O‘Z-O‘ZINI MOSLASHTIRUVCHI IINTELEKTUAL AGENTLAR

Eshankulov Khamza
Buxoro davlat universiteti amaliy amatematika va dasturlash texnologiyalari kafedrasi professori
Email: vivente_2006@mail.ru, x.i.eshonkulov@buxdu.uz
Hamroyeva Madina
Buxoro davlat universiteti axborot tizimlari va raqamli texnologiyalar ta’lim yo‘nalishi 2-bosqich talabasi

Annotatsiya. Ushbu maqolada o‘z-o‘zini moslashtiruvchi intellektual agentlarning nazariy asoslari va ularning business intelligence tizimlarida qo‘llanish imkoniyatlari tahlil qilingan. Tadqiqotda MAPE-K modeli asosida o‘z-o‘zini boshqarish, kuzatish, tahlil qilish va bilimlar bazasiga asoslangan adaptiv boshqaruv jarayonlari yoritilgan. Shuningdek, an’anaviy va o‘z-o‘zini moslashtiruvchi business intelligence tizimlari o‘rtasidagi funksional farqlar, ularning oliy ta’lim muassasalari faoliyatida qo‘llanilish samaradorligi amaliy misollar orqali ko‘rsatib berilgan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, MAPE-K modeli asosida qurilgan agent tizimlari real vaqt tahlili, avtomatik qayta konfiguratsiya va bilimga asoslangan qaror qabul qilish orqali tizimning barqarorligi va moslashuvchanligini sezilarli darajada oshiradi.

Kalit so‘zlar. O‘z-o‘zini moslashtiruvchi agentlar, MAPE-K modeli, business intelligence tizimi, ko‘p agentli tizimlar, adaptiv boshqaruv, real vaqt tahlili

Аннотация. В данной статье проанализированы теоретические основы самоадаптирующихся интеллектуальных агентов и возможности их применения в системах бизнес-аналитики. В исследовании освещены процессы адаптивного управления, основанные на модели MAPE-K, включающие самоуправление, мониторинг, анализ и использование базы знаний. Также показаны функциональные различия между традиционными и самоадаптирующимися системами бизнес-аналитики, а также эффективность их применения в деятельности высших учебных заведений на практических примерах. Результаты показывают, что агентные системы, построенные на основе модели MAPE-K, значительно повышают устойчивость и адаптивность системы за счет анализа в реальном времени, автоматической реконфигурации и принятия решений на основе знаний.

Ключевые слова: самоадаптирующиеся агенты, модель MAPE-K, система бизнес-аналитики, мультиагентные системы, адаптивное управление, анализ в реальном времени.

Abstract. This article analyzes the theoretical foundations of self-adaptive intelligent agents and their potential applications in Business Intelligence systems. The study highlights adaptive management processes based on the MAPE-K

ISSN 3030-3907

model, including self-management, monitoring, analysis, and knowledge-based decision-making. Functional differences between traditional and self-adaptive Business Intelligence systems, as well as their effectiveness in higher education institutions, are demonstrated through practical examples. The results show that agent-based systems built upon the MAPE-K model significantly enhance system stability and adaptability through real-time analysis, automatic reconfiguration, and knowledge-driven decision-making.

Keywords: self-adaptive agents, MAPE-K model, Business Intelligence system, multi-agent systems, adaptive management, real-time analysis.

