

OPTIMALLASHTIRISH MASALALARINI YECHISHDA EVOLYUTSION
ALGORITMLARNING NAZARIY VA AMALIY IMKONIYATLARI

*Abdullayeva Nazokat Isayevna¹,
Ergashov Yorqinbek Abduazizovich²*

*Muhammad al-Xorazmiy nomidagi
Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Samarqang filiali
nazokat_abdullaeva@samtuit.uz*

ANNOTATSIYA

Maqolada optimallashtirish masalalarini yechishda evolyutsion algoritmlardan foydalanishning nazariy asoslari, algoritmik tarkibi va amaliy qo'llanish imkoniyatlari tahlil qilindi. Murakkab, ko'p parametrlil, chiziqli bo'lmagan, diskret yoki lokal optimumlar soni ko'p bo'lgan masalalarda klassik optimallashtirish usullari har doim ham yetarli natija bermasligi asoslandi. Shu nuqtai nazardan, populyatsiya, xromosoma, fitness funksiyasi, seleksiya, krossingover va mutatsiya mexanizmlariga asoslangan evolyutsion yondashuvlar global qidiruvni tashkil etish, optimumga yaqin yechimlarni topish hamda ko'p maqsadli masalalarda muvozanatli qarorlar olish vositasi sifatida ko'rib chiqildi. Maqola dissertatsiyada bayon etilgan evolyutsion algoritmlar konsepsiyasi, genetik algoritmlarning optimallashtirishdagi o'rni va ularning afzallik-cheklovlari asosida sxemalar, jadval va konseptual rasmlar bilan boyitildi.

Kalit so'zlar: evolyutsion algoritmlar, genetik algoritim, optimallashtirish, fitness funksiyasi, seleksiya, krossingover, mutatsiya, populyatsiya, kompyuter injiniringi.

АННОТАЦИЯ

В статье анализируются теоретические основы, алгоритмическая структура и практические возможности применения эволюционных алгоритмов при решении задач оптимизации. Обосновано, что при больших пространствах поиска, нелинейности, дискретности, многопараметричности и наличии множества локальных экстремумов традиционные методы оптимизации имеют определённые ограничения. Эволюционные подходы, основанные на популяции решений, функции приспособленности, селекции, кроссовере и мутации, рассматриваются как эффективный механизм глобального поиска.

Ключевые слова: эволюционные алгоритмы, генетический алгоритм, оптимизация, функция приспособленности, селекция, кроссовер, мутация, компьютерная инженерия.

ABSTRACT

The article analyzes the theoretical foundations, algorithmic structure and practical capabilities of evolutionary algorithms in solving optimization problems. It is argued

that classical optimization methods may be insufficient for large-scale, nonlinear, discrete, multiparametric and multimodal problems. Evolutionary approaches based on population, chromosome representation, fitness function, selection, crossover and mutation are considered as effective tools for global search, near-optimal decision making and multi-objective optimization.

Keywords: evolutionary algorithms, genetic algorithm, optimization, fitness function, selection, crossover, mutation, population, computer engineering.

Kirish. Hozirgi kunda raqamli texnologiyalar, sun'iy intellekt, katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlash va murakkab muhandislik tizimlarini boshqarish jarayonlari optimallashtirish masalalarining ahamiyatini oshirmoqda. Amaliyotda resurslarni taqsimlash, marshrutlarni tanlash, parametrlarni sozlash, loyihaviy yechimlarni baholash, ko'p mezonli boshqaruv, ishlab chiqarish jarayonlarini rejalashtirish va axborot tizimlari samaradorligini oshirish kabi vazifalar optimallashtirish muammosi sifatida namoyon bo'ladi [1].

An'anaviy matematik optimallashtirish usullari, ayniqsa gradientli va analitik usullar, funksiyaning silliqqligi, differensiallanuvchanligi yoki konveksligi kabi shartlar bajarilganda samarali ishlaydi. Biroq real muammolarda maqsad funksiyasi chiziqli bo'lmasligi, yechimlar diskret bo'lishi, qidiruv fazosi juda katta bo'lishi yoki lokal optimumlar soni ko'p uchrashi mumkin. Bunday holatda klassik yondashuvlarning imkoniyatlari cheklanadi va metaevristik usullarga ehtiyoj tug'iladi [2].

