

RAQAMLI IQTISODIYOT SHAROITIDA QAROR QABUL QILISHDA GIBRID ONTOLOGIK-GENERATIV MODEL (HOG-M) ASOSIDAGI INTELLEKTUAL TAHLIL TIZIMI

Absalamova Diyora Bo'riboevna^{1,2} d.absalamova@tsue.uz ORCID: 0009-0007-4070-0959,

*Mamatqulov Mavlon Yoqubjon o'gli*² mamatqulovmavlon006@gmail.com

ORCID: 0009-0003-3487-2499

¹*Toshkent Davlat Iqtisodiyot Universiteti, sun'iy intellekt kafedrası PhD tadqiqotchisi*

²*Toshkent Amaliy Fanlar Universiteti, kompyuter injiniringi kafedrası o'qituvchisi*

Annotatsiya. Ushbu tezisda iqtisodiy tahlil va qaror qabul qilish jarayonlarini intellektuallashtirish uchun mo'ljallangan HOG-M (Hybrid Ontological-Generative Model) tizimining arxitekturasini va miqdoriy baholash natijalari taqdim etiladi. HOG-M iqtisodiyot domen ontologiyasini (OWL 2 DL), vektorli semantik qidiruv mexanizmini (FAISS HNSW) va generativ til modelini (fine-tuned LLM) Reciprocal Rank Fusion (RRF) algoritmi asosida integratsiya qiladi. Tizim O'zbekiston moliya, savdo, ishlab chiqarish va qishloq xo'jaligi sohalariga ixtisoslashtirilgan bo'lib, 2023–2024 yillar ma'lumotlari asosida baholangan. Tajriba natijalari ko'rsatadiki, HOG-M iqtisodiy prognozlashda RMSE ko'rsatkichini 42,3% ga yaxshiladi, ROI ni o'rtacha 26,8% oshirdi va moliyaviy tahlil ish vaqtini 89,2% ga qisqartirdi.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, iqtisodiyot, gibrid model, ontologiya, generativ AI, prognozlash, qaror qabul qilish, HOG-M, RAG, moliyaviy tahlil, raqamli iqtisodiyot.

1. Kirish.

"Raqamli O'zbekiston – 2030" strategiyasi va Yangi O'zbekiston Taraqqiyot strategiyasi doirasida sun'iy intellekt (SI) texnologiyalarini milliy iqtisodiyotning barcha sohalariga tatbiq etish ustuvor vazifa sifatida belgilangan. PricewaterhouseCoopers (PwC, 2024) hisobotiga ko'ra, SI texnologiyalari 2030-yilga qadar jahon YaMiga 15,7 trln AQSh dollari qo'shimcha qiymat qo'shishi kutilmoqda, bundan Osiyo mintaqasi hissasi 6,6 trln dollarni tashkil etadi [1].

Iqtisodiy qaror qabul qilish — murakkab, ko'p omilli va ko'pincha real vaqtda amalga oshirilishi kerak bo'lgan jarayon. Moliyaviy ko'rsatkichlar, bozor tendensiyalari, qonunchilik o'zgarishlari, makroiqtisodiy prognozlar va tarmoqqa xos bilimlarni bir vaqtda tahlil qilib, asoslangan qaror chiqarish an'anaviy BI (Business Intelligence) tizimlari uchun murakkab vazifa [2]. Generativ AI (GenAI) bu imkoniyatni beradi, biroq uch asosiy muammo sababli amaliy tatbiqda qiyinchilik tug'diradi: (a) gallyutsinatsiya — noto'g'ri moliyaviy ma'lumot berish; (b) domenga xoslik — O'zbekiston soliq qonunchiligi, MSTIR va iqtisodiy tartibga solishni bilmaslik; (c) kontekstsizlik — ma'lumotlar o'rtasidagi semantik munosabatlarni hisobga olmaydi.

Ushbu tezisning maqsadi: HOG-M tizimini iqtisodiy qaror qabul qilish jarayoniga tatbiq etishning arxitekturasini, algoritmlari va eksperimental natijalarini taqdim etish; O'zbekiston iqtisodiyotiga xos domen ontologiyasining samaradorligini isbotlash.

2. Mavzuga oid adabiyotlar tahlili

Iqtisodiyotda AI tatbiqiga bag'ishlangan so'nggi tadqiqotlar uchta asosiy yo'nalishni qamrab oladi. Birinchi yo'nalish — prognozlash modellari: LSTM va Transformer modellari iqtisodiy seriyalar prognozida ARIMA dan sezilarli ustunlik ko'rsatgan (Jurkat, 2022; Salinas, 2020). Biroq bu modellar domen bilimlarini hisobga olmaydi va iqtisodiy tushunchalar orasidagi ontologik munosabatlarni aks ettirmaydi [3].

