

MA'LUMOTLARNI INTELLEKTUAL TAHLIL QILISH UCHUN GENETIK ALGORITMLAR VA ULARNI QO'LLANILISHI

Fayzullo Nazarov¹, Mehriddin Nurmamatov¹, Shohruh Sariyev¹,

¹Samarqand davlat Universiteti, Samarqand, O'zbekiston
E-mail: sariyevshohruh313@gmail.com

KEYWORDS

Genetik algoritmlar, ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish, mashinaviy o'qitish, populyatsiya, seleksiya, krossover, mutatsiya, optimallashtirish.

ABSTRACT

Mazkur tadqiqot ishida ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish uchun genetik algoritmlar va ularning imkoniyatlari batafsil keltirib o'tilgan. Hozirgi vaqtga kelib aksariyat sohalarda inson bajaradigan jarayonlarni axborot tizimlari va mashinali tizimlar asosida bajarilmoqda. Buning natijasida boshqaruv, ijtimoiy-iqtisodiy jarayonlarni avtomatlashtirish va avtomatlashtirilgan tizimlar tarkibidagi ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish keskin rivojlanib bormoqda. Bundan kelib chiqib aholiga xizmat ko'rsatishni yaxshilash va oldindan jarayonlarni boshqarishni optimallashtirish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Jarayonlarni boshqarish va optimallashtirish masalalarini hal qilishda genetik algoritmlar samarali vosita bo'lib xizmat qiladi. Bundan kelib chiqib mazkur ilmiy maqolada ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish uchun genetik algoritm texnologiyalarining mexanizmlari va ularni qo'llanilishi bo'yicha tadqiqot ishi amalga oshirilgan. Bunda genetik algoritmlar, ishlash mexanizmlari, matematik modellari va sohalarga qo'llanilishining nazariy asoslari keltirib o'tilgan.

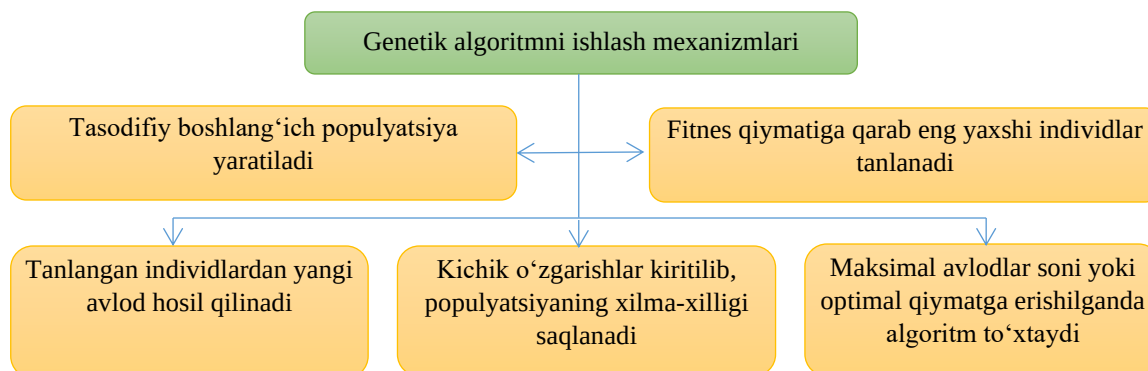
I. Kirish

Hozirgi kunda sun'iy intellekt texnologiyalarini keskin rivojlanishi, ma'lumotlarni intellektual tahlil qilishning zamonaviy yondashuvlari ham ortib bormoqda. Ma'lumotlar oqimining keskin oshib borishi bu ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish asosida jarayonlarni boshqarishni optimallashtirish imkoniyati yaratiladi. Ma'lumotlarni tahlil qilishda bir qancha zamonaviy algoritmlar mavjud bo'lib, mashinaviy o'qitish, neyron tarmoqli, noravshan mantiq va genetik algoritmlar shular jumlasidandir. Ma'lumotlarni intellektual tahlil qilishda genetik algoritmlar nafaqat jarayonlarni boshqarishda balkim optimallashtirish masalalarida ham samarali natijalarga olib keladi. Genetik algoritmlar hozirgi vaqtda ko'p parametrlil masalalarni optimallashtirish va bashoratga asoslangan masalalarni hal qilishda keng foydalanib kelinmoqda[1]. Genetik algoritmlar tabiiy evolyutsiya prinsiplariga asoslanib ishlashi munosabati bilan ko'p parametrlil masalalarni

optimallashtirish, bashoratlash va eng yaxshi yechimlarni topish uchun samarali vosita hisoblanadi. Genetik algoritmlar yordamida mashinaviy o'qitish va neyron tarmoq algoritmlarida eng yaxshi yechim beradigan gepir parametrlarni aniqlash mumkin.

