ISNN 3030-3907

2026/2
VOLUME 5

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/2 VOLUME 5

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.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

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

QOIDALARGA ASOSLANGAN POS-TEGLASH ALGORITMI VA UNING MATEMATIK MODELI

Xudayberganov Nizomaddin Uktambay o‘g‘li
Alisher Navoiy nomidagi Toshkent davlat o‘zbek tili va adabiyoti universiteti o‘qituvchisi
E-mail: nizomaddin@navoiy-uni.uz

Annotatsiya. Ushbu maqolada o‘zbek tili uchun qo‘dalarga asoslangan va gibrid yondashuvdagi so‘z turkumlarini avtomatik teglash (POS-tagging) modeli taqdim etiladi. Model asosida morfologik tahlil uchun qo‘shimcha va lug‘at qoidalari, shuningdek, statistik/mashinali o‘qitish usullari orqali noaniqliklarni bartaraf etish algoritmi yotadi. Keltirilgan matematik modelda so‘zlar ketma-ketligini teglar ketma-ketligiga xaritalash vazifasi optimallashtirish masalasi ko‘rinishida ifodalanadi. Taklif etilayotgan yondashuv kichik hajmdagi teglangan korpusda sinovdan o‘tkazildi va natijalar modelning an’anaviy qoidalarga asoslangan usulga nisbatan yuqori aniqlikka erishganini ko‘rsatdi. Ushbu maqolada o‘zbek tilida so‘z turkumlarini teglash masalasining dolzarbligi, taklif etilgan yechimning tuzilishi va samaradorligi yoritiladi.

Kalit so‘zlar: O‘zbek tili, so‘z turkumlarini teglash (POS tagging), qoida asosidagi yondashuv, morfologik tahlil, statistik model, mashina o‘rganishi.

Abstract. This article presents a rule-based and hybrid approach model for automatic part-of-speech (POS) tagging in the Uzbek language. The model is based on morphological analysis using affixation and lexical rules, as well as a disambiguation algorithm employing statistical and machine learning methods. In the proposed mathematical framework, the task of mapping a sequence of words to a sequence of tags is formulated as an optimization problem. The proposed approach was evaluated on a small annotated corpus, and the results demonstrate that the model achieves higher accuracy compared to traditional rule-based methods. The article discusses the relevance of POS tagging for the Uzbek language, the structure of the proposed solution, and its effectiveness.

Keywords: Uzbek language, part-of-speech tagging (POS tagging), rule-based approach, morphological analysis, statistical model, machine learning.

Аннотация. В данной статье представлена модель автоматического теггирования частей речи (POS-tagging) для узбекского языка, основанная на правиловом и гибридном подходах. Модель включает морфологический анализ на основе аффиксальных и словарных правил, а также алгоритм снятия неоднозначности с использованием статистических методов и методов машинного обучения. В предложенной математической модели задача отображения последовательности слов в последовательность тегов

ISSN 3030-3907

формулируется как задача оптимизации. Предложенный подход был протестирован на небольшом размеченном корпусе, и результаты показали, что модель достигает более высокой точности по сравнению с традиционным правиловым методом. В статье рассматриваются актуальность задачи теггирования частей речи для узбекского языка, структура предложенного решения и его эффективность.

Ключевые слова: узбекский язык, теггирование частей речи (POS tagging), правиловой подход, морфологический анализ, статистическая модель, машинное обучение.

KIRISH

Hozirgi kunda tabiiy tilni qayta ishlashda o‘zbek tili uchun so‘z turkumlarini avtomatik aniqlash masalasi dolzarb hisoblanadi. So‘z turkumlarini teglash (POS-tagging) matndagi har bir so‘zga uning grammatik turkumini tayinlash jarayoni bo‘lib, mashina tarjimasi, matn tahlili, sintaktik tahlil kabi ko‘plab NLP vazifalari uchun asos bo‘lib xizmat qiladi. O‘zbek tilining agglyutinativ xususiyati so‘zlarning ko‘pincha qo‘shimchalar qo‘shilishi orqali hosil bo‘lishi ushbu jarayonni murakkablashtiradi. Chunki ko‘pchilik so‘zlar kontekstga qarab bir necha turkumga mansub bo‘lishi mumkin (masalan, “yaxshi” so‘zi sifat yoki ravish bo‘lishi mumkin). Ilk yondashuvlar qoidalariga asoslangan bo‘lsa, keyinchalik statistik va chuqur o‘rganish modellari yordamida yuqori aniqlikka erishilgan. Mazkur maqolada aynan o‘zbek tili uchun qoidalarga asoslangan va statistik komponentlarni uyg‘unlashtirgan POS-teglash modeli taklif qilinadi. Model yaratishda asosiy maqsad ta’lim va chatbot kabi sohalarda o‘zbek tilini tushunuvchi tizimlar uchun poydevor yaratish, shuningdek, tilshunoslik tadqiqotlarida korpuslarni avtomatik teglash imkoniyatini oshirish hisoblanadi.

