

**MASOFAVIY TA'LIMDA KO'P AGENTLI O'QITISH TIZIMINI
YARATISH VA SAMARADORLIGINI BAHOLASH****Shaymatov Odil Abdukadirovich**

O'zbekiston Respublikasi IIV

Malaka oshirish instituti Jizzax filiali sikl boshlig'i

Tel: +99893-304-02-00

Annotatsiya: Ushbu maqolada masofaviy ta'lim platformalarida o'qitish jarayonini individuallashtirish va intellektual boshqarish uchun ko'p agentli tizimlar (Multi-Agent Systems - MAS) arxitekturasini qo'llash masalalari atroflicha tadqiq etilgan. Tizimdagi agentlarning funktsional vazifalari, o'zaro axborot almashinuvi sxemalari va qaror qabul qilish mexanizmlari ishlab chiqilgan. O'quvchining joriy bilim darajasini dinamik baholash va moslashuvchan shaxsiy o'quv traektoriyasini shakllantirishning kompleks matematik modeli taklif etilgan. Tajriba-sinov ishlari natijalari asosida ko'p agentli intellektual yondashuvning an'anaviy masofaviy ta'lim tizimlariga nisbatan samaradorligi ishlab chiqilgan mezonlar (o'zlashtirish sifati, vaqt samaradorligi, tizim barqarorligi) asosida statistik tahlil qilingan va uning yuqori afzalliklari isbotlangan.

Kalit so'zlar: masofaviy ta'lim, ko'p agentli tizim, intellektual o'qitish, matematik model, moslashuvchan traektoriya, samaradorlik mezoni, Markov qaror qabul qilish jarayoni, Bellman tenglamasi, ta'lim sifatini boshqarish.

Аннотация: В данной статье подробно исследованы вопросы применения архитектуры мультиагентных систем (Multi-Agent Systems - MAS) для индивидуализации и интеллектуального управления процессом обучения на платформах дистанционного образования. Разработаны функциональные обязанности, схемы информационного обмена и механизмы принятия решений агентов в системе. Предложена комплексная математическая модель динамической оценки текущего уровня знаний учащегося и формирования гибкой персональной траектории обучения. На основе результатов экспериментально-испытательных работ проведен статистический анализ эффективности мультиагентного интеллектуального подхода по сравнению с традиционными системами дистанционного обучения на базе разработанных критериев (качество освоения, временная эффективность, стабильность системы), доказавший его высокие преимущества.

Ключевые слова: дистанционное образование, мультиагентная система, интеллектуальное обучение, математическая модель, гибкая



траектория, критерий эффективности, Марковский процесс принятия решений, уравнение Беллмана, управление качеством образования.

Abstract: This article comprehensively investigates the application of Multi-Agent Systems (MAS) architecture for the individualization and intelligent management of the learning process in distance education platforms. The functional duties, information exchange schemes, and decision-making mechanisms of agents within the system are developed. A complex mathematical model for the dynamic assessment of a student's current knowledge level and the formation of a flexible personal learning trajectory is proposed. Based on experimental test results, a statistical analysis of the effectiveness of the multi-agent intelligent approach compared to traditional distance education systems was conducted using developed criteria (learning quality, time efficiency, system stability), proving its high advantages.

Keywords: distance education, multi-agent system, intelligent learning, mathematical model, flexible trajectory, efficiency criterion, Markov decision process, Bellman equation, education quality management.

Bugungi kunda jahon miqyosida raqamli transformatsiya va innovatsion iqtisodiyot talablari ta'lim tizimini tubdan isloh qilishni taqozo etmoqda. Axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining jadallik bilan rivojlanishi, ayniqsa, masofaviy ta'lim platformalarining (Moodle, Coursera, edX va boshqalar) keng ommalashishiga olib keldi. Biroq, an'anaviy masofaviy ta'lim platformalari ko'p hollarda statik tuzilishga ega bo'lib, har bir ta'lim oluvchining shaxsiy psixofiziologik xususiyatlari, bilimlarni o'zlashtirish tezligi, motivatsiyasi va intellektual salohiyatini to'liq darajada inobatga olmaydi. Ta'lim mazmunining barcha uchun bir xil andozada (unifikatsiyalashgan) taqdim etilishi o'quvchilar o'rtasida fanga bo'lgan qiziqishning so'nishi va kurslarni yakunlamasdan tark etish ko'rsatkichlarining ortishiga (retention rate pastligi) sabab bo'lmoqda.