II. Optimallashtirishda genetik algoritmlarning ishlash mexanizmlari

Ma'lumotlarni intellektual tahlil qilishda genetik algoritmlar ko'plab muammolarni hal qilish va optimallashtirish masalalarini hal qilish uchun ishlatiladi. Genetik algoritmning turlari har xil sohalarda turli strategiyalardan foydalanib, optimal yoki yaqin optimal yechimlarni topishga yordam beradi. Genetik algoritmning o'ziga xos ishlash mexanizmlari qo'llanilayotgan sohaga qarab ega alohida belgilab olinadi [2-3]. Mazkur tadqiqotda genetik algoritmlarning an'anaviy ishlash mexanizmlari tadqiq qilindi va u quyidagi bosqichlardan amalga oshirilishi belgilab olindi.



1-rasm. Genetik algoritmlarning ishlash mexanizmlari.

Genetik algoritmlar oddiy va tezkor bo'lib, ko'p muammolar uchun asosiy yechim sifatida ishlatiladi hamda optimumga yaqinlashishni osonlashtiradi.

Genetik algoritmlar populyatsiyadagi yechimlarni genetik operatorlar seleksiya, krossover va mutatsiya yordamida takomillashtiradi. Schema(H), bu qismi aniq belgilangan noma'lum qiymatlarga ega bo'lgan ifoda hisoblanadi va u (1) orqali ifodalanadi.

$$m(H, t + 1) \geq m(H, t) \cdot \frac{f(H)}{\bar{f}} \left(1 - \frac{p_k \delta(H)}{l-1}\right) \cdot (1 - p_m)^0 \quad (1)$$

Bu yerda

$m(H, t)$ – H sxemaning t – avloddagi populyatsiyalar soni.

$f(H)$ – H sxemaga moslashuvchanlikning o'rtacha fitness qiymati.

$\bar{f}$ – populyatsiyadagi barcha indvidlarning o'rtacha moslashuvchanlik qiymati.

p_k – krossover ehtimoli.

p_m – mutatsiya ehtimoli.

l – xromosoma uzunligi.

$\delta(H)$ – H sxemaning uzunligi(H ichidagi eng uzun belgilar orasidagi masofa).

0 –sxemada belgilangan genlar soni (bitlar soni).

Yuqoridagi qoida genetik algoritmlarning ishlash mexanizmini matematik tamonidan

optimal yechimlarni izlash imkoniyatini beradi. Populyatsiya operatori boshlang'ich yechimlar to'plamini har bir individ yoki xromosomaning kodlangan yoki haqiqiy sonli vektori sifatida ifodalanadi va u (2) orqali ifodalanadi.

$$P(t) = \{X_1, X_2, \dots, X_N\}, X_i \in R^n \quad (2)$$

Bu yerda,

$P(t)$ – t avloddagi populyatsiya.

X_i – i individ(yechim).

N – populyatsiyaning hajmi.

n – har bir individning genlar soni.

Genetik algoritmda fitness funksiyasi har bir individning sifati ya'ni moslashuvchanligini baholashga xizmat qiladi.

$$f(X_i) = \text{Fitness funksiyasi} \quad (3)$$

Funksiyada $\max f(X)$ – Maksimallashtirish, $\min f(X)$ – Minimallashtirish uchun xizmat qiladi.

Genetik algoritmda seleksiya tanlash jarayoni hisoblanadi va u yaxshi fitnessga ega bo'lgan indvidlarni tanlashni ta'minlaydi. Seleksiyada ruletka g'ildiragi tanlovi (4) orqali ifodalanadi.

$$p_i = \frac{f(X_i)}{\sum_{i=1}^N f(X_i)} \quad (4)$$

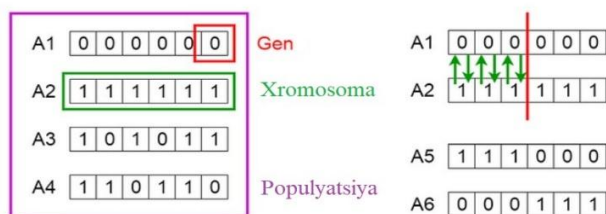
p_i – i individning tanlash ehtimoli.

