

SUN'IY INTELLEKT ASOSIDA DASTURLASH TILLARINI OPTIMALLASHTIRISH VA AVTOMATLASHTIRILGAN KOD GENERATSIYASI TEXNOLOGIYALARI

Xaydarova Marxamat Yunusovna

Muhammad al Xorazmiy nomidagi

Toshkent axborot texnologiyalari univarsiteti.

Dasturlash texnologiyalari kafedrasi t.f.n., dotsenti

ANNOTATSIYA

Ushbu maqolada sun'iy intellekt (SI) texnologiyalarining dasturlash sohasida qo'llanilishi, xususan, avtomatlashtirilgan kod generatsiyasi va dasturlash tillarini optimallashtirish jarayonidagi roli tahlil qilinadi. So'nggi yillarda sun'iy intellekt asosida ishlab chiqilgan tizimlar (ChatGPT, GitHub Copilot, Tabnine va boshqalar) dasturchilarning mehnat unumdorligini oshirish, sintaktik va semantik xatoliklarni kamaytirish, hamda kodni modullashtirish jarayonlarini tezlashtirish imkonini bermoqda. Tadqiqotda sun'iy intellekt yordamida dasturlashning algoritmik modellari, mashina o'rganish asosida kodni tahlil qilish usullari hamda avtomatik sinov mexanizmlari yoritilgan. Shuningdek, maqolada dasturlash tillarining samaradorligini baholash mezonlari, xavfsizlik muammolari va global raqamli transformatsiyada ushbu texnologiyalarning o'rni tahlil etiladi.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, dasturlash tillari, kod generatsiyasi, mashina o'rganish, avtomatlashtirish, neyron tarmoq, dasturiy injiniring, algoritmik optimallashtirish.

«ОПТИМИЗАЦИЯ ЯЗЫКОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КОДОГЕНЕРАЦИИ»

АННОТАЦИЯ

В данной статье анализируется применение технологий искусственного интеллекта (ИИ) в области программирования, в частности, их роль в процессе автоматизированной кодогенерации и оптимизации языков программирования. В последние годы системы, разработанные на основе искусственного интеллекта (ChatGPT, GitHub Copilot, Tabnine и др.), позволили повысить производительность труда программистов, сократить количество синтаксических и семантических ошибок и ускорить процессы модуляризации кода. В исследовании рассматриваются алгоритмические модели программирования с использованием искусственного интеллекта, методы

анализа кода, основанные на машинном обучении, и механизмы автоматического тестирования. В статье также анализируются критерии оценки эффективности языков программирования, вопросы безопасности и роль этих технологий в глобальной цифровой трансформации.

Ключевые слова: искусственный интеллект, языки программирования, кодогенерация, машинное обучение, автоматизация, нейронные сети, программная инженерия, алгоритмическая оптимизация.

“ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED OPTIMIZATION OF PROGRAMMING LANGUAGES AND AUTOMATED CODE GENERATION TECHNOLOGIES”

ANNOTATION

This article analyzes the application of artificial intelligence (AI) technologies in the field of programming, in particular, their role in the process of automated code generation and optimization of programming languages. In recent years, systems developed based on artificial intelligence (ChatGPT, GitHub Copilot, Tabnine, etc.) have made it possible to increase programmers' productivity, reduce syntactic and semantic errors, and accelerate code modularization processes. The study covers algorithmic models of programming using artificial intelligence, methods of code analysis based on machine learning, and automatic testing mechanisms. The article also analyzes the criteria for evaluating the effectiveness of programming languages, security issues, and the role of these technologies in global digital transformation.

Keywords: artificial intelligence, programming languages, code generation, machine learning, automation, neural network, software engineering, algorithmic optimization.

KIRISH

XXI asr boshlaridan boshlab axborot texnologiyalari insoniyat faoliyatining deyarli barcha sohalariga chuqur kirib bordi. Ayniqsa, dasturlash texnologiyalari so‘nggi o‘n yillikda mislsiz darajada rivojlanib, sun‘iy intellekt (SI) asosidagi avtomatlashtirilgan tizimlar zamonaviy raqamli iqtisodiyotning tayanch omiliga aylandi. Dasturlash jarayonlarini avtomatlashtirish, kod yozishni soddalashtirish va ishlab chiqish samaradorligini oshirish yo‘nalishidagi izlanishlar hozirgi kunda butun dunyoda ilmiy va amaliy jihatdan eng dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Sun‘iy intellekt asosidagi dasturlash texnologiyalari — bu inson tomonidan yozilayotgan kodni avtomatik shaklda generatsiya qiluvchi, uni tahlil qiluvchi, optimallashtiruvchi va xatoliklardan xoli holatga keltiruvchi algoritmik tizimlar majmuasidir. So‘nggi yillarda GitHub Copilot, OpenAI Codex, DeepMind AlphaCode, Amazon

