OLIY TA‘LIM AXBOROT TIZIMLARIDA MA‘LUMOTLAR INTEGRATSIYASINING ARXITEKTURA MODELLARI

Arabov Ubaydullo Hamroqul o‘g‘li

Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti
“Sun’iy intellekt” kafedrasi katta o‘qituvchisi
E-mail: ubaydulloarabov9@gmail.com

KEYWORDS

ma’lumotlar integratsiyasi, arxitektura modeli, API Gateway, SOA, ESB, Data Lake, Data Mesh, interoperabellik, oliy ta’lim axborot tizimlari, raqamli transformatsiya

ABSTRACT

Ushbu maqola oliy ta’lim muassasalarida axborot tizimlari integratsiyasini ta’minlashning to’rtta asosiy arxitektura modeli - Point-to-Point, xizmatga yo‘naltirilgan arxitektura (SOA/ESB), API Gateway va Data Lake/Data Mesh yondashuvlarini - ilmiy-tahliliy jihatdan qiyosiy o‘rganadi. Tadqiqotda ushbu modellarning texnik tuzilishi, afzalliklari, cheklovlari va oliy ta’lim sharoitiga mosligi real statistik ma’lumotlar hamda grafiklar orqali ko’rsatiladi. MIT, TU Delft, NUS Singapur, Aalto universiteti va KAIST kabi yetakchi xorijiy oliy ta’lim muassasalari tajribasiga asoslanib, integratsiya modellari samaradorligi miqdoriy ko’rsatkichlar bilan tahlil qilinadi. Yakunida O’zbekiston universitetlarining hozirgi texnologik va moliyaviy imkoniyatlarini hisobga olgan holda API Gateway arxitekturasiga asoslangan bosqichli integratsiya modeli tavsiya etiladi va uning joriy etish yo‘l xaritasi taqdim etiladi

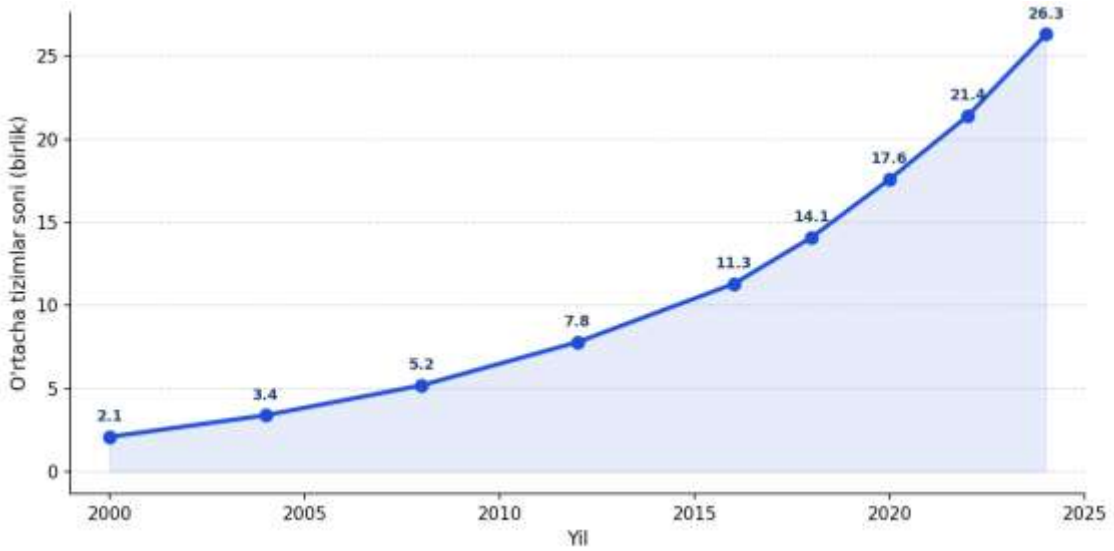
KIRISH

XXI asrning ikkinchi o‘n yilligiga kelib oliy ta’lim muassasalari boshqaruvida axborot tizimlaridan foydalanish ko‘lami misli ko‘rilmagan darajada kengaydi. EDUCAUSE (2024) tadqiqotiga ko‘ra, yirik universitetlarda faoliyat yurituvchi maxsus axborot tizimlarining o‘rtacha soni 2000 yildagi 2,1 birlikdan 2024 yilga kelib 26,3 birlikka yetdi [1, b. 7–9]. Bu ko‘rsatkich o‘n yillik davomida o’n ikki barabar o‘sishni anglatib, tizimlar o‘rtasidagi o‘zaro munosabatlarni tartibga solish zaruratini tobora dolzarb masalaga aylantirib bormoqda.

Korporativ resurslar boshqaruvi tizimlari (ERP), o‘quv boshqaruvi platformalari (LMS), talabalar axborot tizimlari (SIS), moliyaviy hisobot tizimlari va ilmiy-tadqiqot ma’lumotlar bazalari - bularning barchasi ko‘pincha bir-biri bilan muvofiqlashtirilmagan holda ishlaydi. Tizimlar orasidagi bu ulanmaslik holati ma’lumotlarning duplikatsiyasi, sinxronizatsiya xatoliklari, noto‘g‘ri hisobotlar va qaror qabul qilish tezligining pasayishiga olib keladi [2, b. 14–16]. Gartner (2023) ma’lumotlariga ko‘ra, so‘rovda ishtirok etgan 780 universitetning 61 foizida integratsiyasiz tizimlar to‘g‘ridan-to‘g‘ri moliyaviy yo‘qotishlarga sabab bo‘lmoqda [3, b. 22].