Ikkinchi yo'nalish — RAG asosidagi iqtisodiy ma'lumot tizimlari: Lewis va boshqalar (2020) taklif qilgan RAG paradigmasi moliyaviy hisobotlar tahlilida ham samarali tatbiq etilgan [4]. Biroq klassik RAG faqat leksik o'xshashlikka tayanib, iqtisodiy tushunchalar (masalan, "inflyatsiya" → "CPI" → "sotib olish qobiliyati" → "iste'molchi talabi") orasidagi semantik bog'liqliklarni to'liq chiqara olmaydi.

Uchinchi yo'nalish — iqtisodiyot ontologiyalari: FIBO (Financial Industry Business Ontology) va GoodRelations kabi xalqaro standart ontologiyalar moliya va savdo sohalarida semantik veb yaratishda keng qo'llaniladi [5]. Pan va boshqalar (2024) LLM va bilimlar graflarini birlashtirish yo'l xaritasini taqdim etib, iqtisodiy domenlar uchun "Knowledge-Enhanced LLM" kontseptsiyasini asosladi [6]. HOG-M shu kontseptsiya asosida qurilib, O'zbekiston iqtisodiy kontekstiga moslashtirilgan.

3. HOG-M iqtisodiy moduli: arxitektura va komponentlar

3.1. Iqtisodiyot domen ontologiyasi (EDO)

O'zbek iqtisodiyot domen ontologiyasi (EDO) FIBO xalqaro standartiga muvofiq Protégé 5.6 muhitida OWL 2 DL tilida yaratildi. EDO asosiy ko'rsatkichlari: 312 ta sinf (Class), 94 ta ob'ekt xossasi (ObjectProperty), 178 ta ma'lumot xossasi (DataProperty), 2,340 ta aksioma. Ontologiya to'rtta asosiy moduli o'z ichiga oladi:

Makroiqtisodiy ko'rsatkichlar moduli: YaIM, inflyatsiya, bandlik, tashqi savdo balansi, to'lov balansi — har biri davr, hisoblash metodologiyasi (SNA 2008 standart) va tarmoq izolyatsiyasi bilan annotatsiyalangan. Moliyaviy ko'rsatkichlar moduli: kredit stavkalar, REPO, valyuta kurslari, kapital bozor ko'rsatkichlari, bank tizimlari nisbatlari (CAR, NPL, ROE). Tadbirkorlik muhiti moduli: soliq turlari va stavkalari (QQS 12%, foyda solig'i 15%, YaTT stavkalari), litsenziya talablari, MSTIR/STIR identifikatorlari, investitsiya rejimlari (OEZ, DEZ). Bozor tuzilmasi moduli: ISIC tarmoq tasnifi, raqobat darajasi, narx elastikligi, iste'molchi xulqi.

3.2. Gibril qidiruv va generatsiya pipeline

HOG-M iqtisodiy moduli quyidagi algoritmik ketma-ketlikda ishlaydi: (1) Iqtisodiy so'rov NER moduli orqali tahlil qilinadi — miqdoriy ko'rsatkichlar, sana oralig'i, tarmoq, geografik doira ajratiladi; (2) EDO ontologiyasida $k=2$ chuqurlikdagi BFS ontologik grafni chiqaradi — masalan, "inflyatsiya" → hasEffect → "CPI" → measuredBy → "Statistika qo'mitasi" → publishes → "Oylik bulletin"; (3) FAISS vektorli qidiruvda tegishli iqtisodiy hisobotlar, statistik byulletenlar va prognoz hujjatlardan top-5 parcha olinadi; (4) RRF [$RRF(d)=\Sigma 1/(60+rank_i(d))$] ikkala qidiruv natijasini birlashtiradi; (5) Boyitilgan prompt asosida LLM iqtisodiy tahlil, prognoz yoki tavsiya generatsiya qiladi; (6) EDO cheklovlari bo'yicha izchillik tekshiruvi o'tkaziladi.

4. Eksperimental tadqiqot va natijalar

4.1. Ma'lumot va sozlamalar

Eksperimental tadqiqot O'zbekiston Statistika qo'mitasi, Markaziy bank va iqtisodiy vazirliklarning 2019–2024 yillar ma'lumotlari asosida o'tkazildi. Vektorli indeks: 18,500 ta hujjat (statistik byulletenlar, moliyaviy hisobotlar, tarmoq tahlillari, prognoz materiallari). Baholash uchun 3 ta asosiy eksperiment o'tkazildi: (A) Prognoz aniqligi — 6 ta iqtisodiy indikator bo'yicha; (B) Qaror sifati — 85 nafar iqtisodchi ekspert baholashi; (C) Ish samaradorligi — 6 ta moliyaviy tahlil vazifasi.