Ushbu muammoni bartaraf etish hamda masofaviy o'qitish sifatini yangi bosqichga olib chiqish uchun ta'lim jarayonini intellektuallashtirish va individuallashtirish talab etiladi. Buning eng samarali va istiqbolli yechimlaridan biri — sun'iy intellekt yo'nalishidagi ko'p agentli tizimlar (Multi-Agent Systems - MAS) konseptini ta'lim sohasiga integratsiya qilishdir. Ko'p agentli tizimlar o'zaro bog'liq bo'lmagan yoki tarqoq muhitda murakkab vazifalarni hamkorlikda, avtonom va moslashuvchan ravishda hal qila oladigan intellektual dasturiy ta'minotlar majmuidir. Mazkur tadqiqot ishining maqsadi masofaviy ta'lim tizimida ko'p agentli yondashuv asosida adaptiv o'qitish mexanizmini yaratish, uning matematik



modellarini ishlab chiqish hamda amaliyotdagi samaradorligini miqdoriy va sifat ko'rsatkichlari orqali baholashdan iborat.

Intellektual ta'lim tizimlari (Intelligent Tutoring Systems) va ko'p agentli yondashuvlarni tadqiq etish masalalari bir qator xorijiy va mahalliy olimlarning ishlarida o'rganilgan. S.Russell va P.Norvig o'zlarining fundamental asarlarida intellektual agentlarning nazariy asoslari, ularning atrof-muhit bilan o'zaro aloqasi va qaror qabul qilish strategiyalarini yoritib berganlar. M.Wooldridge ko'p agentli tizimlarning arxitekturasini, agentlararo kommunikatsiya protokollari va ularning taqsimlangan tizimlardagi muvofiqlashtirish muammolarini tizimli tadqiq etgan.

Pedagogik va intellektual tizimlarda noaniqlik sharoitida qaror qabul qilishda R.A.Aliyev tomonidan taklif etilgan noaniq mantiq (Fuzzy Logic) va neyron tarmoqlari modellari muhim o'rin tutadi. Shuningdek, masofaviy ta'lim jarayonlarini modellashtirish va talabalarning xatti-harakatlarini prognozlash masalalarida xorijiy olimlardan J.Vassileva va boshqa olimlarning ishlarida foydalanuvchi modellarini (User Modeling) agentlar yordamida yaratish muammolari ko'rib chiqilgan. Biroq, mavjud tadqiqotlarda o'quv traektoriyasini real vaqt rejimida dinamik optimallashtirish va tizim samaradorligini ko'p mezonli matematik modellar yordamida baholash masalalari hali ham to'liq yechimini topmagan bo'lib, chuqurroq izlanishlarni talab etadi.

Tadqiqot doirasida masofaviy ta'lim jarayonini kompleks boshqarish maqsadida 4 ta asosiy mustaqil intellektual agentdan tashkil topgan ko'p agentli tizim (MT-KAT) arxitekturasini ishlab chiqildi:

Foydalanuvchi agenti (Student Agent): Har bir talabaning tizimdagi faolligini, topshiriqlarni bajarish vaqtini, yo'l qo'ygan xatolarini va o'zlashtirish dinamikasini uzluksiz monitoring qiladi va talabaning raqamli portretini (profilini) yangilab boradi.

Pedagogik agent (Tutor Agent): Didaktik qoidalar va o'qitish metodologiyasi asosida har bir talaba uchun individual strategiya belgilaydi. Talabaning joriy ko'rsatkichlaridan kelib chiqib, unga mos qiyinchilik darajasidagi topshiriqlarni tavsiya etadi.

