranish jarayonlari, kvant mexanikasi va dinamik tizimlarni tahlil qilishda qo‘llaniladi. Muhandislikda esa konstruksiyalarning mustahkamligini aniqlash, elektr zanjirlarini modellashtirish hamda mexanik tizimlarning barqarorligini baholashda foydalaniladi. Shuningdek, iqtisodiyotda statistik modellarni tahlil qilish, axborot texnologiyalarida esa sun‘iy intellekt, kompyuter grafikasi va ma’lumotlarni qayta ishlash jarayonlarida xos son va xos vektorlarning ahamiyati juda katta.

Bugungi kunda katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlash va murakkab matematik modellarni hisoblash zarurati ushbu mavzuning dolzarbligini yanada oshirmoqda. Oddiy usullar yordamida katta o‘lchamli matritisalarning xos son va xos vektorlarini hisoblash ko‘p vaqt talab qiladi hamda inson omili sababli xatoliklar yuzaga kelishi mumkin. Mathcad dasturi esa bunday hisoblashlarni avtomatlashtirib,

natijalarning aniqligi va tezkorligini ta'minlaydi. Bundan tashqari, dastur foydalanuvchiga formulalarni qulay kiritish, hisoblash algoritmlarini bosqichma-bosqich kuzatish va natijalarni vizual tarzda tahlil qilish imkonini beradi.

Mazkur maqolada Mathcad dasturi yordamida matritisalarning xos son va xos vektorlarini hisoblash usullari, ularning matematik asoslari hamda amaliy qo'llanilish jihatlari tahlil qilinadi. Shuningdek, Mathcad muhitida hisoblash jarayonining afzalliklari, dasturiy imkoniyatlari va zamonaviy ilmiy tadqiqotlardagi o'rni keng yoritiladi.

### ADABIYOTLAR TAHLILI VA USULLARI

Xos son va xos vektorlar nazariyasi chiziqli algebra fanining muhim yo'nalishlaridan biri bo'lib, uning shakllanishi XVIII asrga borib taqaladi. Ushbu mavzu dastlab differensial tenglamalar va mexanik tizimlarni o'rganish jarayonida paydo bo'lgan. Mashhur matematik Leonard Eyler 1750-yillarda matritisaga oid dastlabki algebraik g'oyalarni ilgari surib, chiziqli o'zgarishlarni matematik jihatdan tahlil qilishga asos yaratgan. Keyinchalik Jozef Lui Lagranj mexanik tizimlarning tebranishlarini o'rganish davomida xos qiymatlarga yaqin tushunchalarni qo'llagan va bu yo'nalishning rivojlanishiga katta hissa qo'shgan.

XIX asrda fransuz olimi Ogyusten Lui Koshi matritisalar nazariyasini rivojlantirib, determinantlar va xos sonlarni hisoblashning matematik asoslarini ishlab chiqdi. U matritisalarning algebraik xossalarni chuqur tahlil qilib, xos sonlarni aniqlashda determinantlardan foydalanish usulini taklif qilgan. Shu bilan birga, ingliz matematigi Artur Keyli matritisalar ustida amallar bajarish nazariyasini yaratib, zamonaviy chiziqli algebra rivojiga asos soldi. Keyinchalik Karl Veyershtross va Kamil Jordan tomonidan matritisalarni kanonik ko'rinishga keltirish usullari ishlab chiqildi. Ayniqsa, Jordan normal shakli murakkab matritisalarni soddalashtirish va xos vektorlarni tahlil qilishda muhim yangilik bo'ldi.

XX asrga kelib xos son va xos vektorlarni hisoblash usullari yanada takomillashdi. Nemis matematigi David Gilbert hamda vengriyalik olim Jon fon Neyman funksional analiz va operatorlar nazariyasini rivojlantirib, xos qiymatlar nazariyasining fizikadagi qo'llanilishiga katta hissa qo'shdi. Ayniqsa, kvant mexanikasi rivojlanishi bilan xos son va xos vektorlar fizik tizimlarning holatini aniqlashda asosiy matematik vositaga aylandi. Shu davrda kompyuter texnologiyalarining paydo bo'lishi natijasida murakkab matritisalar ustida hisoblashlarni avtomatlashtirish zarurati yuzaga keldi.