I.Kirish

Bugungi kunda ko‘p agentli tizimgning samaradorligi, avvalo, ularning muhitdagi o‘zgarishlarga moslashish darajasi hamda qaror qabul qilish jarayonining aniqligi va optimal darajasiga bevosita bog‘liqdir. An’anaviy agentlar, odatda, oldindan belgilangan qoidalar yoki senariylar asosida faoliyat yuritsa, o‘z-o‘zini moslashtiruvchi agentlar esa tashqi holatlar va ichki resurs holatidagi o‘zgarishlarni dinamik ravishda tahlil qilib, o‘z strategiya va xatti-harakatlarini real vaqt rejimida qayta shakllantirish imkoniyatiga ega bo‘lmoqda. Bunday moslashuvchanlik agentlarga murakkab, noaniq va o‘zgaruvchan muhitlarda barqaror ishlash hamda tizimning umumiy ishonchliligi va barqarorligini ta’minlash imkonini beradi[1]. Ko‘p mezonli qaror qabul qilish yondashuvlari agentlar tomonidan amalga oshiriladigan qaror jarayonining sifatini sezilarli darajada oshiradi. Ushbu yondashuvlar agentlarga samaradorlik, vaqt, resurs sarfi, foyda va xavf kabi mezonlar asosida alternativ variantlarni baholash imkonini beradi. Ayniqsa, analitik ierarxiya jarayoni, ideal yechimga o‘xshashlik asosida ustuvorlikni aniqlash usuli hamda Pareto-optimal yondashuv agentlar tomonidan qabul qilinadigan qarorlarning optimal va muvozanatli bo‘lishini ta’minlaydi[2]. Shunday qilib, ko‘p mezonli yondashuvlardan foydalanish agent tizimlarining adaptivligi va samaradorligini oshiradi.

II. O‘Z-O‘ZINI MOSLASHTIRUVCHI AGENTLAR

Zamonaviy raqamli muhitda o‘z-o‘zini moslashtiruvchi agentlar intellektual tizimlarning eng ilg‘or va funksional komponentlaridan biri hisoblanadi. Ular tashqi muhitdagi o‘zgarishlar hamda ichki resurslar holatiga qarab o‘z faoliyatini avtomatik tarzda yangilab, qaror qabul qilish strategiyalarini real vaqt rejimida moslashtira oladi. Oddiy agentlardan farqli ravishda, bunday agentlar nafaqat muhitdagi o‘zgarishlarni kuzatadi, balki ichki parametrlarini — resurslardan foydalanish darajasi, yuklama va hisoblash quvvatini — baholab, zarur hollarda qayta sozlaydi [3]. Shu sababli, ular o‘zgaruvchan va noaniq muhitlarda ham barqaror ishlash qobiliyatiga ega bo‘lgan adaptiv tizimlarga mansubdir.

ISSN 3030-3907

Oliy ta’lim muassasalari faoliyatida bunday agentlardan foydalanish muhim ahamiyatga ega, chunki ta’lim jarayonlari, talabalar faoliyati, baholash tizimlari va boshqaruv qarorlari doimiy o‘zgaruvchan ma’lumotlarga asoslanadi. O‘z-o‘zini moslashtiruvchi agentlarni tahlil tizimlariga integratsiya qilish ularning aniqligi, moslashuvchanligi va boshqaruv samaradorligini sezilarli darajada oshiradi.

Masalan, agentlar talabalarning o‘qish natijalari, dars davomati, o‘qituvchilar yuklamasi va o‘quv resurslaridan foydalanish darajasini doimiy tahlil qiladi. O‘zgarishlar aniqlanganda, tizim avtomatik tarzda yangi strategiyalar ishlab chiqadi va boshqaruv qarorlarini mos ravishda yangilaydi. Natijada, tizim tezkor, mos va asosli qarorlar qabul qilish imkoniyatiga ega bo‘ladi.

O‘z-o‘zini moslashtirish mexanizmlari. O‘z-o‘zini moslashtirish jarayoni kuzatuv, tahlil, rejalashtirish, bajarish va bilimlar bazasi bosqichlaridan iborat ketma-ket sikl sifatida ifodalanadi. Har bir agent o‘z faoliyatini quyidagi umumiy matematik model asosida tashkil etadi [4,5]:

$$S_{t+1} = f(M_t, A_t, P_t, B_t K_t)$$

bu yerda:

- S_{t+1} – tizimning yangilangan holati;
- M_t – kuzatuv bosqichiada olingan ma’lumotlar to‘plami;
- A_t – tahlil bosqichidagi baholash natijalari;
- P_t – rejalashtrilgan bosqichda tanlangan strategiya;
- B_t – bajarish bosqichidagi o‘zgarishlar;
- K_t – bilimlar bazasidagi mavjud bilimlar to‘plami.

Bu munosabat shuni anglatadiki, tizimning har bir yangi holati S_{t+1} kuzatuv va tahlil natijalariga asoslangan holda rejalashtirish, bajarish va bilimlar bazasi orqali shakllanadi.

