

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ ИМЕНИ ГУМАРБЕКА
ДАУКЕЕВА»

ISSN 2790-0886

В Е С Т Н И К

АЛМАТИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Учрежден в июне 2008 года

Тематическая направленность: энергетика и энергетическое машиностроение, информационные,
телекоммуникационные и космические технологии

3 (62)

2023

Импакт-фактор - 0.095

Научно-технический журнал
Выходит 4 раза в год

Алматы

ВЕСТНИК АЛМАТИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ14VPY00024997

выдано

Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Подписной индекс – 74108

Бас редакторы – главный редактор

Стояк В.В.

к.т.н., профессор

Заместитель главного редактора
Ответственный секретарь

Жауыт Алгазы, доктор PhD
Шуебаева Д.А., магистр

Редакция алкасы – Редакционная коллегия

Главный редактор – Стояк В.В., кандидат технических наук, профессор Алматинского Университета Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева, Казахстан;

Заместитель главного редактора – Жауыт А., доктор PhD, ассоциированный профессор Алматинского Университета Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева, Казахстан;

Сагинтаева С.С., доктор экономических наук, кандидат физико-математических наук, профессор математики, академик МАИН;

Ревалде Г., доктор PhD, член-корреспондент Академии наук, директор Национального Совета науки, Рига, Латвия;

Илиев И.К., доктор технических наук, Русенский университет, Болгария;

Белоев К., доктор технических наук, профессор Русенского университета, Болгария;

Обозов А.Д., доктор технических наук, НАН Кыргызской Республики, заведующий Лабораторией «Возобновляемые источники энергии», Кыргызская Республика;

Кузнецов А.А., доктор технических наук, профессор Омского государственного технического университета, ОмГУПС, Российская Федерация, г. Омск;

Алипбаев К.А., PhD, доцент Алматинского Университета Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева, Казахстан;

Зверева Э.Р., доктор технических наук, профессор Казанского государственного энергетического университета, Российская Федерация, г. Казань;

Лахно В.А., доктор технических наук, профессор Национального университета биоресурсов и природопользования Украины, кафедра компьютерных систем, сетей и кибербезопасности, Украина, Киев;

Омаров Ч.Т., кандидат физико-математических наук, директор Астрофизического института имени В.Г. Фесенкова, Казахстан;

Коньшин С.В., кандидат технических наук, профессор Алматинского Университета Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева, Казахстан;

Тынымбаев С.Т., кандидат технических наук, профессор Алматинского Университета Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева, Казахстан.

За достоверность материалов ответственность несут авторы.

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник АУЭС» обязательна.



ИНФОРМАЦИОННЫЕ, ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ И КОСМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

XFTAP: 28.23.25

https://doi.org/10.51775/2790-0886_2023_62_3_118

ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕГІ ТӘУЕЛДІК, ЖІКТІК ЖАЛҒАУЛАРЫН ЛОГИКАЛЫҚ ШЫҒАРЫМ ЕРЕЖЕЛЕРІ АРҚЫЛЫ ФОРМАЛДАУ

Л. Жеткенбай*, А.Ә. Шәріпбай, Б.Ш. Разахова, А.Б. Барлыбаев

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

e-mail: jetlen_7@mail.ru*, sharalt@mail.ru, utalina@mail.ru, frank-ab@mail.ru

Аңдатпа. Мақалада қазақ тілінің сөздерін автоматты түрде талдауды жақсарту және морфологиялық бірліктерді анықтау мақсатында формальды ережелердің модельдерін тұжырымдау қарастырылды. Атап айтқанда, зерттеу бүкіл түркі тілдері тобында кеңінен қолданылатын лексикалық-семантикалық категорияларға жататын тәуелдік және жіктік жалғауларын қамтитын зат есімдердің синтезін реттейтін ережелерді түсіндіруге бағытталған. Қазақ тілінің морфологиялық ережелерінің формальды үлгілері тұрақты өрнектерді қолдана отырып шығарым ережелерімен сипатталды.

