

UO'K 004.8

KO'P AGENTLI TIZIMLARDA RAQAMLI AXBOROT OQIMI UCHUN FAKT-MARKAZLI FORMAL MODEL VA REPOZITORIYNI YANGILASH QOIDALARI

⁺Xujamberdiyev D.E.¹, Mamaraufov O.A.¹

¹ Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
Samarqand filiali, Samarqand, O'zbekiston

⁺ d.xujamberdiyev@tuit.uz

Annotatsiya. Ushbu maqolada ko'p agentli muhitda geterogen raqamli axborot oqimini faktlar ko'rinishida ifodalashga asoslangan fakt-markazli formal model hamda faktlar repozitoriyini inkremental yuritish yondashuvi taklif etiladi. Yondashuv oqimdan fakt ajratish, agent darajasida lokal repozitoriy yuritish va repozitoriy operatorlari (kiritish, yangilash, dalil bog'lash, birlashtirish, yopish) orqali fakt hayot siklini boshqarishni qamrab oladi. Repozitoriy izchilligi va tekshiriluvchanligini ta'minlash uchun idempotent kiritish, vaqt tartibi, holatlarning faqat oldinga siljishi hamda audit/dalil izlarini saqlashga oid invariantlar kiritiladi. Ochiq murojaatlar oqimi misolida o'tkazilgan prototip sinovda 20000 ta yozuv 6319 ta yakuniy faktga konsolidatsiya qilinib, ma'lumot hajmi 68,41% ga qisqardi; 19544 holatda rezolyutsiya tavsifi dalil sifatida fakt bilan bog'landi. Natijalar yondashuv monitoring/audit va keyingi indekslash-qidiruv bosqichlari uchun amaliy poydevor ekanini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: ko'p agentli tizim, raqamli axborot oqimi, fakt-markazli tahlil, formal model, fakt repozitoriyi, inkremental yuritish, dalil bog'lash, konsolidatsiya (merge); monitoring va audit, elektron murojaatlar.

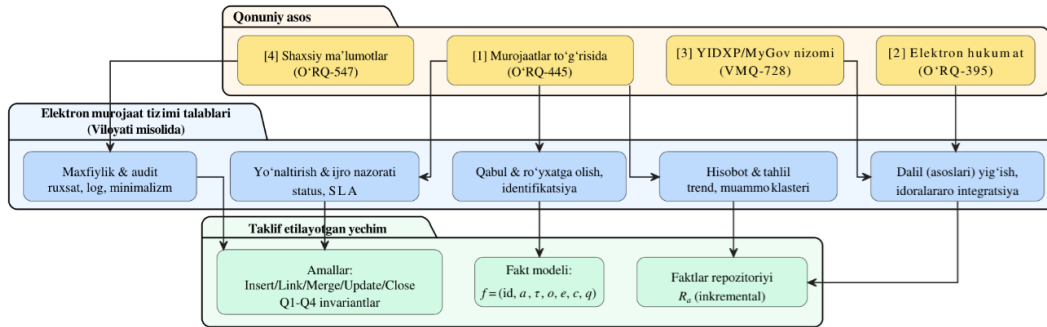
1 KIRISH

Davlat boshqaruvi va hududiy boshqaruv organlari faoliyatida aholi hamda tadbirkorlik subyektlaridan keladigan murojaatlar oqimi yildan-yilga ortib bormoqda. Murojaatlar mazmuni ko'pincha kommunal xizmatlar, maishiy xizmatlar, ijtimoiy masalalar, infratuzilma va boshqa yo'nalishlarni qamrab oladi; bunday murojaatlarni tezkor qabul qilish, ko'rib chiqish, aniq asoslangan javob qaytarish hamda ijrosini nazorat qilish hududiy boshqaruv samaradorligining muhim ko'rsatkichlaridan biridir. "Jismoniy va yuridik shaxslarning murojaatlari to'g'risida"gi Qonunda murojaatlarni ko'rib chiqishning tamoyillari, javobning asoslangan bo'lishi, ijro intizomi va monitoring talablari belgilangan bo'lib, elektron shakldagi murojaatlar bilan ishlash amaliyoti ham shundan kelib chiqadi [1].

Elektron murojaat tizimining kontsepsiyasi faqat "xabar qabul qilish" bilan cheklanmaydi. Qonuniy talablar nuqtayi nazaridan u kamida quyidagi boshqaruv siklini ta'minlashi zarur: 1) murojaatni ro'yxatga olish va identifikatsiya qilish; 2) mavzu va mas'ul ijrochiga yo'naltirish; 3) bajarilish jarayonini statuslar orqali monitoring qilish; 4) yakuniy javobni asoslovchi dalillar bilan mustahkamlash; 5) statistik hisob va tahlil natijalarini shakllantirish [1]. Samarqand viloyati misolida bu talablar, odatda, tuman/shahar kesimida, xizmat sohalari kesimida, jismoniy/yuridik murojaatlar kesimida saralash va nazorat mexanizmlarini qo'yishni taqozo etadi.

