# XORIJIY ILMIY STAJIROVKALARNI BOSHQARISH INTEGRATIV AXBOROT TIZIMINING KO‘P QATLAMLI ARXITEKTURASI VA MA’LUMOTLAR MODELI

**Tojiyev S.A**
Innovatsion rivojlanish agentligi, Raqamlashtirish, sun'iy intellektni joriy etish va kiberxavfsizlikni ta'minlash boshqarmasi
bosh mutaxassisi
***https://doi.org/10.5281/zenodo.22058565***

***Annotatsiya.*** *Maqolada xorijiy ilmiy stajirovkalarni boshqarishga mo‘ljallangan integrativ axborot tizimining ko‘p qatlamli funksional arxitekturasi va konseptual ma’lumotlar modeli ishlab chiqiladi. Arxitektura foydalanuvchi taqdimoti, identifikatsiya va vakolat, workflow, predmet servislar, intellektual tahlil, integratsiya, ma’lumotlar hamda analitika qatlamlariga ajratiladi. Ma’lumotlar modelida ariza markaziy agregat sifatida qabul qilinib, nomzod, tashkilot, tanlov, ariza versiyasi, hujjat, texnik ekspertiza, ilmiy ekspertiza, qaror, shartnoma, stajirovka, hisobot va audit obyektlari referensial munosabatlar bilan bog‘lanadi. Versiyalash va audit orqali ariza–ekspertiza–qaror–shartnoma–hisobot zanjirining traceability xususiyati ta’minlanadi. Arxitektura konkret dasturlash tili yoki ma’lumotlar bazasi mahsulotiga qattiq bog‘lanmaydi; predmet invariantlari – holat o‘tishi, vakolat, normativ RuleSet, versiya, SI-assistentning cheklangan roli va audit – serverdagi yagona biznes-logika orqali boshqariladi. Natija integrativ modelni real dasturiy muhitga izchil transformatsiya qilish imkonini beradi.*

***Kalit so‘zlar:*** *axborot tizimi arxitekturasi; ko‘p qatlamli arxitektura; ma’lumotlar bazasi; ER model; workflow; audit; traceability; internship.ilmiy.uz.*

## I. KIRISH

Integrativ axborot tizimi ilmiy modelning dasturiy realizatsiyasi bo‘lib, uning arxitekturasi predmetdagi murakkablikni modullar bo‘yicha to‘g‘ri ajratishi kerak. Xorijiy ilmiy stajirovka jarayonida foydalanuvchi interfeysi, autentifikatsiya, workflow, ekspertiza, tashqi integratsiya, fayl saqlash, audit va analitika bir-biriga bog‘liq, biroq mas’uliyati jihatidan farqli qatlamlardir.

Arxitektura faqat texnik komponentlar ro‘yxati bo‘lsa, normativ holat o‘tishlari va ma’lumotning kelib chiqishi interfeyslar orasida takroran kodlanishi mumkin. Shu sababli model va kod o‘rtasida semantik izchillik saqlanishi, biznes qoidalari markazlashtirilishi va har bir axborot obyekti yagona identifikator orqali kuzatilishi zarur.

Maqolaning maqsadi integrativ tizimning qatlamlarini, ularning vazifalarini va ariza markazidagi konseptual ma’lumotlar modelini ilmiy asoslashdir.

## II. ASOSIY QISM

### Tadqiqot yondashuvi va metodik asos

Arxitektura IDEF0 funksional dekompozitsiyasi va $M_{IF}$ - integrativ modelidan dasturiy komponentlarga mapping asosida shakllantirildi. Har bir qatlam uchun mas’uliyat, kiruvchi/chiqish ma’lumotlari va boshqa qatlam bilan interfeys ajratildi. Layered architecture va enterprise application patterns tamoyillari asosida taqdimot, identifikatsiya, workflow, predmet servislar, AI, integratsiya, ma’lumot va analitika qatlamlari ajratildi.