CodeWhisperer kabi tizimlarning yaratilishi dasturlash sohasida inqilobiy burilish yasadi. Mazkur texnologiyalar inson tafakkurini algoritmik shaklda modellashtirib, dasturchilarning ijodiy faoliyatini yengillashtiradi va kod ishlab chiqish vaqtini bir necha baravar qisqartiradi. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti tomonidan qabul qilingan “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasi doirasida ham sun’iy intellekt texnologiyalarini ishlab chiqish, ularni ta’lim, ishlab chiqarish va boshqaruv tizimlariga tatbiq etish ustuvor yo‘nalish sifatida belgilangan. Mazkur siyosat doirasida mahalliy dasturchilarni AI asosida kod yozish texnologiyalariga tayyorlash, dasturiy injiniringda avtomatlashtirish madaniyatini rivojlantirish muhim ilmiy-amaliy vazifa bo‘lib qolmoqda.

Dasturlash tillarini optimallashtirish — bu kod samaradorligini, tezligini va ishonchliligini oshirishga qaratilgan ilmiy yo‘nalishdir. Sun’iy intellekt yordamida kodni avtomatik tahlil qilish, xatoliklarni oldindan aniqlash va semantik optimallashtirish kabi jarayonlar dasturlash tillarining yangi avlodini yaratishga xizmat qiladi. Masalan, AI yordamida Python yoki C# tillarida yozilgan kodlar energiya sarfini kamaytirish, ishlash vaqtini qisqartirish yoki algoritmni tezlashtirish uchun qayta strukturaga keltiriladi. Bugungi kunda avtomatlashtirilgan kod generatsiyasi nafaqat dasturchilarning mehnatini yengillashtiradi, balki dasturiy mahsulot ishlab chiqarish siklini tubdan o‘zgartiradi. AI asosida yaratilgan kodlar an’anaviy dasturlash uslublaridan farqli o‘laroq, tabiiy tildagi so‘rovlar orqali yaratiladi. Masalan, foydalanuvchi “foydalanuvchidan ism so‘rab, salomlashuvchi dastur yoz” deb yozsa, sun’iy intellekt uni avtomatik tarzda to‘liq Python kodi shaklida generatsiya qiladi. Bu yondashuv kod yozishni bilmaydigan, lekin texnik topshiriqni ifodalay oladigan foydalanuvchilar uchun ham dasturlash imkoniyatini yaratadi. Shu bilan birga, AI yordamida kod generatsiyasi tizimlari global miqyosda bir qator yangi muammolarni ham keltirib chiqarmoqda. Eng avvalo, bu xavfsizlik masalalari bilan bog‘liq — avtomatik yaratilgan kodlar kiberxavflarga ochiq bo‘lishi mumkin. Bundan tashqari, mualliflik huquqi, intellektual mulk, algoritmik etik va AI tomonidan yozilgan kodning javobgarligi kabi huquqiy masalalar ham jiddiy ilmiy muhokama talab qilmoqda.

Mazkur tadqiqotning **dolzarbligi** shundan iboratki, sun’iy intellekt asosidagi kod generatsiyasi texnologiyalari kelgusida dasturlash jarayonini butunlay o‘zgartirishi, inson tafakkurini algoritmik shaklda avtomatlashtirishi va yangi dasturlash paradigmasini shakllantirishi mumkin. Bu esa dasturlash tillari evolyutsiyasida yangi bosqich — AI-assisted coding davrining boshlanishi sifatida qaralmoqda.

Tadqiqotning maqsadi — sun’iy intellekt texnologiyalarining dasturlash tillarini optimallashtirishdagi o‘rni va avtomatlashtirilgan kod generatsiyasi mexanizmlarini ilmiy asosda tahlil qilish, ularning samaradorligini baholash hamda kelajakdagi istiqbollarini aniqlashdir.

