UDK: 004.8:004.85

Sun’iy intellektda agentlarning tuzilishi va arxitekturalarini amaliy jarayonlarda qurib ko’rish

Matnazarov Sardor Ikrom o‘g‘li
Xorazm viloyati Urganch shahri Urganch raqamli texnoligiyalar texnikumi maxsus fan o‘qituvchisi
E-mail: sardor8200.sm@gmail.com

Annotatsiya. So’nggi yillarda sun’iy intellekt texnologiyalarining rivojlanishi agentga asoslangan tizimlarning imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytirdi. Ayniqsa, yirik til modellari (Large Language Models – LLM) bilan integratsiyalashgan agentlar murakkab vazifalarni mustaqil rejalashtirish, tashqi vositalardan foydalanish hamda o’z faoliyatini tahlil qilish imkoniyatiga ega bo’ldi. Ushbu tadqiqotda sun’iy intellekt agentlarining asosiy arxitekturalari, jumladan, Reactive Agent, Deliberative Agent, Hybrid Agent va Multi-Agent System modellarining tuzilishi hamda ularni amaliy dasturlash muhitida qurish usullari tahlil qilindi. Tadqiqot davomida LangChain va AutoGen platformalari asosida agentlarning ishlash prinsipi eksperimental tarzda sinovdan o’tkazildi. Natijalar agentlarning vazifalarni avtomatlashtirish, qaror qabul qilish tezligi hamda resurslardan foydalanish samaradorligini oshirishini ko’rsatdi. Shuningdek, agent arxitekturasini to’g’ri tanlash tizimning ishlash aniqligi va moslashuvchanligiga bevosita ta’sir qilishi aniqlandi.

Kalit so’zlar: Sun’iy intellekt, AI Agent, Agent Architecture, Multi-Agent System, LLM, LangChain, AutoGen, CrewAI, BDI Agent, RAG, Tool Calling.

Аннотация. Стремительное развитие искусственного интеллекта привело к широкому применению интеллектуальных программных агентов. Современные агентные системы способны самостоятельно анализировать информацию, принимать решения, использовать внешние инструменты и взаимодействовать с другими агентами. В данной работе исследованы архитектуры интеллектуальных агентов, включая Reactive, Deliberative, Hybrid и Multi-Agent Systems, а также рассмотрены практические методы их построения с использованием платформ LangChain и Microsoft AutoGen. Проведённый анализ показал, что правильный выбор архитектуры значительно повышает производительность, масштабируемость и качество принятия решений интеллектуальной системы.

Ключевые слова: искусственный интеллект, интеллектуальный агент, архитектура агента, LLM, Multi-Agent System, LangChain, AutoGen.

Abstract. Recent advances in Artificial Intelligence have significantly accelerated the development of intelligent software agents capable of autonomous reasoning, planning, and decision-making. Modern AI agents integrate Large Language Models with external tools, memory modules, and planning mechanisms to accomplish complex real-world tasks. This paper investigates the structural design and architectural models of AI agents, including Reactive, Deliberative, Hybrid, and Multi-Agent Systems. Practical implementations using LangChain and Microsoft AutoGen are analyzed to evaluate their efficiency in solving engineering tasks. The results demonstrate that selecting an appropriate agent architecture substantially improves adaptability, scalability, and task execution performance.

Keywords: Artificial Intelligence, AI Agent, Agent Architecture, Multi-Agent Systems, LLM, LangChain, AutoGen, CrewAI.

KIRISH

Raqamli transformatsiya jarayonlarining jadallashuvi sun’iy intellekt texnologiyalarini barcha sohalarda keng qo’llash zaruratini yuzaga keltirdi. Dastlabki sun’iy intellekt tizimlari aniq belgilangan algoritmlar asosida ishlagan bo’lsa, bugungi kunda ular mustaqil ravishda muhitni kuzatish, ma’lumotlarni tahlil qilish, qaror qabul qilish hamda yangi bilimlarni shakllantirish imkoniyatiga ega bo’lmoqda. Ayniqsa, yirik til modellari (LLM) paydo bo’lishi bilan agentga asoslangan sun’iy intellekt tizimlari yangi bosqichga ko’tarildi.

Sun’iy intellekt agenti — bu tashqi muhitdan ma’lumotlarni qabul qiluvchi, ularni tahlil qiluvchi hamda belgilangan maqsadga erishish uchun mustaqil harakatlarni amalga oshiruvchi dasturiy tizim hisoblanadi. Zamonaviy agentlar oddiy buyruqlarni bajarish bilangina cheklanmay, balki vazifalarni rejalashtirish, tashqi API xizmatlari bilan ishlash, ma’lumotlar bazalaridan foydalanish, internet orqali axborot izlash va boshqa agentlar bilan hamkorlik qilish imkoniyatiga ega.