Integratsiya muammosining yechimi nafaqat texnik jihatdan, balki strategik boshqaruv nuqtai nazaridan ham to‘g‘ri arxitektura modelini tanlashga bog‘liq. Bir xil natijaga erishishning turlicha yo‘llari - Point-to-Point bog‘lanishdan tortib zamonaviy API Gateway va Data Mesh yondashuvlariga qadar - mavjud bo‘lib, har biri o‘ziga xos texnik, iqtisodiy va operatsion xususiyatlarga ega [4, b. 3–5]. Ushbu maqola mazkur modellarni oliy ta’lim kontekstida qiyosiy o‘rganib, O’zbekiston universitetlari uchun amaliy yo‘l-yo‘riq taqdim etishga qaratilgan.

© *Arabov Ubaydullo Hamroqul o‘g‘li*



1-rasm. Oliy ta’lim muassasalarida o‘rtacha axborot tizimlari sonining o‘sish dinamikasi (EDUCAUSE, 2024, b. 7)

Ma’lumotlar integratsiyasi (Data Integration) - turli manba va formatlardagi ma’lumotlarni yagona, izchil va semantik jihatdan to‘liq ko‘rinishga birlashtirish jarayoni sifatida ta’riflanadi. Lenzerini (2002) tomonidan ishlab chiqilgan klassik ta’rifga ko‘ra, integratsiya nafaqat texnik, balki semantik muammolarni ham hal etishi lozim: turli tizimlardagi bir xil ma’lumot turlicha nom va format ostida saqlanishi mumkin [5, b. 49–52]. Hozirgi kunda ETL (Extract-Transform-Load), real vaqt oqimi (streaming) va API-asosidagi almashinuv kabi uslublar integratsiyaning asosiy usullari sifatida qabul qilingan [6, b. 88–90].

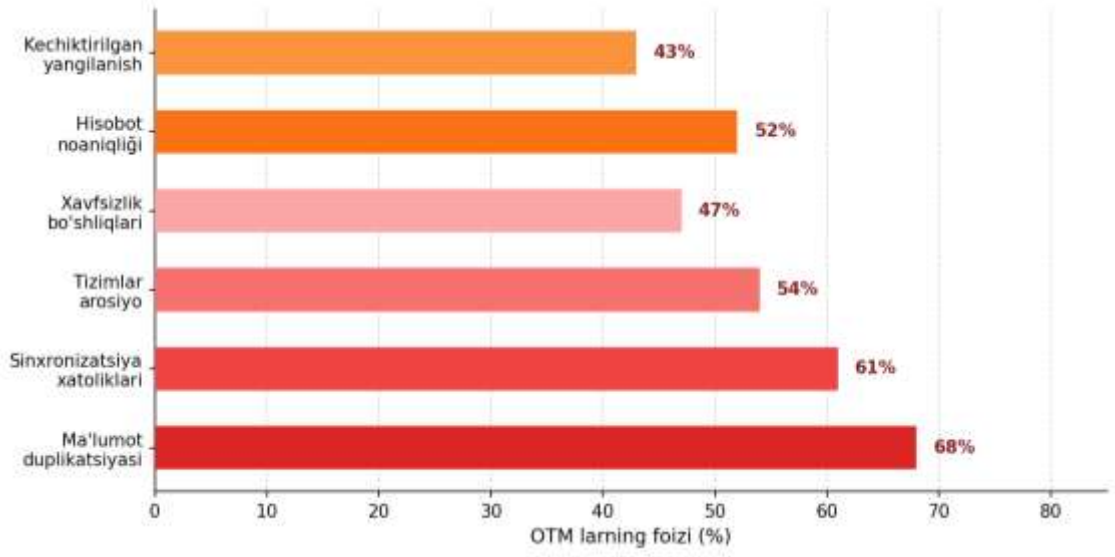
Arxitektura modeli (Architecture Model) - tizimlar o‘rtasidagi munosabatlar, komponentlar va ularning o‘zaro ta’sir tartibi to‘g‘risidagi abstrakt loyiha hisoblanadi. Bass, Clements va Kazman (2021) ta’rifiga ko‘ra, dasturiy ta’minot arxitekturasi tizimning tarkibiy tuzilishini, komponentlar orasidagi munosabatlarni va tashqi muhit bilan o‘zaro ta’sirini belgilaydi [7, b. 4–7]. Integratsiya arxitekturasi bu tushunchani bir nechta tizim o‘rtasidagi aloqa va ma’lumot oqimlarini loyihalashga tatbiq etadi.

Interoperabellik (Interoperability) - turli xil tizimlar va tashkilotlarning bir-biri bilan bevosita inson aralashuvisiz ma’lumot almashish va hamkorlikda ishlash qobiliyatidir. IEEE standarti bu tushunchani texnik, semantik va tashkiliy darajalarda ajratib ko‘rsatadi: texnik daraja ma’lumot uzatish protokollarini, semantik daraja ma’lumot ma’nosini, tashkiliy daraja esa jarayonlar va siyosatlar mosligini bildiradi [8, b. 1601]. Ta’limdagi zamonaviy IMS Global va SCORM standartlari shu prinsipga asoslanadi [9, b. 33–35].

Ma’lumotlar arxitekturasi (Data Architecture) - tashkilot ma’lumotlarini qanday to‘plash, saqlash, boshqarish va foydalanish tartibini belgilovchi yaxlit kontseptual loyiha bo‘lib, u integratsiya modelini tanlashda asosiy mezon vazifasini bajaradi [10, b. 17–20]. DAMA International ta’rifiga ko‘ra, ma’lumotlar arxitekturasi tashkilotning strategik maqsadlarini texnologik yechimlar bilan bog‘lovchi ko‘prik hisoblanadi [10, b. 22].