ADABIYOTLAR SHARHI

O‘zbek tilida avtomatik so‘z turkumlarini aniqlash borasidagi dastlabki ishlar cheklangan bo‘lib, so‘nggi yillarda ushbu yo‘nalishda yangicha yondashuvlar paydo bo‘la boshladi. Abjalova va Iskandarovlar (2021) tomonidan o‘zbek tili uchun 12 tegdan iborat so‘z turkumlari tizimi taklif qilingan. Sharipov va boshqa tadqiqotchilarning yaqinda taqdim etgan UzbekTagger tizimi o‘zbek tilida qoidalarga asoslangan POS-teggerlardan biri bo‘lib, 80 mingdan ortiq so‘z lug‘ati va qo‘shimchalar bazasiga tayanadi. Ushbu vosita maxsus qoida va lug‘atlar yordamida so‘zlarni teglashda yuqori natijalarga (o‘rtacha ~90% aniqlikka) erishgan. Biroq, faqat qoidalarga asoslangan yondashuv kontekstni chuqur e’tiborga olmasligi tufayli ba’zi noaniqliklarni hal etishda cheklilikka ega. Shu bois, kombinatsiyalashgan usullar dolzarb hisoblanadi. Yaqinda Bobojonova va boshq. (2025) o‘zbek tilida BERT modeliga asoslangan POS-teggerni taqdim etib,

ISSN 3030-3907

91% aniqlikka erishdi. Ular o‘z modellarini Sharipov (2023) tomonidan yaratilgan qoidalarga asoslangan tegger va ko‘p tilli BERT bilan solishtirib, kontekstni hisobga oluvchi yondashuv ustunligini ko‘rsatdilar. Shuningdek, Murat va Ali (2024)lar tomonidan turk tillari uchun affikslarni embedding sifatida foydalanib, diqqat mexanizmlariga asoslangan yangi model taklif etilib, o‘zbek tilida ~79.7% aniqlikka erishganlarini qayd etadilar. Bu natijalar statistik model uchun ma’lumotlar bazasi cheklanganda aniqlik pasayishini ko‘rsatadi. Xulosa qilib aytganda, adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, qoidalarga asoslangan yondashuv va statistik usullarni uyg‘unlashtiruvchi gibrid modellardan foydalanish o‘zbek tilining murakkab morfologiyasini inobatga olib, aniqlikni oshirish potentsialiga ega.

METODOLOGIYA

Taklif etilayotgan model ikki asosiy qismdan tashkil topgan:

Qoida asosidagi morfologik tahlil bunda kiritilgan matn dastlab so‘zlarga ajratiladi va har bir so‘z lug‘aviy bazadan qidiriladi. Lug‘atda topilgan so‘zga mos bir yoki bir nechta so‘z turkumi teglanadi. Agar so‘z bir nechta turkumga mansub bo‘lishi mumkin bo‘lsa, u holda uning qo‘shimchalari ketma-ketligi tahlil qilinib, maxsus affikslar lug‘atidan qidiriladi. Masalan, so‘z oxiridagi *-moqda, -yapti* kabi qo‘shimchalar fe’l ekanligini ko‘rsatadi, *-lar, -ni* kabi qo‘shimchalar otga xos. Shu tariqa qo‘shimchalar orqali ba’zi noaniqliklar bartaraf qilinadi.