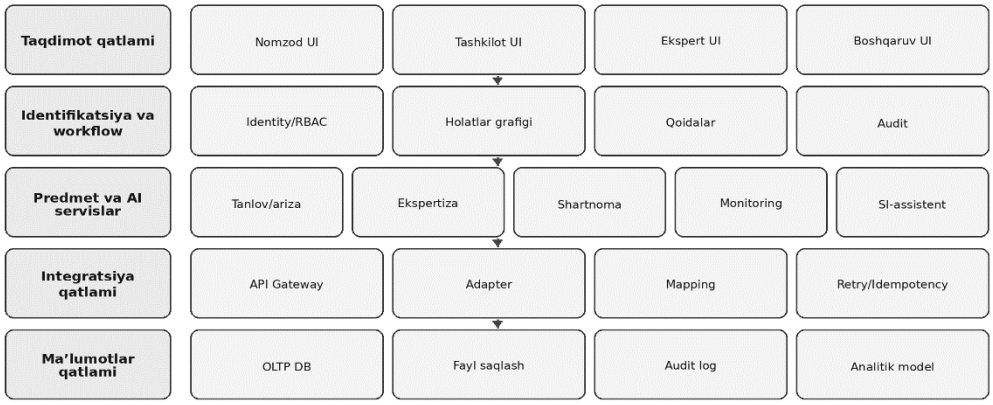
Ma’lumotlar bazasi modelini qurishda ariza aggregate root sifatida qabul qilindi. Uning har bir versiyasi hujjat, tekshiruv, ekspertiza va qaror bilan aniq bog‘lanadi. Holatlar tarixi va audit eventlar faqat “oxirgi status”ni emas, real trayektoriyani tiklash imkonini beradigan tarzda saqlanadi. Analitik qatlam operatsion bazani bevosita yuklamasdan, fakt va o‘lchamlar ko‘rinishidagi hosila ma’lumotlar bilan ishlashi ko‘zda tutiladi.

Arxitektura texnologiyaga nisbatan mustaqil baholandi: konkret DBMS, backend til yoki queue mahsuloti almashtirilishi mumkin, biroq referensial yaxlitlik, versiya, audit, vakolat va human-decision invariantlari o‘zgarmas talab sifatida saqlanadi.

**Integrativ axborot tizimining ko‘p qatlamli funksional arxitekturasi**

*1-jadval. Arxitektura qatlamlari va mas’uliyat chegaralari*

| Qatlam | Asosiy mas’uliyat | Asosiy bog‘lanish |
|---|---|---|
| L_UI | Foydalanuvchi interfeysi va kontekst | L_ID, L_WF, L_DOM |
| L_ID | Identifikatsiya, rol, vakolat | L_UI, L_WF |
| L_WF | Holat va marshrut | L_DOM, L_AI |
| L_DOM | Predmet obyektlari va amallar | L_WF, L_DATA |
| L_AI | Birlamchi intellektual tahlil | L_DOM, L_DATA |
| L_INT | Tashqi tizimlar bilan almashinuv | L_ID, L_DOM |
| L_DATA | Saqlash, audit, analitika | Barcha server qatlamlari |




*1-rasm. Integrativ axborot tizimining ko‘p qatlamli funksional arxitekturasi*

$$A_{SYS} = \langle L_{UI}, L_{ID}, L_{WF}, L_{DOM}, L_{AI}, L_{INT}, L_{DATA} \rangle \quad (1)$$

Bu yerda $A_{SYS}$ – integrativ axborot tizimi arxitekturasi; $L_{UI}$ – taqdimot qatlami; $L_{ID}$ – identifikatsiya va vakolat; $L_{WF}$ – workflow; $L_{DOM}$ – predmet servislar; $L_{AI}$ – intellektual tahlil; $L_{INT}$ – integratsiya; $L_{DATA}$ – ma’lumotlar va analitika qatlami.

$$\varphi_{AF} : F_{IDEF0} \rightarrow 2^K \quad (2)$$

Bu yerda $\varphi_{AF}$ – funksional modelni dasturiy komponentlarga akslantirish; $F_{IDEF0}$ – IDEF0 funksiyalar to‘plami; $K$ – dasturiy komponentlar to‘plami; $2^K$ – komponentlarning barcha qism to‘plamlari.

$$m = \langle id, type, source, target, payload, version, time, trace \rangle \quad (3)$$

Bu yerda $m$ – komponentlararo almashinuv xabari; $id$ – xabar identifikatori; $type$ – xabar turi; $source$ va $target$ – manba va qabul qiluvchi; $payload$ – foydali ma’lumot; $version$ – kontrakt versiyasi; $time$ – vaqt belgisi; $trace$ – kuzatuv identifikatori.