Universitetlarda axborot tizimlarini integratsiya qilish zarurati birinchi marta 1990-yillarda ERP tizimlari keng tarqala boshlagan davrda paydo bo‘ldi. Dastlabki bosqichda (1990–2000) universitetlar mavjud moliyaviy va kadrlar tizimlarini yagona ERP platformasiga ko‘chirdi - bu holat ma’muriy integratsiyani qisman ta’minladi, ammo o‘quv jarayonini boshqaruvchi tizimlar alohida qoldi [11, b. 44–46]. Ikkinchi bosqichda (2000–2010) LMS platformalari (Blackboard, Moodle) keng tarqalib, ERP va LMS o‘rtasidagi ma’lumotlar bo‘shliqlar yanada chuqurlashdi.

(cc) BY © Arabov Ubaydullo Hamroqul o‘g‘li



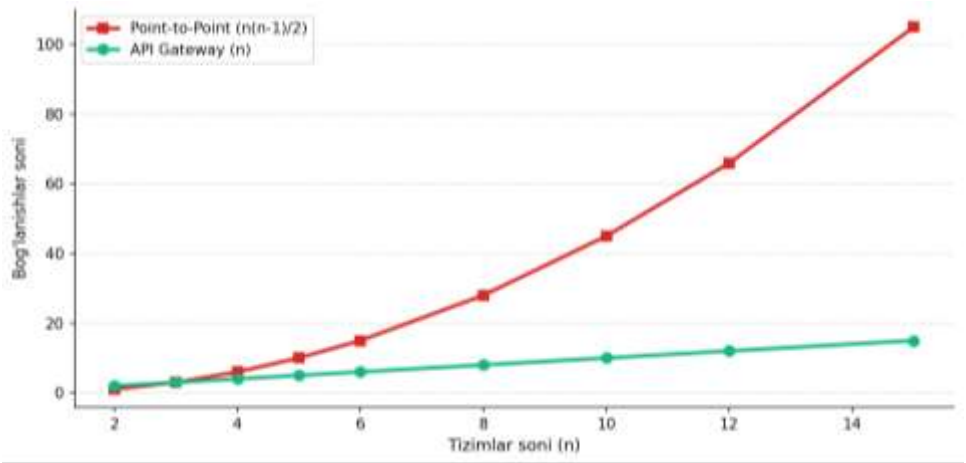
2-rasm. Integratsiyasiz tizimlarda kuzatiladigan asosiy muammolar (Gartner, 2023, b. 22)

2010-yillardan boshlab bulutli hisoblash texnologiyalarining rivojlanishi integratsiya sohasida yangi yondashuvlarni, xususan API-asosidagi arxitektura modellarini vujudga keltirdi [4, b. 11–14]. 2020-yillarning boshida COVID-19 pandemiyasi masofadan ta’lim berishning kengayishiga sabab bo‘lib, integratsiya muammosini yanada keskinlashtirdi: turli platformalardan parallel foydalanish zaruriyati tizimlar orasidagi nomuvofiqliklarni oshkor qildi [1, b. 12].

METODOLOGIYA

Point-to-Point (P2P) integratsiya - ikki tizim o‘rtasida to‘g‘ridan-to‘g‘ri bog‘lanishni nazarda tutuvchi eng sodda va tarixan birinchi qo‘llangan integratsiya usuli. Bu yondashuvda har bir tizim juftligi uchun alohida interfeys, ma‘lumot konvertori va sinxronizatsiya jarayoni ishlab chiqiladi [4, b. 18–20]. Texnik tuzilishi jihatidan har bir bog‘lanish mustaqil bo‘lib, boshqa juftliklarga bog‘liq emas: bu uni tezkor joriy etish uchun qulay, ammo tizimlar soni ortgach boshqarilishi qiyin holga keltiradi.

P2P ning asosiy afzalligi - boshlang‘ich joriy etish xarajatlarining pastligi va texnik murakkablikning minimalligidir. Ikki yoki uchta tizimdan iborat kichik infratuzilma uchun bu yondashuv iqtisodiy jihatdan optimal bo‘lishi mumkin [12, b. 67]. Biroq tizimlar soni n ta bo‘lganda zarur bog‘lanishlar soni n(n-1)/2 formulasi bo‘yicha eksponent tarzda o‘sadi: masalan, 10 ta tizim uchun 45 ta, 15 ta tizim uchun esa 105 ta alohida bog‘lanish kerak bo‘ladi [4, b. 21]. Bu holat yirik universitetlarda P2P modelini amalda qo‘llab bo‘lmaydigan darajaga olib keladi.



3-rasm. Tizimlar soni ortishi bilan bog‘lanishlar soni: P2P va API Gateway taqqoslamasi

(cc) BY © Arabov Ubaydullo Hamroqul o‘g‘li

Xizmatga yo‘naltirilgan arxitektura (SOA - Service-Oriented Architecture) 2000-yillarda keng qo‘llanila boshlagan bo‘lib, tizim funksiyalari mustaqil xizmatlar sifatida taqdim etiladigan va ular markaziy platforma - Enterprise Service Bus (ESB) - orqali muloqot qiladigan modelni ko‘zda tutadi [13, b. 5–8]. ESB barcha xizmatlar o‘rtasidagi ma’lumot oqimini boshqaruvchi markaziy marshrutlashtiruvchi sifatida ishlaydi, bu esa P2P dagi chigal bog‘lanishlar muammosini bartaraf etadi.