Mazkur model asosida ishlaydigan o‘z-o‘zini moslashtiruvchi agentlar tizimda o‘zini o‘zi o‘rganish, adaptatsiya va optimallashtirish mexanizmlarini shakllantiradi, bu esa barqaror ishlash, tezkor javob va uzluksiz boshqaruvni ta’minlaydi.

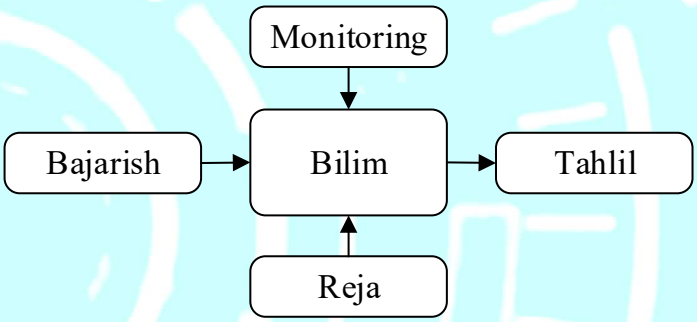
III. BILIMLAR BAZASI VA MAPE-K MODELI INTEGRATSIYASI

O‘z-o‘zini moslashtiruvchi agentlar faoliyatida bilimlar bazasi asosiy o‘rinda turadi. U tizimning avvalgi tajribalarini saqlaydi, kontekstual tahlil asosida qayta ishlaydi va yangi qarorlarni optimallashtirish jarayonida ulardan foydalanadi. Shu orqali tizim o‘z faoliyatini tarixiy ma’lumotlar hamda ilgari kuzatilgan natijalar asosida dinamik tarzda qayta sozlash imkoniyatiga ega bo‘ladi.

MAPE-K modeli esa o‘z-o‘zini moslashtirish jarayonini qat’iy algoritmik tuzilma asosida amalga oshiruvchi konseptual yondashuv hisoblanadi. Modelning asosiy afzalligi shundaki, u tizimning qayta konfiguratsiya tezligini oshiradi,

ISSN 3030-3907

operatsion barqarorlikni ta’minlaydi va o‘z tajribasidan o‘rganish imkonini yaratadi [5]. Shu bois, MAPE-K modeli o‘z-o‘zini boshqaruvchi va intellektual agent tizimlarining nazariy hamda amaliy asoslarini shakllantiruvchi universal adaptiv mexanizm sifatida qaraladi (1-rasm).



1-rasm. O‘z-o‘zini moslashtiruvchi agentning MAPE-K modeli asosidagi arxitekturasi

1-rasmda keltirilgan MAPE-K modeli asosidagi sxemada har bir bosqich o‘quv jarayonining dinamik axborotlariga — talabalar faoliyati, baholash natijalari, davomati va resurslardan foydalanish ko‘rsatkichlariga tayanadi. MAPE-K modelining funksional bosqichlari quyidagicha amalga oshiriladi:

- **monitoring** – agent tashqi va ichki muhit parametrlarini (talabalar baholari, darslarda qatnashuv, LMS loglari va boshqa indikatorlarni) real vaqt rejimida kuzatadi;
- **tahlil** – kuzatilgan ma’lumotlar asosida o‘zgarish tendensiyalari, o‘zaro bog‘liqliklar hamda potentsial muammolar aniqlanadi;
- **rejalashtirish**– tahlil natijalariga asosan moslashtirish strategiyasi va optimallashtirilgan harakatlar ketma-ketligi ishlab chiqiladi;
- **amalga oshirish** – agent ishlab chiqilgan strategiyani amalda qo‘llab, tizim parametrlarini yangilaydi yoki kerakli boshqaruv o‘zgarishlarini kiritadi;
- **bilim** – agent ilgari bajarilgan harakatlarning samaradorligini baholab, ularni bilim bazasiga qayta yozadi va keyingi qarorlarda ushbu tajribadan foydalanadi.