Қазақ тіліндегі зат есімдердің жіктелу ережесінің формальді модельдерін толықтай оқып түсіну үшін аналитикалық зерттеулерді қарапайым ететін нейрондық желілер қолданылды. Бұл нейрондық желілер формалданған ережелердің жағдайын түсіну, бағалау және болжауға мүмкіндік беретін құрал болып табылады. Оқытуға арналған мәліметтер жиынтығы кириллица алфавитіне сәйкес реттелген JSON форматында жүйелендірілді.

Бұл зерттеудің нәтижелері компьютерлік лингвистика саласында практикалық маңыздылыққа ие, бұл әсіресе электрондық грамматикалық жинақтарды, көп тілді электрондық тезаурустарды, мультимедиялық сұрақ-жауап жүйелерін, сондай-ақ зияткерлік оқыту құралдары мен қазақ тіліне бейімделген білімді бағалау жүйелерін, басқа да әлеуетті қолданбаларды әзірлеуде айқын көрінеді.

Түйін сөздер: қазақ тілі, зат есім, тәуелдік жалғауы, жіктік жалғауы, метатіл, морфологиялық ережелер, табиғи тілді өңдеу, формальды модел.

Кіріспе

Қазақ тілі – қазіргі Қазақстан территориясында өмір сүрген туыстас түркі тайпаларының тілдері сияқты көп ғасырлар бойы қалыптасқан көне тарихы бар түркі тілдерінің бірі [1]. Қазақ тілі басқа түркі тілдері сияқты агглютинативтік қасиетке ие. Бұл қасиет әрбір түбір, негіз сөзге жұрнақтар мен жалғауларды тіркестіру арқылы жаңа сөздер, сондай-ақ әртүрлі сөз пішіндерін (формаларын) тудыру мүмкіндігімен сипатталады. Мұнда жұрнақтар сөздің мағынасын өзгертіп жаңа сөз тудыратын семантикалық категорияға жатса, ал жалғау сөздің тек құрамын ғана өзгертетін құрылымдық категорияға жатады. Түркі тілдерінің осындай қасиетке ие болуы, олардың морфологиялық ережелерінің оңай формалдануына мүмкіндік береді.

Бұл жұмыс қазақ тілі морфологиялық ережелерінің, соның ішінде зат есімнің жалғауларын, атап айтқанда тәуелдік, жіктік жалғауларын жалғаудың, математикалық моделдерін тұрақты өрнектер мен логикалық шығарым ережелерін пайдалану арқылы құруға арналған. Бұрынғы зерттеу жұмыстары ережелердің онтологиялық моделін құру бойынша жасалынған [2-4].

Жалпы кез келген табиғи тілдің грамматикалық (морфологиялық және синтаксистік) ұғымдарының атауларын жазу, олардың қасиеттері мен өзара қатынастарын жазбаша сипаттау үшін қандай да бір метатіл қажет. Жалпы метатіл деп табиғи (ағылшын, қазақ, т.б.) тілдерді немесе жасанды (Java, Python, т.б.) тілдерді сипаттау құралы қызметін атқаратын жалпы ғылыми лексика мен номенклатуралық белгілерді қамтитын ғылым тілін атайды. Сонымен қатар, метатілмен сипатталатын тілдерді объект тілдер деп атайды. Объект тілдердегі терминдер метатілдің өзегі, ал тақырыптық бөліктер (лексикология, морфология, синтаксис, грамматика және т.б.) оның ядросы

болады. Біздің жағдайда табиғи тілдердің *түркі тілдер* тобына жататын *қазақ тілі* объект тіл болады. Ал метатіл ретінде түркі тілдері үшін белгілеудің бірегей жүйесі саналатын *UniTurk* қолданылады. Осы метатіл арқылы морфологиялық, синтаксистік ережелерді белгілеуге қатысты зерттеулер де ұсынылған. Сол зерттеулерге сүйене отырып, осы жұмыстағы қолданылған ұғымдар *UniTurk* бірліктеріне сәйкес таңбаланып [4], морфологиялық ережелерінің формалды моделдері *регулярлық өрнектер және логикалық шығарым ережелерімен* сипатталады.