Biroq murojaatlar bo'yicha samarali qaror chiqarish ko'pincha boshqa axborot tizimlaridan olingan "dalil"larga tayanadi: masalan, to'lov holati, abonent rekvizitlari, xizmat ko'rsatish aktlari, avariya-dispatcher yozuvlari va h.k. Bu holat elektron murojaat platformasini "yagona tizim" emas, balki idoralararo integratsiya asosida ishlaydigan federativ muhit sifatida ko'rishni talab qiladi. "Elektron hukumat to'g'risida"gi Qonun davlat organlarining axborot tizimlari va ma'lumotlar bazalari o'zaro hamkorligini, idoralararo ma'lumot almashish tarmoqlari orqali elektron xizmatlarni ko'rsatish zarurligini belgilaydi [2]. Shuningdek, Yagona interaktiv davlat xizmatlari portali (YIDXP/MyGov) to'g'risidagi nizom "yagona nuqta" kontsepsiyasi va xizmatlar integratsiyasi tamoyillarini mustahkamlaydi [3]. Demak, viloyat miqyosida ham xizmat ko'rsatuvchi tashkilotlarning axborot tizimlarini "xizmat agentlari" sifatida ajratish, murojaat bo'yicha tegishli agentlardan dalil olish va natijani koordinator agentda birlashtirish kontsepsiyasi mantiqan asoslanadi. Shu bilan birga, fuqaroning identifikatorlari (PINFL/INN/abonent ID) va murojaat mazmuni shaxsga doir ma'lumotlar bilan bog'lanishi sababli platforma maxfiylik, maqsadga

muvofiglik va himoyalangan ishlov berish talablariga qat'iy rioya qilishi kerak. "Shaxsga doir ma'lumotlar to'g'risida"gi Qonun shaxsiy ma'lumotlarni qayta ishlashning huquqiy asoslari, maqsad cheklovi, minimalizm va ruxsat-nazorat tamoyillarini talab qiladi [4]. Bu esa integratsiya jarayonida "kimga, qachon, qanday maqsadda" ma'lumot berilgani audit izlarida qayd etilishini va dalillar faqat zarur minimum darajada olishni talab qiladi.



1-rasm. Normativ asos → funksional talablar → fakt-markazli yechim

Amaliy platformalarda esa ko'pincha murojaatlar faqat workflow yozuvlari sifatida yuritilib, dalillar va mazmuniy birliklar "xom matn" shaklida qoladi. Bu holat takror murojaatlarni aniqlash, agentlararo selektiv so'rovni tashkil etish, audit/izohlanish va keyingi tezkor qidiruv mexanizmlarini barqaror qurishda muammolar tug'diradi. Mazkur ishda ko'p agentli muhit uchun ma'lumotlar oqimidan ajratiladigan fakt tushunchasi formalizatsiya qilinadi hamda agent darajasida faktlar repozitoriyini inkremental yuritish (kiritish, bog'lash, birlashtirish, yangilash, yopish) qoidalari beriladi. Taklif etilgan yondashuv normativ talablarga mos monitoring va dalilga asoslangan ishlov berishni ta'minlash, shuningdek keyingi bosqichlarda indekslash, Top-K qidiruv va selektiv routing algoritmlariga tayanch bo'lishi bilan ahamiyatlidir (1-rasm).

2 FAKT-MARKAZLI FORMAL MODEL VA REPOZITORIYNI INKREMENTAL YURITISH

2.1. Fakt tushunchasi va formal ta'rif

Ko'p agentli tizimlarda raqamli axborot oqimi vaqt bo'yicha uzluksiz keladigan kuzatuvlar ketma-ketligi sifatida qaraladi. Har bir manba (xizmat tizimi, portal kanali, sensor yoki boshqa raqamli servis) agent tomonidan qabul qilinadi va oqim S quyidagicha aniqlanadi:

$$S = \{x(t) | t \geq 0\}, \quad (1)$$

bu yerda $x(t) - t$ vaqtidagi kuzatuv (matnli xabar, tranzaksiya yozuvi, log satri, sensor o'lchovi va h.k.). Ko'p agentli muhit agentlar to'plami $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ bilan ifodalanadi.