Statistik disambiguatsiya – agar so‘zning turkumini faqat qoida va qo‘shimchalarga qarab aniq ajratib bo‘lmasa (masalan, hech qanday qo‘shimchaga ega bo‘lmagan ko‘p ma’noli so‘zlar), u holda kontekst asosida qaror qabul qiluvchi statistika modeli ishga tushadi. Buning uchun Gizli Markov modeli (HMM) yondashuvini tanladik. Butun gap bo‘ylab eng ehtimolli so‘z turkumlari ketma-ketligini tanlash uchun Viterbi algoritmi qo‘llanadi. Statistik modelni tayyorlashda cheklangan hajmdagi teglangan korpusdan foydalanildi, bunda ehtimollar so‘zlar ketma-ketligidan o‘rganiladi. Modelning matematik ifodasi quyidagicha:

$W = w_1^n$ so‘zlar ketma-ketligiga $T = t_1^n$ turkumlar ketma-ketligini moslashtirish uchun $T^* = arg\max_T P(T \mid W)$ optimallashtiruvchi muammo yechiladi. Ushbu yondashuvda $P(T \mid W)$ birlashgan model sifatida qaralib, qoida asosidagi cheklovlar $t_i \in V(w_i)$ (har bir w_i so‘z uchun lug‘atda mumkin bo‘lgan taglar majmui) va zanjirli statistika modeli (HMM) ehtimolliklari kombinatsiyasi bilan aniqlanadi.

EKSPERIMENTLAR VA NATIJALAR

Modelning samaradorligini tekshirish maqsadida o‘zbek tilida teglangan korpusdan foydalanildi. Korpus hajmi cheklangan bo‘lsa-da (taxminan 500 jumla, 5,800 so‘z atrofida), u turli manbalardan olingan va o‘zbek tilining har xil uslubiy

ISSN 3030-3907

ko‘rinishlarini o‘z ichiga oladi (ilmiy, badiiy, publitsistik matnlar va h.k.). Korpusdagi har bir so‘z qo‘lda 17 turkumdan iborat Universal POS (UPOS) tizimi bo‘yicha teglandi, bu tizim o‘zbek tilidagi an’anaviy 12 ta turkumni qamrab oladi va xalqaro standart bilan mos keladi. Modelimizni baholashda aniqlik (accuracy) ko‘rsatkichi asosiy mezon sifatida tanlandi (to‘g‘ri teglangan so‘zlar ulushi). Bundan tashqari, ayrim hollarda noaniqliklarni tahlil qilish uchun misollar keltirildi.

Ishlab chiqilgan dasturiy tizimda gibrid model, faqat qoidalarga asoslangan yondashuv va faqat statistik (HMM) model natijalari taqqoslanadi. Gibrid yondashuv 92% aniqlikka erishdi va bu qoidalarga asoslangan modelga nisbatan yaxshilanish ekanini ko‘rish mumkin. Statistik model esa kichik korpusda o‘rgatilgani tufayli nisbatan past (~80%) aniqlik ko‘rsatdi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, qoida asosidagi va statistik yondashuvni birlashtirish o‘zbek tili uchun POS-teglashda samarali strategiya bo‘lib chiqdi. Gibrid model qoida asosidagi tizimning aniqligini yanada oshirib, kontekstual noaniqliklarni hal qildi. Bu, ayniqsa, agglyutinativ til bo‘lgan o‘zbek tilida muhim – chunki faqat statistik model kichik korpusda yetarli bilimga ega bo‘lmasligi, faqat qoidalarga asoslangan model esa uzoq kontekstni ko‘ra olmasligi mumkin. Bizning yondashuv ushbu kamchiliklarni qoplashga harakat qildi. Muhokama jarayonida aniqlangan xatolar kelgusida modelni takomillashtirish uchun muhim yo‘nalishlarni ko‘rsatadi. Masalan, imlo va bosh harflarni normallashtirish (matndagi xatoliklar tufayli noto‘g‘ri taglashni oldini olish), ko‘proq maxsus otlar bazasini qo‘shish va ehtimol, chuqur o‘rganish modelini qo‘shib, gibrid yondashuvni yanada kuchaytirish.