Материалдар мен әдістер

Қазіргі қоғамды жаппай цифрландыру заманында компьютерлік программалар көмегімен ұлттық (табиғи) тілдер өңделіп, көптеген цифрланған өнімдер жасалынып жатыр. Көптеген дамыған елдерде (АҚШ, Ұлыбритания, Ресей, Жапония, Қытай және т.б.) ұлттық тілдерде компьютерлік программалар мен әртүрлі Web ресурстар арқылы оқытылып, дамуда. Олардың ішінде *электрондық сөздіктер, мультимедиялық сұрақ-жауап жүйелері, интеллектуалды оқыту мен білімді бағалау жүйелері, бір тілден екінші тілге машиналық аудармашылар, сөйлеуді жазбаша және ауызша талдау мен синтездеуге арналған жүйелер* және т.б. бар. Бұл еңбектердің ғылыми негіздерін осы тілдердің грамматикалық (морфологиялық, синтаксистік) ережелерінің математикалық моделдері және оларды программалық жүзеге асыру құрайды. Қазақ тілі үшін де осындай мәселелер қойылып, олар сәтті шешіліп жатыр. Олардың ішінде қазақ тілінің морфологиясына, синтаксисіне, қазақ тілін бір тілден екінші тілге және керісінше машиналық аудару, жазбаша, ауызша сөйлеулерді автоматты талдау мен тудыру және т.б. мәселелеріне қатысты біздің көптеген зерттеулеріміздің нәтижелері отандық, шетелдік ғылыми басылымдарда, Scopus, Web of Science деректер базасында индекстелетін журналдарда, конференция еңбектерінде жарияланды [5-9].

Басқа да зерттеу топтарымен өзіндік морфологиялық талдауыштар әзірленді [10-12]. Сонымен қатар қазақ тілінің грамматикасының онтологиялық моделін құру бойынша да жасалған жұмыстар бар [13-15].

Қазақ тіліндегі грамматикалық бірліктердің шартты таңбалануы

Қазақ тілінің морфологиялық ережелерін таңбалау үшін мынадай белгілеулер енгізілді:

$V = \{a, \text{ә}, y, i, e, \text{ұ}, \text{ү}, o, \text{ө}\}$ - Дауысты дыбыстар

$V_1 = \{a, o, y, \text{ұ}\}$ – Жуан дауысты дыбыстар

$V_2 = \{\text{ә}, e, \text{ө}, \text{ү}, i\}$ – Жіңішке дауысты дыбыстар

$C = \{b, v, g, \text{ғ}, d, j, z, m, n, \text{ң}, \text{й}, u, r, l, c, \text{ч}, \text{ф}, k, \text{қ}, p, c, \text{ш}, t, x\}$ – дауыссыз дыбыстар

N – зат есімдер жиыны.

N_j – жекеше зат есімдер жиыны.

$POSS$ – Тәуелдік жалғауы жалғанған зат есімдер жиыны;

$POSS.ISG$ – 1 жақ жекеше тәуелдік жалғаулары жалғанған зат есімдер жиыны;

$POSS.2SG$ – 2 жақ жекеше тәуелдік жалғаулары жалғанған зат есімдер жиыны;

$POSS.2SG.P$ – 2 жақ жекеше сыпайы түрдегі тәуелдік жалғаулары жалғанған зат есімдер жиыны;

$POSS.3SG$ – 3 жақ жекеше тәуелдік жалғаулары жалғанған зат есімдер жиыны;

$POSS.1PL$ – 1 жақ көпше тәуелдік жалғаулары жалғанған зат есімдер жиыны;

