

**TURLI MANBALI AXBOROTLARNI BIRLASHTIRISH ASOSIDA
ANIQLANGAN TIZIM HOLATINI BOSHQARISHNING MATEMATIK
MODELLARI VA ALGORITMLARI XALQARO TADQIQOTLAR TAHLILI**

E.Babadjanov

V.A.Namozov

U.P.Jumaniyazova

1 Nukus davlat texnika universiteti Kiberxavfsizlik injiniringi kafedrası mudir, Dsc

*2 Tibbiyot va farmatsevtika xodimlari malakasini oshirish va ularni ixtisoslashtirish
respublika markazi Samarqand filiali direktorining o‘quv ishlari bo‘yicha o‘rinbosari*

3 Nukus davlat texnika universiteti Kiberxavfsizlik injiniringi kafedrası assistenti

Annotatsiya: *Malaka oshirish va kasbiy rivojlanish jarayonlarining raqamlashtirilishi natijasida tinglovchiga tegishli baholash axboroti bir nechta mustaqil manbada - test natijalarida, amaliy topshiriqlarda, o‘zini-o‘zi baholash shakllarida, ekspert xulosalarida - parchalangan holda to‘planadi. Ushbu axborotni yagona, vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchan tizim holatiga keltirish va shu holat asosida boshqaruvchi ta‘sirni shakllantirish masalasi boshqaruv nazariyasi nuqtai nazaridan hali yetarli formal yechimga ega emas. Maqolada mazkur muammoning turli jihatlarini yoritgan yettita xalqaro tadqiqot - tizim holatini boshqarish nazariyasining uch bosqichli sxemasi mezonida batafsil tahlil qilingan.*

Abstract: *The digitalization of continuing professional education and professional development processes results in a trainee's relevant assessment information being collected in a fragmented form across several independent sources — test results, practical assignments, self-assessment forms, and expert evaluations. The problem of consolidating this information into a single, time-varying system state and generating a control action on the basis of that state still lacks a sufficient formal solution from the standpoint of control theory. This paper presents a detailed analysis of seven international studies addressing various aspects of this problem, examined against the three-stage scheme of system state management theory.*

Kalit so‘zlar: *tizim holatini boshqarish, ma‘lumotlarni birlashtirish, holatni baholash algoritmlari, matematik model, o‘quv kurslari, boshqaruv konturi, o‘quv analitikasi.*

Keywords: *system state management, data fusion, state-estimation algorithms, mathematical modeling, educational courses, control loop, learning analytics.*

Murakkab tizimlarni boshqarish nazariyasida har qanday boshqaruv jarayoni holatni baholash, maqsadli holat bilan taqqoslash va boshqaruvchi ta‘sirini shakllantirish asosida quriladi. Ta‘lim va malaka oshirish tizimlari, texnik tizimlardan farqli o‘laroq, holatni to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘lchab bo‘lmaydigan, balki turli manbalardan - test natijalari, amaliy topshiriqlar, o‘zini-o‘zi baholash, ekspert bahosi va boshqa ko‘rinishdagi axborotlar orqali

baholanadigan dinamik obyekt sifatida namoyon bo‘ladi. Shu sababli ta‘lim tizimining joriy holatini aniq va ishonchli tarzda baholash masalasi nafaqat pedagogik, balki boshqaruv nazariyasi va matematik modellashtirish nuqtai nazaridan ham dolzarb ilmiy-texnik muammo hisoblanadi.

Ushbu yo‘nalishlarning har biri boshqaruv nazariyasi nuqtai nazaridan holatni baholashni, ma‘lumotlarni birlashtirishni va vaqt bo‘yicha kuzatishni qamrab oladi. Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, turli manbali baholash axborotlarini birlashtirish natijasida olingan holat bahosini etalon holat bilan taqqoslovchi va shu asosda boshqaruvchi ta‘sirni formal matematik tarzda shakllantiruvchi yaxlit model hanuzgacha ishlab chiqilmagan. Aynan shu bo‘shliq - turli manbali axborotlarni birlashtirish asosida aniqlangan tizim holatini boshqarishning matematik modeli va algoritmlarini yaratish zarurati mazkur tadqiqotning ilmiy muammosini tashkil etadi.