Har bir agent o'z manbasi bo'yicha oqimni qayta ishlaydi va "xom ma'lumot"ni keyingi tahlil uchun mazmuniy birliklar – faktlar ko'rinishiga keltiradi. Ushbu ishda fakt raqamli oqimdan ajratib olinadigan, monitoring va qaror qabul qilishga xizmat qiladigan strukturaviy birlik sifatida quyidagicha ta'riflanadi:

$$f = \langle id, a, \tau, o, e, c, q \rangle, \quad (2)$$

bu yerda: id – faktning lokal identifikatori; $a \in A$ – faktni hosil qilgan agent (manba/servis/uzel); $\tau = [t_s, t_e]$ – fakt amal qiladigan vaqt oralig'i (boshlanish va yakun); o – obyekt identifikatori (mavjud bo'lsa), masalan fuqaro/tashkilot ID yoki servis/abonent ID; e – hodisa (event) turi, masalan "murojaat", "shikoyat", "tranzaksiya", "nosozlik", "xizmat holati" va h.k.; c – kontekst atributlari majmuasi (hudud, xizmat sohasi, kanal, klassifikatorlar, manba metama'lumotlari); q – faktning sifat/ishonchlilik bahosi (0...1 intervalda yoki diskret shkalada).

Mazkur ta'rif getrogen oqimlar uchun umumiy bo'lib, amaliy soha xususiyatiga ko'ra c atributlar to'plami kengaytiriladi. Masalan, elektron murojaatlar oqimida c tarkibiga tuman/shahar, murojaat turi (taklif/shikoyat), xizmat sohasi, qabul kanali (veb/telegram) kabi maydonlar kirishi mumkin; xizmat tizimlari oqimida esa c billing rekvizitlari, shartnoma turi yoki xizmat statusi parametrlarini o'z ichiga oladi. Shunday qilib, fakt modeli "xom" oqimlarni ixcham va izchil ko'rinishga keltirib, keyingi bosqichlarda repozitoriyda saqlash, audit yuritish, indekslash hamda selektiv so'rovlarni tashkil etish uchun poydevor vazifasini bajaradi.

2.2. Ko'p agentli rol modeli va faktlar repozitoriysi

Ko'p agentli oqim tahlilida har bir agent $a_i \in A$ ma'lum manbadan keladigan oqimni qabul qiladi va yuqorida keltirilgan faktlarni hosil qiladi. Bunda tizimning ishlash samaradorligi agentlar vazifalarini aniq ajratish (rol modeli) hamda faktlarni saqlash va yangilashning izchil mexanizmi (repozitoriy)ga bog'liq.

1-rasmda ko'rsatilganidek, normativ/metodologik talablar (maxfiylik, audit, integratsiya) agentlararo axborot almashinuvida minimalizm va kuzatuvchanlikni ta'minlashni talab qiladi [5-6].

Rol modeli. Amaliy muhitda quyidagi tipik agent rollari ajratiladi:

1. **Manba agent** – oqimni ishlab chiqaruvchi yoki uzatuvchi servis/uzel (masalan, portal kanali, xizmat tizimi, sensor tarmoq). U $x(t)$ ni beradi va kerakli metama'lumotni (kanal, hudud, xizmat sohasi) bilan boyitadi.

2. **Tahlil agent** - oqimni qayta ishlaydi, fakt ajratadi va lokal repozitoriyga yozadi. Ko'p hollarda manba agent va tahlil agent bir tugunda birlashishi mumkin.

3. **Koordinator agent** - tizim darajasida registr/yo'naltirish/nazorat funksiyalarini bajaradi: kelgan so'rovlar bo'yicha qaysi agentlarda tegishli faktlar bo'lishi mumkinligini aniqlaydi, meta-faktlarni agregatsiya qiladi, monitoring va audit hisobotlarini shakllantiradi.

4. **Katalog/Registr agent** - "qaysi xizmat qaysi agentda", "qaysi identifikator qaysi servisga tegishli" kabi mosliklarni saqlaydi. Bu rol federativ muhitda (ko'p tashkilot tizimlari) ayniqsa muhim.

5. **Monitoring/Audit agent** - statuslar, SLA (Service Level Agreement) ko'rsatkichlari, murojaat ijrosi va dalillar (asoslar) izlarini yuritadi; bu rol koordinator agent tarkibida modul sifatida ham ishlashi mumkin.

Lokal faktlar repozitoriysi. Har bir agent uchun faktlar to'plami lokal repozitoriyda saqlanadi:

$$R_{a_i} = \{f \mid f.a = a_i\}. \quad (3)$$

Repozitoriy fakti nafaqat saqlaydi, balki uning hayot siklini ham boshqaradi: fakt ochilishi, atributlari yangilanishi, dalil bilan bog'lanishi va yakuniy holatga o'tishi (Close) repozitoriy amallari orqali amalga oshiriladi. Repozitoriy ma'lumotlarini amaliy jihatdan ikki qatlamda tasvirlash maqsadga muvofiq [8-9]:

- **Faktlar qatlami (Fact layer):** (2) formuladagi yozuvlari va ularning versiyalari;
- **Dalillar qatlami (Evidence layer):** hujjat/surat/skrinshet/to'lov holati/status yozuvlari kabi "isbot" ob'ektlari va ularning fakt bilan bog'lanishi (Link amali).