$POSS.2 PL$ – 2 жақ көпше тәуелдік жалғаулары жалғанған зат есімдер жиыны;

$POSS.PL.P$ – 2 жақ көпше сыпайы түрдегі тәуелдік жалғаулары жалғанған зат есімдер жиыны;

$POSS.3PL$ – 3 жақ көпше тәуелдік жалғаулары жалғанған зат есімдер жиыны;

$Person$ – Жіктік жалғауы жалғанған зат есімдер жиыны;

$PISG$ – 1 жақ жекеше жіктік жалғаулары жалғанған зат есімдер жиыны;

$P2SG$ – 2 жақ жекеше жіктік жалғаулары жалғанған зат есімдер жиыны;

$P2SG.P$ – 2 жақ жекеше сыпайы түрдегі жіктік жалғаулары жалғанған зат есімдер жиыны;

$P3SG$ – 3 жақ жекеше жіктік жалғаулары жалғанған зат есімдер жиыны;

$P1PL$ – 1 жақ көпше жіктік жалғаулары жалғанған зат есімдер жиыны;

$P2PL$ – 2 жақ көпше жіктік жалғаулары жалғанған зат есімдер жиыны;

$P2PL.P$ – 2 жақ көпше сыпайы түрдегі жіктік жалғаулары жалғанған зат есімдер жиыны;

$P3PL$ – 3 жақ көпше жіктік жалғаулары жалғанған зат есімдер жиыны;

Грамматикалық бірліктер белгілеулерімен бірге келесі белгілеулер енгізілді.

$P = \{., \dots, :, ;, ;, ;, -, -, \langle \rangle, ?, !\}$ - тыныс белгілерінің жиыны.

· – үзіліс таңбасы

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \omega$ – мәндері қазақ әріптері '·' – конкатенация (тіркесу) амалымен құралған ұзындығы 1-ден асатын тізбелерден тұратын айнымалылар.

\cup – жиындарда анықталған бірігу амалы.

Қазақ тілінің кез келген сөзі құрамындағы дауысты дыбыстардың санына сәйкес буындарға бөлініп, соңғы буынның жуан не жіңішке болуына қарай жуан не жіңішке жалғаулар жалғанады. Мысалы, «алма» сөзінің соңғы буыны «ма» жуан дауысты дыбыс «а» арқылы анықталады, сондықтан соңғы буын жуан болып есептеледі. Мұндай анықтау сөздер жуан да, жіңішке де болмаған жағдайда қажет. Мысалы, кітаптар, бидай, Еламан және т.б. жұрнақтар дыбыс үндестігіне қарай жалғанатындықтан, дауыссыз дыбыстар кіші топтарға бөліп, қарастырылады.

Сөздің берілген бөлігіндегі соңғы буын формалды логика тілінде былайша жазылады:

- жуан буын үшін:

$$S_h(\beta \cdot \gamma) \Leftrightarrow \beta \cdot \gamma = y \cdot z, \exists \xi (\xi \in V_h \& \xi \subseteq z), \forall \zeta (\zeta \neq \xi \& \zeta \subseteq z \rightarrow \zeta \notin V),$$

- жіңішке буын үшін:

$$S_s(\beta \cdot \gamma) \Leftrightarrow \beta \cdot \gamma = y \cdot z, \exists \xi (\xi \in V_s \& \xi \subseteq z), \forall \zeta (\zeta \neq \xi \& \zeta \subseteq z \rightarrow \zeta \notin V),$$

Мұндағы $S(x)$ – мәні “True - ” немесе “False” болатын предикат, x – берілген сөз, \Leftrightarrow – “Анықталатын” дегенді білдіретін таңба, z – сөз соңғы буыны, y – жоқ қалдық, соңғы буынды қосыңыз, « \cup » жалғаулық (қосымша). операция, “ $\&$ ” – жалғау (және) амалы, “ \subseteq ” – сол жақтағы ішкі жол оң жақтағы ішкі жолға кіретін қатынас.