Tadqiqot predmeti sifatida tizim holatini boshqarish muammosiga turlicha yondashgan yettita xalqaro ilmiy ish tanlab olindi. Tanlash ikki mezoniga asoslangan bo‘lib birinchidan, ish holatni baholash, ma‘lumotlarni birlashtirish, semantik modellashtirish yoki vaqt bo‘yicha kuzatish jarayonlaridan kamida bittasini formal yoki empirik darajada yoritishi, ikkinchidan, natijalar retsenzentlik tartibidagi xalqaro nashrda, DOI identifikatori bilan chop etilgan bo‘lishi kerak edi. Tanlangan ishlardan ikkitasi - Ifenthaler va Yau [1] hamda Mu, Cui va Huang [2] - tizimli adabiyotlar sharhi xarakteriga ega bo‘lib, mos ravishda 6220 va 346 ta birlamchi manbani qamragan. Qolgan beshta ish esa Holmboe va hammualliflar [5] - uchta tibbiy mutaxassislik bo‘yicha jami 12061 nafar rezident ishtirokidagi longitudinal empirik tadqiqoti, Leibur va Saks [6] - TAPP raqamli ilovasi misolida amaliy tizim tahlili, Velandia [4] - Lancaster universitetidagi doktorlik tadqiqotining nazariy modellashtirish va Miranda va hammualliflar [3], Alibekkyzy va hammualliflar [7] - OWL 2 DL va SPARQL asosidagi formal ontologik dizayn shaklida bajarilgan.

Tanlangan manbalar kontent-tahlil usuli yordamida, boshqaruv nazariyasida qabul qilingan uch bosqichli sxema - holatni baholash, maqsadli holat bilan taqqoslash va boshqaruvchi ta‘sirni shakllantirish - mezonida qayta ko‘rib chiqildi. Har bir ish bo‘yicha **tadqiqot predmeti, qo‘llanilgan matematik yoki algoritmik apparat, namuna hajmi va erishilgan asosiy miqdoriy natija** parametrlar alohida qayd etiladi. Olingan ma‘lumotlar asosida, bir tomondan, mavjud yondashuvlarda axborot zanjirining qanday ifodalanganini umumlashtiruvchi sxema (1-rasm), ikkinchi tomondan esa tadqiqotlarning boshqaruv bosqichlari bo‘yicha funksional qamrovini aks ettiruvchi qiyosiy jadval (2-rasm) tuzildi.

Mavjud ilmiy yondashuvlarda axborot zanjirining ifodalanishi



Har bir bosqich uchun alohida ilmiy asos mavjud, biroq zanjir yagona model doirasida yopiq emas

1-rasm. Mavjud ilmiy yondashuvlarda axborot zanjirining ifodalanishi (muallif tomonidan tuzildi).

Nomi atalgan yettita tadqiqotni bir xil mezon - boshqaruv konturining uch bosqichi - bo'yicha yonma-yon qo'yilganda, ularning har biri qaysi axborot vazifasini qay darajada hal qilishi aniqroq ko'rinadi (2-rasm). Ayni paytda “boshqaruvchi ta'sir” ustuni, ya'ni baholangan holat asosida tizimli, formal qoidaga asoslangan harakatni shakllantirish bosqichi, deyarli bo'sh qolgan.

Tadqiqotlarning boshqaruv bosqichlari bo'yicha funksional qamrovi

	Ma'lumot yig'ish	Birlashtirish	Semantik bog'lash	Holatni baholash	Vaqt bo'yicha kuzatish	Boshqaruvchi ta'sir
Ifenthaler, Yau [1]	to'liq			to'liq		
Mu, Cui, Huang [2]	to'liq	to'liq		qisman		
Miranda va h. [3]	qisman		to'liq			
Velandia [4]	to'liq	qisman		qisman	qisman	
Holmboe va h. [5]	to'liq			qisman	to'liq	
Leibur, Saks [6]	to'liq	qisman		qisman	qisman	qisman
Alibekkyzy va h. [7]	qisman		to'liq			

2-rasm. Tadqiqotlarning boshqaruv bosqichlari bo'yicha funksional qamrovi (muallif tomonidan tuzildi).