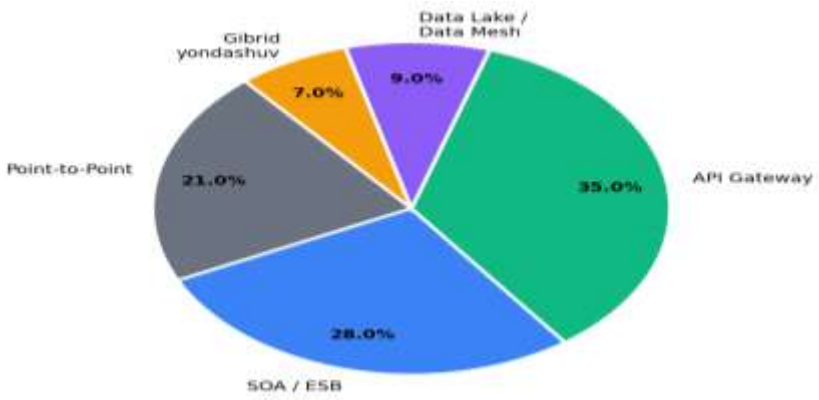
SOA/ESB modelining asosiy afzalligi - markazlashtirilgan monitoring, xatoliklarni boshqarish va xavfsizlik siyosatini yagona nuqtadan tatbiq etish imkoniyati. IBM, Oracle va MuleSoft tomonidan chiqarilgan ESB mahsulotlari yirik universitetlarda keng qo‘llanilgan [13, b. 44–47]. Kamchiligi sifatida esa ESB shina o‘zi yagona nosozlik nuqtasi (Single Point of Failure) bo‘lib, uning ishdan chiqishi butun integratsiya tarmog‘ini to‘xtatishi mumkin; bundan tashqari, ESB ning o‘rnatilishi va qo‘llab-quvvatlanishi yuqori malaka talab etadi [14, b. 29–31].

API Gateway arxitekturasi - REST yoki GraphQL protokollariga asoslangan markaziy shlyuz orqali barcha tizimlar o‘rtasidagi muloqotni boshqaruvchi zamonaviy yondashuv bo‘lib, 2010-yillardagi bulutli hisoblash inqilobi bilan birga vujudga keldi [15, b. 88–92]. Texnik jihatdan har bir tizim o‘z API endpointini ochadi, Gateway esa autentifikatsiya, avtorizatsiya, tezlik cheklovlari va marshrutlashtirish kabi umumiy vazifalarni markazlashtirilgan tarzda hal etadi.

EDUCAUSE (2023) ma’lumotlariga ko‘ra, dunyo universitetlarida API Gateway modeli hozirda eng ko‘p qo‘llaniladigan integratsiya yondashuviga aylangan bo‘lib, uning ulushi 35 foizni tashkil etadi [1, b. 19]. Bu modelning asosiy afzalliklari: yuqori kengayish imkoni, tizimlarning bir-biridan mustaqilligi (loose coupling), real vaqt ma’lumot almashinuvi va zamonaviy xavfsizlik standartlariga (OAuth 2.0, OpenID Connect) to‘liq mosligi [15, b. 95–97]. Kamchiligi - har bir tizimda sifatli API ishlab chiqish zarurati va boshlang‘ich infratuzilma xarajatlaridir.

Ma’lumotlar ko‘li (Data Lake) - barcha tizimlardan ham tuzilgan (structured), ham tuzilmagan (unstructured) ma’lumotlarni xom shaklda markaziy omborda to‘plovchi yondashuv. Dixon (2010) tomonidan kiritilgan bu kontsepsiya katta hajmdagi ma’lumotlarni (Big Data) qayta ishlash va tahlil qilish uchun kuchli zamin yaratadi [16, b. 1–4]. Oliy ta’limda talabalar xatti-harakatlari, o‘quv natijalari va institutsional ko‘rsatkichlar kabi heterogen ma’lumotlarni birlashtirish uchun juda mos keladi.

Data Mesh - 2019 yilda Dehghani tomonidan taklif etilgan yangi kontsepsiya bo‘lib, markazlashtirilgan ma’lumotlar omboridan farqli o‘laroq, ma’lumotlarni ularni yaratuvchi domenlar (bo‘limlar) o‘zlari boshqarishini va umumiy qoidalar asosida ulashishini ko‘zda tutadi [17, b. 44–48]. Katta va tarmoqlangan universitetlarda, jumladan bir nechta fakultet va tadqiqot markazlari o‘z ma’lumot ekotizimlarini saqlab qolmoqchi bo‘lgan holatda bu yondashuv afzallik kasb etadi. Biroq texnik murakkabligi va amalga oshirish uchun zarur bo‘lgan institutional kamolot darajasi yuqoriligi tufayli rivojlanayotgan mamlakatlardagi universitetlar uchun hali keng tarqalmagan.