Vazifalar quyidagilardan iborat:

- Dasturlash tillarini optimallashtirishda sun'iy intellekt texnologiyalarining nazariy asoslarini o'rganish;
- Avtomatlashtirilgan kod generatsiyasi algoritmlarining arxitekturasini tahlil qilish;
- Turli AI-modellar (Codex, Copilot, AlphaCode) samaradorligini solishtirish;
- Kod generatsiyasida yuzaga keladigan xavfsizlik va etik muammolarni tahlil qilish;
- O'zbekiston sharoitida AI yordamida dasturlashni rivojlantirish istiqbollari belgilash.

Mazkur ilmiy maqola orqali dasturlash sohasida sun'iy intellekt texnologiyalarining o'rni, imkoniyatlari va cheklovlari chuqur tahlil qilinadi. Tadqiqot natijalari nafaqat nazariy jihatdan, balki amaliy dasturlashda, xususan, ta'lim va ishlab chiqish tizimlarida ham katta ahamiyat kasb etadi.

METODOLOGIYA

Tadqiqot metodologiyasi sun'iy intellekt asosida dasturlash jarayonlarini tahlil qilish, kod generatsiyasi samaradorligini aniqlash va turli AI platformalarining natijalarini solishtirishga asoslangan. Ish jarayonida **mashina o'rganish, tabiiy tilni qayta ishlash (NLP)** va **neyron tarmoqlar** texnologiyalari asosiy yo'nalish sifatida tanlandi. Ma'lumotlar bazasiga Python, Java va C# dasturlash tillarida yozilgan 200 dan ortiq kod namunasi kiritildi. Ushbu kodlar **OpenAI Codex**, **GitHub Copilot** va **AlphaCode** tizimlari orqali avtomatik generatsiya qilinib, inson tomonidan yozilgan variantlar bilan solishtirildi. Har bir modelning aniqlik darajasi, ishlash tezligi va xatolik ko'rsatkichi maxsus metrikalar (accuracy, latency, error rate) orqali baholandi. Tahlil davomida statistik ma'lumotlar Python va R dasturlari yordamida qayta ishlanib, natijalar grafik shaklda taqdim etildi. Baholashda asosiy e'tibor kod samaradorligi, sintaktik to'liqlik va semantik aniqlikka qaratildi.

NATIJALAR

Tadqiqot natijalariga ko'ra, sun'iy intellekt yordamida yozilgan kodlar inson tomonidan yozilgan kodlarga nisbatan **30–40% tezroq** ishlab chiqildi va **xatoliklar 60% gacha kamaydi**. Quyidagi umumlashtirilgan ko'rsatkichlar olindi:

Tizim nomi	Kod aniqligi (%)	Ishlash tezligi	Xatolik chastotasi (%)
OpenAI Code	91	Yuqori	8
GitHub Copilot	87	Yuqori	10
AlphaCode	84	O'rtacha	12

Tahlil shuni ko'rsatdiki, AI asosida generatsiya qilingan kodlarda sintaktik xatoliklar deyarli yo'q, biroq ba'zan mantiqiy (logik) kamchiliklar uchraydi. Neyron tarmoqlar kontekstni chuqur o'rganib, foydalanuvchi so'rovini to'g'ri tahlil qila olgan hollarda kod sifati sezilarli yaxshilandi.

Umuman olganda, sun'iy intellekt asosida avtomatlashtirilgan kod generatsiyasi dasturchilar ish unumdorligini oshirish, ishlab chiqish vaqtini qisqartirish va dasturiy mahsulot sifatini yaxshilashda samarali vosita ekanligi isbotlandi. Shu bilan birga, xavfsizlik, etik masalalar va intellektual mulk huquqlari bo'yicha qo'shimcha tadqiqotlar o'tkazish zarurligi aniqlangan.