2023–2025-yillarda Microsoft AutoGen, LangChain, CrewAI, OpenAI Agents SDK va Model Context Protocol (MCP) kabi platformalarning yaratilishi agentli sun’iy intellektni rivojlantirishda yangi bosqichni boshlab berdi. Ushbu platformalar yordamida murakkab biznes jarayonlarini avtomatlashtirish, dasturiy ta’minotni ishlab chiqish, tibbiy diagnostika, ta’lim, robototexnika hamda sanoat boshqaruvi kabi ko’plab yo’nalishlarda yuqori samaradorlikka erishilmoqda.

Bugungi kunda agentlarning samaradorligi ularning ichki arxitekturasiga bevosita bog’liq. Reactive agentlar tezkor javob berishi bilan ajralib tursa, Deliberative agentlar murakkab rejalashtirish imkoniyatiga ega. Hybrid agentlar ushbu ikkala yondashuvni birlashtirib, real vaqt rejimida ishlash va strategik qaror qabul qilishni ta’minlaydi. Multi-Agent System esa bir nechta mustaqil agentlarning hamkorlikda ishlashi orqali katta hajmdagi masalalarni parallel ravishda bajarishga imkon yaratadi.

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi sun’iy intellekt agentlarining tuzilishi va arxitekturalarini ilmiy jihatdan tahlil qilish hamda ularni amaliy dasturlash muhitida qurish texnologiyalarini o’rganishdan iborat. Tadqiqot davomida agentlarning ichki komponentlari, xotira modullari, rejalashtirish algoritmlari, tashqi vositalar bilan integratsiyasi hamda ularning amaliy samaradorligi zamonaviy AI platformalari misolida baholanadi.

Tadqiqot natijalari sun’iy intellekt agentlarini ishlab chiqishda arxitektura tanlovining tizim unumdorligi, moslashuvchanligi va ishonchliligiga sezilarli ta’sir ko’rsatishini ilmiy asoslashga xizmat qiladi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Mazkur tadqiqot sun’iy intellekt agentlarining zamonaviy arxitekturalarini nazariy va amaliy jihatdan o’rganishga qaratilgan. Tadqiqot davomida tizimli tahlil, qiyosiy tahlil, eksperimental dasturlash va funksional sinov usullaridan foydalanildi. Eksperimental qism Python dasturlash tili hamda LangChain, Microsoft AutoGen va CrewAI platformalari asosida amalga oshirildi.

Agentlarning ishlash samaradorligini baholash uchun quyidagi mezonlar tanlandi:

1-jadval. *Agent arxitekturalarini baholash mezonlari*

Ko’rsatkich	**Tavsifi**
Qaror qabul qilish vaqti	Agentning vazifaga javob berish tezligi
Aniqlik	Berilgan topshiriqni to’g’ri bajarish darajasi
Moslashuvchanlik	Muhit o’zgarishiga moslashish imkoniyati
Resurs sarfi	Operativ xotira va protsessor yuklamasi
Masshtablanuvchanlik	Bir nechta agent bilan ishlash imkoniyati

Manba: muallif hisoblashlari

Eksperimental tadqiqot davomida to’rtta turdagi agent modeli sinovdan o’tkazildi: Reactive Agent, Deliberative Agent, Hybrid Agent hamda Multi-Agent System. Har bir agentga bir xil murakkablikdagi topshiriqlar berilib, ularning bajarilish tezligi, qaror qabul qilish sifati va resurslardan foydalanish samaradorligi tahlil qilindi.

Agentlarning ichki tuzilishi quyidagi asosiy komponentlardan tashkil topdi:

- Perception Module (atrof-muhitni kuzatish);
- Memory Module (qisqa va uzoq muddatli xotira);
- Planning Module (vazifalarni rejalashtirish);
- Decision Engine (qaror qabul qilish mexanizmi);
- Tool Integration (tashqi servislar bilan ishlash);
- Action Executor (buyruqlarni bajarish moduli).

Mazkur komponentlarning o’zaro integratsiyasi agentning umumiy samaradorligini belgilovchi asosiy omil hisoblanadi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Eksperimental tadqiqot natijalari agent arxitekturasining tanlanishi tizim unumdorligiga sezilarli ta’sir ko’rsatishini ko’rsatdi.