Формалды туынды ережелерді $\frac{A}{B}$ түрінде жазамыз, мұндағы A - себеп, B - салдар, қазақ тілі ережелеріне сәйкес.

Қазақ тіліндегі негізгі сөз таптарына мыналар жатады: зат есім, сын есім, сан есім, етістік, үстеу және т.б. [16]. Белгілі бір заттың үш жақтың біріне меншіктілігі тәуелдік категориясымен көрсетіледі. Тәуелдік жалғауы зат есімнің өзіне ғана тән қосымшасы болғанымен, кейде зат есім ретінде жұмсалатын, субстантивті сөздердің бәріне де жалғанылады. Қазақ тілінің тәуелдік жалғауы 1-кестеде сипатталған.

1-кесте – Қазақ тілінің тәуелдік жалғауы

Жақ	Есімдік	Тәуелдік жалғаулары	Мысал
1	2	3	4
1 жақ жекеше	Менің	-м, -ім, -ым	Менің оқушы-м
2 жақ жекеше	Сенің	-ң, -ің, -ың	Сенің оқушы-ң
2 жақ жекеше сыпайы	Сіздің	-ңыз, -ңіз, -ыңыз, -іңіз	Сіздің оқушы-ңыз
3 жақ жекеше	Оның	-сі, -сы, -і, -ы	Оның оқушы-сы
1 жақ көпше	Біздің	-іміз, -ымыз,	Біздің оқушы-мыз
2 жақ көпше	Сендердің	-ң, -ің, -ың	Сендердің оқушы-лар-ың
2 жақ көпше Сыпайы	Сіздердің	-ңыз, -ңіз, -ыңыз, -іңіз	Сіздердің оқушы-лар-ыңыз
3 жақ көпше	Олардың	-сі, -сы, -і, -ы	Олардың оқушы-лар-ы

Жіктік жалғауы зат есімдердің бәріне жалғана бермейді, лексикалық мәніне байланысты адамның кәсібі, қабілеті, тегі, туыстығы, жынысы, жас мөлшері тәрізді жеке басына тән белгілері мен қасиеттерін білдіретін сөздер тобы ғана жіктеледі. Қазақ тілінің жіктік жалғауы 2-кесте ұсынылған.

2-кесте – Қазақ тілінің жіктік жалғауы

Жақ	Есімдік	Жіктік жалғаулары	Мысал
1	2	3	4
1 жақ жекеше	Мен	-мын, -мін, -бын, -бін, -пын, -пін	Мен оқушы-мын
2 жақ жекеше	Сен	-сың, -сің	Сен оқушы-сың
2 жақ жекеше сыпайы	Сіз	-сыз, -сіз	Сіз оқушы-сыз
3 жақ жекеше	Ол		Ол оқушы
1 жақ көпше	Біз	-мыз, -міз, -быз, -біз, -пыз, -піз	Біз оқушы-мыз
2 жақ көпше	Сендер	-сыңдар, -сіндер	Сендер оқушы-сыңдар
2 жақ көпше Сыпайы	Сіздер	-сіздер, -сыздар	Сіздер оқушы-сыздар
3 жақ көпше	Олар		Олар оқушы-лар

Қазақ тіліндегі тәуелдік, жіктік жалғауларын логикалық шығарым ережелері арқылы формалдау

Зат есім – заттың мағынасын білдіретін, «Кім?», «Не?» деген сұраққа жауап беретін негізгі сөз табына жатады. Жалғаудың негізгі қызметі сөзді сөзбен байланыстырады. Жалағаулардың негізгі 4 түрі бар: көптік жалғауы, септік жалғауы, тәуелдік жалғауы және жіктік жалғауы. Біз осы жұмыста қазақ тіліндегі жіктік және тәуелдік жалғауларына қатысты ережелерді барынша қарапайым етіп жазып, оны логикалық шығарым ережелері арқылы формалдауды қарастырамыз.