$f(X_i)$ – i individning fitness qiymati.

Seleksiyada turner tanlovida ikki yoki undan ortiq indvidlar tasodifiy olinadi va ularning eng yaxshisi tanlanadi.

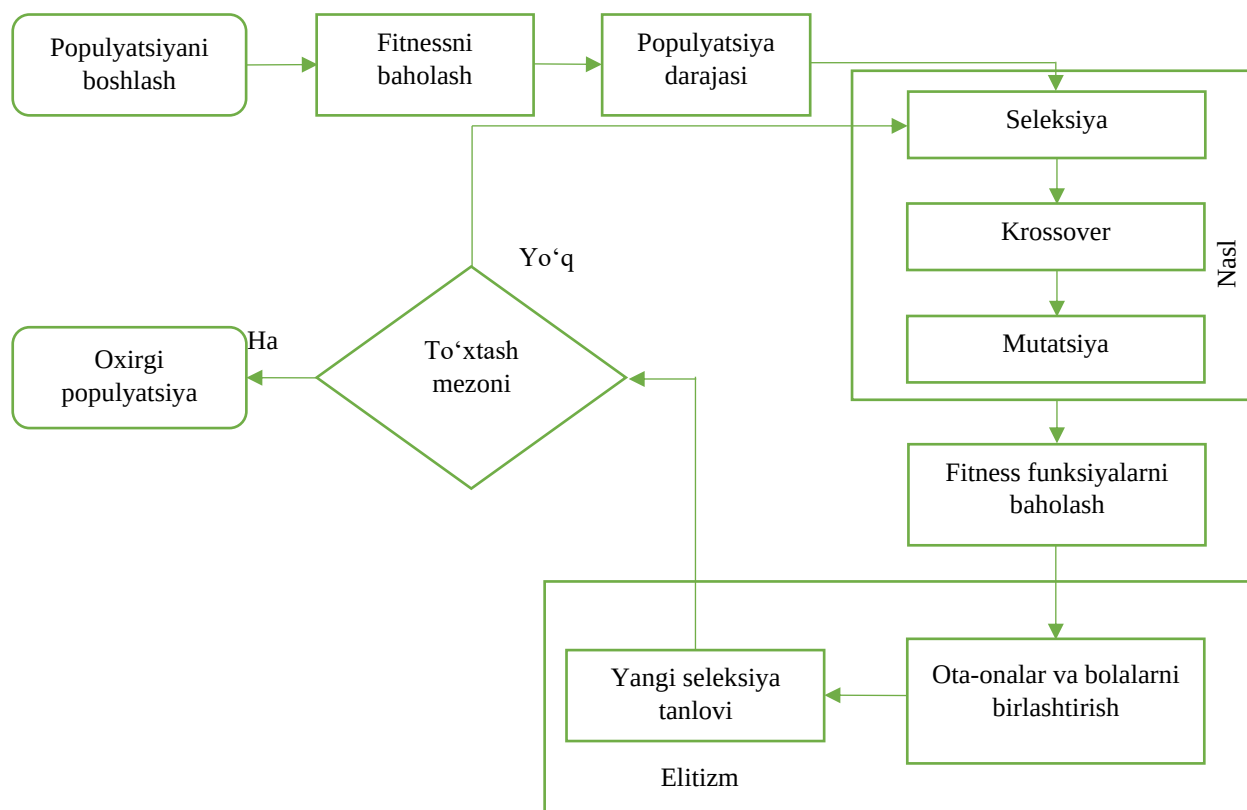
$$X_s = \operatorname{argmax}_f(X) \quad (5)$$

Genetik algoritmda crossover ikki individni birlashtirib, yangi avlod hosil qilish uchun qo'llaniladi. Intellektual tanlov ushbu yondashuvda yangi gen yaratish uchun ota-onalar baholanadi va har birining eng yaxshi genlari yangi gen yaratish uchun ishlatiladi. Eng yaxshi gen mezonlar ya'ni max, min yoki o'rtacha qiymat asosida tanlanadi. Ushbu protsedura yangi xromosomaning barcha genlarini yaratish uchun ketma-ket takrorlanib boradi[5-6] va u 2-rasm ko'rinishida ifodalanadi.