1960–1980-yillarda sonli usullar asosida xos sonlarni hisoblash algoritmlari ishlab chiqildi. QR-algoritm, iteratsion usullar va diagonalizatsiya metodlari katta o'lchamli matritisalarni hisoblashda samarali qo'llanila boshlandi. Bu usullarni rivojlantirishda Frensis, Uilkinson va Hausholder kabi olimlarning ilmiy ishlari muhim

o‘rin egalladi. Ayniqsa, Uilkinsonning sonli hisoblashlar aniqligi bo‘yicha olib borgan tadqiqotlari zamonaviy kompyuter matematikasining rivojlanishiga katta ta‘sir ko‘rsatdi.

1990-yillardan boshlab Mathcad, MATLAB, Maple va Mathematica kabi matematik dasturlar keng rivojlandi. Mathcad dasturi muhandislik va matematik hisoblashlarni qulay interfeys orqali bajarish imkoniyati bilan ajralib turdi. Ushbu dastur foydalanuvchiga formulalarni oddiy matematik yozuv shaklida kiritish, matritsalar ustida amallar bajarish hamda xos son va xos vektorlarni avtomatik hisoblash imkoniyatini yaratdi. Keyinchalik Mathcad dasturiga grafik modellashtirish, animatsiya va avtomatlashtirilgan hisoblash tizimlari qo‘shilib, uning ilmiy tadqiqotlardagi ahamiyati yanada oshdi.

Hozirgi davrda ushbu mavzu sun‘iy intellekt, ma‘lumotlarni tahlil qilish, kompyuter grafikasi va neyron tarmoqlar bilan chambarchas bog‘liq holda rivojlanmoqda. Zamonaviy tadqiqotlarda katta hajmdagi ma‘lumotlarni qayta ishlash, tasvirlarni siqish va signal tahlili jarayonlarida xos son va xos vektorlardan keng foydalanilmoqda. Ayniqsa, principal component analysis (PCA) usulida xos qiymatlar ma‘lumotlarni qisqartirish va tahlil qilishning asosiy vositalaridan biri hisoblanadi. Bu esa mavzuning nafaqat nazariy, balki amaliy jihatdan ham dolzarb ekanligini ko‘rsatadi.

Mazkur maqolani tayyorlash jarayonida tarixiy tahlil, taqqoslash, matematik modellashtirish va umumlashtirish usullaridan foydalanildi. Tadqiqot davomida Mathcad dasturining matritsalar bilan ishlash imkoniyatlari, xos son va xos vektorlarni hisoblash algoritmlari hamda ularning amaliy qo‘llanilish jihatlari ilmiy manbalar asosida o‘rganildi. Shuningdek, an‘anaviy hisoblash usullari bilan dasturiy hisoblash usullari o‘zaro taqqoslanib, Mathcad dasturining afzalliklari tahlil qilindi.

### ASOSIY QISM

Mathcad muhandislik va matematik hisob-kitoblarni avtomatlashtirish imkonini beruvchi zamonaviy dasturiy vositalardan biri hisoblanadi. Ushbu dastur yordamida matritsalar ustida turli amallar bajarish, chiziqli algebra masalalarini yechish hamda xos son va xos vektorlarni tezkor hisoblash mumkin. Ayniqsa, katta o‘lchamli matritsalar bilan ishlashda Mathcad foydalanuvchiga qulay interfeys va aniq hisoblash imkoniyatlarini yaratadi.

Xos son va xos vektor tushunchalari chiziqli algebra, fizika, mexanika, iqtisodiyot va axborot texnologiyalarida keng qo‘llaniladi. Ular tizimlarning barqarorligini tekshirish, differensial tenglamalarni yechish, sun‘iy intellekt algoritmlari hamda ma‘lumotlarni tahlil qilish jarayonlarida muhim rol o‘ynaydi.

Matritsa  $A$  uchun xos sonlar quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

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

Bu yerda:

- ✓  $A$  — berilgan matritsa;
- ✓  $\lambda$  — xos son;
- ✓  $I$  — birlik matritsa;
- ✓  $\det$  — determinant.