Тәуелдік жалғауы. Тәуелдік жалғауы сөзге тәуелдік мағына беретін арнайы қосымша болып табылады. Тәуелдік жалғауы жіктеу есімдіктерімен мағыналық іліктестікте айтылып, грамматикалық 3 жаққа тән болып келеді [16, б. 455].

1-ереже. Егер зат есімнің соңғы дыбысы жуан, жіңішке дауысты дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 1 жақ, жекеше түрде тәуелдіктің 'м' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N_j, \delta = \alpha \cdot \beta, \beta \in \{a, y\}, \beta \in \{ə, e, i\}}{\delta \cdot m = \varphi, \varphi \in POSS. 1SG}; \quad (1)$$

2-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жуан және дауыссыз дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 1 жақ, жекеше түрде тәуелдіктің 'ым' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_h(\beta \cdot \gamma), \gamma \in C}{\delta \cdot ым = \varphi, \varphi \in POSS. 1SG}; \quad (2)$$

3-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жіңішке және дауыссыз дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 1 жақ, жекеше түрде тәуелдіктің 'ім' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_s(\beta \cdot \gamma), \gamma \in C}{\delta \cdot ім = \varphi, \varphi \in POSS. 1SG}; \quad (3)$$

4-ереже. Егер зат есімнің соңғы дыбысы жуан немесе жіңішке дауысты дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 2 жақ, жекеше түрде тәуелдіктің 'ң' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N_j, \delta = \alpha \cdot \beta, \beta \in \{a, y\}, \beta \in \{ə, e, i\}}{\delta \cdot ң = \varphi, \varphi \in POSS. 2SG}; \quad (4)$$

5-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жуан және дауыссыз дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 2 жақ, жекеше түрде тәуелдіктің 'ың' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_h(\beta \cdot \gamma), \gamma \in C}{\delta \cdot \text{ың} = \varphi, \varphi \in POSS.2SG}; \quad (5)$$

6-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жіңішке және дауыссыз дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 2 жақ, жекеше түрде тәуелдіктің 'ің' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_s(\beta \cdot \gamma), \gamma \in C}{\delta \cdot \text{ің} = \varphi, \varphi \in POSS.2SG}; \quad (6)$$

7-ереже. Егер зат есімнің соңғы дыбысы жуан дауысты дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 2 жақ, жекеше (сыпайы) түрде тәуелдіктің 'ңыз' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N_j, \delta = \alpha \cdot \beta, \beta \in \{a, \text{ә}, \text{ы}\}}{\delta \cdot \text{ңыз} = \varphi, \varphi \in POSS.2SG.P}; \quad (7)$$

8-ереже. Егер зат есімнің соңғы дыбысы жіңішке дауысты дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 2 жақ, жекеше (сыпайы) түрде тәуелдіктің 'ізіз' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N_j, \delta = \alpha \cdot \beta, \beta \in \{e, i\}}{\delta \cdot \text{ізіз} = \varphi, \varphi \in POSS.2SG.P}; \quad (8)$$

9-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жуан және дауыссыз дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 2 жақ, жекеше (сыпайы) түрде тәуелдіктің 'ыңыз' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_h(\beta \cdot \gamma), \gamma \in C}{\delta \cdot \text{ыңыз} = \varphi, \varphi \in POSS.2SG.P}; \quad (9)$$

10-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жіңішке және дауыссыз дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 2 жақ, жекеше (сыпайы) түрде тәуелдіктің 'іңізіз' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_s(\beta \cdot \gamma), \gamma \in C}{\delta \cdot \text{іңізіз} = \varphi, \varphi \in POSS.2SG.P}; \quad (10)$$