2-rasm. Intellektual crossover operatorini ishlashi (nasl uchun maksimal qiymat).

Genetik algoritmda uniform crossoveri har bir geni p_c ehtimollik bilan almashadi.



3-rasm. Ma'lumotlarni intellektual tahlil qilishda genetik algoritmnining bosqichlari algoritmni ishlash jarayoni.

$$X_{avlod1}[i] = \begin{cases} X_1[i], & \text{agar tasodifiy ehtimol} \leq 0.5 \\ X_2[i], & \text{aks holda} \end{cases} \quad (6)$$

Genetik algoritmda mutatsiya xromosomaning tasodifiy genlarini o'zgartirish orqali xilma-xillikni saqlashga xizmat qiladi va u mutatsiya ehtimoli p_m bilan hisoblanadi hamda u quyidagi ikki turda bo'lishi mumkin.

a) Binary mutatsiyasida genlar qiymati(0 yoki 1) o'zgaradi.

$$X[i] = 1 - X[i] \text{ agar } p_m \text{ ehtimol bajarilsa.}$$

b) Real qiymatli mutatsiya geni tasodifiy ravishda ma'lum diapazonda o'zgaradi.

$$X[i] = X[i] + N(0, \sigma) \quad (7)$$

To'xtash mezonni iteratsiyalar soniga yetganda yoki maqsad funksiyasi yetarli aniqlikka yetgan holatda to'xtatiladi. Bundan kelib chiqib ma'lumotlarni intellektual tahlil qilishda genetik algoritmnining bosqichlari quyidagi 3-rasmdagi sxema asosida amalga oshiriladi.

Genetik algoritmnining ishlash bosqichlari asosida ko'p parametrlil masalalarni optimal hal qilish imkoniyati yaratiladi.

III. Genetik algoritmlarning turlari

Ma'lumotlarni intellektual tahlil qilishda genetik algoritmlarning eng ko'p foydalaniladigan quyidagi turlari mavjud:

1. Differensial genetik algoritmi;
2. Ko'p maqsadli genetik algoritmi;
3. Parallel genetik algoritmi;
4. Orttilgan genetik algoritmi;
5. Genetik programmalash;
6. Katta populyatsiyali genetik algoritmi.

Differensial genetik algoritmi (differential evolution) xususan uzluksiz optimallashtirish masalalariga mo'ljallangan bo'lib u asosan kuchli global optimumni qidirish qobiliyatiga ega. Differensial genetik algoritmi oddiy genetik algoritmdan asosiy farqi yangi yechimlarni ishlab chiqish mexanizmi hisoblanadi. Differensial genetik algoritmi bir nechta yechimlarni nomzod yechim bilan birlashtirib, yangi yechim ishlab chiqaradi. Differensial genetik algoritmdagi yechimlar populyatsiyasi uchta asosiy differensial operatorning takroriy sikllari orqali rivojlantiradi hamda mutatsiya, krossover va seleksiya operatorlari ham takomillashgan holda bajariladi [7].

Ko'p maqsadli genetik algoritmi (Multi-objective Genetic Algorithms) ko'p maqsadli muammolar bir nechta qarama-qarshi maqsadlarni bir vaqtda optimallashtirishda keng qo'llaniladi (masalan, tezlik va samaradorlik). Ko'p maqsadli genetik algoritmda maqsad funksiyasi $f(x)$ o'rnida, masalani yechishda bir vaqtning o'zida bir nechta $f_1(x), f_2(x), f_3(x), \dots, f_N(x)$ funksiyalarni minimallashtirish bajariladi. Natijada algoritmi ko'p maqsadli optimallashtirish muammosi sifatida qaraladi va u (8) orqali ifodalanadi.