Evolyutsion algoritmlar tabiiy tanlanish, irsiyat, moslashuv, chatishtirish va mutatsiya g'oyalari asoslangan populyatsiyaviy hisoblash usullari bo'lib, ular murakkab qidiruv fazosida optimal yoki optimumga yaqin yechimlarni topishga xizmat qiladi [3]. Mazkur yondashuvlar genetik algoritmlar, evolyutsion strategiyalar, evolyutsion dasturlash, genetik dasturlash va differensial evolyutsiya kabi turlarga ega bo'lib, kompyuter injiniringi, axborot tizimlari, robototexnika, tarmoq boshqaruvi va mashinali o'qitishda keng qo'llaniladi [4].

Maqolaning dolzarbligi shundan iboratki, raqamli transformatsiya sharoitida murakkab texnik va axborot tizimlarini loyihalashda faqat tayyor matematik formulalarga emas, balki moslashuvchan, ko'p variantli va tajriba asosida takomillashadigan algoritmik yondashuvlarga ehtiyoj ortmoqda. Shu sababli evolyutsion algoritmlarning nazariy mohiyatini, genetik operatorlarning rolini va amaliy qo'llanish chegaralarini aniqlash muhim ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi.

Tadqiqotning maqsadi va metodlari. Maqolaning maqsadi optimallashtirish masalalarini yechishda evolyutsion algoritmlarning nazariy asoslarini tahlil qilish, ularning algoritmik tuzilmasini sxematik ko'rinishda ochib berish va kompyuter injiniringi sohasida qo'llash imkoniyatlarini ilmiy asoslashdan iborat.

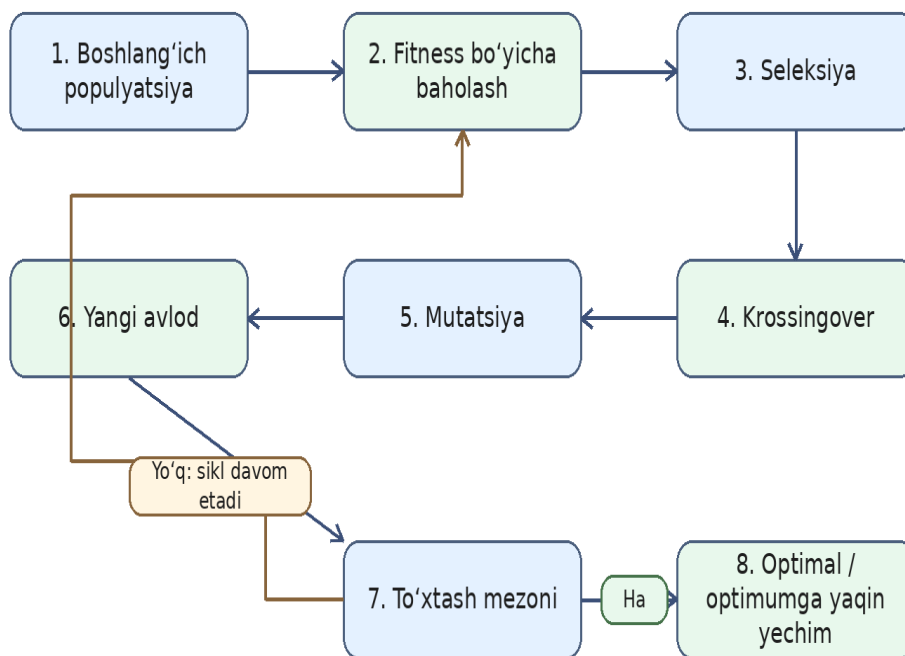
Ushbu maqsadga erishish uchun tizimli tahlil, qiyosiy tahlil, matematik

modellashtirish, algoritmik loyihalash, umumlashtirish va konseptual sxemalashtirish metodlaridan foydalanildi. Tadqiqotning nazariy asosini Hollandning genetik algoritmlar haqidagi ishlari, Goldbergning qidiruv va optimallashtirishdagi genetik algoritmlar nazariyasi, Koza tomonidan rivojlantirilgan genetik dasturlash yondashuvi hamda zamonaviy evolyutsion hisoblash sharhlari tashkil etadi [5], [6], [7].