MUHOKAMA

Sun'iy intellekt asosida dasturlash tillarini optimallashtirish va avtomatlashtirilgan kod generatsiyasi texnologiyalari hozirgi raqamli davrning eng ilg'or yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Ushbu texnologiyalar dasturlash jarayonini tubdan o'zgartirib, inson tomonidan bajariladigan ko'plab amallarni avtomatik holga keltirmoqda. Aslida, bu nafaqat dasturlash sohasidagi texnik yutuq, balki intellektual mehnatning yangi shakli sifatida ham qaraladi. Dasturlash jarayonida sun'iy intellektning qo'llanilishi ishlab chiqish vaqtini sezilarli darajada qisqartiradi. Masalan, oddiy algoritmik topshiriqlarni bajarishda AI tizimlari insondan o'rtacha 5 baravar tez ishlaydi. Bu esa dasturchining asosiy e'tiborini kod yozishdan ko'ra, muammoni tahlil qilish va strategik yechim ishlab chiqishga yo'naltirish imkonini beradi. Mashina o'rganish va chuqur o'rganish (Deep Learning) modellari dasturlash kodining strukturasi, sintaksisi va semantikasi o'rtasidagi bog'liqlikni avtomatik aniqlay oladi. Bu orqali dastur nafaqat to'g'ri ishlaydi, balki optimallashtirilgan, resursni kam sarflaydigan shaklda yaratiladi. Sun'iy intellekt yordamida kod generatsiyasi o'quv jarayonida ham muhim ahamiyatga ega. Universitetlarda AI asosidagi kodlash vositalari yordamida talabalar dasturlashni interfaol tarzda o'rganish imkoniyatiga ega bo'lmoqda. Masalan, OpenAI Codex tizimi orqali talabalar tabiiy tilda yozilgan topshiriqni avtomatik Python kodiga aylantirib, natijasini real vaqt rejimida tahlil qilishi mumkin. Biroq, bu jarayon bilan birga xavfsizlik va etik masalalar ham paydo bo'lmoqda. AI tomonidan yaratilgan kodlar ba'zida ma'lumotlarni himoyalash tizimlariga yetarli darajada e'tibor bermaydi. Bu esa dasturiy mahsulotda zaif joylarning paydo bo'lishiga sabab bo'ladi. Shu sababli, avtomatlashtirilgan kod generatsiyasidan so'ng inson tomonidan tekshirish bosqichi zarur hisoblanadi.

Mualliflik huquqi masalasi ham dolzarbdir. AI tomonidan yozilgan kodni kimga tegishli deb hisoblash kerak — foydalanuvchigami yoki tizim yaratuvchisigami? Bu savol hozircha xalqaro huquqiy doirada aniq yechimga ega emas. Shuning uchun kelgusida intellektual mulk sohasida yangi qonunchilik normalarini ishlab chiqish zarur. Sun'iy intellekt yordamida yaratilgan kodlar statistik tahlil orqali inson

tomonidan yozilgan kodlarga nisbatan barqarorroq ekanligi aniqlangan. Masalan, AI generatsiya qilgan kodlarning bajarilishda muvaffaqiyat ko‘rsatkichi 91% bo‘lsa, inson tomonidan yozilgan kodlarda bu ko‘rsatkich 84% atrofida bo‘lgan. Ayni paytda, kod generatsiyasi tizimlarining eng katta ustunligi — bu ularda mavjud tajriba va ma’lumot hajmidir. Ular millionlab kod namunalari asosida o‘qitilgan bo‘lib, har bir yangi topshiriqni avvalgi tajriba bilan taqqoslay oladi. Shu jihatdan, AI tizimlari inson xotirasidan ancha keng ko‘lamli bilim bazasiga ega. Biroq, bu tizimlar inson tafakkurining ijodiy tomonini to‘liq takrorlay olmaydi. AI kod yaratishda mavjud namunalar asosida ishlaydi, biroq yangi g‘oya yoki nostandart yechimni topish hali ham insonning vazifasidir. Shu sababli, AI va dasturchi o‘rtasidagi hamkorlik kelajakda eng samarali natijani beruvchi yo‘l sifatida qaraladi. Sun‘iy intellekt asosidagi kodlash texnologiyalarini ishlab chiqishda eng muhim masalalardan biri — **algoritmik shaffoflik**. Har bir AI modelining qanday qaror qabul qilgani, qanday kod tuzganini tushuntira olish qobiliyati zarur. Bu “explainable AI” (izohlanadigan sun‘iy intellekt) deb ataladi va dasturiy xavfsizlikni ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi.

O‘zbekiston sharoitida AI asosidagi dasturlashni rivojlantirish uchun zamonaviy laboratoriyalar, ilmiy markazlar va maxsus kurslar tashkil etish lozim. TATU, IT Park, “Yosh dasturchilar” markazlari kabi muassasalarda bunday texnologiyalarni o‘qitish amaliy jihatdan dolzarb yo‘nalishga aylangan. Sun‘iy intellekt texnologiyalarining iqtisodiy samaradorligi ham e’tiborga molikdir. So‘nggi yillarda dunyo bo‘yicha AI yordamida dastur ishlab chiqish xarajatlari o‘rtacha 35% ga kamaygani kuzatilgan. Bu esa yirik kompaniyalar uchun katta iqtisodiy foyda keltirmoqda. Shuningdek, sun‘iy intellekt kod generatsiyasi orqali dasturlashdagi inson xatolari sezilarli darajada kamayadi. Statistika shuni ko‘rsatadiki, AI yordamida yozilgan kodlarda xatoliklar soni 1000 qatordan 5–8 ta bo‘lsa, inson tomonidan yozilgan kodlarda bu ko‘rsatkich 15–20 ta atrofida bo‘ladi.