Meta-fakt va agregatsiya. Koordinator agent odatda barcha faktlarning to'liq nusxasini saqlashga majbur emas. Ko'p holatda tizim samaradorligi uchun koordinatorga quyidagilar yetarli bo'ladi: 1) faktlarning qisqa metama'lumoti (id, vaqt, soha, hudud, holat, agent), 2) indeks/registr bo'yicha yo'naltirish ma'lumoti. Shunda lokal repozitoriy tez yangilanadi, koordinator esa meta-faktlar asosida monitoring va keyingi qidiruv bosqichlarini tashkil etadi (asinxron agregatsiya).

2.3. Repozitoriy amallari: Insert/Link/Merge/Update/Close

2.1–2.2 bo'limlarda fakt modeli va lokal repozitoriy tushunchasi kiritildi. Endi faktlar repozitoriysi amaliy yuritish uchun minimal, lekin yetarli bo'lgan operatorlar to'plami aniqlanadi. Har bir a_i agent uchun R_{a_i} repozitoriy faktlarning hayot siklini boshqaradi va faktlar bilan bog'liq dalillarni izchil saqlashni ta'minlaydi. Ushbu ishda repozitoriy amallari quyidagi besh operator orqali formalizatsiya qilinadi [10]:

Insert – faktni kiritish. **Insert(f)** amali oqimdan ajratilgan yangi fakti repozitoriyga kiritadi. Mazkur amal idempotent bo'lishi talab etiladi: bir xil identifikatorli fakt takror kelganda repozitoriyda dublikat yozuv hosil bo'lmasligi kerak. Shuning uchun Insert amali amalda "kiritish yoki mavjudini qayta chaqirish" (upsert) ko'rinishida ishlaydi. Insert natijasida faktning boshlang'ich holati (status) va asosiy (τ , e , c) atributlari repozitoriyda qayd etiladi.

Link – faktni dalil bilan bog'lash. Ko'p sohalarida (xususan, elektron murojaatlar) faktning "asoslanganligi" dalillar bilan mustahkamlanadi: to'lov holati, abonent ma'lumoti, ish bajarilgan akt, foto/video, skrinshot, rasmiy javob xati va h.k. **Link(f, ev)** amali fakti dalil obyekt bilan bog'laydi, bu yerda ev – dalilning rekvizitlari (manba agenti, vaqt tamg'asi, hujjat turi, identifikator) majmuasidir. Link amali audit uchun muhim: dalil izlari "o'chirib yuborish" orqali emas, balki yangi versiya qo'shish orqali yuritilishi maqsadga muvofiq. Shu sababli Link repozitoriyda dalillar tarixini saqlashga mos tuziladi.

Update – atributlarni yangilash. **Update(f)** amali fakt atributlarini (c kontekst, q sifat bahosi, τ vaqt oralig'ining aniqlashtirilgan qiymati, mas'ul agent, status va h.k.) yangilaydi. Update'ning asosiy vazifasi – faktning hayot siklida paydo bo'ladigan yangi ma'lumotlarni repozitoriyda izchil aks ettirish. Masalan, murojaat faktida "yo'naltirildi", "javob olindi", "qayta yuborildi" kabi holatlar statuslar zanjiri bo'yicha yangilanadi; xizmat agentidan dalil kelganda qqq (ishonchlilik) oshirilishi mumkin.

Merge – takror yoki bo'linib ketgan faktlarni birlashtirish. Oqim muhitida bir hodisa bir nechta yozuv sifatida kelib tushishi yoki takrorlanishi mumkin. Masalan, murojaat bir nechta kanal orqali

yuboriladi yoki bir muammo bo'yicha qayta murojaat keladi; shuningdek, sensor/video oqimlarda hodisa bo'laklarga ajralishi mumkin. **Merge**(f_i, f_j) amali mazmunan bir-biriga yaqin (yoki aynan bir hodisaga tegishli) faktlarni bitta "konsolidatsiyalangan" faktga birlashtiradi. Merge amali quyidagi natijalarni beradi:

- yagona vaqt oralig'i – $\tau = \tau_i \cup \tau_j$ (zaruratga ko'ra),
- dalillar to'plamining birlashishi,
- statuslar tarixining tartiblangan birikmasi,
- dublikat/bo'lingan yozuvlarni kamaytirish.

Merge uchun amaliy shartlar keyingi 2.4 bo'limda invariantlar bilan birga aniqlashtiriladi (kontekst yaqinligi, vaqt oynasi, identifikator mosligi).

Close - faktni yakuniy holatga o'tkazish. Fakt hayot sikli yakunlanganda (masalan, murojaat hal qilingan, rad etilgan yoki yopilgan) **Close**(f) amali bajariladi. Close faktning keyingi "orqaga qaytish" siz yakuniy holatga o'tishini bildiradi. Bu amalda repozitорий faktni yakuniy statusga o'tkazadi, yakuniy vaqt tamg'asini belgilaydi va audit izlarini saqlab qoladi.