Tahlil natijasi muammoning har bir alohida bo'g'ini – ma'lumot yig'ish, birlashtirish, semantik bog'lash, baholash va vaqt bo'yicha kuzatish - bo'yicha yetarlicha ishonchli ilmiy yechim mavjudligini ko'rsatadi. Qoyilayotgan masala mavjud vositalarning yana bir variantini yaratish emas, balki aynan shu alohida natijalarni - F (baholash), birlashtirish mexanizmlari va G (boshqaruvchi ta'sir) funksiyalari ko'rinishida - yagona axborotiy-analitik tuzilma doirasida birlashtirishdir.

Tahlil natijalariga asoslanib, tizim holatini boshqarishning yopiq konturi quyidagicha shakllantiriladi (3-rasm). Har bir o'quvchi/tinglovchi bo'yicha t vaqt nuqtasida turli manbalardan olingan baholash axborotlari to'plami quyidagicha belgilanadi:

$$X(t) = \{x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t)\}(1)$$

bu yerda $x_i(t)$ - t vaqtda shakllangan i -chi baholash manbasining qiymati (test natijasi, amaliy topshiriq, ekspert bahosi va h.k.). Ma’lumotlarni birlashtirish [2] va semantik bog‘lash [3, 7] bosqichlari natijasida birlashtirilgan axborot tuzilmasi hosil qilinadi:

$$A(t) = \{X(t), C(t), Q(t), R(t)\} \quad (2)$$

bu yerda $C(t)$ - kompetensiyalar tuzilmasi, $Q(t)$ - sifat/ishonchlilik ko‘rsatkichlari, $R(t)$ – ma’lumotlar o‘rtasidagi semantik munosabatlar. Holatni baholash funksiyasi [1, 4] quyidagicha ifodalanadi:

$$S(t) = F(A(t)) \quad (3)$$

Taqqoslash bosqichida joriy holat $S(t)$ etalon holat S^* bilan solishtirilib, xato kattaligi aniqlanadi:

$$e(t) = S^* - S(t) \quad (4)$$

Boshqaruvchi ta’sir - masalan, o‘quv traektoriyasini moslashtirish, qo‘shimcha topshiriq tayinlash yoki qayta baholashni tavsiya etish - quyidagi umumiy ko‘rinishda hisoblanadi; aynan shu funksiya mavjud tadqiqotlarda [6] faqat amaliy-intuitiv darajada, formal qoidasiz uchraydi:

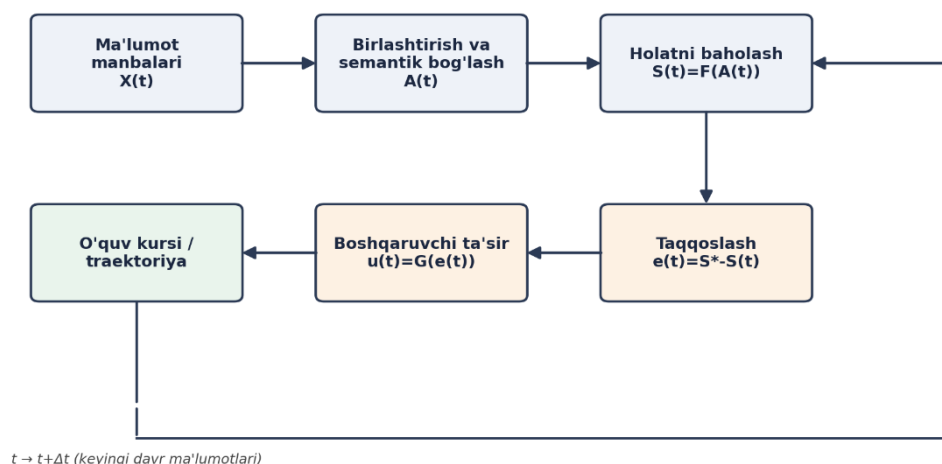
$$u(t) = G(e(t)) \quad (5)$$

Nihoyat, holatning vaqt bo‘yicha dinamikasi [5] va unga ta’sir etuvchi omillar [4] hisobga olingan holda, keyingi davrdagi holat quyidagi rekurrent munosabat orqali bashorat qilinadi:

$$S(t + \Delta t) = \Phi(S(t), u(t), \Omega(t)) \quad (6)$$

bu yerda $\Omega(t)$ - t davrida ta’sir etgan ichki va tashqi omillar vektori [4], Φ - holat o‘tish funksiyasi. F , G va Φ funksiyalarining aniq ko‘rinishi (regressiya, ontologik qoidalar yoki gibril model shaklida) keyingi tadqiqot bosqichida o‘quv kurslari ma’lumotlari asosida identifikatsiya qilinishi ko‘zda tutiladi.

