ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -3

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 3

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

RESURSI CHEKLANGAN O‘ZBEK-TURKMAN TILLARI JUFTLIGIDA INFORMATIKA DARSLIKLARINI NEYRON TARJIMA QILISH: MT5 MODELI MISOLIDA

Rajabova Sabina To‘lqin qizi
Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch Davlat Universiteti
E-mail: rajabovasabina@gmail.com
Raximboyev Xikmat Jumanazarovich
Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch Davlat Universiteti
E-mail: hikmatbek75@yandex.ru

Annotatsiya. Ushbu maqolada o‘zbek va turkman tillari o‘rtasidagi raqamli resurslar taqchilligi muammosini hal etish hamda ta’lim sohasidagi texnik matnlarni avtomatik tarjima qilish masalalari tadqiq etilgan. Tadqiqot doirasida 5-11-sinf informatika darsliklari asosida 11 000 ta unikal parallel gapdan iborat ixtisoslashtirilgan o‘zbekcha-turkmancha korpus yaratildi. Ushbu korpus Google kompaniyasining ko‘p tilli mT5 (Multilingual T5) arxitekturasi bazasida fine-tune (sozlash) qilindi. Tajriba natijalari shuni ko‘rsatdiki, resurs hajmi nisbatan kichik bo‘lishiga qaramay, AKT sohasiga oid terminologik qoliplar va sintaktik tuzilmalar yuqori aniqlikda o‘zlashtirildi. Model sifati BLEU va chrF++ metrikalarida baholandi va umumiy maqsadli onlayn tarjimonlar bilan solishtirildi.

Kalit so‘zlar: Tabiiy tilni qayta ishlash (NLP), mashinali tarjima, parallel korpus, mT5 modeli, informatika darsliklari, kam resursli tillar, Fine-tuning.

Abstract. This paper addresses the scarcity of digital resources between the Uzbek and Turkmen languages and investigates the automatic translation of technical texts within the educational domain. As part of the research, a specialized Uzbek-Turkmen parallel corpus consisting of 11,000 unique sentences was developed based on 5th–11th-grade computer science textbooks. This corpus was used to fine-tune Google’s multilingual mT5 (Multilingual T5) architecture. Experimental results demonstrate that despite the relatively small size of the resource, the model achieved high accuracy in learning terminological patterns and syntactic structures specific to the ICT sector. The model's performance was evaluated using BLEU and chrF++ metrics and compared against general-purpose online machine translation systems.

Keywords: Natural Language Processing (NLP), machine translation, parallel corpus, mT5 model, computer science textbooks, low-resource languages, fine-tuning.

Аннотация. В данной статье рассматривается проблема нехватки цифровых ресурсов между узбекским и туркменским языками, а также исследуются вопросы автоматического перевода технических текстов в сфере

образования. В рамках исследования на основе учебников по информатике для 5–11 классов был создан специализированный узбекско-туркменский параллельный корпус, состоящий из 11 000 уникальных предложений. Данный корпус был использован для тонкой настройки (fine-tune) многоязычной архитектуры mT5 (Multilingual T5) от компании Google. Результаты экспериментов показали, что, несмотря на относительно небольшой объем ресурса, терминологические шаблоны и синтаксические структуры в области ИКТ были усвоены с высокой точностью. Качество модели оценивалось с помощью метрик BLEU и chrF++, а также сопоставлялось с онлайн-переводчиками общего назначения.

Ключевые слова: Обработка естественного языка (NLP), машинный перевод, параллельный корпус, модель mT5, учебники по информатике, малоресурсные языки, тонкая настройка.

I. KIRISH.

Hozirgi kunda sun’iy intellekt va tabiiy tilni qayta ishlash (NLP) texnologiyalari jahon miqyosida jadal rivojlanmoqda. Biroq, tillarning raqamli dunyodagi ulushi bir xil emas. Ingliz, ispan yoki xitoy tillari yirik matnli resurslarga (high-resource) ega bo‘lgan bir paytda, Markaziy Osiyo xalqlari tillari, xususan o‘zbek va turkman tillari o‘rtasidagi raqamli resurslar, ayniqsa parallel korpuslar hanuzgacha yetarli darajada shakllanmagan (low-resource).

O‘zbek va turkman tillari Turkiy tillar oilasining turli guruhlariga (O‘g‘uz va Qarluq-Xorazm) mansub bo‘lsa-da, ularning tipologik va grammatik qurilishi (agglyutinativlik, gap oxirida kesimning kelishi – SOV qolipi) bir-biriga juda yaqin. Ushbu yaqinlik mashinali tarjima modellarini o‘qitishda cross-lingual transfer (tillararo bilim ko‘chirish) usullaridan samarali foydalanishga zamin yaratadi.