MAPE-K mexanizmi asosidagi o‘z-o‘zini moslashtiruvchi agentlar dinamik va o‘zgaruvchan muhitlarda tizimning uzluksiz ishlashini, qaror qabul qilishning barqarorligini hamda samaradorligini ta’minlaydi. Ushbu mexanizmni business intelligence tizimlariga integratsiya qilish natijasida ma’lumotlarga asoslangan boshqaruvning moslashuvchanligi, prediktiv tahlil aniqligi va real vaqt rejimidagi adaptiv qarorlarni ishlab chiqish imkoniyati sezilarli darajada ortadi [6].

MAPE-K modeli o‘z-o‘zini moslashtiruvchi agentlar uchun keng qo‘llaniladigan konseptual yondashuvdir. U boshqa modellarga nisbatan bir qator ustunliklarga ega. Masalan, OODA modeli tezkor qaror qabul qilishni ta’minlaydi, biroq unda bilim komponentining yo‘qligi tizimning o‘z-o‘zidan o‘rganish

ISSN 3030-3907

imkoniyatini cheklaydi [7]. REACT modeli esa real vaqt rejimida javob qaytarishga imkon beradi, lekin tahlil bosqichi yetarlicha chuqur emasligi sababli adaptiv rejalashtirish to‘liq amalga oshmaydi.

MAPE-K modeli esa mazkur ikki yondashuvning eng muhim afzalliklarini birlashtiradi. Bilim bazasi orqali tizim ilgari to‘plangan tajriba asosida qarorlarni avtomatik qayta konfiguratsiya qiladi. Natijada, tashqi muhitdagi o‘zgarishlarga tezkor javob berish bilan birga, tizim ichki tajribani tahlil qilib, doimiy takomillashadi. Shu bois, MAPE-K modeli BI tizimlarida adaptiv qaror qabul qilish mexanizmini shakllantirish uchun eng maqbul arxitektura sifatida qaraladi. Ushbu yondashuv o‘quv jarayonidagi o‘zgaruvchan axborot oqimlarini tahlil qilish, prognozlash va resurslarni optimal taqsimlash imkonini beradi (1-jadval).

1-jadval

O‘z-o‘zini moslashtiruvchi modellar taqqoslanishi

Parametr / Model	MAPE-K	OODA	REACT	MDR
O‘z-o‘zini boshqarish	+	–	–	–
Bilim bazasi mavjudligi	+	–	–	–
Tajriba asosida o‘rganish	+	–	–	–
Real vaqt moslashuvchanlik	+	+	+	+
Strategik rejalashtirish	+	+	–	–
Tizim barqarorligi	+	±	–	–
Kengaytiriluvchanlik	+	±	±	–
Avtomatik qayta konfiguratsiya	+	–	±	–
Tizim murakkabligi	Yuqori	O‘rta	Past	Past

1.7-jadval tahlilidan ko‘rinib turibdiki, MAPE-K modeli boshqa o‘z-o‘zini moslashtiruvchi arxitekturalarga nisbatan bilimga asoslangan qaror qabul qilish, tajriba orqali o‘rganish va avtonom boshqaruv imkoniyatlariga ega. Ushbu xususiyatlar uni ta’lim tizimlari, BI muhitlari hamda KATda qo‘llash uchun eng maqbul model sifatida ajratib turadi.

MAPE-K modelining afzalliklari va funksional imkoniyatlarini inobatga olgan holda, o‘z-o‘zini moslashtiruvchi agentlar **oliy ta’lim muassasalari axborot-muhitida** quyidagi **asosiy funksional yo‘nalishlarda** faoliyat yuritadi. Ular o‘quv jarayonini real vaqt rejimida tahlil qilish, boshqaruv qarorlarini avtomatik qayta sozlash hamda adaptiv o‘rganish imkoniyatlarini amalga oshirish orqali tizim samaradorligini oshiradi. Ushbu yo‘nalishlar **2-jadvalda** keltirilgan.