Evolutsion algoritmlarning nazariy mohiyati. Evolyutsion algoritmlar mohiyatan population-based metaheuristics, ya'ni bir vaqtning o'zida bitta yechimni emas, balki nomzod yechimlar populyatsiyasini qayta ishlovchi metaevristik usullardir [8]. Har bir nomzod yechim individ yoki xromosoma sifatida qaraladi. Xromosoma masala tabiatiga qarab ikkilik satr, haqiqiy sonlar vektori, permutatsiya, daraxtsimon tuzilma yoki boshqa ma'lumotlar strukturasi shaklida ifodalanishi mumkin.

Evolutsion algoritmda har bir individning sifati fitness funksiyasi orqali baholanadi. Fitness funksiya muayyan yechimning maqsadga qanchalik mosligini son jihatdan ifodalaydi. Demak, fitness funksiyasini to'g'ri tanlash algoritm muvaffaqiyatining asosiy shartidir. Agar fitness noto'g'ri shakllantirilsa, algoritm foydali yechimga emas, balki chalg'ituvchi lokal optimumga yaqinlashishi mumkin [9].

Evolutsion algoritmning umumiy ishlash sikli



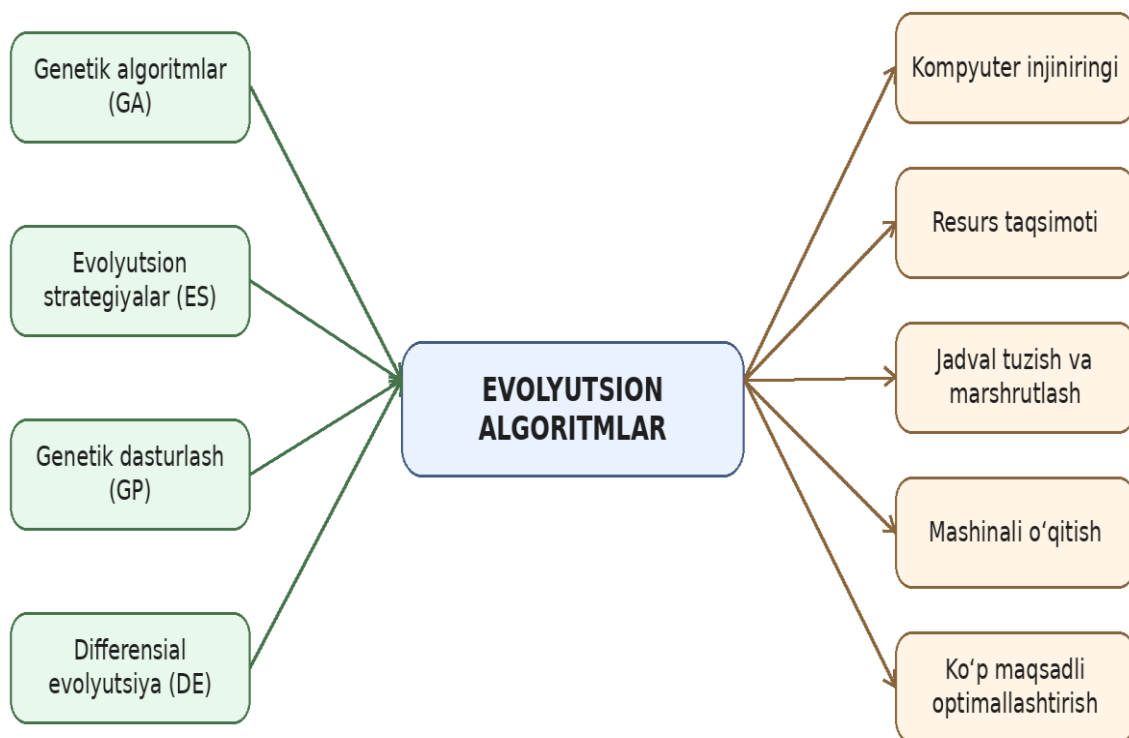
1-rasm. Evolyutsion algoritmning umumiy ishlash sikli (muallif ishlanmasi).

Evolutsion algoritm odatda quyidagi bosqichlarda ishlaydi: boshlang'ich populyatsiyani yaratish, individlarni fitness bo'yicha baholash, eng mos individlarni seleksiya qilish, crossingover orqali yangi kombinatsiyalar yaratish, mutatsiya orqali

tasodifiy o‘zgarish kiritish, yangi avlodni shakllantirish va to‘xtash mezonini tekshirish. Ushbu sikl bir necha avlod davomida takrorlanadi va natijada populyatsiyaning umumiy sifati yaxshilanadi.