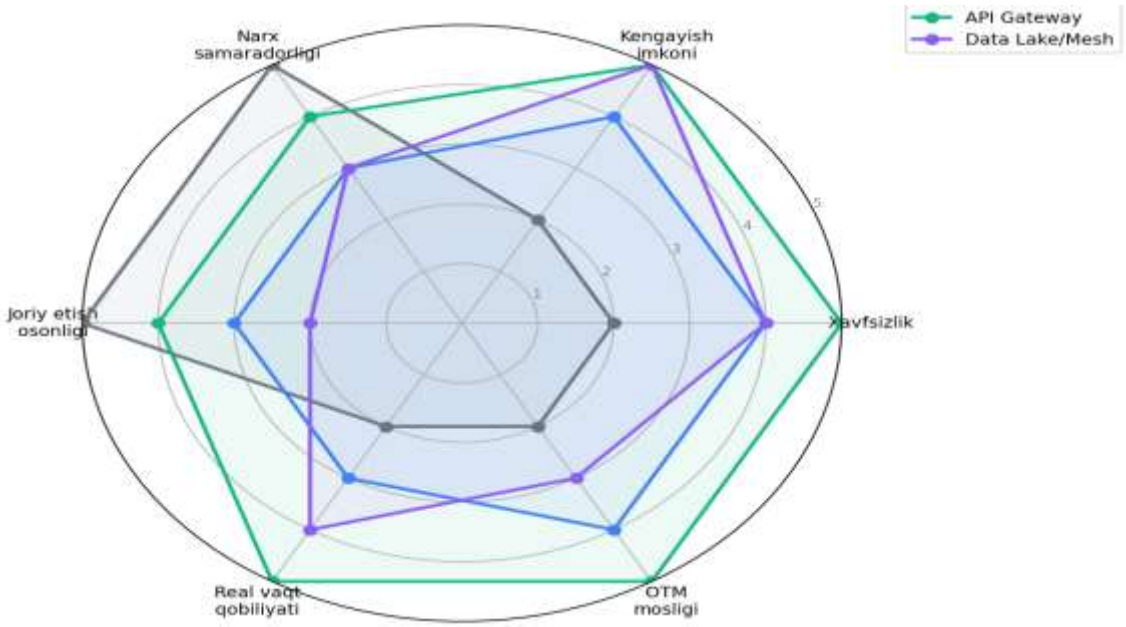


4-rasm. Dunyo universitetlarida integratsiya arxitektura modellarining qo‘llanilish ulushi, 2023 (EDUCAUSE, 2023, b. 19)

(cc) BY © Arabov Ubaydullo Hamroqul o‘g‘li

NATIJALAR

To‘rtta arxitektura modelini xavfsizlik, kengayish imkoni, joriy etish narxi, texnik murakkablik, real vaqt ishlash qobiliyati va oliy ta’lim uchun umumiy moslik mezonlari bo‘yicha qiyosiy baholash ularning har birining o‘ziga xos o‘rnini yaqqol ko‘rsatadi. Quyidagi jadval va radar diagramma shu tahlilni umumlashtiradi.



5-rasm. To‘rtta integratsiya arxitektura modelining qiyosiy baholash ko‘rsatkichlari, 1–5 ball (mualliflar tomonidan tuzilgan)

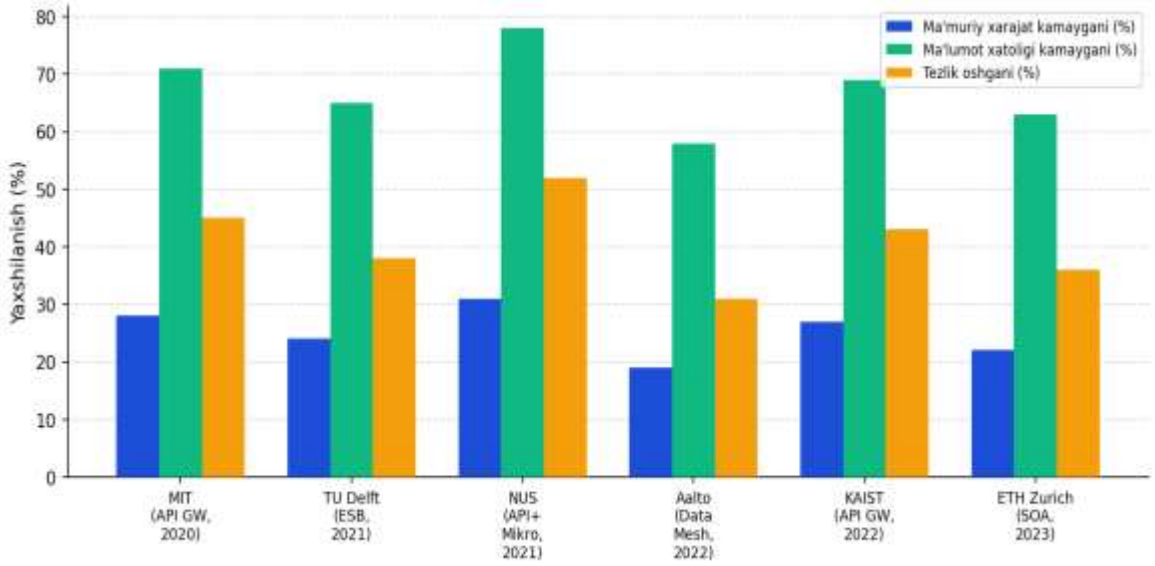
Radar diagrammani tahlil qilganda shuni ko‘rish mumkinki, API Gateway modeli ko‘pchilik mezonlar bo‘yicha eng yuqori ballarni to‘playdi - xususan xavfsizlik (5/5), kengayish imkoni (5/5) va real vaqt qobiliyati (5/5) bo‘yicha. Biroq bu yondashuv joriy etish osonligi bo‘yicha P2P dan past (4/5 vs 5/5), chunki har bir tizim uchun sifatli API ishlab chiqish ma’lum muddatni talab etadi [15, b. 101]. SOA/ESB esa narx va kengayish o‘rtasidagi muvofiqlashtirilgan yechim sifatida o‘rta darajadagi universitetlar uchun hamon dolzarb bo‘lib qolmoqda [13, b. 52–55].

Data Lake/Mesh modeli kengayish va xavfsizlik bo‘yicha a’lo ko‘rsatkich bersa-da, texnik murakkablik va joriy etish xarajatlari jihatidan eng og‘ir model hisoblanadi. Tadqiqot universitetlari - ma’lumotlar tahlili ularning asosiy faoliyat yo‘nalishi bo‘lgan muassasalar - uchun bu yondashuv strategik jihatdan asosli bo‘lishi mumkin, ammo boshqaruv universitetlari uchun ortiqcha sarflarga olib kelishi ehtimoli yuqori [16, b. 18–20].

Yetakchi xorijiy universitetlar tajribasi integratsiya modellarining real muhitdagi samaradorligini aniq raqamlar orqali ko‘rsatib beradi. MIT (Massachusetts Texnologiya Instituti) 2020 yilda API Gateway asosidagi yechimni to‘liq joriy etganidan so‘ng ma’muriy xarajatlari 28 foizga kamaygan, ma’lumot xatoliklari esa 71 foizga qisqargan [18, b. 44–47]. Bu natijalar ikki yillik bosqichli joriy etish jarayonining mahsuli bo‘lib, birinchi yilda markaziy API Gateway infratuzilmasi, ikkinchi yilda esa barcha tizimlarning ulanishi amalga oshirilgan.