2-jadval. *Turli agent arxitekturalarining taqqoslanishi*

Arxitektura	**Qaror tezligi**	**Aniqlik**	**Moslashuvchanlik**	**Murakkab vazifalar**
Reactive Agent	Juda yuqori	O’rta	Past	Past
Deliberative Agent	O’rta	Yuqori	Yuqori	Yuqori
Hybrid Agent	Yuqori	Juda yuqori	Juda yuqori	Juda yuqori
Multi-Agent System	Yuqori	Juda yuqori	Juda yuqori	Eng yuqori

Manba: muallif hisoblashlari

Tahlillar shuni ko’rsatdiki, Reactive Agent arxitekturasi oddiy va real vaqt rejimida bajariladigan vazifalar uchun juda qulay bo’lsa-da, murakkab rejalashtirish talab qilinadigan masalalarda uning imkoniyatlari cheklangan.

Deliberative Agent esa bilimlar bazasi va rejalashtirish algoritmlaridan foydalanishi sababli murakkab muammolarni hal qilishda yuqori natijalarni ko’rsatdi. Biroq, qaror qabul qilish vaqti Reactive Agentga nisbatan uzoqroq bo’ldi.

Hybrid Agent ikkala yondashuvning afzalliklarini o’zida mujassamlashtirgani sababli eksperiment davomida eng optimal natijalarni namoyish etdi. Ushbu arxitektura real vaqt rejimida ishlash bilan bir qatorda uzoq muddatli rejalashtirish imkoniyatiga ham ega ekanligi aniqlandi.

Multi-Agent System esa bir nechta mustaqil agentlarning o’zaro hamkorligi orqali eng murakkab vazifalarni qisqa vaqt ichida bajarishga muvaffaq bo’ldi. Vazifalarni parallel bajarish hisobiga tizimning umumiy unumdorligi sezilarli oshdi.

So’nggi yillarda ishlab chiqilgan LLM asosidagi agentlarda quyidagi yangi modullar qo’llanilmoqda:

- Planning Engine;
- Reflection Mechanism;
- Memory Management;
- Retrieval-Augmented Generation (RAG);
- Tool Calling;
- Multi-Agent Collaboration;
- Long-Term Memory.

Mazkur komponentlarning integratsiyasi agentlarning nafaqat matn yaratish, balki murakkab muhandislik, tahliliy va ilmiy vazifalarni ham mustaqil bajarishiga imkon bermoqda.

Eksperimental sinovlar davomida LangChain platformasi yordamida yaratilgan agent tashqi API xizmatlari bilan muvaffaqiyatli ishladi, ma'lumotlar bazasidan axborot oldi va foydalanuvchi topshirig'ini ketma-ket rejalashtirish orqali bajarishga muvaffaq bo'ldi. Microsoft AutoGen asosidagi ko'p agentli tizim esa bir vaqtning o'zida bir nechta agentlarning hamkorligini tashkil etib, murakkab vazifalarni qisqa muddatda bajarish imkoniyatini ko'rsatdi.

Natijalar shuni ko'rsatdiki, agent arxitekturasining murakkablashuvi tizimning hisoblash xarajatlarini oshirsa ham, qaror qabul qilish sifati va moslashuvchanligi sezilarli darajada yaxshilanadi. Ayniqsa, LLM bilan integratsiyalashgan Hybrid hamda Multi-Agent arxitekturalari zamonaviy sun'iy intellekt tizimlarining eng istiqbolli yo'nalishlaridan biri hisoblanadi.

XULOSA

Mazkur tadqiqot sun'iy intellekt agentlarining zamonaviy arxitekturalari hamda ularni amaliy dasturiy tizimlarda qo'llash imkoniyatlarini ilmiy va texnologik jihatdan tahlil qilishga bag'ishlandi. Olib borilgan nazariy va amaliy tahlillar shuni ko'rsatdiki, sun'iy intellekt agentlari bugungi raqamli transformatsiya sharoitida murakkab masalalarni avtomatik hal qiluvchi eng istiqbolli texnologiyalardan biri hisoblanadi.

Tadqiqot davomida Reactive Agent, Deliberative Agent, Hybrid Agent hamda Multi-Agent System arxitekturalari o'zaro qiyoslandi. Tahlil natijalari Reactive Agent real vaqt rejimida tezkor javob beruvchi vazifalar uchun samarali ekanligini, biroq murakkab mantiqiy rejalashtirish talab etiladigan jarayonlarda uning imkoniyatlari cheklanganligini ko'rsatdi. Deliberative Agent esa bilimlar bazasi va rejalashtirish algoritmlaridan foydalangan holda murakkab muammolarni yuqori aniqlik bilan yecha olishi aniqlandi.