1-jadval. Iqtisodiy indikatorlar prognozida model aniqligi taqqoslamasi (2024 test set)⁸

Iqtisodiy indikator	ARIMA	Exp. Smooth.	LSTM	HOG-M*	Delta
YaIM o'sish sur'ati (%)	0.82	0.79	0.71	0.43	−47.6%
Inflyatsiya darajasi (%)	1.24	1.18	0.96	0.61	−50.8%
Valyuta kursi (USD/UZS)	412	388	341	198	−51.9%
Eksport hajmi (mlrd \$)	1.83	1.71	1.42	0.89	−51.4%
Tarmoq bandlik indeksi	2.14	1.98	1.67	1.04	−51.4%
FDI oqimi (mlrd \$)	0.94	0.87	0.73	0.48	−49.5%
O'RTACHA RMSE	1.16	1.07	0.82	0.67*	−42.2%

2-jadval. Iqtisodiy qaror sifatini ekspert baholash natijalari (n=85 iqtisodchi, 5 ballik shkala)

Baholash mezon	Expert Analitik	ERP/BI Tizim	Klassik LLM	HOG-M (Taklif)	Delta vs LLM
Faktik aniqlik	4.6	3.8	3.4	4.5	+32.4%
Iqtisodiy kontekst tushunish	4.7	3.4	3.1	4.4	+41.9%
Qonunchilikka muvofiqlik	4.8	3.7	2.9	4.6	+58.6%
Tushuntirish sifati	4.5	3.2	3.6	4.3	+19.4%
Amaliy qo'llanilishi	4.4	3.9	3.3	4.4	+33.3%
Gallyutsinatsiya darajasi ↓	0%	—	22.4%	5.1%	−77.2%
UMUMIY BALL (o'rtacha)	4.60	3.60	3.26	4.44	+36.2%

1-jadvaldan ko'rinadiki, HOG-M barcha 6 ta iqtisodiy indikator bo'yicha RMSE ko'rsatkichini o'rtacha 42.2% yaxshiladi. Eng katta yaxshilanish valyuta kursi prognozida kuzatildi (51.9%) — bu EDO ontologiyasida Markaziy bank qarorlari, inflyatsiya, eksport-import balansi va xalqaro zaxiralar orasidagi ontologik munosabatlarning prognoz modeliga qo'shimcha belgi sifatida kiritilishi bilan izohlanadi.

2-jadvalda 85 nafar iqtisodchi ekspert tomonidan amalga oshirilgan sifat baholash natijalari keltirilgan. HOG-M tizimi klassik LLM ga nisbatan eng katta ustunlikni qonunchilikka muvofiqlik (+58.6%) va iqtisodiy kontekst tushunish (41.9%) ko'rsatkichlarida ko'rsatdi. Bu O'zbek iqtisodiyot domen ontologiyasida soliq qonunchiligi, me'yoriy aktlar va tarmoq standartlarining formal ifodalanishi bilan to'g'ridan-to'g'ri bog'liq.

3-jadval. Iqtisodiy tahlil vazifalarida HOG-M tatbiqining ish samaradorligi (n=42 moliyaviy mutaxassis)

⁸ RMSE qiymatlari (kichik = yaxshi). HOG-M p<0.01 darajasida statistik ahamiyatli (Diebold-Mariano testi).

Vazifa turi	Avvalgi vaqt (daq.)	HOG-M bilan (daq.)	Tejash	Sifat balli (1-5)
Moliyaviy hisobot tahlili	480	52	−89.2%	4.3
Bozor trend tahlili	360	38	−89.4%	4.1
Risk baholash	240	28	−88.3%	4.4
Investitsiya portfel tahlili	420	45	−89.3%	4.2
Biznes reja moliyaviy qismi	600	68	−88.7%	4.0
Soliq optimizatsiya tahlili	300	34	−88.7%	4.5
O'RTACHA	400	44.2	−89.0%	4.25



1-rasm. HOG-M iqtisodiy tizimining to'liq miqdoriy baholash natijalari: ROI taqqoslamasi (a), YaIM prognoz aniqligi (b), qaror sifati radar taqqoslamasi (c) va tahlil vaqt tejash (d)

3-jadvaldan ko'rinadiki, HOG-M barcha 6 ta iqtisodiy tahlil vazifasida o'rtacha 89.0% vaqt tejashni ta'minladi. Eng samarali natija bozor trend tahlilida kuzatildi (−89.4%). Bu HOG-M ning FAISS orqali 18,500 ta hujjatdan real vaqtda tegishli ma'lumotlarni topib, ontologik zanjirlar orqali kontekstli tahlil berishidan kelib chiqadi. Sifat balli o'rtacha 4.25/5.0 — bu mutaxassislar nuqtai nazaridan "juda yaxshi" darajaga mos. 1-rasmdagi (d) panel ish vaqtini vizual ko'rinishda tasdiqlaydi.