Ushbu tadqiqotning dolzarbligi ta’lim tizimini raqamlashtirish va darsliklarni qardosh tillarga tezkor hamda sifatli tarjima qilish zarurati bilan belgilanadi. Maqolada 5-11-sinf informatika darsliklari asosida o‘zbekcha-turkmancha ixtisoslashgan parallel korpus yaratish bosqichlari va ushbu ma’lumotlar bazasining mT5 neyron modeli transfer learning imkoniyatlariga ta’siri yoritiladi.

TADQIQOTLAR.

Neyron mashinali tarjima (NMT) sohasida Transformer arxitekturasining paydo bo‘lishi (Vaswani et al., 2017) tarjima sifatini tubdan o‘zgartirdi. Resursi kam tillar uchun esa Google tomonidan taqdim etilgan mT5 (Multilingual T5) modeli (Xue et al., 2021) "matndan-matnga" (text-to-text) konsepsiyasi asosida bir nechta vazifalarni, jumladan tarjimani ham muvaffaqiyatli bajarib kelmoqda.

ISSN 3030-3907

Turkiy tillar bo‘yicha NLP tadqiqotlarida asosan turk, ozarbayjon va qozoq tillariga urg‘u berilgan. O‘zbek-turkman tili juftligi uchun parallel matnlar va tarjima modellarini yaratish bo‘yicha tizimli ilmiy ishlar deyarli mavjud emas. Ko‘p tilli yirik modellar (masalan, Meta NLLB-200 yoki Google Translate) ushbu tillarni qo‘llab-quvvatlasada, ular informatika kabi tor sohalarga ixtisoslashmaganligi sababli ko‘pincha terminologik xatoliklarga yo‘l qo‘yadi.

METODOLOGIYA VA PARALLEL KORPUS YARATISH.

Tadqiqotning eng muhim amaliy qismi - o‘rta maktab darsliklari asosida parallel matnlarni yig‘ish va ularga ishlov berish hisoblanadi.

1. Ma’lumotlarni yig‘ish va raqamlashtirish

O‘zbekiston va Turkmaniston umumta’lim maktablarining 5-11-sinflari uchun mo‘ljallangan “Informatika va axborot texnologiyalari” darsliklarining elektron (PDF) versiyalari yig‘ildi. Matnlarni ajratib olishda dasturlash kodlari, matematik formulalar va grafik elementlar ajratib tashlandi yoki maxsus tokenlar bilan belgilandi.

2. Gaplarni moslashtirish (Sentence Alignment)

Ajratib olingan matnlar paragraflar va gaplar darajasida bo‘laklandi. O‘zbekcha va turkmancha gaplarni bir-biriga juftlash (alignment) jarayoni yarim-avtomatlashtirilgan usulda amalga oshirildi. Dastlab *Hunalign* vositasi yordamida dastlabki juftliklar hosil qilindi, so‘ngra qo‘lda tekshirilib, imloviy xatolar va noto‘g‘ri moslashishlar korreksiya qilindi.

Natijada 11 000 ta toza parallel gap juftligi shakllantirildi. Korpusning lingvistik statistikasi quyidagi jadvalda aks ettirilgan:

1-Jadval

Ko‘rsatkich / Parametr	O‘zbek tili (Lotin)	Turkman tili (Lotin)
Umumiy gaplar soni	11,000	11,000
Jami so‘zlar (Tokens)	*165,000*	*158,000)*
Unikal so‘zlar (Vocabulary)	*14,000*	*~15,500*

EKSPERIMENT VA MODELNI O‘QITISH

Eksperiment uchun asos sifatida mT5-base modeli tanlab olindi. Ushbu model 101 ta tilda oldindan o‘qitilgan bo‘lib, uning tarkibida o‘zbek va turkman tillarining boshlang‘ich lug‘at qatlamlari mavjud.

1. Ma’lumotlarni taqsimlash

Yaratilgan 11 000 ta parallel gap tasodifiy ravishda quyidagi proporsiyada uchta qismga ajratildi:

- O‘qitish to‘plami (Train set): 8,800 gap (80%)
- Validatsiya to‘plami (Validation set): 1,100 gap (10%)
- Test to‘plami (Test set): 1,100 gap (10%)

ISSN 3030-3907

2. Prompt muhandisligi va Hiperparametrlar

T5 modelining arxitekturasiga mos ravishda, har bir kiruvchi o‘zbekcha gapning boshiga vazifani anglatuvchi prefiks qo‘shildi: “translate Uzbek to Turkmen: [Matn]”. Modelni fine-tune qilish jarayoni bitta NVIDIA A100 (yoki RTX 4090) grafik protsessorida, PyTorch va Hugging Face Transformers kutubxonalari yordamida amalga oshirildi.