Operatorlar to'plamining roli. Keltirilgan operatorlar to'plami repozitорийni "oddiy saqlash joyi" dan "boshqariladigan fakt xotirasi"ga aylantiradi. Insert/Update oqimdan kelgan ma'lumotlarni izchil qayd etadi, Link faktni dalil bilan mustahkamlaydi, Merge takror va bo'linishni kamaytiradi, Close esa monitoring va tahlil uchun yakuniy holatni belgilaydi. Natijada repozitорий keyingi bosqichlarda tezkor indekslash va selektiv so'rov algoritmlari uchun tayanch axborot qatlamini yaratadi.

2.4. Yangilash qoidalari va invariantlar (Q1–Q4)

2.3-bo'limdagi operatorlar repozitорийda faktlarni inkremental yuritish imkonini beradi. Biroq ko'p agentli muhitda faktlar oqimi takrorlanishi, bo'linib kelishi yoki turli manbalardan kelgan dalillar bilan boyishi mumkin. Shu sababli repozitорий izchilligini saqlash uchun minimal invariantlar to'plami kiritiladi.

Q1. Idempotent kiritish (identifikatsiya invarianti). Agar bir xil fakt identifikatori bilan yozuv takror kelib tushsa, repozitорийda dublikat yozuv paydo bo'lmasligi kerak. Amaliy jihatdan bu Insert amali "upsert" tarzida ishlashini bildiradi:

- ididid mavjud bo'lsa → Update;
- mavjud bo'lmasa → Insert.

Bu invariant takror oqimlar (masalan, bir xil murojaatning qayta yuborilishi yoki qayta qabul qilinishi)da repozitорий o'lchamini nazorat qiladi.

Q2. Vaqt tartibi va yopilgandan keyin barqarorlik. Har bir fakt uchun $\tau = [t_s, t_e]$ vaqt interval mantiqan $t_s \leq t_e$ bo'lishi shart. **Close**(f) bajarilgach, faktning vaqt oralig'i "orqaga qaytib" kengaytirilmasligi lozim. Bu talab audit va hisobotlarda "yakuniy holat"ni qat'iy belgilash uchun zarur.

Q3. Holat monotonligi (status faqat oldinga). Workflow faktlarida (xususan, elektron murojaatlar) statuslar zanjiri faqat oldinga siljishi kerak: qabul qilindi → birlashtirildi → jarayonda → javob tayyor → yopildi (yoki rad etildi). Statusni orqaga qaytarish monitoring va statistik tahlilni buzadi. Shu sabab **Update**(status) amali faqat ruxsat etilgan o'tishlar (transition) to'plamiga muvofiq bajariladi.

Q4. Dalil izchiligi va audit izi. **Link**(f, ev) amali faktni dalil bilan bog'laganda dalil manbasi, vaqt tamg'asi, turi va identifikatori saqlanishi shart. Dalillarni "o'chirib yuborish" o'rniga versiyalash va tarixni saqlash tamoyili qo'llanadi. Bu yondashuv mas'ul ijrochining qarori qaysi dalillarga tayanib qabul qilinganini tekshirish imkonini beradi.

Shunday qilib, Q1–Q4 invariantlar operatorlar to'plamining to'g'ri ishlash shartlarini beradi va keyingi bosqichlarda selektiv so'rov hamda tezkor qidiruvni qurishda repozitорий sifatini kafolatlaydi.

2.5. Izchillik modeli va hisoblash murakkabligi (baholash)

Ko'p agentli muhitda R_{a_i} repozitорийlar lokal yuritiladi, ya'ni faktlar manbaga yaqin joyda tez yangilanadi. Tizim darajasida esa monitoring va qidiruv uchun koordinator agent meta-faktlar (id, vaqt, hodisa turi, hudud/soha, status, agent)ni agregatsiya qilishi mumkin. Bunday tashkil etishda izchillik amaliy jihatdan yakuniy izchillik (eventual consistency) tamoyiliga mos keladi: lokal repozitорийlar darhol yangilanadi, global agregatsiya esa asinxron tarzda moslashtiriladi.

Hisoblash nuqtayi nazaridan repozitорийdagi amallar indekslar bilan ta'minlangan deb qaraladi (masalan, vaqt bo'yicha B-tree yoki hash+time index). Shunda:

- **Insert/Update** amallari: $O(\log|R_{a_i}|)$;
- **vaqt oynasi bo'yicha qidiruv**: $O(\log|R_{a_i}| + k)$, bu yerda k – qaytariladigan faktlar soni;
- **Link** amali: dalilni alohida dalillar jadvaliga qo'shish orqali $O(\log|E_{a_i}|)$ (yoki amaliy $O(1)$ append) tarzida bajariladi;
- **Merge** amali odatda cheklangan vaqt oynasida ishlatiladi, shuning uchun amaliy baho $O(k \log|R_{a_i}|)$ ko'rinishida bo'ladi.