Evolyutsion algoritmlar oilasi va qo‘llanilish sohalari. Evolyutsion algoritmlar yagona algoritm emas, balki o‘zaro yaqin g‘oyaga ega bo‘lgan hisoblash yondashuvlari oilasidir. Genetik algoritmlar tabiiy genetika va tanlanish tamoyillarini qidiruv jarayoniga ko‘chiradi [5], [6]. Evolyutsion strategiyalar ko‘proq uzluksiz parametrlilik muhandislik masalalarini yechishda qo‘llanadi [10]. Genetik dasturlash esa tayyor parametrlarni emas, balki dastur, formula yoki model tuzilmasini evolyutsion yo‘l bilan sintez qilishga yo‘naltirilgan [7]. Differensial evolyutsiya uzluksiz fazodagi global optimallashtirishda oddiyligi va barqarorligi bilan ajralib turadi [11].

Evolyutsion algoritmlar oilasi va qo‘llanilish yo‘nalishlari



2-rasm. Evolyutsion algoritmlar oilasi va qo‘llanilish yo‘nalishlari (muallif ishlanmasi).

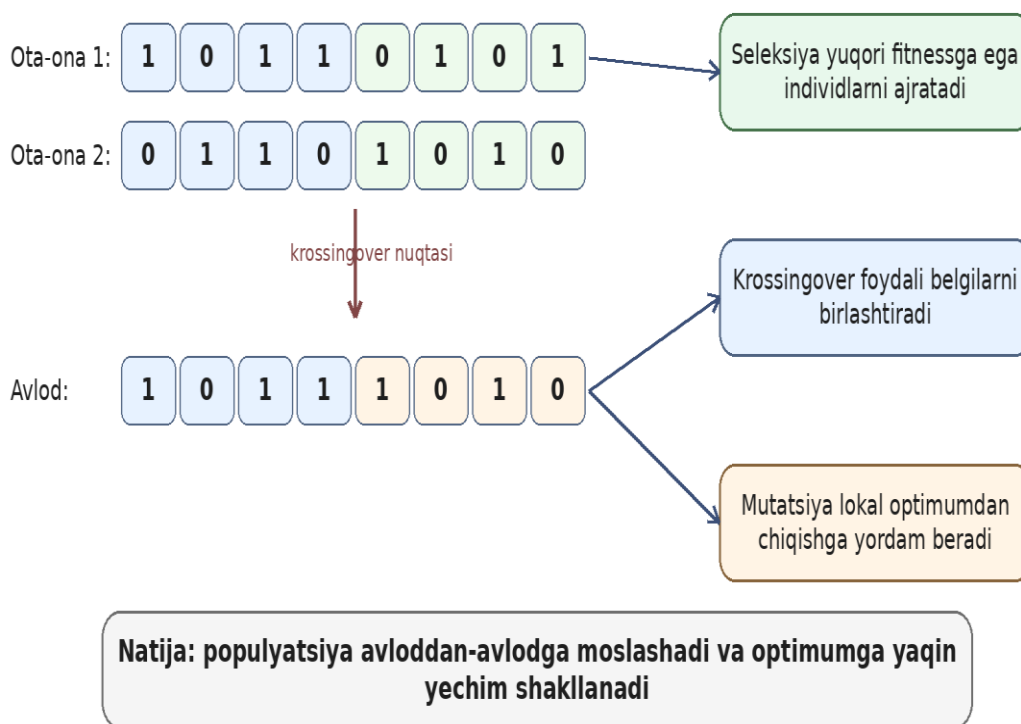
Ushbu algoritmlar kompyuter injiniringi va axborot texnologiyalarida apparat-dasturiy resurslarni taqsimlash, tarmoqlarda yuklamani muvozanatlash, jadval tuzish, marshrutlash, servislarni joylashtirish, web-interfeys variantlarini saralash, mashinali o‘qitish modellarining parametrlarini optimallashtirish kabi vazifalarda qo‘llanishi mumkin [12]. Ko‘p maqsadli optimallashtirishda esa populyatsiyaviy tabiat tufayli bir ishga tushirishning o‘zida bir nechta Pareto-optimal yechimlarni olish imkoniyati

mavjud [13].