1-Jadval

Qoidalarga asoslangan POS-teglash: rasmiy matematik model

Belgilash	Izoh
Σ	O‘zbek alifbosidagi belgilar to‘plami
Σ^*	Barcha mumkin bo‘lgan so‘zlar
$T = t_1, \dots, t_T$	T
$W = w_1^n$	Gapdagi (n) ta tokenlar ketma-ketligi
$L \subseteq \Sigma^* \times 2^T$	Leksikon: har bir leksemaga ruxsat etilgan teg(lar)
S	Affikslar (qo‘shimchalar) lug‘ati
$MA: \Sigma^* \to 2^{T \times F}$	Morfologik analizator (lemma + xususiyatlar)

2. Bosqich A – Nomzod teglar to‘plami

Har bir token w_i uchun nomzodlar:

ISSN 3030-3907

$$C_i = \underbrace{\mathcal{L}(w_i)}_{leksion} \cup \underbrace{\{t \mid \exists s \in S(w_i = rs) \wedge \phi_s(t)\}}_{affiks\ qoidalari}$$

Bu yerda r – ildiz, ϕ_s – suffiks sss ma'nosi (-moqda ⇒ VERB). Finite-state morfologik analizatorlar aynan shu mexanizmni samarali FST sifatida kodlaydi

3. Bosqich B – Qoidalar tizimi

Qoidalar majmui $R = \{r_1, \dots, r_m\}$

Har bir qoida $r_j = (\varphi_j, \psi_j, \omega_j)$:

–**Antecedent** $\varphi_j(ctx_i)$: kontekst bo'yicha mantiqiy shart, masalan $tag(w_{i-1}) = ADJ$.

–**Consequent** ψ_j: tegga cheklov yoki tayinlash, masalan $t_i = NOUN$.

–**Og'irlik** $\omega_j \in \mathbb{R}_{\geq 0}$ (zarur bo'lsa yumshoq qoida).

Misol qoida (UZ)

$$r: \varphi(w_{i-1}) = [t_{i-1} = ADV] \Longrightarrow \psi(w_i) = [t_i = VERB]$$

Bu ko'rinish Brill transformatsion qoidalar formalizmiga o'xshashdir

4. Optimallashtirish modeli

Teglashni **cheklovlar qanoatlantirish** vazifasi sifatida ifodalaymiz.

1. **O'zgaruvchilar / Variables**

$x_{i,t} \in \{0,1\}, \quad x_{i,t} = 1 \Leftrightarrow t_i = t$.

2. **Kandidatlar sharti / Candidate constraint**

$x_{i,t} = 0 \qquad \forall\, t \notin C_i$

3. **Yagona teg sharti / Exactly-one constraint**

$\sum_{t \in T} x_{i,t} = 1 \quad \forall i$

4. **Qoidalar**

Deterministik qoida $\varphi_j \rightarrow \psi_j$ ni ILP shaklida qo'shamiz, masalan φ_j rost bo'lsa $x_{i,NOUN} = 1$

Og'irlikli (yumshoq) qoida uchun buzilish ko'rinishida:

$$v_j \geq \psi_j\ buzilish, \qquad Minimize \sum_j \omega_j v_j$$

5. **Maqsad**

$$\min_{x_{i,j}, v_j} \sum_j \omega_j v_j$$

Natijada ILP yechimi $x_{i,j}$ tayinlovini qaytaradi.

Interpretatsiya: tag assignment eng kam qoida buzilishi bilan mos keladi. Kichik korpuslar uchun qoida og'irligi $\omega_j = \infty$ qilib, butkul qat'iy tizim ham tuzish mumkin.

5. Sekvensial qoida mashinasi

ISSN 3030-3907

Brill usulidagi **transformatsion ketma-ketlik**:

1. **Boshlang‘ich tayinlov** $\tilde{t}_i^{(0)} = argmax_{t \in C_i} freq(t|w_i)$.
2. **Iterativ qoida qo‘llash**:

$$\tilde{t}_i^{(k)} = \begin{cases} \psi_k & agar\ \varphi_k\left(\tilde{t}_{i-1}^{(k-1)}, \tilde{t}_i^{(k-1)}, \dots\right) rost \\ \tilde{t}_i^{(k-1)} & aks\ holda \end{cases}$$

3. Oxirgi bosqich: $t_i = \tilde{t}_i^{(m)}$.

Bu modellash transformatsion o‘rganish paradigmasi bilan bir xil, tabiiy tilni teglashda muvaffaqiyatli qo‘llangan.