Ushbu baholar maqola doirasida “tezkor repozitriy yuritish”ning amaliy asosini beradi: Q1 (idempotent) dublikatlarni cheklaydi, Q3 (monotonic status) monitoringni soddalashtiradi, Q4 esa audit talablarini bajarishga xizmat qiladi.

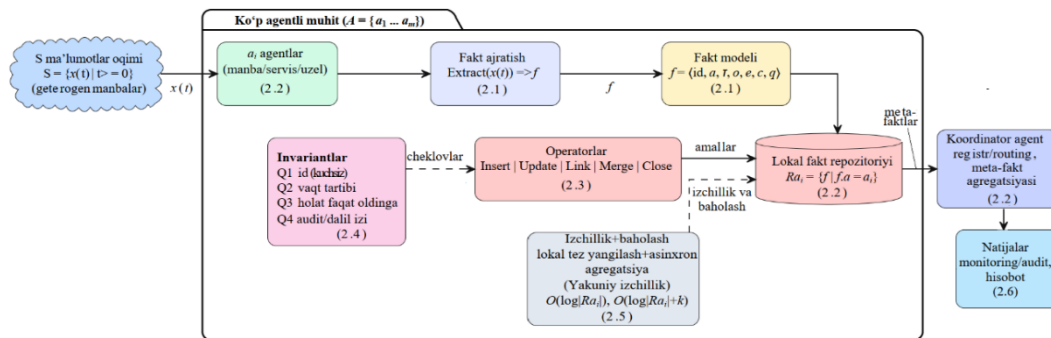
2.6. Amaliy moslashuv: elektron murojaatlar oqimi uchun konseptual moslik

Taklif etilgan fakt modeli va repozitriy operatorlari elektron murojaatlar oqimi uchun tabiiy tarzda mos keladi. Viloyat miqyosida (Samarqand misolida) murojaatlar odatda xizmat sohasi (kommunal, maishiy va b.), murojaat turi (taklif, shikoyat), hamda hudud (tuman/shahar) kesimida saralanadi. Bu kesimlar faktning kontekst atributlari ccc tarkibida formal tarzda ifodalanadi. Fuqaro yoki tashkilot bilan bog'lanish esa obyekt identifikatori ooo orqali beriladi (PINFL/INN/abonent ID va sh.k.).

Elektron murojaatni “ish jarayoni yozuvi” sifatida yuritish bilan bir qatorda, uni **fakt** ko'rinishida repozitriyda saqlash quyidagi foydalarni beradi:

1. murojaat bo'yicha dalillar (to'lov holati, bajarilgan ish akti, rasmiy javob) Link orqali tarix bilan bog'lanadi;
2. takror murojaatlarni Merge orqali konsolidatsiya qilish imkoniyati paydo bo'ladi;
3. statuslarning monoton yuritilishi (Q3) monitoring va hisobotlarni izchil qiladi;
4. koordinator agent meta-faktlar asosida umumiy nazorat va keyingi qidiruv bosqichlariga tayanch yaratadi.

Respublika miqyosidagi portal ekotizimlarida (MyGovUz kabi) ham aynan shu konsepsiya saqlanadi: portal koordinator rovida, turli idoralar va xizmat tashkilotlari esa xizmat agentlari rovida qaraladi. Natijada, fakt modeli geterogen va federativ muhitda “umumiy til” vazifasini bajarib, keyingi bosqichlarda indekslash va selektiv so'rov algoritmlarini tajriba-sinovdan o'tkazish uchun barqaror poydevor beradi.



2-rasm. Fakt-markazli model va repozitriy yuritish sxemasi

2-rasm ko'p agentli muhitda geterogen raqamli axborot oqimini “fakt” tushunchasi asosida qayta tashkil etish va faktlarni repozitriyda inkremental yuritishning umumiy sxemasini ko'rsatadi. Ma'lumotlar oqimi agentlar tomonidan qabul qilinib, dastlabki qayta ishlash orqali boshqaruv va nazorat uchun strukturalangan birlikka keltiriladi.

Sxemaning markazida fakt ajratish jarayoni turadi: oqimdagi axborot mazmuniy jihatdan ajratilib, hodisa turi, obyektga taalluqlilik, vaqt, manba agent, kontekst va sifat bahosi kabi atributlar bilan standart fakt shakliga o'tkaziladi. Bu turli manbalardan keladigan oqimlarni yagona tuzilma orqali ifodalashga, monitoring va auditni bir xillashishga xizmat qiladi.