$$F(x) = \{f_1(x), f_2(x), f_3(x), \dots, f_N(x)\} \quad (8)$$

Parallel genetik algoritmi (Parallel Genetic Algorithms) parallel genetik algoritmlar katta populyatsiyalar va yuqori hisoblash quvvatiga ega bo'lgan tizimlar uchun mo'ljallangan. Bir nechta populyatsiyalar bir vaqtning o'zida qidiruv

jarayonini olib boradi. Parallel algoritmlar hisoblash tezligini oshirib, murakkab muammolarni tezroq yechimini topadi. Genetik algoritmnining populyatsiyasi biz hal qilmoqchi bo'lgan muammoning yechimlarini kodlaydigan sun'iy xromosomalarga ega bo'lganlar tomonidan shakllantiriladi. Muammoni qanchalik yaxshi hal qilishini aniqlash uchun har bir shaxs baholanadi va boshqalar bilan qayta birlashtirish uchun eng yaxshi yechimlar tanlanadi. Parallel genetik algoritmdagi asosiy mexanizm Darvin evolyutsiyasi hisoblanadi. Yaxshi xususiyatlar omon qoladi va aralashib, yangi va ehtimoli yaxshiroqlarni hosil qiladi. Seleksiyada esa populyatsiyadan yomon xususiyatga egalarni yo'q qilinadi [8].

Orttirilgan genetik algoritmi (Elitist Genetic Algorithms) algoritmlar yuqori fitness qiymatiga ega bo'lgan individlarni to'g'ridan-to'g'ri keyingi avlodga o'tkazadi. Eng yaxshi individlarni saqlaydi va eng yuqori fitnessga ega individlarning yo'qolishini oldini oladi [9].

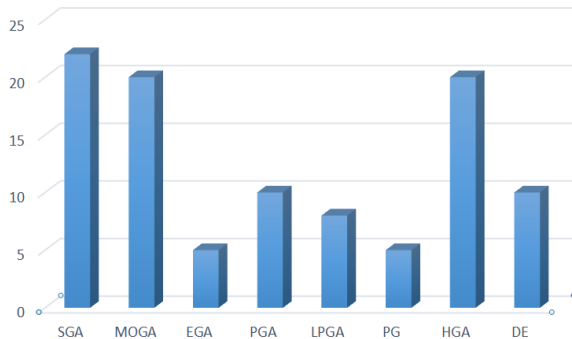
Gibrid genetik algoritmi (HGA)ning genetik algoritmdan o'ziga xos farqi, keyingi individuallar ustida qo'shimcha lokal optimallashtirish texnikalari qo'llaniladi [10].

Genetik programmalash (Genetic Programming) an'anaviy genetik algoritmdan farqli o'laroq, genetik operatsiyalarni dastur yoki formula darajasida amalga oshiradi. Dasturlarni optimallashtirish, muayyan vazifa yoki formulalarni optimallashtirish uchun genetik algoritmlar ishlatiladi. Genetik programmalash dastur tuzilmalari yoki algoritmlarni ishlab chiqish uchun ishlatiladi. Genetik programmalash sun'iy intellekt va mashinaviy o'qitish tizimlarida keng qo'llaniladi. Genetik programmalashda maqsad eng yaxshi dastur yoki matematik ifodasini fitness funksiyasini evolyutsiya sifatida qabul qilishdir [11-12].

Katta populyatsiyali genetik algoritmi (Large Population Genetic Algorithms) juda katta populyatsiyalar bilan ishlaydi. Aniqlik va xilmaxlilik, katta populyatsiyalar xilmaxlilikni ta'minlab, global optimal yechimga erishishni osonlashtiradi. Katta populyatsiyali genetik algoritmlar ko'proq hisoblash quvvatini talab qiladi. Bu algoritmlar asosan katta o'lchamdagi

optimallashtirish masalalarida qo'llaniladi [13-14].

Hozirgi vaqtda bir qancha parametrlar asosida ko'p qo'llaniladigan genetik algoritmlar tahlil qilindi, natija, 4-rasm ko'rinishida aniqlandi.



4-rasm. Genetik algoritm turlaridan foydalanish ko'rsatkichi.

Qo'llaniladigan sohalariga qarab genetik algoritmlarning turlari tanlab olinadi, genetik algoritmnining turini to'g'ri tanlash belgilangan muammoni yechishni yanada optimallashtirish imkoniyatini beradi.