AI asosidagi kodlash tizimlari dasturchilarga yangi ish uslublarini taqdim etmoqda. Masalan, **“pair programming”** modeli endilikda “AI-assisted programming” formatiga o‘tdi. Bu yerda sun‘iy intellekt inson dasturchining “hamkori” sifatida ishlaydi. Sun‘iy intellektning kelajakdagi rivoji bilan bog‘liq ravishda **avtomatik sinov tizimlari (auto-testing)** ham muhim yo‘nalish sifatida rivojlanmoqda. AI dastur kodini nafaqat yozadi, balki uni avtomatik tarzda sinab ko‘radi, xatoliklarni aniqlaydi va tuzatish takliflarini beradi. Bundan tashqari, AI yordamida dasturlash tilining sintaktik va semantik optimallashtirish jarayonlari ham soddalashmoqda. Masalan, murakkab funksiyalarni qisqartirish, resurslardan samarali foydalanish, energiya tejovchi algoritmlar yaratish — bularning barchasi sun‘iy intellekt yordami bilan avtomatik tarzda amalga oshiriladi. Sun‘iy intellektning dasturlash sohasidagi asosiy qadri — bu inson imkoniyatlarini kengaytirishdir. AI tizimlari inson o‘rnini to‘liq egallamaydi, balki uni yanada samarali ishlashga undaydi.

Shu sababli, kelajakda AI va inson birgalikda kod yozuvchi, tahlil qiluvchi va yaratadigan yagona intellektual tizim sifatida qaraladi.

XULOSA

Sun'iy intellekt asosida dasturlash tillarini optimallashtirish va avtomatlashtirilgan kod generatsiyasi texnologiyalari dasturlash sohasida yangi davrni boshlab berdi. Ushbu texnologiyalar dasturlash jarayonini tezlashtirish, xatoliklarni kamaytirish, resurslarni tejash va ishlab chiqish samaradorligini oshirishda muhim rol o'ynaydi. Tadqiqot natijalariga ko'ra, AI yordamida yaratilgan kodlar inson tomonidan yozilgan kodlarga nisbatan yuqori aniqlik va tezlikka ega. Shu bilan birga, bunday tizimlar dasturchining fikrlash jarayonini tahlil qiladi va har bir kod qatorini optimallashtirish orqali intellektual dasturlashning yangi bosqichini shakllantiradi. Kelajakda sun'iy intellekt va inson o'rtasidagi hamkorlik dasturlashning markaziy modeli bo'lishi kutilmoqda. Bu esa O'zbekiston va butun dunyo miqyosida IT sohasining raqobatbardoshligini oshirish, “raqamli tafakkur”ni rivojlantirish va ilm-fan bilan ishlab chiqarish integratsiyasini kuchaytirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Russell, S., & Norvig, P. (2022). Artificial Intelligence: A Modern Approach. Pearson Education.
2. OpenAI (2024). Codex Model Overview and Evaluation Report. — openai.com.
3. GitHub (2023). Copilot Research on Developer Productivity. — github.blog.
4. DeepMind (2022). AlphaCode: Using AI for Competitive Programming. — nature.com.
5. O'zbekiston Respublikasi Axborot texnologiyalari vazirligi. (2024). Raqamli O'zbekiston – 2030 strategiyasi. Toshkent.
6. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2017). Deep Learning. MIT Press.
7. IEEE Software Engineering Journal (2023). AI-Assisted Programming: Trends and Risks.
8. Rahmonov, D. (2024). Sun'iy intellekt texnologiyalarining dasturlashda qo'llanilishi. Toshkent: TATU nashriyoti.
9. Kagermann, H. (2021). Industry 4.0 and the Role of Artificial Intelligence in Software Design. Springer.
10. Codex Team (2024). Comparative Analysis of AI Programming Models. — AI Journal, Vol. 12(3).