$$DB = \langle E, R_K, A_T, C_N, V_H, I_X \rangle \quad (4)$$

Bu yerda $DB$ – ma’lumotlar bazasi modeli; $E$ – mohiyatlar; $R_K$ – mohiyatlararo munosabatlar; $A_T$ – atributlar; $C_N$ – yaxlitlik cheklovlari; $V_H$ – versiyalar tarixi; $I_X$ – indeks va qidiruv tuzilmalari.

$$ETL/ELT: D_{OLTP} \rightarrow D_{ANA} \quad (5)$$

Bu yerda $D_{OLTP}$ – operatsion tranzaksion ma’lumotlar sohasi; $D_{ANA}$ – analitik model. $ETL/ELT$ operatsion ma’lumotlarni monitoring va boshqaruv analitikasiga mos ko‘rinishga transformatsiya qiladi.

Oldingi boblarda xorijiy ilmiy stajirovkalarni tashkil etish jarayoni predmet sohasi sifatida formal tahlil qilindi, AS-IS va TO-BE holatlar IDEF0 hamda IDEF3 vositalari bilan tavsiflandi, shuningdek foydalanuvchi, rol, funksiya, axborot obyekti, normativ qoida, holat, hodisa, tashqi axborot tizimi, marshrut va natijaviy axborotni birlashtiruvchi integrativ axborot-funksional model shakllantirildi. Mazkur tadqiqotning vazifasi ushbu nazariy va matematik natijalarni “Xorijiy ilmiy stajirovkalarni tashkil etish yagona elektron tizimi”ning amaliy funksional arxitekturasi, ma’lumotlar modeli, integratsiya mexanizmlari, dasturiy algoritmlari va analitik konturiga transformatsiya qilishdan iborat. Bunda III bob alohida dasturiy tavsif emas, balki II bobda ishlab chiqilgan modellarning axborot tizimida realizatsiya qilinishini asoslovchi ilmiy-amaliy bosqich sifatida qaraladi.

Birinchi bobdagi IDEF0 tahlilida A1–A8 funksional bloklari nomzodni identifikatsiyalash va hujjatlarni tayyorlashdan boshlab arizani shakllantirish, tashkilot ko‘rib chiqishi, texnik ko‘rib chiqish, ilmiy ekspertiza va qaror, shartnomalash, hisobotlarni qabul qilish hamda monitoring va umumlashtirishgacha bo‘lgan yaxlit jarayonni ifodalagan edi. Ushbu funksiyalar orasidagi kirish, boshqaruv, chiqish va mexanizm aloqalari axborot tizimi arxitekturasini ishlab chiqishda modul chegaralarini aniqlash uchun tayanch bo‘lib xizmat qiladi [6].

Tizim arxitekturasini ishlab chiqishda funksional dekompozitsiya va dasturiy dekompozitsiyani aynan tenglashtirish maqsadga muvofiq emas. IDEF0dagi bitta funksiya bir nechta dasturiy servis ishtirokida bajarilishi, aksincha bir servis bir nechta funksional bloklarga xizmat ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli arxitektura funksional talablarni dasturiy komponentlarga akslantiruvchi munosabat asosida quriladi.

**IDEF0 funksiyalarining axborot tizimi komponentlariga akslantirilishi**

Texnik topshiriqda tanlovlarni boshqarish, stajirovkalarni monitoring qilish, ko‘p darajali kelishuv, ekspertlar bilan ishlash, foydalanuvchi harakatlarini loglash, analitik hisobotlarni shakllantirish, rollar bo‘yicha kirishni boshqarish, ma’lumotlar versiyalarini nazorat qilish, rezerv nusxalash va tashqi davlat axborot tizimlari bilan integratsiya qilish talablari belgilangan [7]. Mazkur talablar funksional arxitekturada alohida modullar ko‘rinishida emas, umumiy xizmatlar va predmet modullari o‘rtasidagi bog‘lanish sifatida joylashtiriladi.

Taklif etilayotgan arxitektura yetti mantiqiy qatlamdan tashkil topadi: foydalanuvchi taqdimoti qatlami, identifikatsiya va kirishni boshqarish qatlami, biznes-jarayonlarni boshqarish qatlami, predmet servislar qatlami, intellektual tahlil qatlami, integratsiya qatlami hamda

ma’lumotlar va analitika qatlami. Qatlamli arxitektura mas’uliyatlarni ajratish, komponentlararo bog‘liqlikni boshqarish va alohida qismlarni modernizatsiya qilish imkonini beradi [8].