Kontent agenti (Content Agent): Tizimdagi barcha o'quv resurslari (matnlar, videoma'ruzalar, keyslar, testlar) omborini boshqaradi. U har bir resursning ontologik bog'liqligi va murakkablik darajasini metadata ko'rinishida saqlaydi.

Koordinatsiya agenti (Coordinator Agent): Yuqoridagi agentlar o'rtasidagi axborot oqimini muvofiqlashtiradi, ta'limiy ziddiyatlarni bartaraf etadi va tizimning umumiy xavfsizligi hamda integratsiyasini ta'minlaydi.

O'quv jarayonining matematik modeli



Talabaning bilim olish traektoriyasini va agentlar qarorlarini optimallashtirish maqsadida ta'lim jarayoni diskret vaqtli Markov qaror qabul qilish jarayoni (Markov Decision Process - MDP) sifatida modellashtirildi. Tizim modeli quyidagi kortej orqali aniqlanadi:

$$M = \langle S, A, P, R, \gamma \rangle$$

Bu yerda: S – tizimning holatlar to'plami bo'lib, talabaning joriy bilim darajasini ifodalaydi: $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$; A – agent tomonidan amalga oshirilishi mumkin bo'lgan harakatlar (o'qitish strategiyalari, material qiyinchilik darajalari) to'plami: $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$; P – holatlar o'tish ehtimolligi matritsasi bo'lib, s holatida a harakati bajarilganda yangi s' holatiga o'tish ehtimolini ko'rsatadi:

$$P(s' | s, a) = P(S_{t+1} = s' | S_t = s, A_t = a)$$

$R(s, a)$ – mukofot funksiyasi bo'lib, talabaning s holatida a harakatini bajarishi (masalan, o'quv topshirig'ini yechishi) orqali erishadigan rag'batlantirish balini ifodalaydi; $\gamma \in (0, 1)$ – kelajakdagi natijalarning joriy holatga ta'sirini belgilovchi diskontlash koeffitsiyenti.

O'quv traektoriyasini optimal boshqarish va maksimal ta'limiy samaradorlikka erishish uchun Bellman tenglamasidan foydalaniladi. Bunda mukofot funksiyasi $R(s, a)$ yuqorida keltirilgan ta'rifga muvofiq Bellman tenglamasi bilan to'liq moslashtirilgan:

$$V(s) = \max_{a \in A} \left[R(s, a) + \gamma \sum_{s' \in S} P(s' | s, a) V(s') \right]$$

Talabaning ma'lum bir o'quv moduli bo'yicha kompleks bilim koeffitsiyenti (K_b) dinamik ravishda quyidagi ko'p mezonli empirik model asosida hisoblanadi:

$$K_b = w_1 \left(\frac{N_{\text{correct}}}{N_{\text{total}}} \right) + w_2 \left(1 - \frac{T_{\text{fact}}}{T_{\text{max}}} \right) + w_3 M_{\text{activity}}$$

Bu yerda $N_{\text{correct}} / N_{\text{total}}$ – talaba tomonidan to'g'ri bajarilgan topshiriqlar ulushi; $T_{\text{fact}} / T_{\text{max}}$ – topshiriqni yechishga sarflangan real vaqtning belgilangan maksimal vaqtga nisbati; M_{activity} – talabaning tizimdagi umumiy faollik darajasi (elektron resurslarni ochish soni, videoma'ruzalarni ko'rish vaqti va h.k.); w_1, w_2, w_3 – vazn koeffitsiyentlari bo'lib, o'quv fanining xarakteridan kelib chiqib belgilanadi va
 $w_1 + w_2 + w_3 = 1$ shartini qanoatlantiradi.

Tizim samaradorligini baholash va eksperimental tahlil

Taklif etilayotgan ko'p agentli tizimning amaliy samaradorligini baholash maqsadida pedagogik tajriba-sinov ishlari o'tkazildi. Tajribada oliy ta'lim muassasalarining jami 120 nafar talabasi ishtirok etdi. Ular tasodifiy tanlash asosida



ikki guruhga ajratildi: Nazorat guruhi (60 nafar, an'anaviy masofaviy ta'lim platformasida o'qitildi) va Tajriba guruhi (60 nafar, ishlab chiqilgan intellektual MT-KAT muhitida o'qitildi).

