Kultivatsiyaning turli bosqichlarida metabolitlar profilini chuqur o‘rganish yuqori biologik faollikka ega birikmalar eng yuqori darajada hosil bo‘ladigan optimal vaqtni aniqlashga xizmat qiladi. HPLC va LC-MS kabi zamonaviy tahlil usullaridan foydalanish esa ushbu murakkab jarayonni aniq baholash imkonini beradi. Mazkur yo‘nalishdagi tadqiqotlar yangi avlod biologik faol moddalarini aniqlash, antibiotik ishlab chiqaruvchi samarali shtammlarni tanlash hamda farmatsevtik biotexnologiyani yanada rivojlantirishda muhim amaliy ahamiyat kasb etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Bérdy J. Bioactive microbial metabolites. The Journal of Antibiotics, 2005. Vol. 58, No. 1, pp. 1–26.

2. Hopwood D.A. Streptomyces in Nature and Medicine: The Antibiotic Makers. Oxford University Press, 2007. 248 p.

3. Demain A.L. Importance of microbial natural products in pharmacy. Antibiotics, 2014. Vol. 3, pp. 304–332.

4. Strohl W.R. Biotechnology of antibiotic production. Biotechnology, 1997. Vol. 7, pp. 3–47.

5. Bentley S.D. et al. Complete genome sequence of the model actinomycete Streptomyces coelicolor A3(2). Nature, 2002. Vol. 417, pp. 141–147.

6. Kumar S., Bruheim P. Metabolic profiling of Streptomyces coelicolor M145 under different nutrient limitations. Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology, 2015. Vol. 42, pp. 1105–1117.

7. Williamson N.R. et al. Biosynthesis and biological activity of prodiginines. Future Microbiology, 2006. Vol. 1, No. 4, pp. 605–618.

8. Mamarasulov B.D. Ajuga turkestanica (Rgl.) Brig dorivor o‘simligidan endofit fitobakteriyalarni ajratib olish, tozalash va ularning biotexnologik potensialini baholash. PhD dissertatsiyasi avtoreferati, Toshkent, 2023.

CHIZIQLI ALGEBRAIK TENGLAMALAR SISTEMASINI YECHISHDA YAKOBI, ZEYDEL VA YUQORI RELAKSATSIYA USULLARINING YAQINLASHISH TEZLIGINI TAQQOSLASH

Meliyeva Maxliyo Zafar qizi
Amaliy matematika yo‘nalishi 3-kurs talabasi
Ilmiy rahbar: Sharipova Sadoqat Fazliddinovna
O‘zbekiston Milliy universiteti Jizzax filiali

Annotatsiya. Tezisda chiziqli algebraik tenglamalar sistemasini yechishning Yakobi, Zeydel va yuqori relaksatsiya (SOR) iteratsion usullari qaraladi. Usullarning yaqinlashish sharti iteratsion matritsaning spektral radiusi orqali ifodalanadi. Qat’iy diagonal ustunlikka ega sistema misolida usullarning iteratsiyalar soni taqqoslanadi va relaksatsiya parametrining yaqinlashish tezligiga ta’siri tahlil qilinadi.

Kalit so‘zlar: chiziqli sistema, iteratsion usul, Yakobi usuli, Zeydel usuli, yuqori relaksatsiya usuli, spektral radius, diagonal ustunlik.

Kirish. Fizika, mexanika, iqtisodiyot va muhandislikning ko‘plab masalalari — issiqlik tarqalishi, elastiklik nazariyasi, elektr zanjirlari, tarmoq oqimlari — diskretlashtirilgandan so‘ng chiziqli algebraik tenglamalar sistemasiga keltiriladi. Bunday sistemalar odatda katta o‘lchamli va siyrak bo‘ladi.

Gauss usuli kabi to‘g‘ri usullar n o‘lchamli sistema uchun taxminan $\frac{2}{3}n^3$ arifmetik amal talab qiladi va yo‘qotish jarayonida matritsaning siyrakligini buzadi. Iteratsion usullar esa har bir qadamda faqat matritsani vektorga ko‘paytirishni bajaradi, matritsa tuzilishini saqlaydi va xotirani tejaydi. Shu sababli iteratsion usullarning yaqinlashish shartlari va tezligini o‘rganish amaliy matematikaning dolzarb masalalaridan biridir.