Taqdimot qatlami nomzod, tashkilot vakili, Agentlik xodimi, ekspert va boshqa rollar uchun moslashtirilgan veb-interfeyslarni taqdim etadi. Mazkur qatlamda biznes qarorlarining asosiy qoidalari saqlanmasligi kerak; foydalanuvchi interfeysi server tomonidan berilgan holat, ruxsat va validatsiya natijalarini aks ettiradi. Bunday ajratish qoidalarni turli interfeyslarda takrorlashning oldini oladi.

Identifikatsiya va kirishni boshqarish qatlami foydalanuvchini ishonchli tashqi identifikatsiya manbasi orqali aniqlash, lokal profil bilan bog‘lash, rol va vakolatlarni aniqlash, sessiya kontekstini shakllantirish hamda barcha muhim amallar uchun subyekt identifikatorini auditga uzatish vazifalarini bajaradi. Bu qatlamning algoritmik mexanizmlari 3.3-paragrafda batafsil ko‘rib chiqiladi.

Biznes-jarayonlarni boshqarish qatlami oldingi bosqichda ishlab chiqilgan ariza holatlari grafigi, o‘tish qoidalari va ruxsat predikatining dasturiy ifodasidir. U arizaning qaysi bosqichda ekanini, qaysi rol qanday amal bajarishi mumkinligini, qaytarish va qayta yuborish ssenariylarini, ekspertiza va shartnomalashga o‘tish shartlarini boshqaradi. Shu tariqa workflow qatlami foydalanuvchi interfeysi bilan ma’lumotlar bazasi orasidagi oddiy vositachi emas, normativ jarayonning bajarilish mexanizmi hisoblanadi.

Predmet servislar qatlami tanlov, ariza, tashkilot tasdig‘i, ekspertiza, shartnoma, stajirovka va hisobot obyektlari ustida bajariladigan amallarni amalga oshiradi. Har bir servis o‘zining predmet chegarasiga ega bo‘lib, umumiy workflow, audit, fayl saqlash va bildirishnoma xizmatlaridan foydalanadi. Bu yondashuv monolit kod bazasida ham mantiqiy modullilikni, keyinchalik zarur bo‘lsa servislarni mustaqil ajratish imkoniyatini ta’minlaydi.

Intellektual tahlil qatlami ikki turdagi vazifani bajaradi. Birinchisi – texnik ekspertiza bosqichida erkin matn va yuklangan hujjatlarning normativ talablarga mazmuniy muvofiqligi bo‘yicha birlamchi tahlil. Ikkinchisi – ilmiy ekspert uchun arizadagi ilmiy g‘oya, asoslanganlik va amalga oshirish mexanizmlariga tegishli dalillarni ajratib, strukturaviy yordamchi xulosa shakllantirish. Ilmiy ekspertiza bo‘yicha yakuniy ball va qaror inson ekspert tomonidan belgilanadi; AI komponenti qaror qabul qiluvchi subyekt sifatida emas, axborot-tahliliy assistent sifatida ishlaydi.

Integratsiya qatlami tashqi axborot tizimlari bilan standartlashtirilgan almashinuvni, autentifikatsiya kontekstini uzatish, atributlarni moslashtirish, so‘rovlarni qayta urinish, xatoliklarni qayd etish va almashinuv auditini boshqaradi. ISO 11354-1 interoperabellikni ma’lumot, xizmat, jarayon va biznes darajalarida ko‘rishni tavsiya etadi [9]; shu sababli integratsiya faqat transport protokoli darajasida emas, semantik moslik va jarayon konteksti darajasida ham loyihalanadi.