ISSN 3030-3907

2-jadval

O‘z-o‘zini moslashtiruvchi agentlarning oliy ta’lim muassasi muhitidagi funksional yo‘nalishlari

Yo‘nalish	Real vaqtda tahlili	Avtomatik qayta sozlash	Adaptiv o‘rganish	Natija
O‘quv jarayonini boshqarish	+	+	+	Moslashuvchan baholash tizimi
Resurslarni taqsimlash	+	+	–	Samaradorlik 10–15%
Talaba faoliyati monitoringi	+	+	+	Individual o‘qitish yo‘nalishi
Boshqaruv qarorlarini qo‘llab-quvvatlash	+	+	+	Qaror sifati oshadi
Tizim xavfsizligi va barqarorligi	+	+	–	Ishonchlilik va uzluksizlik ta’minlanadi

An’anaviy business intelligence tizimlarida qaror qabul qilish jarayoni inson tajribasi va tarixiy ma’lumotlarga tayanadi, bu esa real vaqt o‘zgarishlariga moslashishni cheklaydi. O‘z-o‘zini moslashtiruvchi business intelligence tizimlari esa ushbu cheklovlarni bartaraf etib, muhitdagi o‘zgarishlarni real vaqt rejimida tahlil qiladi, avtomatik tarzda optimallashtirishni amalga oshiradi hamda mustaqil qarorlarni shakllantirish imkonini beradi [9].

Bunday tizimlarda agentlar nafaqat ma’lumot tahlilchisi, balki faol boshqaruvchi komponent sifatida ham ishtirok etib, o‘z tajribasidan o‘rganish va o‘zgaruvchan sharoitlarga moslashish imkoniyatiga ega bo‘ladi. Oliy ta’lim muhitida self-adaptive business intelligence tizimlari o‘quv jarayonini real vaqt tahlili asosida avtomatik boshqarish, resurslarni optimal taqsimlash va individual yondashuvni ta’minlashda samaradorlikni oshiradi.

3-jadvalda an’anaviy va o‘z-o‘zini moslashtiruvchi business intelligence tizimlari o‘rtasidagi asosiy farqlarning qiyosiy tahlili keltirilgan.

3-jadval

An’anaviy va o‘z-o‘zini moslashtiruvchi business intelligence tizimlari o‘rtasidagi qiyosiy tahlil

Ko‘rsatkich	An’anaviy business intelligence tizimi	O‘z-o‘zini moslashtiruvchi business intelligence tizimi
Qaror chiqaruvchi	Inson	Agent tizimi
Moslashuvchanlik	Past	Yuqori

ISSN 3030-3907

Real vaqt tahlili	Yo‘q	Ha
Avtomatik qayta sozlash	Yo‘q	Mavjud
Qaror sifati	Inson tajribasiga bog‘liq	Ma’lumot asosida optimallashtirilgan

Jadvalda keltirilgan ma’lumotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, o‘z-o‘zini moslashtiruvchi agentlarga asoslangan business intelligence tizimlari an’anaviy yondashuvlarga nisbatan yuqori darajadagi moslashuvchanlik, avtomatlashtirilgan qaror qabul qilish va ma’lumotga asoslangan boshqaruv imkoniyatlarini ta’minlaydi. Ushbu yondashuv business intelligence tizimlarining funksional samaradorligini oshirib, real vaqt rejimida muhitdagi o‘zgarishlarga tezkor javob qaytarish imkonini beradi.

Oliy ta’lim muhitida bunday agentlarning qo‘llanilishi o‘quv jarayonini dinamik boshqarish, resurslardan samarali foydalanish hamda talaba faoliyatiga individual yondashuvni shakllantirish imkonini yaratadi va o‘z-o‘zini moslashtiruvchi agentlar quyidagicha imkoniyatga ega[10]:

- **dinamik muhitga moslashuvchanlik** – ta’lim jarayonidagi o‘zgarishlarga avtomatik javob beradi;
- **resurslardan oqilona foydalanish** – agentlar yuklamalarni optimal taqsimlaydi;
- **xatoliklarni kamaytirish** – qarorlar real vaqt ma’lumotlariga asoslanadi;
- **individuallashtirilgan ta’lim** – talaba ehtiyojiga qarab shaxsiy tahlil va tavsiyalarni shakllantiradi;
- **raqamli universitet konsepsiyasiga xizmat qilish** – bunday tizimlar “**aqlli ta’lim**” va “**raqamli kampus**” loyihalarining texnologik asosi hisoblanadi;

O‘z-o‘zini moslashtiruvchi agentlar business intelligence tizimlarini passiv tahlil vositasidan faol boshqaruv tizimiga aylantiradi. Ular oliy ta’lim muassasidagi qaror qabul qilish, o‘quv jarayonlarini boshqarish, resurslarni taqsimlash va ta’lim sifatini oshirishda yangi darajadagi avtomatlashtirilgan yondashuvni ta’minlaydi.