11-ереже. Егер зат есімнің соңғы дыбысы жуан дауысты дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 3 жақ, жекеше түрде тәуелдіктің 'сы' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N_j, \delta = \alpha \cdot \beta, \beta \in \{a, \text{ә}, \text{ы}\}}{\delta \cdot \text{сы} = \varphi, \varphi \in POSS.3SG}; \quad (11)$$

12-ереже. Егер зат есімнің соңғы дыбысы жіңішке дауысты дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 3 жақ, жекеше түрде тәуелдіктің 'сі' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N_j, \delta = \alpha \cdot \beta, \beta \in \{e, i\}}{\delta \cdot \text{сі} = \varphi, \varphi \in POSS.3SG}; \quad (12)$$

13-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жуан және дауыссыз дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 3 жақ, жекеше түрде тәуелдіктің 'ы' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_h(\beta \cdot \gamma), \gamma \in C}{\delta \cdot \text{ы} = \varphi, \varphi \in POSS.3SG}; \quad (13)$$

14-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жіңішке және дауыссыз дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 3 жақ, жекеше түрде тәуелдіктің 'і' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_s(\beta \cdot \gamma), \gamma \in C}{\delta \cdot i = \varphi, \varphi \in POSS.3SG}; \quad (14)$$

15-ереже. Егер зат есімнің соңғы дыбысы жуан дауысты дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 1 жақ, көпше түрде тәуелдіктің 'мыз' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N_j, \delta = \alpha \cdot \beta, \beta \in \{a, \text{ә}, \text{ы}\}}{\delta \cdot \text{мыз} = \varphi, \varphi \in POSS.1PL}; \quad (15)$$

16-ереже. Егер зат есімнің соңғы дыбысы жіңішке дауысты дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 1 жақ, көпше түрде тәуелдіктің 'міз' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N_j, \delta = \alpha \cdot \beta, \beta \in \{e, i\}}{\delta \cdot \text{міз} = \varphi, \varphi \in POSS.1PL}; \quad (16)$$

17-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жуан және дауыссыз дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 1 жақ, көпше түрде тәуелдіктің 'ымыз' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_h(\beta \cdot \gamma), \gamma \in C}{\delta \cdot \text{ымыз} = \varphi, \varphi \in POSS.1PL}; \quad (17)$$

18-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жіңішке және дауыссыз дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 1 жақ, көпше түрде тәуелдіктің 'іміз' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_s(\beta \cdot \gamma), \gamma \in C}{\delta \cdot \text{іміз} = \varphi, \varphi \in POSS.1PL}; \quad (18)$$

19-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жуан және көптік жалғау болса, онда зат есімнің көптік жалғауынан кейін тәуелдіктің жуан 'ың' жалғауы жалғанады: мал-дар-ың

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_h(\beta \cdot \gamma), \gamma \in C}{\delta \cdot \text{ың} = \varphi, \varphi \in POSS.2PL}; \quad (19)$$

20-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жіңішке және көптік жалғау болса, онда зат есімнің көптік жалғауынан кейін тәуелдіктің жіңішке 'ің' жалғауы жалғанады: ел-дер-ің

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_s(\beta \cdot \gamma), \gamma \in C}{\delta \cdot \text{ің} = \varphi, \varphi \in POSS.2PL}; \quad (20)$$

Жіктік жалғауы. Сөздің жіктелуі деп оның грамматикалық үш жақтың әрқайсысына тән жіктік жалғауын қабылдауын айтады [16, б. 458].

1-ереже. Егер зат есімнің соңғы дыбысы жуан дауысты дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 1 жақ, жекеше түрде жіктіктің 'мын' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N_j, \delta = \alpha \cdot \beta, \beta \in \{a, \text{ә}, \text{ы}\}}{\delta \cdot \text{мын} = \varphi, \varphi \in P1SG}; \quad (21)$$

2-ереже. Егер зат есімнің соңғы дыбысы жіңішке дауысты дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 1 жақ, жекеше түрде жіктіктің 'мін' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N_j, \delta = \alpha \cdot \beta, \beta \in \{e, i\}}{\delta \cdot \text{мін} = \varphi, \varphi \in P1SG}; \quad (22)$$