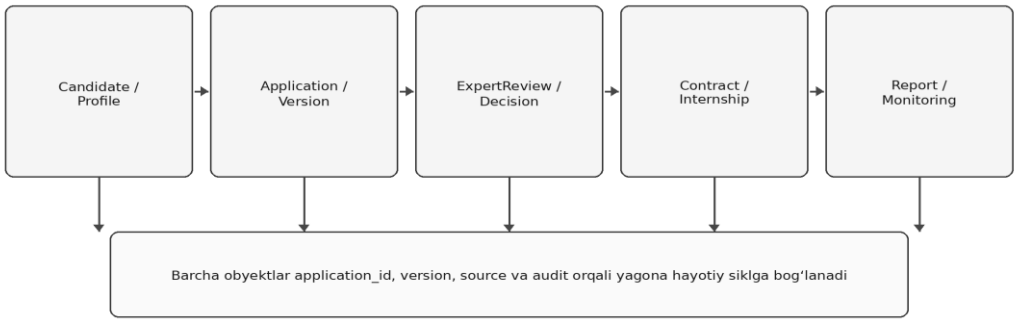
Ma’lumotlar va analitika qatlami operatsion obyektlar, versiyalar, audit yozuvlari, fayl metama’lumotlari va agregat ko‘rsatkichlarni saqlaydi. Operatsion ma’lumotlarning keyinchalik analitik axborotga transformatsiya qilinishi uchun obyektlararo referensial bog‘lanishlar va vaqt belgilari saqlanishi shart. Bu 3.5-paragrafda monitoring va analitik mexanizmlarning asosiga aylanadi.

Tizimda foydalanuvchi harakati bilan tizim hodisasini farqlash zarur. “Nomzod yubordi” – foydalanuvchi hodisasi, “muddat tugadi”, “asinxron tahlil yakunlandi” yoki “integratsiya qayta urinish chegarasiga yetdi” esa tizim hodisasidir. Auditda actor_type atributi ushbu farqni

saqlaydi va keyinchalik inson hamda avtomatik operatsiyalar ulushini aniq hisoblash imkonini beradi.

Arxitektura bo‘yicha qabul qilingan qarorlar texnik topshiriqdagi aniq texnologik stekka qattiq bog‘lanmasligi ilmiy natijaning umumlashtiriluvchanligini oshiradi. Ma’lumotlar bazasi relatsion modelga, servislar standart APIga, fayllar alohida saqlash mexanizmiga va asinxron vazifalar navbatga tayanishi mumkin; konkret mahsulot yoki dasturlash tili esa joriy etish sharoitida tanlanadi. Shu bilan model texnologik modernizatsiyaga nisbatan barqaror bo‘ladi.

Arxitekturaning qabul qilinish mezoni faqat “barcha modullar mavjud” degan holat emas. Funksional ssenariy boshidan oxirigacha uzluksiz bajarilishi, har bir bosqichda ma’lumot kelib chiqishi aniqlanishi, ruxsatsiz holat o‘tishlari bloklanishi, tashqi servis nosozligi boshqarilishi va auditdan real trayektoriyani tiklash mumkin bo‘lishi kerak. Ushbu mezonlar Eksperimental baholash bosqichidagi eksperimental sinov ssenariylariga aylantiriladi.




*2-rasm. Integrativ axborot tizimi ma’lumotlar bazasining konseptual axborot zanjiri*

*2-jadval. Konseptual ma’lumotlar modelining asosiy mohiyatlari*

| Mohiyat | Kalit | Asosiy vazifa |
|---|---|---|
| Candidate/Profile | user_id | Identifikatsiya va ilmiy/mehnat konteksti |
| Competition | contest_id | Tanlov konfiguratsiyasi va RuleSet |
| ApplicationVersion | application_id + version_no | Versiyalangan markaziy ariza agregati |
| ExpertReview | review_id | Ekspert bahosi va xulosa |
| Decision/Contract | decision_id / contract_id | Qaror va shartnomalash |
| Report/Monitoring | report_id | Ilmiy, moliyaviy hisobot va monitoring |
| AuditEvent | event_id | Kim-qachon-nimani o‘zgartirganini tiklash |

**Konseptual va mantiqiy ma’lumotlar modeli**

Integrativ axborot tizimining funksional arxitekturasi ma’lumotlar modeli bilan mustahkam bog‘lanmasa, jarayonlararo kuzatuvchanlik va normativ izchillikni ta’minlash qiyinlashadi. integrativ modelda identifikatsiya, ariza, ekspertiza, qaror, shartnoma, monitoring va audit ma’lumotlari alohida semantik guruhlarga dekompozitsiya qilingan edi. 3.2-

paragrafning vazifasi mazkur abstrakt axborot obyektlarini konseptual va mantiqiy ma’lumotlar bazasi modeliga transformatsiya qilishdan iborat.