Genetik algoritm operatorlarining optimallashtirishdagi roli. Genetik algoritm evolyutsion algoritmlar ichida eng ko‘p qo‘llaniladigan usullardan biridir. Uning ishlashi uch asosiy operator — seleksiya, krossingover va mutatsiya bilan belgilanadi. Seleksiya populyatsiyadagi yuqori fitnessga ega individlarni ajratib oladi. Krossingover ota-ona individlarining foydali xususiyatlarini birlashtirib, yangi avlod yaratadi. Mutatsiya esa tasodifiy o‘zgarishlar kiritib, qidiruvda xilma-xillikni saqlaydi va algoritmning lokal optimumda to‘xtab qolish xavfini kamaytiradi [6], [14].

Genetik algoritmlar hosila axborotini talab qilmagani sababli differensiallanuvchi bo‘lmagan, diskret yoki “qora quti” ko‘rinishidagi maqsad funksiyalar bilan ham ishlashi mumkin. Shu sababli ular klassik usullar qiyin qo‘llanadigan kombinator va ko‘p parametrlil masalalarda samarali alternativ yondashuv hisoblanadi [15].

Genetik algoritm operatorlari va yechim sifatiga ta’siri



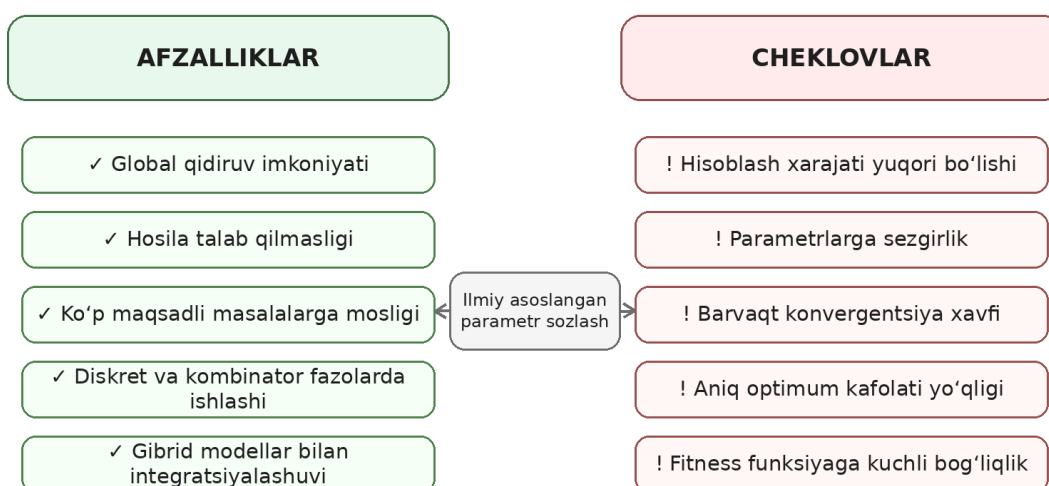
3-rasm. Genetik algoritm operatorlari va yechim sifatiga ta’siri (muallif ishlanmasi).

Evolyutsion algoritmlarning asosiy tushunchalari va ularning optimallashtirishdagi roli.

Tushuncha	Mazmuni	Optimallashtirishdagi vazifasi
Populyatsiya	Bir nechta nomzod yechimlar majmui	Qidiruv fazosini keng qamrab olish va lokal optimumdan qochish
Individ / xromosoma	Yechimning kodlangan ko‘rinishi	Masalani algoritmik ishlov berishga moslashtirish
Fitness funksiya	Yechim sifatini baholovchi mezon	Saralash va evolyutsion bosimni boshqarish
Seleksiya	Yaxshi individlarni tanlash mexanizmi	Sifatli belgilarni keyingi avlodga o‘tkazish
Krossingover	Ota-ona xromosomalarini kombinatsiyalash	Yangi yechim variantlarini hosil qilish
Mutatsiya	Tasodifiy o‘zgarishlar kiritish	Xilma-xillikni saqlash va qidiruvni kengaytirish
To‘xtash mezon	Avlod soni, fitness chegarasi yoki vaqt bo‘yicha yakunlash sharti	Algoritmning hisoblash xarajatini nazorat qilish