Xos vektorlar esa quyidagi tenglama yordamida topiladi:

$$A \cdot x = \lambda x$$

Bu tenglama shuni anglatadiki, matritsa ta'siridan keyin vektorning yo'nalishi o'zgaraydi, faqat uning qiymati ma'lum koeffitsiyentga ko'payadi.

Mathcad dasturida xos sonlarni hisoblash uchun odatda  $\text{eigenvals}(A)$  funksiyasi, xos vektorlarni aniqlash uchun esa  $\text{eigenvecs}(A)$  funksiyasi ishlatiladi. Ushbu funksiyalar murakkab algebraik hisoblarni avtomatik bajaradi va natijalarni qisqa vaqt ichida chiqaradi.

Mathcadda xos son va xos vektorlarni hisoblash bosqichlariЖ

1. Matritsani kiritish.
2. Matritsa elementlarini aniqlash.
3.  $\text{eigenvals}()$  funksiyasi yordamida xos sonlarni topish.
4.  $\text{eigenvecs}()$  funksiyasi orqali xos vektorlarni aniqlash.
5. Natijalarni tahlil qilish va tekshirish.

1-jadval

Bosqich	Amal bajarilishi	Mathcad funksiyasi	Natija
1	Matritsani kiritish	Matrix	Matritsa hosil qilinadi
2	Determinant hisoblash	$\det(A)$	Determinant qiymati
3	Xos sonlarni topish	$\text{eigenvals}(A)$	Xos sonlar
4	Xos vektorlarni topish	$\text{eigenvecs}(A)$	Xos vektorlar
5	Natijalarni tekshirish	$A \cdot x = \lambda x$	Hisoblash to'g'riligi

**Amaliy misol.** Quyidagi matritsa berilgan bo'lsin:

$$A = \begin{pmatrix} 6 & 2 \\ 2 & 3 \end{pmatrix}$$

Ushbu matritsaning xos sonlari va xos vektorlarini Mathcad dasturida hisoblaymiz.

1-bosqich. Matritsani kiritish. Mathcad ishchi oynasiga quyidagicha yoziladi:

$$A := [[6, 2], [2, 3]]$$

Natijada dastur quyidagi matritsani hosil qiladi:

$$A = \begin{pmatrix} 6 & 2 \\ 2 & 3 \end{pmatrix}$$

2-bosqich. Xos sonlarni hisoblash

Mathcad dasturida xos sonlarni topish uchun  $\text{eigenvals}(A)$  funksiyasi ishlatiladi.

Mathcadda quyidagini kiritib ko'ramiz:

$$\text{eigenvals}(A)$$

Natija:  $\lambda_1 = 7$  ,  $\lambda_2 = 2$

Demak, berilgan matritsaning xos sonlari:  $\lambda_1 = 7$  ,  $\lambda_2 = 2$

3-bosqich. Xarakteristik tenglama orqali tekshirish. Xos sonlar quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

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

Berilgan matritsa uchun:

$$\begin{vmatrix} 6-\lambda & 2 \\ 2 & 3-\lambda \end{vmatrix} = 0$$

Determinantni hisoblaymiz:

$$(6-\lambda)(3-\lambda)-4=0$$

Tenglamani ochamiz:

$$18-6\lambda-3\lambda+\lambda^2-4=0$$

$$\lambda^2-9\lambda+14=0$$

Kvadrat tenglamani yechamiz:

$$(\lambda-7)(\lambda-2)=0$$

Natijada:  $\lambda_1 = 7$  ,  $\lambda_2 = 2$

Bu qiymatlar Mathcad natijalari bilan bir xil chiqdi.

4-bosqich. Xos vektorlarni topish. Mathcad dasturida xos vektorlarni hisoblash uchun  $\text{eigenvecs}(A)$  funksiyasi ishlatiladi. Mathcadda quyidagini kiritib ko'ramiz:

$$\text{eigenvecs}(A)$$

Natijada dastur xos vektorlarni hosil qiladi. Birinchi xos son uchun ( $\lambda_1 = 7$ )

Quyidagi tenglama tuziladi:

$$(A-7I)x=0$$

$$\begin{pmatrix} -1 & 2 \\ 2 & -4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = 0$$