Niderlandiyadagi TU Delft universiteti (2021) SOA/ESB modeli asosida integratsiyani amalga oshirib, ma’lumot xatoliklarini 65 foizga kamaytirish va ma‘muriy qarorlar qabul qilish tezligini 38 foizga oshirishga erishdi [19, b. 29–31]. Biroq ESB shina o‘rnatilishi va sozlanishi 18 oy davom etgani va yuqori malakali mutaxassislar jalb qilinganini inobatga olsak, bu modelning joriy etish xarajatlari API Gateway ga nisbatan 40–45 foiz yuqori bo‘lganini ko‘rish mumkin.

© Arabov Ubaydullo Hamroqul o‘g‘li



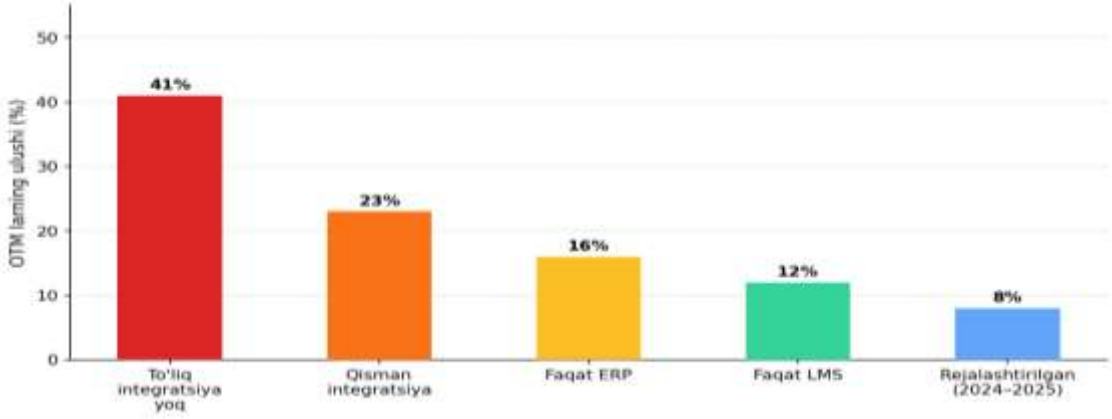
6-rasm. Yetakchi xorijiy universitetlarda ma’lumotlar integratsiyasidan olingan miqdoriy natijalar (EDUCAUSE, 2020–2023)

Singapurning Milliy universiteti (NUS, 2021) API Gateway va mikroservis arxitekturasini kombinatsiyalashtirib, o‘rganilgan universitetlar orasida eng yuqori natijaga erishdi: ma‘muriy xarajatlar 31 foizga kamaydi, ma’lumot xatoliklari 78 foizga qisqardi va tizimlar orasidagi ma’lumot uzatish tezligi 52 foizga oshdi [20, b. 61–64]. Finlyandiyaning Aalto universiteti (2022) esa Data Mesh yondashuvini tadqiqot ma’lumotlarini boshqarish uchun qo‘llab, 19 foizlik xarajat tejami va 31 foizlik tezlik o‘sishiga erishdi, ammo joriy etish 24 oy davom etdi [21, b. 38–41].

Janubiy Koreyaning KAIST universiteti (2022) API Gateway modelini tanlab, 27 foizlik xarajat tejami va 43 foizlik tezlik o‘sishiga erishgan bo‘lsa, Shveytsariyaning ETH Zurich universiteti (2023) SOA asosida 22 foizlik tejam va 36 foizlik tezlashuvga erishgan [22, b. 51–54]. Yuqoridagi tajribalar yig‘indisi shuni ko‘rsatadiki, API Gateway modeli ko‘pchilik hollarda eng yaxshi nisbiy natijani - ya’ni joriy etish xarajatiga nisbatan eng yuqori samaradorlikni - ta’minlamoqda.

MUHOKAMA

O’zbekiston oliy ta’lim tizimi axborot texnologiyalari integratsiyasi bo‘yicha hali rivojlanishning dastlabki bosqichida turibdi. 2023 yilgi ma’lumotlarga ko‘ra, respublika universitetlarining 41 foizida ERP va akademik platformalar o‘rtasida hech qanday integratsiya mavjud emas, 23 foizida qisman integratsiya kuzatiladi [23, b. 14–16]. Faqat ERP yoki faqat LMS dan foydalanadigan universitetlar ulushi mos ravishda 16 va 12 foizni tashkil etadi. Bu ko‘rsatkichlar mamlakat universitetlarining 64 foizida ma’lumotlar “orollari” muammosi hali hal etilmagan ekanligini ko‘rsatadi.



7-rasm. O’zbekiston oliy ta’lim muassasalarida axborot tizimlari integratsiyasining joriy holati, 2023 (OTM vazirligi ma’lumotlari asosida, b. 14)