O‘z-o‘zini moslashtiruvchi agentlar asosidagi business intelligence tizimlari Oliy ta’lim muassalarida raqamli transformatsiyaning asosiy omili sifatida qaraladi. Ular ta’lim jarayonlarini nazorat qilish, tahlil qilish va optimallashtirishni avtomatlashtirib, “Aqilli universitet” konsepsiyasining intellektual infratuzilmasini shakllantiradi. Ushbu yondashuv oliy ta’limdagi qaror qabul qilishni ma’lumotga asoslangan, adaptiv va proaktiv tizimga aylantiradi. Biroq o‘z-o‘zini moslashtirish jarayonida qaror qabul qilish samaradorligi nafaqat agentlarning moslashuvchanligiga, balki tanlov variantlarini baholashda qo‘llaniladigan metodologiyaga ham bog‘liqdir. Shu nuqtai nazardan, ko‘p mezonli qaror qabul qilish yondashuvlari agent tizimlarida muhim o‘rin tutadi.

ISSN 3030-3907

IV. XULOSA

O‘tkazilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki, o‘z-o‘zini moslashtiruvchi intellektual agentlar business intelligence tizimlarida qaror qabul qilish samaradorligini oshirishning muhim omilidir. Ular muhitdagi o‘zgarishlarga tezkor javob berish, resurslardan oqilona foydalanish va bilimga asoslangan boshqaruvni amalga oshirish orqali tizimning umumiy barqarorligi va ishonchliligini ta’minlaydi. MAPE-K modeli asosida ishlab chiqilgan agentlar kuzatuv, tahlil, rejalashtirish, bajarish va bilim bosqichlarini yagona siklga birlashtirib, tizimning uzluksiz o‘rganish va o‘zgarishlarga moslashish imkonini beradi. Oliy ta’lim muassasalarida bunday agentlarning joriy etilishi o‘quv jarayonini real vaqt tahlili asosida boshqarish, individual yondashuvni kuchaytirish hamda “Aqlli universitet” konsepsiyasining texnologik negizini yaratishda muhim ahamiyat kasb etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kephart, J. O., & Chess, D. M. (2003). The vision of autonomic computing. IEEE Computer, 36(1), 41–50. https://doi.org/10.1109/MC.2003.1160055

2. Brun, Y., Di Marzo Serugendo, G., Gacek, C., Giese, H., Kienle, H. M., Litoiu, M., Müller, H. A., Pezzè, M., & Shaw, M. (2009). Engineering self-adaptive systems through feedback loops. In Software Engineering for Self-Adaptive Systems (pp. 48–70). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02161-9_3

3. Salehie, M., & Tahvildari, L. (2009). Self-adaptive software: Landscape and research challenges. ACM Transactions on Autonomous and Adaptive Systems, 4(2), 14. https://doi.org/10.1145/1516533.1516538

4. Wooldridge, M. (2009). An introduction to multiagent systems (2nd ed.). John Wiley & Sons.

5. Jennings, N. R., Sycara, K., & Wooldridge, M. (1998). A roadmap of agent research and development. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, 1(1), 7–38. https://doi.org/10.1023/A:1010090405266

6. Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2018). Reinforcement learning: An introduction (2nd ed.). MIT Press.

7. Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., & Meyarivan, T. (2002). A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 6(2), 182–197. https://doi.org/10.1109/4235.996017

8. Miettinen, K. (1999). Nonlinear multiobjective optimization. Springer Science & Business Media. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5563-6

9. Zitzler, E., Laumanns, M., & Thiele, L. (2001). SPEA2: Improving the strength Pareto evolutionary algorithm for multiobjective optimization. In Evolutionary Methods for Design, Optimization and Control (pp. 95–100). International Center for Numerical Methods in Engineering (CIMNE).

ISSN 3030-3907

10. Saaty, T. L. (1980). The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation. McGraw-Hill.

ISSN 3030-3907