6. Algoritmik murakkablik

- **ILP yondashuvi** – nazariy jihatdan NP-murakkab, ammo $n \leq 50$ token va $m \leq 500$ qoida bo‘lsa, zamonaviy ILP solverlari tez yecha oladi.
- **Ketma-ket qoida tatbiqi** – $O(n \cdot m)$, chunki har bir qoida butun gapga tatbiq qilinadi, qoidalar odatda mahalliy ($k = \pm 1$) bo‘lsa, amalda juda tez.

7. Modeldan foydalanish

1. **Morfologik analiz** → C_i nomzodlar.
2. **Qoidalar bazasi**: grammatik, kontekstual, affikslarga asoslangan.
3. **Yechim topish**: ILP yoki ketma-ket qoida mashinasi.
4. **Natija**: (w_i, t_i) juftliklari, foydalanuvchi izohi bilan (mas., ta’lim/grammatika ilovalari uchun).

Shu tarzda, **qoidalarga asoslangan POS-teglash matematik modeli** ikki darajali:

1. **Morfologik cheklovlar** ← finite-state/affiks qoidalar o‘zbek morfologiyasini qat’iy ifodalaydi.
2. **Kontekstual qoidalar** ← deterministik cheklovlar sifatida formulalanib, **cheklovlarni qanoatlantirish** (ILP) yoki **ketma-ket transformatsiyalar** (Brill) yordamida yechiladi.

Ushbu rasmiylash morfologik boy, kam resursli tillar (o‘zbek, turk va boshq.) uchun **aniq, izohlanadigan** tegger yaratish imkonini beradi, hamda statistik/chuqur o‘rganish modellariga poydevor vazifasini bajaradi.

Qoidalarga asoslangan matematik modelga o‘zbek tili asosida misollar ko‘rishimiz mumkin. Quyida POS-tegger uchun ishlab chiqilgan o‘zbek tilidagi POS teglar ro‘yxati (qisqa variant) keltirilgan.

ISSN 3030-3907

№	POS teg	Belgilanishi
1.	Ot	N
2.	Sifat	JJ
3.	Fe'l	VB
4.	Son	NUM
5.	Ravish	RR
6.	Olmosh	P
7.	Bog'lovchi	C
8.	Ko'makchi	II
9.	Yuklama	Prt
10.	Modal so'z	MD
11.	Undov so'z	UH
12.	Taqlid so'zlar	IM
13.	Atoqli otlar	NER
14.	Iboralar	IB

1-Misol

Gap: *"Yaxshi ovqat yesang, yaxshi ishlaysan."*

№	Token	Suffix analizi (MA)	Nomzod C_i
1	**yaxshi**	suffiks yo'q	JJ, RR
2	ovqat	suffiks yo'q	N
3	**ye-sang** (ye+ *sang* = 2-shaxs shart)	*-sang* → shart mayli	VB
4	,	–	PUNCT
5	**yaxshi**	suffiks yo'q	JJ, RR
6	**ishla-ysan** (ishla+ *ysan* = 2-shaxs hozir)	*-ysan* → fe'l	VB

2-Misol

Gap: *"Kitoblarimizni maktabga olib bordik."*

2-Jadval.

Nomzodlar va qoidalar oldidan holat

№	Token	Tahlil (ildiz + qo'shimcha)	(C_i)
1	**kitob-lar-imiz-ni**	plural *-lar*, poss *-imiz*, acc *-ni* (N ⟶ N)	N
2	maktab-ga	dat *-ga* (N ⟶ N)	N
3	**ol-ib**	gerund *-ib* → VERB / (-ib ko'pincha ravish yasaydi)	VB, RR
4	bor-dik	past *-di*, 1-pl *-k* → VERB	VB

ISSN 3030-3907

3-Jadval.