Bundan:

$$-x+2y=0$$

$$x=2y$$

Agar  $y=1$  deb olsak:

$$x=2$$

Demak, birinchi xos vektor:

$$X_1 = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Ikkinchi xos son uchun ( $\lambda_2 = 2$ )

$$(A-2I)x=0$$

$$\begin{pmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = 0$$

Bundan:

$$4x+2y=0$$

$$2x+y=0$$

$$y=-2x$$

Agar  $x=1$  deb olsak:

$$y=-2$$

Ikkinchi xos vektor:

$$X_2 = \begin{pmatrix} 1 \\ -2 \end{pmatrix}$$

Mathcad dasturida barcha hisoblashlar avtomatik bajariladi. Foydalanuvchi faqat matritsani kiritadi va kerakli funksiyalarni chaqiradi.

Kiritiladigan buyruqlar 1-rasmda:

**1-rasm**

```
A := [[6,2],[2,3]]
```

```
eigenvals(A)
```

```
eigenvecs(A)
```

Natijada dastur: xos sonlarni; xos vektorlarni; hisoblash natijalarini avtomatik chiqaradi. Bu usul qo'lda hisoblashga qaraganda ancha qulay va tezkor hisoblanadi. Ayniqsa katta o'lchamli matritsalar bilan ishlashda Mathcad dasturi yuqori aniqlik va samaradorlikni ta'minlaydi.

### NATIJALAR VA MUHOKAMALAR

Ushbu tadqiqot davomida Mathcad dasturi yordamida matritsalarining xos son va xos vektorlarini hisoblash jarayoni batafsil o'rganildi hamda amaliy misollar asosida tahlil qilindi. Olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, Mathcad dasturi murakkab matematik hisob-kitoblarni qisqa vaqt ichida yuqori aniqlik bilan bajarish imkonini beradi. Ayniqsa, katta o'lchamli matritsalar ustida ishlashda dastur avtomatik hisoblash funksiyalari orqali inson omiliga bog'liq xatolarni sezilarli darajada kamaytiradi.

Tadqiqot natijalariga ko'ra, xos son va xos vektorlarni hisoblash jarayoni muhandislik, fizika, iqtisodiyot va axborot texnologiyalarida muhim ahamiyatga ega ekanligi aniqlandi. Chunki ushbu matematik tushunchalar yordamida turli tizimlarning barqarorligi, tebranish jarayonlari, elektr zanjirlari va ma'lumotlarni qayta ishlash algoritmlarini tahlil qilish mumkin. Masalan, sun'iy intellekt va mashinali o'qitish tizimlarida ma'lumotlarni siqish va tahlil qilish jarayonlarida eigenvalue hamda eigenvector tushunchalari keng qo'llaniladi.

Mathcad dasturining yana bir muhim afzalligi — hisoblash natijalarini vizual va tushunarli shaklda taqdim etishidir. Dastur formulalarni matematik yozuv ko‘rinishida chiqaradi, bu esa foydalanuvchiga natijalarni o‘qish va tekshirishni yengillashtiradi. Shu sababli Mathcad nafaqat ilmiy tadqiqotlarda, balki oliy ta’lim muassasalarida ham keng foydalanilmoqda.

Bugungi kunda raqamli texnologiyalar va avtomatlashtirilgan tizimlarning rivojlanishi matematik modellashtirishga bo‘lgan ehtiyojni yanada oshirmoqda. Shu nuqtai nazardan Mathcad dasturidan foydalanish zamonaviy muhandislik va texnik sohalarda katta qulaylik yaratadi. Dastur yordamida foydalanuvchi murakkab formulalarni qo‘lda hisoblamasdan, avtomatik tarzda yechim olishi mumkin. Bu esa vaqtni tejaydi va hisoblash samaradorligini oshiradi.

Muhokamalar davomida aniqlanishicha, Mathcad dasturi ayniqsa talabalar va ilmiy tadqiqotchilar uchun qulay hisoblanadi. Chunki dastur sodda interfeysga ega bo‘lib, matematik formulalarni oddiy yozuv shaklida kiritish imkonini beradi. Bundan tashqari, natijalarni jadval, grafik va matematik ifodalar ko‘rinishida chiqarish imkoniyati mavjud. Bu esa murakkab matematik masalalarni tushunishni ancha osonlashtiradi.