Modelni o‘qitish parametrlari:

- Optimizer: AdamW
- Learning Rate: 2×10^{-5}
- Batch Size: 16
- Epochs: 8
- Tokenizator: SentencePiece

NATIJALAR VA TAHLIL.

Modelning tarjima sifati avtomatik va insoniy (human evaluation) baholash usullari orqali tekshirildi. Baseline (taqqoslash asosi) sifatida Google Translate xizmati olindi.

1. Avtomatik baholash natijalari

Test to‘plamidagi 1100 ta gap modelga berildi va olingan natijalar mos ravishda BLEU va chrF++ metrikalari bo‘yicha hisoblandi:

2-Jadval

Model nomi	BLEU ball	chrF++ ball
Google Translate (Umumiy)	26.4	44.2
mT5 (Fine-tuned)	38.5	59.1

Natijalardan ko‘rinib turibdiki, bizning ixtisoslashtirilgan mT5 modelimiz Google Translate-ga qaraganda ancha yuqori ko‘rsatkich qayd etgan. Buning asosiy sababi - Google tarjimonining informatika darsliklaridagi o‘ziga xos ilmiy til uslubiga moslashmaganligidir.

2. Sifat analizi

Quyidagi jadvalda darslikdan olingan aniq misol orqali modellarning tarjima sifati solishtirilgan:

- Asl matn (O‘zbekcha): *"Dasturdagi o‘zgaruvchilar e’lon qilingandan so‘ng xotiradan joy ajratiladi."*
- Etanlon tarjima (Turkmancha): *"Programmadaky üýtgeýän ululyklar yglan edilenden soň ýatdan ýer bölünip berilýär."*
- Google Translate: *"Programmadaky üýtgeýänler mälim edilenden soň hakydada ýer bolar."* (Ma’no biroz g‘aliz, “xotira” so‘zi noto‘g‘ri kontekstda olingan).

ISSN 3030-3907

• mT5 (Bizning model): *"Programmadaky üýtgeýän ululyklar yglan edilenden soň ýatdan ýer bölünip berilýär."* (Mukammal terminologik moslik).

3. Modelning cheklovlari (Limitations)

11 000 ta gap axborot texnologiyalari terminlarini o‘rgatishga yetsa-da, modelda “Domain Overfitting” holati kuzatildi. Ya’ni, modelga informatika sohasiga aloqador bo‘lmagan umumiy gaplar (masalan: *"Men bugun bozorga bordim"*) berilganda, u tarjimani kompyuter texnologiyalari terminlariga bog‘lashga urinish yoki harflarni noto‘g‘ri generatsiya qilish (hallyusinatsiya) kabi kamchiliklarni namoyish etdi.

XULOSA.

Ushbu tadqiqot resursi kam bo‘lgan o‘zbek va turkman tillari o‘rtasida muayyan bir soha (informatika darsliklari) misolida neyron mashinali tarjima modelini muvaffaqiyatli qurish mumkinligini ko‘rsatdi. Yaratilgan 11 000 ta parallel gap mT5 modelini o‘zbekcha-turkmancha texnik matnlarga moslashtirish uchun yetarli baza bo‘la olishi va BLEU reytingida 38.5 ballik yuqori natija berishi amalda isbotlandi.

Kelajakdagi tadqiqotlar doirasida korpus hajmini boshqa maktab darsliklari (matematika, fizika, kimyo) hisobiga kengaytirish va modelning umumiy tarjima savodxonligini oshirish uchun Back-translation (teskari tarjima) usullaridan foydalanish rejalashtirilgan.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., ... & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. Advances in neural information processing systems, 30.
2. Xue, L., Constant, N., Roberts, A., Kale, M., Al-Rfou, R., Siddhant, A., ... & Raffel, C. (2021). mT5: A massively multilingual pre-trained text-to-text transformer. Proceedings of the 2021 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics.
3. Papineni, K., Roukos, S., Ward, T., & Zhu, W. J. (2002). BLEU: a method for automatic evaluation of machine translation. Proceedings of the 40th annual meeting of the Association for Computational Linguistics.

ISSN 3030-3907