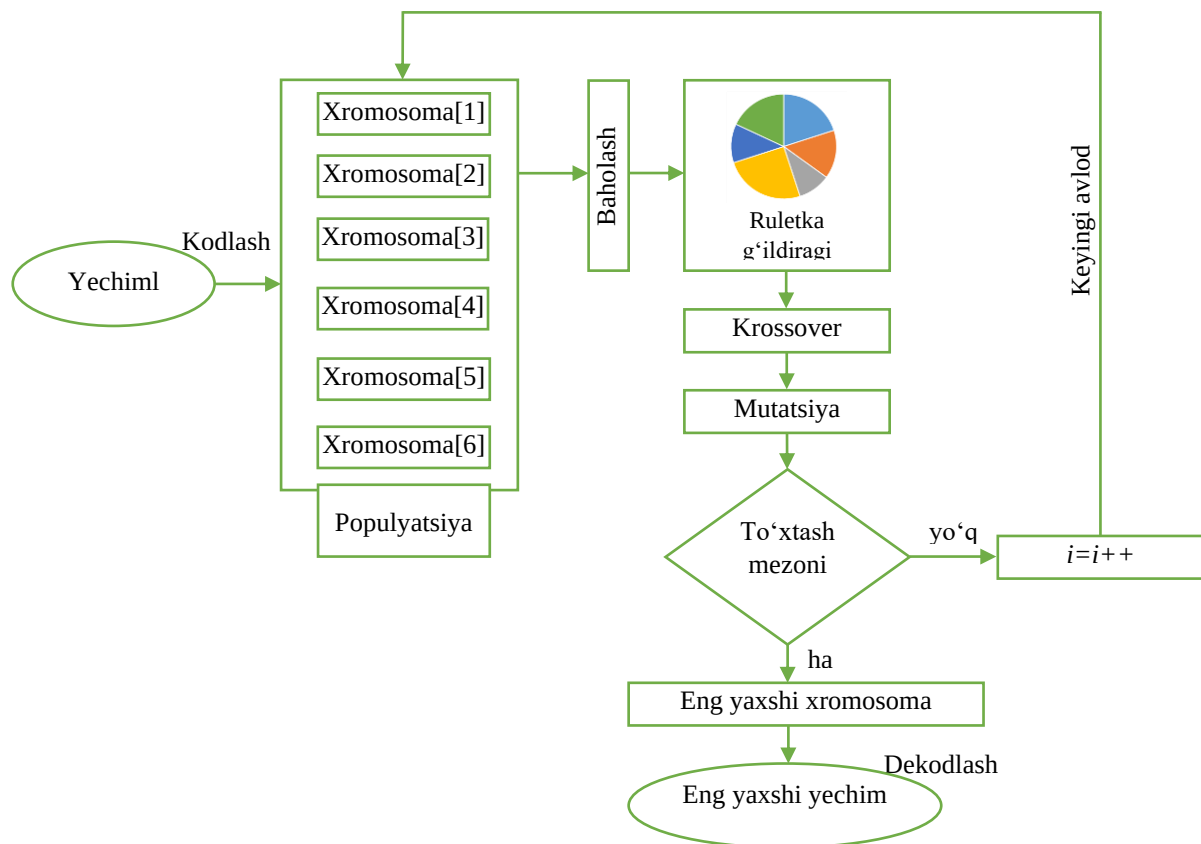
IV. Tajriba natijalari

Ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish uchun muammoni hal qilishning maqsad funksiyasini optimallashtirish, mashinaviy va neyron tarmoqli modellarning optimal giperparametrlarini aniqlashda genetik algoritmlar samarali yechimlarni beradi. Muammoni hal qilishning maqsad funksiyasini optimallashtirish uchun (8) ko'rinishdagi ifoda berilgan bo'lsin.

$$F(A, B, C, D) = A + 2B + 3C + 4D \quad (10)$$

Maqsad funksiyasi qandaydir N qiymatga ega bo'lishi uchun eng yaxshi (A,B,C,D) qiymatlar ketma-ketligini topishni genetik algoritm asosida quyidagi ketma-ketlikda amalga oshirish mumkin. Bu jarayonni amalga oshirish uchun maqsad funksiyasini 30 ga teng bo'lishi (10) orqali berilgan bo'lsin.

$$A + 2B + 3C + 4D = 30 \quad (10)$$



5-rasm. Eng yaxshi yechimni topishda genetik algoritmnining qo'llash bosqichlari.