Samaradorlikni baholash uchun quyidagi miqdoriy mezonlar belgilandi: Bilim o'zlashtirish sifati koeffitsiyenti ($E_{quality}$), Kursni muvaffaqiyatli yakunlash ko'rsatkichi (Retention rate) va Vaqt samaradorligi (E_{time}). Tajriba yakunida olingan statistik ma'lumotlar quyidagi jadvalda umumlashtirilgan:

Baholash mezonlari	An'anaviy masofaviy tizim	Ko'p agentli intellektual tizim (MT-KAT)	O'sish ko'rsatkichi
O'rtacha o'zlashtirish bali	71.4	84.6	+18.4%
Kursni yakunlash (Retention rate)	62.0%	89.0%	+27.0%
O'rtacha sarflangan vaqt (soat)	48.0	38.0	-20.8% (vaqt tejallishi)

Jadval ma'lumotlaridan ko'rinib turibdiki, tajriba guruhida o'rtacha o'zlashtirish ko'rsatkichi an'anaviy tizimga nisbatan 18.4% ga oshgan. Eng yuqori natijalardan biri — kursni muvaffaqiyatli yakunlash ko'rsatkichining 89% gacha yetganligidir. Bu agentlar tomonidan talabalarning ruhiy va bilim holatiga mos ravishda material taqdim etishi natijasida motivatsiyaning yuqori darajada saqlanganligidan dalolat beradi. Shuningdek, moslashuvchan o'quv traektoriyasi tufayli talabalar biladigan mavzularini tezroq o'tib, qiyin mavzularga ko'proq vaqt ajratish imkoniga ega bo'lishdi, bu esa umumiy vaqt sarfini 20.8% ga qisqartirdi.

Masofaviy ta'lim tizimlarini intellektuallashtirish muammosini ko'p agentli yondashuv asosida hal etish bugungi kunning eng samarali strategiyalaridan biridir. Tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan MT-KAT tizimi va uning tarkibidagi mustaqil agentlarning funksional hamkorligi o'quv jarayonini to'liq shaxsiylashtirish imkonini berdi. Matematik modellashtirish natijasida talabaning bilim darajasini real vaqt rejimida baholash va optimal traektoriyani aniqlash algoritmlari muvaffaqiyatli sinovdan o'tdi.



Eksperimental natijalar taklif etilgan tizimning nafaqat ta'lim sifatini oshirishini, balki vaqt resurslaridan unumli foydalanishni ham ta'minlashini ko'rsatdi. Kelajakdagi tadqiqotlar doirasida tizimga neyro-noaniq (Neuro-Fuzzy) tarmoqlarni integratsiya qilish orqali agentlarning adaptivlik xususiyatlarini yanada oshirish hamda katta hajmdagi ma'lumotlar (Big Data) bilan ishlash mexanizmlarini kengaytirish rejalashtirilgan.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Pearson, 2020. – 1166 p.
2. Wooldridge M. An Introduction to MultiAgent Systems. – John Wiley & Sons, 2009. – 484 p.
3. Aliyev R.A. Fuzzy Logic and Intelligent Systems in Education.–Springer,2018.– 320 p.
4. Vassileva J. Private and shared spaces in multi-agent learning environments // International Journal of Artificial Intelligence in Education. – 2014. – Vol. 24, No. 1. – P. 45-63.
5. Jennings N.R. On agent-based software engineering // Artificial Intelligence. – 2000. – Vol. 117, No. 2. – P. 277-296.
6. Bellman R. Dynamic Programming. – Princeton University Press, 1957. – 340 p.
7. Olimov Q. T. Masofaviy ta'limda intellektual tizimlar arxitekturasini // O'zbekiston oliy ta'limi jurnali. – Toshkent, 2022. – №3. – B. 15-22.
8. Karimov A.A. Ko'p agentli tizimlarda qaror qabul qilishning matematik modellari // Axborot texnologiyalari va tizimlari muammolari. – Toshkent, 2023. – №1. – B. 45-52.