Hybrid Agent arxitekturasi tezkor javob berish va strategik rejalashtirish imkoniyatlarini birlashtirgani sababli eng optimal natijalarni namoyish etdi. Multi-Agent System esa vazifalarni bir nechta agentlar o'rtasida taqsimlash orqali hisoblash samaradorligini sezilarli darajada oshirdi. Ayniqsa, katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlash, dasturiy ta'minot yaratish, ilmiy izlanishlar, robototexnika va sanoat avtomatlashtirish tizimlarida ushbu arxitekturalarning ustunligi yaqqol namoyon bo'ldi.

LangChain, Microsoft AutoGen hamda CrewAI platformalari asosida o'tkazilgan amaliy tajribalar agentlarning tashqi API xizmatlari, ma'lumotlar bazalari, internet resurslari va yirik til modellari bilan integratsiyasi murakkab topshiriqlarni avtomatlashtirish imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytirishini ko'rsatdi. Shuningdek, RAG (Retrieval-Augmented Generation), Tool Calling, Memory Management va Reflection mexanizmlarining qo'llanilishi agentlarning qaror qabul qilish aniqligi hamda ishonchliligini oshirishi kuzatildi.

Bugungi kunda sun'iy intellekt agentlari oddiy chatbotlardan boshlab korporativ boshqaruv tizimlari, elektron tijorat, tibbiyot, ta'lim, moliya, logistika va sanoat ishlab chiqarishigacha bo'lgan ko'plab sohalarda muvaffaqiyatli qo'llanilmoqda. Katta til modellari bilan integratsiyalashgan agentlarning rivojlanishi yaqin yillarda to'liq avtonom dasturiy tizimlar yaratilishiga zamin yaratishi kutilmoqda.

Kelgusidagi tadqiqotlarda agentlarning xavfsizligini oshirish, xotira modellarini optimallashtirish, ko'p agentli tizimlarning muvofiqlashtirilgan boshqaruv algoritmlarini ishlab chiqish hamda kvant hisoblash texnologiyalari bilan integratsiyalash imkoniyatlarini o'rganish maqsadga

muvofiq hisoblanadi. Shuningdek, sun’iy intellekt agentlarining etik me’yorlari, axborot xavfsizligi va foydalanuvchi maxfiyligini ta’minlash bo’yicha yangi ilmiy yondashuvlarni ishlab chiqish dolzarb masalalardan biri bo’lib qolmoqda.

Natijalar shuni ko’rsatadiki, agent arxitekturasini to‘g‘ri tanlash sun’iy intellekt tizimining ishlash tezligi, moslashuvchanligi, ishonchliligi va umumiy samaradorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli agentlarni loyihalashda tizimning funksional talablari, foydalanish sohasi va hisoblash resurslari kompleks ravishda hisobga olinishi zarur.

ADABIYOTLAR RO’YXATI

1. Russell S., Norvig P. **Artificial Intelligence: A Modern Approach.** 4th Edition. Pearson Education, 2022.
2. Wooldridge M. **An Introduction to MultiAgent Systems.** 3rd Edition. Wiley, 2021.
3. OpenAI. **GPT-4 Technical Report.** arXiv:2303.08774, 2023.
4. Microsoft Research. **AutoGen: Enabling Next-Generation Large Language Model Applications.** arXiv:2308.08155, 2023.
5. Chase H. **LangChain Documentation.** 2024.
6. Anthropic Research. **Building Effective AI Agents.** 2024.
7. OpenAI. **Model Context Protocol (MCP) Specification.** 2025.
8. Lewis P., Perez E., Piktus A. et al. **Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks.** NeurIPS, 2021.
9. Shinn N., Cassano F. **Reflexion: Language Agents with Verbal Reinforcement Learning.** arXiv, 2023.
10. Wang L., Ma Y., Zhang X. **A Survey on Large Language Model Based Autonomous Agents.** arXiv:2308.11432, 2023.
11. Xi Z., Chen W., Guo X. **The Rise and Potential of Large Language Model Based Agents: A Survey.** arXiv, 2024.
12. CrewAI Development Team. **CrewAI Documentation.** 2024.
13. Yao S., Zhao J., Yu D. **ReAct: Synergizing Reasoning and Acting in Language Models.** ICLR, 2023.
14. Google DeepMind. **Gemini Technical Report.** 2024.
15. Microsoft AI. **Generative AI for Developers.** Microsoft Learn, 2024.