Qo'yilgan masaladan noma'lum giperparametrlarning optimal yechimini topishda genetik algoritmdan foydalanib, populyatsiyadagi xromosomalardan 6 tasini tanlab yechim izlanadi. Maqsad funksiyasi $f(x) = |A + 2B + 3C + 4D - 30|$, bu yerda $x = \{A, B, C, D\}$ vektor, fitness funksiyaning ehtimolini hisoblashda eng mos xromosomalarning keying avlod uchun tanlanish ehtimoli yuqori fitness funksiyasining ehtimoli uchun har bir xromosomaning mosligi hisoblanadi. Bunda ba'zi bir muammolardan qochish uchun $\frac{f(x_i) + 1}{f(x_i) + 1}$ kabi hisoblanadi. $fitness(i) = \frac{1}{f(x_i) + 1}$ va xromosoma

uchun ehtimollik $p(i) = \frac{fitness(i)}{F_i}$ orqali hisoblanadi, bunda $F_i = \sum_{i=1}^6 fitness(i)$ ko'rinishda bo'ladi. Maqsad funksiyasi qandaydir N qiymatga ega bo'lishi uchun eng yaxshi (A, B, C, D) qiymatlar ketma-ketligini topishda genetik algoritmnining bosqichlari quyidagi 5-rasmdagi sxema asosida amalga oshiriladi. Yuqoridagi algoritm asosida maqsad funksiyasi qandaydir 30 qiymatga ega bo'lishining eng yaxshi (A, B, C, D) qiymatlar ketma-ketligini topish uchun dastlabki 6 ta populyatsiyadagi xromosomal va ularning qiymatlari 1-jadval ko'rinishida ifodalanadi.

1-JADVAL.

Genetik algoritmnining iteratsiya jadvali.

i	Xromosomalalar x_i	Maqsad funksiyasining qiymati $f(x_i)$	Fitness ehtimoli $fitness(i)$	Xromosoma uchun ehtimollik $P(i)$
1	$x_1 = \{11, 4, 24, 9\}$	70	0.0141	0.1353
2	$x_2 = \{2, 18, 16, 4\}$	72	0.0137	0.1314
3	$x_3 = \{11, 4, 24, 9\}$	97	0.0102	0.0978
4	$x_4 = \{17, 5, 16, 1\}$	49	0.02	0.1919
5	$x_5 = \{15, 10, 2, 4\}$	27	0.0357	0.3426
6	$x_6 = \{20, 4, 10, 9\}$	94	0.0105	0.1008

Yuqorida keltirilgan 1-jadvaldagi ehtimolliklardan eng yuqori yaroqlilikka ega x_5 xromosoma, keying avlod uchun tanlash ehtimoli yuqori bo'lganligi uchun tanlanadi va ruletka g'ildirigidan foydalanib keying avlodlar hosil qilinadi va iteratsiya jarayoni maqsad funksiyasining qiymatigacha yoki populyatsiyalar soniga yetguncha davom etadi. Yuqoridagi algoritm asosida maqsad funksiyasining 30 qiymatga ega bo'lishining eng yaxshi (A, B, C, D) qiymatlar ketma-ketligi $x = \{2, 1, 6, 2\}$ ga teng bo'lishi aniqlandi.

V.Xulosa

Ushbu tadqiqotda genetik algoritmlar, ularning imkoniyatlari va qo'llash mumkin bo'lgan sohalari bo'yicha keng ko'lamli tahliliy tadqiqot amalga oshirildi. Ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish jarayonida genetik algoritmlar, mashinaviy o'qitish va neyron tarmoq texnologiyalari bilan samarali yechimlar taqdim qila olishi ko'rsatib o'tildi. Ushbu algoritmlar orqali ma'lumotlarni qayta ishlashda tezlik va

aniqlik oshib, murakkab va ko'p parametrlil masalalarni yechish aniqliligini oshirish mumkinligi aniqlandi. Genetik algoritmlar yordamida eng yaxshi yechimlarni beradigan maqsad funksiyasini modelining gepirparametrlarini aniqlash imkoniyatini ham berishi aniqlandi. Tadqiqot ishi shuni ko'rsatadiki, genetik algoritmlar ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish uchun samarali vositalardan biri bo'lib xizmat qiladi.