Ma’lumotlar modelini ishlab chiqishda “ariza” markaziy agregat sifatida qabul qilinadi. Biroq ariza jadvaliga barcha atributlarni joylashtirish normalizatsiya, versiyalash va qayta foydalanish talablariga zid bo‘ladi. Shu sababli nomzod, tashkilot, tanlov, ariza, hujjat, ekspertiza, ekspert bahosi, qaror, shartnoma, stajirovka va hisobot mustaqil mohiyatlar sifatida ajratilib, ularning bog‘lanishi tashqi kalitlar va bog‘lovchi jadvallar orqali tashkil etiladi.

Amaldagi ma’lumotlar bazasining ER-sxemasini tahlil qilish natijasida arizaning fizik modeli application_application jadvali atrofida shakllangani, ekspertiza application_expertreview, ko‘rib chiqish bosqichlari application_reviewstage, qaytarish sabablari application_rejectionreason va application_expertreview_rejection_reasons, tanlovlar contest_contest, fayllar upload_upload va application* file obyektlari, til sertifikatlari language_certificate* hamda nomzodning ilmiy va mehnat faoliyati career* jadvallari orqali ifodalanganligi aniqlandi. Tadqiqotda ushbu fizik tuzilma bevosita ko‘chirilmaydi; undan konseptual modelni real tizim bilan verifikatsiya qilish va normalizatsiya/traceability talablarini asoslash uchun foydalaniladi.

Relatsion model ma’lumotlar yaxlitligini kalitlar, domenlar va cheklovlar orqali formal boshqarish imkonini beradi [12]. Mazkur predmet sohasida relatsion yondashuvning muhim afzalligi normativ jarayon uchun zarur bo‘lgan referensial bog‘lanishlarni qat’iy saqlashidir: ekspert bahosi mavjud ariza versiyasiga, shartnoma g‘olib qaroriga, hisobot esa shartnoma va stajirovka obyektiga bog‘langan bo‘lishi kerak.

Ma’lumotlar bazasi modeli mohiyatlararo munosabatlar, atributlar, yaxlitlik cheklovlari, versiyalar tarixi hamda indeks va qidiruv tuzilmalarini yagona konseptual doirada birlashtiradi.

**Ma’lumotlar bazasining konseptual mohiyatlari va amaldagi fizik obyektlari**

Konseptual modelda nomzodning shaxsiy ma’lumotlari va ariza mazmunini ajratish takroriy ma’lumot kiritishni kamaytiradi. Bitta nomzod turli tanlovlarda bir nechta ariza topshirishi mumkin, shu sababli Candidate–Application munosabati 1:N ko‘rinishida bo‘ladi. Tanlov esa ko‘plab arizalarga ega bo‘lishi mumkin. Arizaning har bir qaytarish va qayta yuborish sikli yangi ApplicationVersion obyektini hosil qiladi.

Versiyalashning maqsadi faqat “oldingi holatga qaytish” emas. Ilmiy va texnik ekspertiza natijalarining aynan qaysi ariza nusxasiga nisbatan shakllanganini isbotlash uchun ekspertiza obyektlari application_id bilan birga version_id ni ham saqlashi kerak. Bu verifikatsiya va marshrutlash bosqichida ishlab chiqilgan versiyalash mantiqining ma’lumotlar bazasidagi realizatsiyasidir.

Mazkur kompozit bog‘lanish ekspertiza natijasini arizaning aktual yoki tarixiy versiyasi bilan bir qiymatli bog‘laydi. Amaliy realizatsiyada alohida surrogate version_id ishlatilishi mumkin, biroq application_id va version_no uchun UNIQUE cheklovi saqlanishi lozim.

Normativ qoidalarni dastur kodiga qattiq tikib qo‘yish tizimni qonunchilik yoki tanlov shartlari o‘zgarganda qimmat modernizatsiyaga olib keladi. Shu sababli RuleSet, Rule, Requirement, DocumentType va CompetitionRequirement kabi ma’lumotnoma mohiyatlari ajratiladi. Muayyan tanlov qaysi qoidalar versiyasi asosida ishlashi Competition.rule_set_id orqali belgilanadi. Bu yondashuv tanlovga biriktirilgan qoidalar versiyasini amaliy ma’lumotlar modelida tarixiy izchillik bilan saqlash imkonini beradi.