Tadqiqotning maqsadi — Yakobi, Zeydel va yuqori relaksatsiya usullarining yaqinlashish tezligini nazariy baholash va sonli tajriba orqali taqqoslashdan iborat.

Asosiy qism. $Ax = b$ sistema berilgan bo‘lib, A — $n \times n$ o‘lchamli, diagonal elementlari noldan farqli matritsa bo‘lsin. Uni $A = D + L + U$ ko‘rinishida yozamiz, bu yerda D — diagonal, L va U — mos ravishda qat’iy quyi va yuqori uchburchak qismlar. U holda usullarning iteratsion formulalari quyidagicha bo‘ladi:

Yakobi: $x^{(k+1)} = D^{-1}\left(b - (L+U)\,x^{(k)}\right)$,

Zeydel: $x^{(k+1)} = (D+L)^{-1}\left(b - U\,x^{(k)}\right)$,

SOR: $x^{(k+1)} = (D+\omega L)^{-1}\left(\omega b - (\omega U + (\omega-1)D)\,x^{(k)}\right)$.

Komponentalar bo‘yicha Zeydel usuli $x_i^{(k+1)} = \frac{1}{a_{ii}}\left(b_i - \sum_{j<i} a_{ij}\,x_j^{(k+1)} - \sum_{j>i} a_{ij}\,x_j^{(k)}\right)$ ko‘rinishda yoziladi, ya’ni hisoblangan yangi qiymatlardan darhol foydalaniladi. SOR usulida esa Zeydel qadami ω parametr bilan og‘irlanadi; $\omega = 1$ bo‘lganda u Zeydel usuli bilan ustma-ust tushadi.

Har bir usulni $x^{(k+1)} = Bx^{(k)} + c$ ko‘rinishda yozish mumkin. Bu iteratsiya ixtiyoriy boshlang‘ich yaqinlashishda yaqinlashishi uchun iteratsion matritsa B ning spektral radiusi birdan kichik bo‘lishi zarur va yetarli:

$\rho(B) = \max_i |\lambda_i(B)| < 1, \qquad \| x^{(k)} - x^* \| \approx C\,\rho(B)^k.$

Demak, xatolikni 10^{-m} marta kamaytirish uchun taxminan $k \approx m/\left(-\lg\rho(B)\right)$ ta iteratsiya kerak bo‘ladi. Agar A qat’iy diagonal ustunlikka ega bo‘lsa, ya’ni $|a_{ii}| > \sum_{j\neq i} |a_{ij}|$ barcha i uchun bajarilsa, Yakobi va Zeydel usullari ixtiyoriy boshlang‘ich vektorda yaqinlashadi. SOR usuli uchun zaruriy shart $0 < \omega < 2$ dir.

Sonli tajriba uchun quyidagi qat’iy diagonal ustunlikka ega sistema olindi:

$$\begin{pmatrix} 10 & -1 & 2 & 0 \\ -1 & 11 & -1 & 3 \\ 2 & -1 & 10 & -1 \\ 0 & 3 & -1 & 8 \end{pmatrix} x = \begin{pmatrix} 6 \\ 25 \\ -11 \\ 15 \end{pmatrix}, \qquad x^* = (1;\ 2;\ -1;\ 1)^T.$$

Boshlang‘ich yaqinlashish $x^{(0)} = 0$, to‘xtash sharti $\max_i \left| x_i^{(k+1)} - x_i^{(k)} \right| < 10^{-6}$ deb olindi. Hisoblashlar Python tilida bajarildi, spektral radiuslar iteratsion matritsalarning xos qiymatlari orqali topildi.

1-jadval.

Yakobi va Zeydel usullarini taqqoslash

Usul	Spektral radius $\rho(B)$	Iteratsiyalar soni
Yakobi	0,426	18
Zeydel	0,090	8

Zeydel usuli talab etilgan aniqlikka Yakobi usuliga nisbatan ikki baravardan ortiq kam iteratsiyada erishdi. Bu natija spektral radiuslar nisbatiga mos keladi: $-\lg 0{,}426 \approx 0{,}37$ va $-\lg 0{,}090 \approx 1{,}05$, ya’ni Zeydel usulida har bir iteratsiya xatolikni taxminan 11 marta, Yakobi usulida esa 2,3 marta kamaytiradi. Keyingi bosqichda SOR usulida relaksatsiya parametri ω ning iteratsiyalar soniga ta’siri o‘rganildi (2-jadval).

2-jadval.