VI. Adabiyotlar

1. AA Rustamovich, N Mekhriddin, N Fayzullo, N Sabharwal "Intelligent system of labor market regulation based on the evolutionary modeling of employment" Proceedings - 2022 4th International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking, ICAC3N 2022, 2022, c. 2534–2539. DOI: [10.1109/ICAC3N56670.2022.10074149](https://doi.org/10.1109/ICAC3N56670.2022.10074149)
2. Bayraktar, T., Ersoz, F., & Kubat, C. Effects of memory and genetic operators on

- Artificial Bee Colony algorithm for Single Container Loading problem. *Applied Soft Computing*, 108, Article 107462. (2021).
3. Michal Antkiewicz, Paweł B. Myszkowski Balancing Pareto Front exploration of Non-dominated Tournament Genetic Algorithm (B-NTGA) in solving multi-objective NP-hard problems with constraints *Information Sciences*, Volume 667, May 2024, Pages 120400.
4. John McCall Genetic algorithms for modelling and optimisation School of Computing, Robert Gordon University, Aberdeen, Scotland, UK Received 27 February 2004; received in revised form 7 July 2004.
5. Nurmatov M.Q., Modern methods of increasing the efficiency of the labor market. // "ILM-FAN" electron journal. UZA. –b. 373-383. 2022. <http://uza.uz/posts/363383>.
6. Ezhilarasie, R., Umamakeswari, A., Reddy, M. & Balakrishnan, P. Grefenstette Bias based genetic algorithm for multi-site off loading using docker container in edge computing. *Journal Of Intelligent & Fuzzy Systems*. 36, 2419-2429 (2019,3).
7. Nao Hu, Peilin Zhou, Jianguo Yang Comparison and combination of NLPQL and MOGA algorithms for a marine medium-speed diesel engine optimisation *Energy Conversion and Management* 1 February 2017.
8. E. Cantú-Paz A survey of parallel genetic algorithms *Calculateurs Parallèles Réseaux et Systems Repartis*, 10 (2) (1998), pp. 141-171.
9. Lakhilfa Sadek, Hamad Talibi Alaoui Application of MGA and EGA algorithms on large-scale linear systems of ordinary differential equations *Journal of Computational Science* July 2022.
10. Akhatov A.R., Nurmatov M.Q., Mardonov D.R., Nazarov F.M. Improvement of mathematical models of the rating point system of employment // *Scientific journal Samarkand state university*. 2021. – №1(125). –P. 100-107.
11. H Döhner, KW Pratz, CD DiNardo, et al. Genetic risk stratification and outcomes among treatment-naive patients with AML treated with venetoclax and azacitidine *Blood*, 144 (21) (2024), pp. 2211-2222.
12. Nurmatov M.Q., Sariyev Sh.N., *Genetik algoritmlar asosida turli sinfli ma'lumotlarni o'zaro moslashtirish algoritmlari*. Sh.Rashidov nomidagi Samarqand Davlat Universiteti Ilmiy axborotnomasi. 3-son (145/1) aniq va tabiiy fanlar yo'nalishi. 77-83 b.
13. M. Chen, J. Wen, Y.-J. Song, et al. A population perturbation and elimination strategy based genetic algorithm for multi-satellite tt&c scheduling problem *Swarm Evol. Comput.*, 65 (2021), p. 100912.
14. Nurmatov, M., Kulmirzayeva, Z. "Development of an Intelligent System for Optimization of Employment Information Using Genetic Algorithms" *AIP Conference Proceedings*, 2024, 3147(1), 040006. <https://doi.org/10.1063/5.0210279>
15. P.K. Muhuri, A. Rauniyar Immigrants based adaptive genetic algorithms for task allocation in multi-robot systems *Int. J. Comput. Intell. Appl.*, 16 (04) (2017), p. 1750025.
16. Axatov A.R., Nurmatov M.Q., Nazarov F.M. 2022. "Mathematical Models of Coordination of Population Employment in the Labor Market" // *Ra journal of applied research. India* / – Vol. 8, Issue 2. – Pp. 111–119. DOI:<https://doi.org/10.47191/rajar/v8i2.09>
17. Akhatov A.R., Nurmatov M.Q., Mardonov D. 2020. "Mathematical models of the process of monitoring the social status and employment of the population", *Scientific and technical journal of the Fergana Polytechnic Institute*. - Volume 24, No. 5. -pp. 150–157.
18. Mohsen Shojaei, Siamak Noori, Samrad Jafarian-Namin, Arne Johannssen, Hasan Rasay, Assessing the economic-statistical performance of an attribute SVSSI-np control chart based on genetic algorithms *computers & Industrial Engineering* 197 (2024) 110401.
19. Muminov B., Egamberdiyev E. OPTIMIZATION OF FUZZY INFERENCE SYSTEMS WITH GENETIC ALGORITHMS // *DTAI–2024*. – 2024. – T. 1. – №. DTAI. – C. 250-252.