Afzalliklar va cheklovlar. Evolyutsion algoritmlarning asosiy afzalliklaridan biri global qidiruvga moyilligidir. Populyatsiya asosida ishlash qidiruv fazosining turli hududlarini bir vaqtning o‘zida o‘rganishga yordam beradi. Bu xususiyat ko‘p lokal optimumlarga ega bo‘lgan masalalarda muhim ahamiyatga ega. Bundan tashqari, evolyutsion algoritmlar hosila talab qilmaydi, turli kodlash shakllariga moslashadi va ko‘p maqsadli masalalarda bir nechta muvozanatli yechimlarni shakllantira oladi [13], [16].

Evolyutsion yondashuvlarning afzalliklari va cheklovlari



4-rasm. Evolyutsion yondashuvlarning afzalliklari va cheklovlari (muallif ishlanmasi).

Shu bilan birga, evolyutsion yondashuvlarning cheklovlari ham mavjud. Birinchidan, ular odatda qat'iy matematik optimum kafolatini bermaydi, balki optimumga yaqin yoki amaliy jihatdan yetarli yechimni topadi. Ikkinchidan, fitness funksiyasini ko'p marta hisoblash talab qilingani uchun hisoblash xarajati yuqori bo'lishi mumkin. Uchinchidan, populyatsiya hajmi, mutatsiya ehtimoli, krossingover ehtimoli, seleksiya usuli kabi parametrlar noto'g'ri tanlansa, algoritmlar barvaqt konvergenstiyaga uchrashi yoki sust ishlashi mumkin [14].

Amaliy qo'llash imkoniyatlari. Kompyuter injiniringi sohasida evolyutsion algoritmlarni qo'llashning bir necha muhim yo'nalishlari mavjud. Birinchisi — hisoblash resurslarini taqsimlash va jadval tuzish. Bunda algoritmlar mavjud resurslar, vaqt, ustuvorlik va cheklovlar asosida eng maqbul rejalashtirish variantini tanlaydi. Ikkinchisi — kompyuter tarmoqlarida marshrutlash va yuklamani muvozanatlash. Bunda maqsad tarmoq kechikishini kamaytirish, o'tkazuvchanlikni oshirish va resurslardan samarali foydalanishdan iborat bo'ladi.

Uchinchi yo'nalish — dasturiy va apparat tizimlarining parametrlarini avtomatik sozlash. Masalan, server konfiguratsiyasi, ma'lumotlar bazasi indeksleri, web-ilovalar interfeysi parametrlari yoki mashinali o'qitish modelining giperparametrlari genetik algoritmlar yordamida tanlanishi mumkin. To'rtinchi yo'nalish — ko'p maqsadli optimallashtirish bo'lib, bunda tezlik, aniqlik, energiya sarfi, xavfsizlik yoki foydalanuvchi qulayligi kabi bir-biriga zid mezonlar orasida muvozanat topiladi [12], [13].

Muhokama. Tahlil shuni ko'rsatadiki, evolyutsion algoritmlar klassik optimallashtirish usullarini to'liq almashtirmaydi, balki ularni murakkab, noaniq, ko'p variantli va analitik shaklda ifodalash qiyin bo'lgan masalalarda to'ldiradi. Agar maqsad funksiyasi silliq va konveks bo'lsa, an'anaviy usullar tezroq va aniqroq natija berishi mumkin. Biroq qidiruv fazosi katta, diskret, shovqinli yoki lokal optimumlar ko'p bo'lgan holatlarda evolyutsion algoritmlar amaliy jihatdan qulay va moslashuvchan yechim beradi.

Genetik algoritmlarning samaradorligi, ayniqsa, masalani to'g'ri kodlash va fitness funksiyasini aniq shakllantirishga bog'liq. Shu sababli evolyutsion algoritmlarni amaliy tizimga joriy etishda faqat algoritmlar operatorlarini emas, balki masalaning predmet sohasini, cheklovlarni, baholash mezonlarini va hisoblash resurslarini ham hisobga olish zarur. Gibrid yondashuvlar — masalan, genetik algoritmlarni lokal qidiruv, neyron tarmoq, fuzzy model yoki simulyatsion baholash bilan birlashtirish — natijadorlikni oshirishga xizmat qilishi mumkin [16].