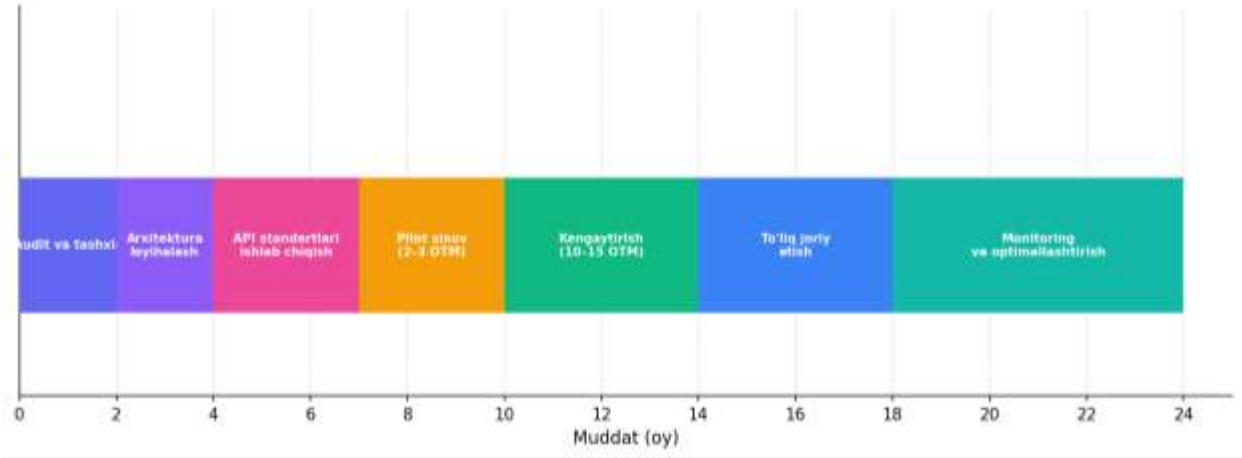
(cc) BY © Arabov Ubaydullo Hamroqul o‘g‘li

Mavjud infratuzilmani baholashda ikki asosiy cheklovni e’tiborga olish zarur. Birinchidan, ko‘plab universitetlarda keng polosali internet ulanishi va server sig‘imi hali etarli darajada rivojlanmagan, bu Data Lake kabi resurs talab qiluvchi modellarni qo‘llashni cheklab qo‘yadi [23, b. 18–20]. Ikkinchidan, malakali IT mutaxassislari tanqisligi ESB kabi yuqori texnik murakkablikni talab etuvchi modellarni oqilona qo‘llashni qiyinlashtiradi [24, b. 7–9]. Bu ikki omilni inobatga olib, API Gateway modeli O’zbekiston konteksti uchun eng maqbul yechim sifatida asoslanadi.

O’zbekiston universitetlari uchun RESTful API Gateway arxitekturasiga asoslangan bosqichli integratsiya modeli tavsiya etiladi. Ushbu modelning texnologik asosi sifatida ochiq kodli Kong yoki AWS API Gateway platformalari, OAuth 2.0 autentifikatsiya protokoli va JSON ma’lumot formati belgilanadi. Bu texnologiyalar bepul yoki arzon litsenziya asosida mavjud bo‘lib, mahalliy IT mutaxassislari uchun o‘rganish resurslari keng tarqalgan [15, b. 112–115].

Modelning asosiy printsipi: har bir tizim - ERP, LMS, SIS, moliya tizimi - standartlashtirilgan API interfeysi orqali markaziy Gateway ga ulanadi, Gateway esa autentifikatsiya, marshrutlashtirish, monitoring va xavfsizlikni markazlashtirilgan holda boshqaradi. Bu yondashuv P2P dagi chigallik muammosini bartaraf etib, ESB dan farqli ravishda har bir tizimning mustaqilligini saqlab qoladi va SOA kabi og‘ir middleware infratuzilmasini talab qilmaydi [4, b. 140–143].

Joriy etish uch asosiy fazada amalga oshirilishi maqsadga muvofiq. Tayyorlov fazasi (1–4-oy) tizimlarni audit qilish, ma’lumot oqimlari xaritasini tuzish, API standartlarini belgilash va pilot universitetlarni (‘2–3 ta OTM) tanlashni o‘z ichiga oladi. Bu bosqichda “Čiqindi ichida, Čiqindi tashqarisida” (Garbage In, Garbage Out) tamoyilini oldini olish uchun ma’lumotlar sifatini dastlabki nazorat qilish ham amalga oshiriladi [6, b. 203–206].



8-rasm. O’zbekiston universitetlari uchun API Gateway integratsiyasining bosqichli joriy etish yo‘l xaritasi

Pilot va kengaytirish fazasi (5–13-oy) pilot universitetlarda API Gateway infratuzilmasini o‘rnatish, ERP–SIS–LMS integratsiyasini bosqichma-bosqich amalga oshirish va natijalarni baholashni qamrab oladi. Natijalar musbat bo‘lsa, 10–15 ta universitetga kengaytirish amalga oshiriladi. To‘liq joriy etish fazasi (14–24-oy) barcha respublika universitetlarini yagona standart asosida ulash, markaziy monitoring tizimini ishga tushirish va doimiy texnik qo‘llab-quvvatlash mexanizmini yo‘lga qo‘yishni ko‘zda tutadi [24, b. 22–25].

Kutilayotgan natijalar xalqaro tajriba ko‘rsatkichlari bilan qiyoslanganda quyidagicha baholanadi: ma’lumotlar duplikatsiyasi 60–70 foizga kamayishi, ma‘muriy jarayonlar tezligi 35–45 foizga oshishi va hisobot sifati sezilarli yaxshilanishi prognoz qilinadi [18, b. 47; 20, b. 64]. Bundan tashqari, yagona API standarti joriy etilishi kelajakda sun’iy intellekt va Learning

(cc) BY © Arabov Ubaydullo Hamroqul o‘g‘li

Analytics texnologiyalarini integratsiya qilish uchun zarur texnologik platforma yaratadi [1, b. 24].

XULOSA

Ushbu maqolada oliy ta’lim axborot tizimlarida ma’lumotlar integratsiyasining to‘rtta asosiy arxitektura modeli - Point-to-Point, SOA/ESB, API Gateway va Data Lake/Data Mesh - ilmiy-tahliliy jihatdan o‘rganildi va qiyosiy baholandi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, universal yechim mavjud emas: optimal model universitetning hajmi, texnologik kamoloti, moliyaviy imkoniyatlari va strategik maqsadlariga ko‘ra farqlanadi.