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, xos son va xos vektorlarni Mathcad yordamida hisoblash an’anaviy qo‘lda hisoblash usullariga nisbatan ancha samarali hisoblanadi. Qo‘lda hisoblashda ko‘p vaqt talab qilinadi va kichik xatolik ham natijaning noto‘g‘ri chiqishiga sabab bo‘lishi mumkin. Mathcad esa barcha algebraik amallarni avtomatik bajarib, aniq va tezkor natijalarni hosil qiladi.

Shuningdek, ushbu mavzuning hozirgi kundagi ahamiyati ham juda katta hisoblanadi. Chunki zamonaviy texnologiyalarda, ayniqsa robototexnika, aerokosmik tizimlar, sun’iy intellekt, iqtisodiy modellashtirish va katta ma’lumotlar tahlilida xos son hamda xos vektorlar muhim matematik asos vazifasini bajaradi. Shu sababli Mathcad dasturida ushbu hisoblashlarni bajarishni o‘rganish zamonaviy mutaxassislar uchun muhim amaliy ko‘nikmalardan biri hisoblanadi.

### XULOSA

Ushbu maqolada Mathcad dasturida xos son va xos vektorlarni hisoblash jarayoni nazariy va amaliy jihatdan yoritib berildi. Tadqiqot davomida chiziqli algebra asoslari, xos son va xos vektorlarning matematik mazmuni hamda ularni aniqlash usullari o‘rganildi. Shuningdek, Mathcad dasturining ushbu turdagi murakkab hisob-kitoblarni avtomatlashtirishdagi imkoniyatlari tahlil qilindi.

Ish jarayonida avval xos son va xos vektorlar tushunchasining matematik ifodasi berildi, so‘ngra ularni aniqlash uchun asosiy tenglamalar keltirildi. Keyingi bosqichda Mathcad dasturida matritsa kiritish, eigenvals va eigenvecs funksiyalaridan foydalanish orqali amaliy hisoblash jarayoni ko‘rsatib berildi. Bunga qo‘shimcha

ravishda, konkret matritsa ustida misol yechilib, uning xos son va xos vektorlari aniqlanib, natijalar tahlil qilindi.

Maqola davomida olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, Mathcad dasturi murakkab matematik hisoblarni tez, aniq va qulay tarzda bajarish imkonini beradi. Qo'lda hisoblash jarayonida yuzaga kelishi mumkin bo'lgan xatoliklar bu dastur yordamida bartaraf etiladi va natijalar avtomatik tarzda tekshirib beriladi.

Umuman olganda, ushbu maqola xos son va xos vektorlar nazariyasini chuqurroq tushunish, ularni amaliy masalalarda qo'llash hamda Mathcad dasturidan foydalanish ko'nikmalarini shakllantirishga qaratilgan. Tadqiqot natijalari matematik modellashtirish va muhandislik hisob-kitoblarida Mathcad dasturining muhim ahamiyatga ega ekanligini tasdiqlaydi.

#### FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. *Strang, G. Linear Algebra and Its Applications. Cengage Learning, 2016. (Xos sonlar va xos vektorlar nazariy asoslari, matritsalar tahlili)*
2. *Lay, D. C. Linear Algebra and Its Applications. Pearson, 2012. (Chiziqli algebra elementlari, eigenvalue va eigenvector tushunchalari)*
3. *Meyer, C. D. Matrix Analysis and Applied Linear Algebra. SIAM, 2000. (Matritsa tahlili va amaliy algoritmlar)*
4. *Trefethen, L. N., Bau, D. Numerical Linear Algebra. SIAM, 1997. (Sonli usullar orqali xos qiymatlarni hisoblash)*
5. *Mathcad User Guide. PTC Inc., 2023. (Mathcad dasturida matematik hisoblashlar va matritsalar bilan ishlash)*
6. *Kreyszig, E. Advanced Engineering Mathematics. Wiley, 2011. (Muhandislik matematikasi, chiziqli algebra qo'llanilishi)*
7. *Golub, G. H., Van Loan, C. F. Matrix Computations. Johns Hopkins University Press, 2013. (Katta matritsalar va hisoblash algoritmlari)*
8. *Anton, H. Elementary Linear Algebra. Wiley, 2013. (Matritsalar, xos son va xos vektorlar bo'yicha asosiy tushunchalar)*