Ma’lumotlarning normalizatsiyasi takrorlanishni kamaytirish bilan birga, obyektning semantik chegaralarini aniqlashga xizmat qiladi. Biroq analitik so‘rovlar uchun haddan tashqari

normalizatsiya ko‘p JOIN operatsiyalarini keltirib chiqarishi mumkin. Shu sababli operatsion model uchinchi normal shaklga yaqin tashkil etilib, analitika uchun alohida materiallashtirilgan ko‘rinishlar yoki agregat jadvallar qo‘llanadi. Kimball va Ross tranzaksion hamda analitik ma’lumotlar modellarining vazifalari farq qilishini, analitik muhitda fakt va o‘lchamlar asosidagi struktura samarali ekanini ko‘rsatadi [13].

Ma’lumotlar bazasida vaqt atributlari uchun yagona siyosat zarur. created_at, updated_at, submitted_at va decision_at kabi qiymatlar server tomonidan ishonchli vaqt manbasi asosida yoziladi. Foydalanuvchi qurilmasidagi lokal vaqt biznes auditining asosiy manbasi sifatida olinmaydi. Taqdimot qatlamida esa vaqt foydalanuvchining vaqt mintaqasiga mos ko‘rsatilishi mumkin.

Eksperimental tadqiqot uchun ma’lumotlar anonimlashtirilgan yoki pseudonimlashtirilgan ko‘rinishda ajratilishi mumkin. Model va algoritm samaradorligini o‘lchashda shaxsning F.I.Sh. ko‘pincha zarur emas; application_id, holatlar, vaqtlar, qoidalar natijasi va ekspert bahosi yetarli bo‘ladi. Bu tadqiqot ma’lumotlar to‘plamini tayyorlashda maxfiylik xavfini kamaytiradi.

Arxitektura va ma’lumotlar modeli enterprise application architecture, relatsion ma’lumotlar bazalari, analitik modellashtirish, RBAC, axborot xavfsizligi va interoperabellik yondashuvlari bilan uyg‘unlashtirildi. Bu nazariy asos qatlamlar sonini ko‘paytirish emas, funksional mas’uliyat, ma’lumot egaligi va audit chegaralarini aniq ajratishga xizmat qiladi [14–20].

*3-jadval. Ma’lumotlar yaxlitligini ta’minlovchi cheklovlar*

| **Cheklov** | **Amaliy realizatsiya** | **Oldini olinadigan holat** |
|---|---|---|
| Yagonalik | PRIMARY KEY / UNIQUE | Dublikat obyekt |
| Referensial yaxlitlik | FOREIGN KEY | Yetim yozuv |
| Versiya yaxlitligi | UNIQUE(application, version) | Versiya kolliziyasi |
| Holat yaxlitligi | CHECK / reference domain | Noto‘g‘ri status |
| Audit o‘zgarmasligi | Append-only siyosat | Tarixni buzish |

Ko‘p qatlamli arxitektura funksiyalarni sun’iy ravishda ko‘paytirish uchun emas, mas’uliyatlarni ajratish uchun zarur. Masalan, foydalanuvchi interfeysida statusni “qulaylik uchun” mustaqil o‘zgartirishga ruxsat berilsa, workflow qoidalari turli klientlarda turlicha ishlashi mumkin. Holat o‘tishini serverdagi yagona business-logic boshqarganda esa normativ invariant saqlanadi.

Ariza markaziy agregat sifatida tanlanishi traceabilityni soddalashtiradi. Ekspertiza, qaror, shartnoma va hisobotning qaysi ariza va qaysi versiyaga tegishli ekani referensial aloqalar orqali aniqlanadi. Bu nafaqat audit, balki keyingi analitika va eksperimental baholash uchun ham zarur.

Operatsion va analitik ma’lumotlarni ajratish boshqaruv hisobotlarini shakllantirishda foydalidir. Operatsion model tranzaksion yaxlitlikni, analitik model esa tanlov, vaqt, hudud, tashkilot va holat kesimida agregatsiyani qo‘llab-quvvatlaydi. Biroq analitik faktlar ham manba operatsion obyekt va audit hodisasiga qayta bog‘lana olishi kerak.