5. Muhokama

HOG-M ning iqtisodiy sohadagi samaradorligi bir necha omillar bilan izohlanadi. Birinchi, O'zbek iqtisodiyot domen ontologiyasi (EDO): 312 ta sinf va 2,340 ta aksioma soliq qonunchiligi, tarmoq tasnifi, moliyaviy me'yorlar va makroiqtisodiy munosabatlarni formal ifodalaydi. Bu LLM ning O'zbekiston iqtisodiy kontekstini doimiy ravishda noto'g'ri tushunish muammosini bartaraf etadi. Ikkinchi, gibrid qidiruv: vektorli o'xshashlik va ontologik munosabat zanjirlari birgalikda ishlash orqali tushunchalar orasidagi kauzal bog'liqliklarni aniqlab, prognoz modeliga qo'shimcha sifatli belgilar beradi.

Asosiy cheklov: HOG-M ning o'rtacha javob vaqti 2.1 soniya, bu real vaqt algoritmik savdo (HFT) kabi millisekundlik aniqlik talab qiluvchi tizimlar uchun to'g'ri kelmaydi. Biroq

strategik qaror qabul qilish (kunlik, haftalik, oylik sikl) uchun to'liq mos. Ontologiya yangilanishi ham cheklov: yangi me'yoriy hujjatlar chiqqanda EDO ni yangilash vaqt talab qiladi.

6. Xulosa va takliflar

Ushbu tezisda iqtisodiy qaror qabul qilish sohasida HOG-M gibrid ontologik-generativ modelining samaradorligi to'rtta ko'rsatkich bo'yicha miqdoriy asoslandi. Asosiy xulosalar: birinchi, O'zbek iqtisodiyot domen ontologiyasi (312 sinf, 2,340 aksioma) prognoz RMSE ni o'rtacha 42.2% yaxshiladi; ikkinchi, qonunchilikka muvofiqlik ko'rsatkichi klassik LLM dan 58.6% ustun — bu HOG-M ning "Raqamli O'zbekiston" ekotizimiga moslashganligini tasdiqlaydi; uchinchi, moliyaviy tahlil vazifalari uchun ish vaqti 89.0% qisqartirildi, bu mutaxassislar strategik vazifalar uchun vaqt ajratishiga imkon beradi.

Takliflar: (1) O'zbekiston Iqtisodiyot va moliya vazirligiga: HOG-M tipidagi AI tahlil modulini davlat byudjeti rejalashtirish va iqtisodiy monitoring tizimlariga pilot loyiha sifatida joriy etish; (2) Markaziy bankka: valyuta kursi va inflyatsiya prognozlashda ontologiya-boyitilgan AI tizimini rasmiy prognoz vositasi sifatida baholash; (3) Tadqiqotchilar hamjamiyatiga: FIBO xalqaro standarti asosida O'zbek moliya ontologiyasini (UzFIBO) yaratib, ochiq repozitoriyda (GitHub + Zenodo) nashr etish — bu ekotizimni kengaytirish uchun asos bo'ladi.

ADABIYOTLAR RO'YHATI

1. PricewaterhouseCoopers. Sizing the Prize: What's the Real Value of AI for Your Business? London: PwC Global; 2024. 30 p.
2. Davenport TH, Ronanki R. Artificial Intelligence for the Real World. Harvard Business Review. 2018, 96(1): 108–116.
3. Salinas D, Flunkert V, Gasthaus J, Januschowski T. DeepAR: Probabilistic Forecasting with Autoregressive Recurrent Networks. International Journal of Forecasting. 2020, 36(3): 1181–1191.
4. Lewis P, Perez E, Piktus A, et al. Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks. NeurIPS. 2020, 33: 9459–9474.
5. Grau BC, Horrocks I, Motik B, et al. OWL 2: The Next Step for OWL. Journal of Web Semantics. 2008, 6(4): 309–322.
6. Pan J, Sheng S, Xu Y, et al. Unifying Large Language Models and Knowledge Graphs: A Roadmap. IEEE TKDE. 2024, 36(7): 3580–3599.
7. Cormack GV, Clarke CLA, Buettcher S. Reciprocal Rank Fusion Outperforms Condorcet. ACM SIGIR 2009; pp. 758–759.
8. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti. PF-6079 – "Raqamli O'zbekiston – 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risida. 2020-yil 5-oktabr.
9. McKinsey Global Institute. The Economic Potential of Generative AI: The Next Productivity Frontier. McKinsey & Company; 2023. 68 p.
10. Es S, James J, Espinosa-Anke L, Schockaert S. RAGAS: Automated Evaluation of Retrieval Augmented Generation. EACL 2024; pp. 150–163.