SOR usulida iteratsiyalar soni k ning ω ga bog‘liqligi

ω	0,8	0,9	1,0	1,05	1,1	1,2	1,3	1,5
k	13	11	8	8	9	12	15	24

Tridiagonal (izchil tartiblangan) matritsalar uchun optimal parametr $\omega_{opt} = 2/\left(1 + \sqrt{1 - \rho_J^2}\right)$ formula bilan topiladi, bu yerda ρ_J — Yakobi matritsasining spektral radiusi. Qaralayotgan sistema uchun bu formula $\omega \approx 1{,}05$ ni beradi va sonli tajriba ham eng kam iteratsiya $\omega \in [1{,}0;\ 1{,}05]$ oraliqda olinishini ko‘rsatdi. Diagonal ustunligi kuchli bo‘lgan bu sistemada ρ_J kichik bo‘lgani uchun relaksatsiyadan yutuq sezilarli emas. Diagonal ustunligi kuchsiz, masalan, Puasson tenglamasini diskretlashtirishdan hosil bo‘lgan sistemalarda esa SOR usuli Zeydel usuliga nisbatan iteratsiyalar sonini o‘nlab marta kamaytirishi ma’lum.

Xulosa.

Tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Iteratsion usulning yaqinlashish tezligi iteratsion matritsa spektral radiusi bilan aniqlanadi; diagonal ustunlik yaqinlashishning qulay yetarli shartidir.

2. Qaralgan sistemada Zeydel usuli Yakobi usuliga nisbatan 2,25 marta kam iteratsiya talab qildi (8 va 18).

3. SOR usulida optimal parametrni to‘g‘ri tanlash muhim: $\omega = 1{,}5$ da iteratsiyalar soni optimal holatga nisbatan uch marta ortdi.

4. Yakobi usuli komponentalarni parallel hisoblash imkonini beradi, ketma-ket hisoblashda esa Zeydel va SOR usullari afzal.

Keyingi ishda katta o‘lchamli siyrak sistemalar uchun qo‘shma gradientlar usuli va oldindan shartlash (preconditioning) usullari o‘rganiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Burden R.L., Faires J.D. Numerical Analysis. 9th ed. — Boston: Brooks/Cole, 2011.

2. Saad Y. Iterative Methods for Sparse Linear Systems. 2nd ed. — Philadelphia: SIAM, 2003.

3. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. — М.: Наука, 1989.

4. Young D.M. Iterative Solution of Large Linear Systems. — New York: Academic Press, 1971.

ARPA YETISHTIRISHDA BIOLOGIK PREPARATLARDAN FOYDALANISHNING EKOLOGIK VA AGROBIOTEXNOLOGIK ISTIQBOLLARI

Ropijonova Durdona Alisher qizi

Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universitetining Jizzax filiali Biotexnologiya kafedrasi I -kurs magistranti

Annotatsiya. Mazkur tezisda arpa (*Hordeum vulgare L.*) yetishtirishda biologik preparatlardan foydalanishning ekologik va agrobiotexnologik ahamiyati tahlil qilingan. O‘simlik o‘sishi va rivojlanishini rag‘batlantiruvchi mikroorganizmlarning biologik xususiyatlari, ularning oziqa elementlarini o‘zlashtirish jarayonidagi ishtiroki hamda tuproq unumdorligini saqlashdagi imkoniyatlari yoritilgan. Shuningdek, ko‘p komponentli mikrobiologik preparatlardan foydalanish istiqbollari va ularni arpa yetishtirish texnologiyasiga joriy etish masalalari ko‘rib chiqilgan.

Kalit so‘zlar: arpa, biologik preparat, biostimulyator, rizobakteriyalar, mikroorganizmlar, tuproq unumdorligi, agrobiotexnologiya, ekologik barqarorlik.

Kirish. Bugungi kunda qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishida ekologik xavfsiz va resurs tejamkor texnologiyalarni joriy etish muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Aholi sonining ortishi, oziq-ovqat mahsulotlariga bo‘lgan talabning oshishi hamda iqlim o‘zgarishi sharoitida qishloq xo‘jaligi ekinlarining hosildorligini barqaror saqlash dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Shu jihatdan arpa (*Hordeum vulgare L.*) oziq-ovqat, yem-xashak va sanoat xomashyosi sifatida muhim qishloq xo‘jaligi ekinlaridan biri hisoblanadi.