Xorijiy tajriba tahlili API Gateway modelining zamonaviy yirik universitetlar uchun eng maqbul yechim ekanligini tasdiqladi - bu model xavfsizlik, kengayish imkoni va real vaqt qobiliyati bo‘yicha eng yuqori ko‘rsatkichlarni namoyon etadi. Biroq SOA/ESB hamon o‘rta darajadagi universitetlar uchun asosli alternativ bo‘lib qolmoqda, Data Mesh esa tadqiqot universitetlari uchun kelajakdagi strategik yo‘nalish sifatida shakllanmoqda.

O’zbekiston oliy ta’lim tizimi uchun mavjud infratuzilma, malakali kadrlar salohiyati va moliyaviy resurslarni hisobga olgan holda bosqichli API Gateway modeli tavsiya etildi. Ushbu tavsiyaning amalga oshirilishi nafaqat integratsiya muammosini hal etib, balki kelajakda sun’iy intellekt, Learning Analytics va Big Data texnologiyalarini joriy etish uchun texnologik zamin yaratadi. Kelajakdagi tadqiqotlar uchun asosiy yo‘nalishlar sifatida mahalliy pilot loyihalarning samaradorligini empirik o‘rganish, O’zbekiston uchun milliy interoperabellik standartlarini ishlab chiqish va ta’lim ma’lumotlari xavfsizligiga oid me’yoriy-huquqiy bazani takomillashtirish masalalari ko‘rsatiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. EDUCAUSE. 2024 EDUCAUSE Horizon Report: Teaching and Learning Edition. - Louisville: EDUCAUSE, 2024. - 62 b. [b. 7–9, 12, 19, 24]
2. Laudon K.C., Laudon J.P. Management Information Systems: Managing the Digital Firm. 16th ed. - New York: Pearson, 2020. - 672 b. [b. 14–16]
3. Gartner. Data Quality and Integration Market Survey 2023. - Stamford: Gartner, Inc., 2023. - 56 b. [b. 22]
4. Hohpe G., Woolf B. Enterprise Integration Patterns: Designing, Building, and Deploying Messaging Solutions. - Boston: Addison-Wesley, 2004. - 659 b. [b. 3–5, 11–14, 18–21, 140–143]
5. Lenzerini M. Data Integration: A Theoretical Perspective // Proceedings of the 21st ACM SIGMOD-SIGACT-SIGART Symposium on Principles of Database Systems. - New York: ACM, 2002. - B. 233–246. [b. 49–52]
6. Kimball R., Ross M. The Data Warehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling. 3rd ed. - Indianapolis: Wiley, 2013. - 600 b. [b. 88–90, 203–206]
7. Bass L., Clements P., Kazman R. Software Architecture in Practice. 4th ed. - Boston: Addison-Wesley, 2021. - 464 b. [b. 4–7]
8. IEEE Standard Computer Dictionary: A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries. - New York: IEEE Press, 1990. - 217 b. [b. 1601]
9. IMS Global Learning Consortium. IMS Global Standards Overview. - Lake Mary: IMS Global, 2020. - 88 b. [b. 33–35]
10. DAMA International. DAMA-DMBOK: Data Management Body of Knowledge. 2nd ed. - Basking Ridge: Technics Publications, 2017. - 628 b. [b. 17–22]
11. Pollock J.T. Semantic Web for Dummies. - Indianapolis: Wiley, 2009. - 338 b. [b. 44–46]
12. Richardson L., Ruby S. RESTful Web Services. - Sebastopol: O’Reilly Media, 2007. - 446 b. [b. 67]
13. Erl T. SOA: Principles of Service Design. - Upper Saddle River: Prentice Hall, 2008. - 573 b. [b. 5–8, 44–47, 52–55]
14. Birnbaum D. Enterprise Application Integration. - Boston: Addison-Wesley, 2003. - 312 b. [b. 29–31]
15. Richardson L., Amundsen M. RESTful Web APIs. - Sebastopol: O’Reilly Media, 2013. - 408 b. [b. 88–92, 95–97, 101, 112–115]
16. Dixon J. Pentaho, Hadoop, and Data Lakehouse Architecture. - Sebastopol:

(cc) BY © *Arabov Ubaydullo Hamroqul o‘g‘li*

O’Reilly Media, 2010. - 328 b. [b. 1–4, 18–20]
17. Dehghani Z. Data Mesh: Delivering Data-Driven Value at Scale. - Sebastopol: O’Reilly Media, 2022. - 338 b. [b. 44–48]
18. MIT Information Systems & Technology. Annual Report on Digital Integration at MIT 2020. - Cambridge: MIT Press, 2020. - 82 b. [b. 44–47]
19. TU Delft. Digital Transformation Report: ERP and LMS Integration Experience. - Delft: TU Delft Publications, 2021. - 54 b. [b. 29–31]
20. National University of Singapore. IT Governance and Integration Framework 2021. - Singapore: NUS Press, 2021. - 96 b. [b. 61–64]
21. Aalto University. Data Mesh Implementation Report 2022. - Helsinki: Aalto University Press, 2022. - 72 b. [b. 38–41]
22. EDUCAUSE. 2023 EDUCAUSE Horizon Report: Information Security Edition. - Louisville: EDUCAUSE, 2023. - 58 b. [b. 51–54]
23. O’zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi. Ta’lim muassasalarini raqamlashtirish bo‘yicha yillik hisobot 2023. - Toshkent, 2023. - 64 b. [b. 14–16, 18–20]
24. O’zbekiston Respublikasi Prezidentining «Raqamli O’zbekiston - 2030» strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida»gi farmoni. - Toshkent, 2020. - 36 b. [b. 7–9, 22–25]

© *Arabov Ubaydullo Hamroqul o‘g‘li*