Xulosa. Evolyutsion algoritmlar optimallashtirish nazariyasi va kompyuter injiniringida murakkab qidiruv fazosiga ega masalalarni yechishda samarali metaevristik yondashuvlar oilasi hisoblanadi. Ularning asosiy kuchli tomoni populyatsiya asosida global qidiruvni tashkil etishi, hosila axborotini talab qilmasligi,

turli kodlash shakllariga moslashishi va ko‘p maqsadli masalalarda muvozanatli yechimlar to‘plamini shakllantira olishidadir.

Genetik algoritmlar evolyutsion yondashuvlarning eng muhim vakili sifatida seleksiya, krossingover va mutatsiya operatorlari orqali yechimlar sifatini bosqichma-bosqich yaxshilaydi. Ular kompyuter injiniringi, axborot tizimlari, tarmoq boshqaruvi, resurs taqsimoti, jadval tuzish va mashinali o‘qitish kabi yo‘nalishlarda amaliy ahamiyatga ega.

Shu bilan birga, evolyutsion algoritmlar parametrlarni ehtiyotkorlik bilan tanlashni, fitness funksiyasini asosli shakllantirishni va hisoblash xarajatini nazorat qilishni talab etadi. Demak, ularni qo‘llashda ilmiy asoslangan model, to‘g‘ri kodlash, mos operatorlar va tajriba-sinov natijalariga tayanish zarur. Mazkur maqolada keltirilgan sxema va rasmlar evolyutsion algoritmlarning nazariy mohiyatini hamda amaliy qo‘llanish mexanizmini yanada aniqroq tushuntirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

[1] Prezidentning 2020-yil 5-oktabrdagi PF–6079-son Farmoni. “Raqamli O‘zbekiston — 2030” strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida.

[2] Safarov S.N. Application of Evolutionary Algorithms in Optimization Problems (Optimallashtirish masalalarida evolyutsion algoritmlarni qo‘llash). Magistrlik dissertatsiyasi. Samarqand, 2026.

[3] Holland J.H. Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence. Cambridge, MA: MIT Press, 1992. 211 p.

[4] De Jong K.A. Evolutionary Computation: A Unified Approach. Cambridge, MA: MIT Press, 2006. 256 p.

[5] Goldberg D.E. Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning. Addison-Wesley, 1989. 412 p.

[6] Koza J.R. Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection. Cambridge, MA: MIT Press, 1992. 819 p.

[7] Fogel L.J., Owens A.J., Walsh M.J. Artificial Intelligence through Simulated Evolution. New York: John Wiley & Sons, 1966. 178 p.

[8] Whitley D., Sutton A.M. Genetic Algorithms — A Survey of Models and Methods. In: Handbook of Natural Computing. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012.

[9] Druckmann S. Evolutionary Algorithms. In: Encyclopedia of Computational Neuroscience. Springer, New York, 2022.

[10] Rechenberg I. Evolutionsstrategie: Optimierung technischer Systeme nach Prinzipien der biologischen Evolution. Stuttgart: Frommann-Holzboog, 1973. 170 p.

[11] Storn R., Price K. Differential Evolution – A Simple and Efficient Heuristic

for Global Optimization over Continuous Spaces. *Journal of Global Optimization*, 1997, Vol. 11, pp. 341–359.

[12] Slowik A., Kwasnicka H. Evolutionary algorithms and their applications to engineering problems. *Neural Computing and Applications*, 2020, Vol. 32, pp. 12363–12379.

[13] Deb K., Pratap A., Agarwal S., Meyarivan T. A Fast and Elitist Multiobjective Genetic Algorithm: NSGA-II. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 2002, Vol. 6, No. 2, pp. 182–197.

[14] Katoch S., Chauhan S.S., Kumar V. A review on genetic algorithm: past, present, and future. *Multimedia Tools and Applications*, 2021, Vol. 80, pp. 8091–8126.

[15] Kureychik V.M., Gladkov L.A., Kureychik V.V. *Geneticheskie algoritmy*. 2-e izd. Moscow: Fizmatlit, 2010. 368 s.

[16] Al-Sahaf H., Bi Y., Chen Q., Lensen A., Mei Y., Sun Y., Zhang M. A survey on evolutionary machine learning. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, 2019, Vol. 49, No. 2, pp. 205–228.