Ajratilgan faktlar lokal repozitriyda saqlanadi va operatorlar (kiritish, yangilash, dalil bog'lash, birlashtirish, yopish) orqali hayot sikli boshqariladi: fakt boyitiladi, dublikatlar konsolidatsiya qilinadi va yakunda yopiladi. Operatorlar invariantlar bilan cheklanadi - takror kiritish oldi olinadi, vaqt tartibi saqlanadi, holatlar faqat oldinga o'tadi, audit/dalil izlari yo'qolmaydi; bu huquqiy ahamiyatli jarayonlarda ishonchlilikni oshiradi.

Izchillik bloki faktlarning lokal tez yangilanishi va koordinator darajasida asinxron agregatsiyani asoslaydi. Koordinator agent meta-faktlarni yig'ib, registr/routing hamda monitoring/audit uchun konsolidatsiyalangan natijalarni shakllantiradi va tizim darajasida yagona nazorat mexanizmini ta'minlaydi.

Tajriba-sinov ishi. Taklif etilgan fakt-markazli yondashuvni amaliy tekshirish maqsadida ochiq NYC 311 murojaatlar oqimi [11] dan 20000 ta yozuv tanlab olinib, oqim yozuvlari fakt ko'rinishiga keltirildi va agent repozitriyida Insert/Link/Merge/Close operatorlari orqali inkremental yuritildi. Sinov natijasida 13681 ta yozuv konsolidatsiya qilinib, repozitriyda 6319 ta yakuniy fakt shakllandi, bu xom oqim hajmiga nisbatan 68.41% qisqarishni anglatadi (1-jadval). Bundan tashqari, 19544 ta holatda rezolyutsiya tavsifi dalil sifatida fakt bilan bog'landi (Link), bu audit va isbotlilik talablarini qo'llab-quvvatlash imkonini beradi. Ushbu demonstratsiya faktlarni repozitriyda yuritish va dalil izlarini birlashtirish mexanizmlarining

ishlashga yaroqliligini ko'rsatadi hamda keyingi bosqichlarda indekslash va selektiv so'rovni qurish uchun poydevor yaratadi.

1-jadval. Prototip sinovi natijalari (ochiq NYC 311 murojaatlar oqimi, N=20000)

Ko'rsatkich	Qiymat
Xom oqim yozuvlari soni	20000
Repozitoriydagi faktlar soni	6319
Konsolidatsiya (Merge) soni	13681
Dalil bog'lash (Link) soni	19544
Insert soni	20000
Update soni	0
Close soni	6319
Qisqarish (data reduction), %	68.41

3 XULOSA

Mazkur maqolada ko'p agentli muhitda raqamli axborot oqimini fakt-markazli formal model orqali ifodalash va faktlarni repozitoriyda inkremental yuritish yondashuvi taklif etildi. Agent darajasida lokal fakt repozitoriyi va uni boshqaruvchi Insert/Link/Merge/Update/Close operatorlari aniqlashtirildi, repozitoriy izchilligini ta'minlovchi Q1–Q4 invariantlar kiritildi. Ochiq murojaatlar oqimi misolida o'tkazilgan prototip sinovi repozitoriyda faktlarni yuritish va konsolidatsiya mexanizmi amalda ishlashini ko'rsatdi: 20000 ta oqim yozuvi 6319 ta faktga konsolidatsiya qilinib, 68.41% hajm qisqarishiga erishildi, dalillar bog'lash amali esa 19544 holatda bajarildi (1-jadval). Natijalar taklif etilgan yondashuv monitoring/audit va dalilga asoslangan boshqaruv uchun amaliy poydevor bo'lishini tasdiqlaydi. Keyingi ishlarda koordinator agent darajasida selektiv so'rov va tezkor indekslash algoritmlarini ishlab chiqish hamda real joriy etish obyektlarida (viloyat murojaat platformasi va xizmat agentlari) sinovdan o'tkazish rejalashtirilgan.