Arxitekturaning umumlashtiriluvchanligi uning konkret texnologiyaga qattiq bog‘lanmaganligidadir. Shu bilan birga, bu yondashuv texnik tafsilotlarni inkor qilmaydi:

xavfsizlik, idempotency, retry, fayl saqlash va asinxron vazifalar realizatsiya darajasida muhim, biroq ular predmet semantikasini almashtirmaydi.

## III. XULOSA

Xorijiy ilmiy stajirovkalarni boshqarish uchun ko‘p qatlamli integrativ axborot tizimi arxitekturasi va ariza markazidagi konseptual ma’lumotlar modeli ishlab chiqildi. Arxitektura taqdimot, identifikatsiya/vakolat, workflow, predmet servislar, intellektual tahlil, integratsiya, ma’lumot va analitika mas’uliyatlarini ajratadi. Ma’lumotlar modelida versiyalash, referensial bog‘lanish va audit orqali ariza, ekspertiza, qaror, shartnoma, hisobot zanjiri kuzatiladi. Modelning texnologiyadan nisbatan mustaqil shakllantirilishi tizimni modernizatsiya qilishda predmet invariantlarini saqlash imkonini beradi.

## IV. FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Fowler M. Patterns of Enterprise Application Architecture. Addison-Wesley, 2002.
2. Date C.J. An Introduction to Database Systems. 8th ed. Addison-Wesley, 2003.
3. Kimball R., Ross M. The Data Warehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling. 3rd ed. Wiley, 2013.
4. Ferraiolo D.F., Sandhu R., Gavrila S., Kuhn D.R., Chandramouli R. Proposed NIST Standard for Role-Based Access Control. ACM TISSEC. 2001. 4(3):224–274. DOI: 10.1145/501978.501980.
5. 05.01.10 – “Axborot olish tizimlari va jarayonlari” ixtisosligi pasporti.
6. OWASP Foundation. Application Security Verification Standard (ASVS). Version 4.0.3, 2021.
7. ISO 11354-1:2011. Advanced automation technologies and their applications – Requirements for establishing manufacturing enterprise process interoperability – Part 1: Framework for enterprise interoperability. ISO, 2011.
8. Shen H., Wall B., Zaremba M., Chen Y., Browne J. Integration of business modelling methods for enterprise information system analysis and user requirements gathering. Computers in Industry. 2004. Vol. 54, No. 3. P. 307–323. DOI: 10.1016/j.compind.2003.07.009.
9. ISO/IEC 27001:2022. Information security, cybersecurity and privacy protection – Information security management systems – Requirements. ISO/IEC, 2022.
10. Dumas M., Fournier F., Limonad L., Marrella A., Montali M., Rehse J.-R., et al. AI-augmented Business Process Management Systems: A Research Manifesto. ACM Transactions on Management Information Systems. 2023. Vol. 14, No. 1, Article 11. DOI: 10.1145/3576047.
11. Van der Aalst W.M.P. The Application of Petri Nets to Workflow Management. Journal of Circuits, Systems, and Computers. 1998. 8(1):21–66. DOI: 10.1142/S0218126698000043.
12. Hopcroft J.E., Motwani R., Ullman J.D. Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation. 3rd ed. Pearson, 2006.
13. Pan S., Rodríguez Méndez S.J., Taylor K. A Pipeline for Analysing Grant Applications. 2022. arXiv:2210.16843.
14. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2021-yil 19-apreldagi 222-son qarori va “Yosh olimlarni yetakchi xorijiy oliy ta’lim va ilmiy tashkilotlarga qisqa muddatli ilmiy stajirovkalarga yuborish tartibi to‘g‘risida”gi Nizom (keyingi tahrirlari bilan).

15. “Xorijiy ilmiy stajirovkalarni tashkil etish yagona elektron tizimi”ni rivojlantirish bo‘yicha texnik topshiriq.
16. National Institute of Standards and Technology. Integration Definition for Function Modeling (IDEF0). FIPS PUB 183. Gaithersburg, MD, 1993.
17. Workflow Management Coalition. Workflow Management Coalition Terminology & Glossary. WFMC-TC-1011, Issue 3.0, 1999.
18. ISO/IEC 25010:2011. Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – System and software quality models. ISO/IEC, 2011.
19. Hardt D. The OAuth 2.0 Authorization Framework. RFC 6749. IETF, 2012. DOI: 10.17487/RFC6749.