Taklif etilayotgan yopiq boshqaruv konturi (konseptual sxema)



3-rasm. Taklif etilayotgan yopiq boshqaruv konturining konseptual sxemasi (muallif tomonidan tuzildi).

Olingan natijalarni boshqaruv konturi (baholash → taqqoslash → taʼsir) nuqtai nazaridan joylashtirsak, mavjud tadqiqotlarning barchasi konturning faqat bitta yoki ikkita boʻgʻinini qamrab olgani koʻrinadi. Oʻtkazilgan tahlil shuni koʻrsatadiki, turli manbali baholash axborotlarini birlashtirish asosida taʼlim tizimi holatini boshqarish masalasi xalqaro ilmiy adabiyotda hali formal matematik yechimga ega emas. Mavjud yettita tadqiqot bu masalaning zarur, ammo yetarli boʻlmagan tarkibiy qismlarini - statistik baholash [1], maʼlumotlarni birlashtirish [2], semantik ifodalash [3, 7], koʻp omilli tasvirlash [4], vaqt boʻyicha kuzatish [5] va amaliy taʼsir namunasi [6] - alohida-alohida taʼminlagan. Ularning hech biri bu bosqichlarni yagona, formal matematik boshqaruv konturiga birlashtirmagan. Shu asosda keyingi tadqiqot yoʻnalishi sifatida oʻquv kurslari misolida turli manbali axborotlarni birlashtirish orqali tizim holatini aniqlovchi va shu holatni maqsadli koʻrsatkichlar bilan taqqoslab boshqaruvchi taʼsirni shakllantiruvchi, (1)–(6) formulalarida ifodalangan matematik model hamda unga mos hisoblash algoritmlarini ishlab chiqish zarurati asoslanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Ifenthaler D., Yau J.Y.-K. Utilising learning analytics to support study success in higher education: a systematic review // Educational Technology Research and Development. 2020. Vol. 68. P. 1961–1990. DOI: 10.1007/s11423-020-09788-z.
2. Mu S., Cui M., Huang X. Multimodal Data Fusion in Learning Analytics: A Systematic Review // Sensors. 2020. Vol. 20, No. 23. Art. 6856. DOI: 10.3390/s20236856.
3. Miranda S., Orciuoli F., Loia V., Sampson D.G. An ontology-based model for competence management // Data & Knowledge Engineering. 2017. Vol. 107. P. 51–66. DOI: 10.1016/j.datak.2016.12.001.
4. Velandia J. A Learning Analytics Model for Measuring and Evaluating the Impact of Training Programmes in Organisations. PhD Thesis. Lancaster University, 2023. 199 p. DOI: 10.17635/lancaster/thesis/2134.
5. Holmboe E.S., Yamazaki K., Nasca T.J., Hamstra S.J. Using Longitudinal Milestones Data and Learning Analytics to Facilitate the Professional Development of Residents // Academic Medicine. 2020. Vol. 95, No. 1. P. 97–103. DOI: 10.1097/ACM.0000000000002899.
6. Leibur T., Saks K. Leveraging learning analytics to support teachers’ professional development: insights from a digital application // Frontiers in Education. 2025. Vol. 10. Art. 1639217. DOI: 10.3389/feduc.2025.1639217.

7. Alibekkyzy K., Bazarova M., Sadakbayeva A., Zhomartkyzy G. An OWL-based ontology for semantic competency mapping and explainable assessment in digital STEM teacher professional development systems // *Frontiers in Computer Science*. 2026. Vol. 8. Art. 1848519. DOI: 10.3389/fcomp.2026.1848519.