ADABIYOTLAR

- [1] O'zbekiston Respublikasi. "Jismoniy va yuridik shaxslarning murojaatlari to'g'risida"gi Qonun (O'RQ-445), 11.09.2017. Elektron manba: <https://lex.uz/docs/-3336169>.
- [2] O'zbekiston Respublikasi. "Elektron hukumat to'g'risida"gi Qonun (O'RQ-395), 09.12.2015. Elektron manba: <https://lex.uz/docs/-2833860>.
- [3] O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi. "Yagona interaktiv davlat xizmatlari portali to'g'risida nizom" (VMQ-728), 15.09.2017. Elektron manba: <https://lex.uz/docs/-3353186>.
- [4] O'zbekiston Respublikasi. "Shaxsga doir ma'lumotlar to'g'risida"gi Qonun (O'RQ-547), 02.07.2019. Elektron manba: <https://lex.uz/docs/-4396419>.
- [5] Weiss G. (ed.). Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence. Cambridge, MA: MIT Press, 1999.
- [6] Decker K.S., Lesser V.R. Generalizing the Partial Global Planning Algorithm. International Journal of Intelligent Cooperative Information Systems, 1992, 1(2), pp. 319–346.
- [7] Ontuzheva G.A., Antamoshkin O.A. Modeling the resource management system of a heterogeneous distributed information processing system based on the multi-agent approach. Vestnik SibGAU, 2016, Vol. 17(3), pp. 602–610.
- [8] Bezgubova Yu.O. Multi-agent management of distributed information flows. European Researcher, 2012, Vol. (36), No. 12-1, pp. 2166–2170.
- [9] Tseng C.-H., Hsieh C.-C., Jwo D.-J., Wu J.-H., Sheu R.-K., Chen L.-C. Person Retrieval in Video Surveillance Using Deep Learning Based Instance Segmentation. Journal of Sensors, 2021, Article ID 9566628, 12 p. <https://doi.org/10.1155/2021/9566628>.
- [10] Kelly P., Ó Conaire C., O'Connor N.E. Exploiting contextual data for event retrieval in surveillance video. Proc. ACM CIVR'09, 2009. <https://doi.org/10.1145/1646396.1646437>.
- [11] NYC 311 murojaatlar oqimi. https://data.cityofnewyork.us/Social-Services/311-Service-Requests-from-2020-to-Present/erm2-nwe9/about_data.

Поступила в редакцию 29.09.2025

Citation: Xujamberdiyev D.E., Mamaraufov O.A. (2026). Ko'p agentli tizimlarda raqamli axborot oqimi uchun fakt-markazli formal model va repozitoriyni yangilash qoidalari. Raqamli texnologiyalarning nazariy va amaliy masalalari xalqaro jurnali. 9(1). – B. 117-123. <https://doi.org/10.62132/ijdt.v9i1.334>.

FACT-CENTRIC FORMAL MODEL AND RULES FOR INCREMENTAL UPDATING OF A REPOSITORY FOR DIGITAL INFORMATION FLOWS IN MULTI-AGENT SYSTEMS

Khujamberdiev D.E.¹, Mamaraufov O.A.¹

¹ Samarkand Branch of Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi, Samarkand, Uzbekistan

Abstract. This paper proposes a fact-centric formal model and an incremental maintenance approach for a fact repository to represent heterogeneous digital information streams in a multi-agent environment. The approach covers fact extraction from streams, maintaining a local repository at the agent level, and controlling the fact life cycle via repository operators (insert, update, evidence linking, merge, and close). To ensure repository consistency and verifiability, invariants are introduced for idempotent insertion, temporal ordering, forward-only state transitions, and preservation of audit/evidence traces. In a prototype experiment on an open public-requests stream, 20,000 records were consolidated into 6,319 final facts, yielding a 68.41% data reduction; in 19,544 cases, a resolution description was linked to facts as evidence. The results indicate that the approach provides a practical foundation for monitoring/audit and subsequent indexing and retrieval stages.

Keywords: multi-agent systems, digital information streams, fact-centric analysis, formal model, fact repository, incremental maintenance, evidence linking, consolidation (merge), monitoring and audit, electronic appeals/requests.

ФАКТ-ЦЕНТРИЧЕСКАЯ ФОРМАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ И ПРАВИЛА ИНКРЕМЕНТАЛЬНОГО ОБНОВЛЕНИЯ РЕПОЗИТОРИЯ ДЛЯ ЦИФРОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ В МНОГОАГЕНТНЫХ СИСТЕМАХ

Хужамбердиев Д.Э.¹, Мамарауфов О.А.¹

¹ Самаркандский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хорезми, Самарканд, Узбекистан

Аннотация. В статье предлагаются факт-центрическая формальная модель и подход к инкрементальному ведению репозитория фактов для представления гетерогенных цифровых информационных потоков в многоагентной среде. Подход охватывает выделение фактов из потоковых данных, ведение локального репозитория на уровне агента и управление жизненным циклом факта с помощью операторов репозитория (вставка, обновление, связывание доказательств, объединение и закрытие). Для обеспечения согласованности и проверяемости репозитория вводятся инварианты: идемпотентная вставка, временной порядок, переходы состояний только вперед, а также сохранение следов аудита/доказательств. В прототипном эксперименте на открытом потоке обращений 20 000 записей были консолидированы в 6 319 итоговых фактов, что обеспечило сокращение объема данных на 68,41%; в 19 544 случаях описание результата (resolution) было связано с фактами в качестве доказательства. Полученные результаты показывают, что подход формирует практическую основу для мониторинга/аудита и последующих этапов индексирования и поиска.

Ключевые слова: многоагентные системы, цифровые информационные потоки, факт-центрический анализ, формальная модель, репозиторий фактов, инкрементальное ведение, связывание доказательств, консолидация (merge), мониторинг и аудит, электронные обращения.