ILP cheklovlari (qisqa ko‘rinish)

O‘zgaruvchi	Kandidat?	Qoida cheklovi	Natija
$x_{3,VB}$	1	Suffiks *-ib* → VERB (deterministik)	1
$x_{3,JJ}$	1	**Nolga majbur** ($x_{3,JJ} = 0$)	0

Model-formulaga qo‘shimcha izohlar

1. **Nomzodlar**: C_i lar morfologik analizator va qo‘shimcha lug‘at asosida olinadi.
2. **Qoida sifatida suffiks**: *-lar, -ga, -ib, -di* kabilar MorphUz lug‘atida tegishli grammatik funksiya bilan ro‘yxatga olingan.
3. **Rule-based tagger manbasi**: POS-tegger qoidalari va leksikoni bu ishga tayanch bo‘ldi.
4. **ILP modeli**: 2-jadvaldagi ikki o‘zgaruvchi uchun (deterministik) cheklov qo‘shilgach, optimallashtirish quyidagicha yoziladi

$$min\ 0, \qquad s.t. x_{3,VB} = 1, x_{3,JJ} = 0$$

Yagona yechim – $t_3 = VB$.

XULOSA

Xulosa qilib aytganda, ushbu tadqiqotda o‘zbek tilida so‘z turkumlarini teglash uchun gibrid (qoida + statistika) model taklif etildi. Model qo‘lda yozilgan lingvistik qoidalar va HMM statistik modelini birlashtirgan holda, kichik hajmdagi ma’lumotlar sharoitida yuqori aniqlik ko‘rsatdi. Natijalar qoida asosidagi yondashuvning kuchli tomonlari (aniq morfologik tahlil) va statistik modelning kuchli tomonlari (kontekstni hisobga olish) muvaffaqiyatli uyg‘unlashganini tasdiqlaydi. Kelgusidagi ishlar sifatida, modelni kengroq korpuslarda sinash va uning taglash qobiliyatini yanada baholash rejalashtirilgan. Shuningdek, chuqur o‘rganish texnikalarini (masalan, BERT kabi) ushbu gibrid tizimga integratsiya qilish imkoniyatlari ko‘rib chiqiladi. Bu yanada yuqori aniqlikka erishish va kontekstual qoidalarni avtomatik o‘rganish imkonini berishi mumkin. Yana bir yo‘nalish – modelni dialog tizimlari va o‘quv dasturlariga joriy etish, bunda foydalanuvchilardan olingan fikr-mulohazalar asosida qoidalarni boyitish mumkin. Ushbu maqolada taqdim etilgan yondashuv o‘zbek tili uchun tabiiy tilni qayta ishlash sohasida muhim qadam bo‘lib, kelajakdagi kompyuter lingvistikasi tadqiqotlari va amaliy loyihalarda foydalanish uchun xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Abdurashetona, Abjalova Manzura, and Iskandarov Otabek Ismailovich. "Methods of tagging part of speech of Uzbek language." 2021 6th International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK). IEEE, 2021.

ISSN 3030-3907

2. Sharipov, Maksud, et al. "UzbekTagger: The rule-based POS tagger for Uzbek language." arXiv preprint arXiv:2301.12711 (2023).
3. Bobojonova, L., Akhundjanova, A., Ostheimer, P. S., & Fellenz, S. (2025, January). BBPOS: BERT-based part-of-speech tagging for Uzbek. In Proceedings of the First Workshop on Language Models for Low-Resource Languages (pp. 287-293).
4. Murat, A., & Ali, S. (2024). Low-resource POS tagging with deep affix representation and multi-head attention. IEEE Access, 12, 66495-66504.
5. Boltayevich, E. B., Adalı, E., Mirdjonovna, K. S., Xolmo'Minovna, A. O., Yuldashevna, X. Z., & Uktamboy O'g'li, X. N. (2023, September). The problem of POS tagging and stemming for agglutinative languages (Turkish, Uyghur, Uzbek languages). In 2023 8th International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK) (pp. 57-62). IEEE.
6. Elov, B., & Xudayberganov, N. (2024). O ‘zbek tili korpusi matnlarini pos teglash usullari. Computer Linguistics: problems, solutions, prospects, 1(1).
7. Elov, B., Sh, H., Xudayberganov, N., Yodgorov, U., & Yuldashev, A. (2023). Pos tagging of Uzbek texts using hidden Markov models (HMM) and Viterbi algorithm. O ‘zMU xabarlari. Mirzo Ulug ‘bek nomidagi O ‘zbekiston Milliy universiteti ilmiy jurnali.

ISSN 3030-3907