3-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жуан және үнді дауыссыз {м, н, ң, й, у, р, л} дыбысына аяқталса, онда зат есімге 1 жақ, жекеше түрде жіктіктің 'мын' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_h(\beta \cdot \gamma), \gamma \in \{м, н, ң, й, у, р, л\}}{\delta \cdot \text{мын} = \varphi, \varphi \in P1SG}; \quad (23)$$

4-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жіңішке және үнді дауыссыз {м, н, ң, й, у, р, л} дыбысына аяқталса, онда зат есімге 1 жақ, жекеше түрде жіктіктің 'мін' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_s(\beta \cdot \gamma), \gamma \in \{м, н, ң, й, у, р, л\}}{\delta \cdot \text{мін} = \varphi, \varphi \in P1SG}; \quad (24)$$

5-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жуан және ұяң дауыссыз {ж, з} дыбысына аяқталса, онда зат есімге 1 жақ, жекеше түрде жіктіктің 'бын' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_h(\beta \cdot \gamma), \gamma \in \{ж, з\}}{\delta \cdot \text{бын} = \varphi, \varphi \in P1SG}; \quad (25)$$

6-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жіңішке және ұяң дауыссыз {ж, з} дыбысына аяқталса, онда зат есімге 1 жақ, жекеше түрде жіктіктің 'бін' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_s(\beta \cdot \gamma), \gamma \in \{ж, з\}}{\delta \cdot \text{бін} = \varphi, \varphi \in P1SG}; \quad (26)$$

7-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жуан және қатаң дауыссыз {ц, ч, ф, к, қ, п, с, ш, т, х} дыбысына аяқталса, онда зат есімге 1 жақ, жекеше түрде жіктіктің 'пын' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_h(\beta \cdot \gamma), \gamma \in \{ц, ч, ф, к, қ, п, с, ш, т, х\}}{\delta \cdot \text{пын} = \varphi, \varphi \in P1SG}; \quad (27)$$

8-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жіңішке және қатаң дауыссыз {ц, ч, ф, к, қ, п, с, ш, т, х} дыбысына аяқталса, онда зат есімге 1 жақ, жекеше түрде жіктіктің 'пін' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_s(\beta \cdot \gamma), \gamma \in \{ц, ч, ф, к, қ, п, с, ш, т, х\}}{\delta \cdot \text{пін} = \varphi, \varphi \in P1SG}; \quad (28)$$

9-ереже. Егер зат есімнің соңғы дыбысы жуан дауысты дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 2 жақ, жекеше түрде жіктіктің 'сың' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N_j, \delta = \alpha \cdot \beta, \beta \in \{а, ә, ы\}}{\delta \cdot \text{сың} = \varphi, \varphi \in P2SG}; \quad (29)$$

10-ереже. Егер зат есімнің соңғы дыбысы жіңішке дауысты дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 2 жақ, жекеше түрде жіктіктің 'сің' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N_j, \delta = \alpha \cdot \beta, \beta \in \{е, і\}}{\delta \cdot \text{сің} = \varphi, \varphi \in P2SG}; \quad (30)$$

11-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жуан және дауыссыз дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 2 жақ, жекеше түрде жіктіктің 'сың' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_h(\beta \cdot \gamma), \gamma \in C}{\delta \cdot \text{сың} = \varphi, \varphi \in P2SG}; \quad (31)$$

12-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жіңішке және дауыссыз дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 2 жақ, жекеше түрде жіктіктің 'сің' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_s(\beta \cdot \gamma), \gamma \in C}{\delta \cdot \text{сің} = \varphi, \varphi \in P2SG}; \quad (32)$$

13-ереже. Егер зат есімнің соңғы дыбысы жуан дауысты дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 2 жақ, жекеше (сыпайы) түрде жіктіктің 'сыз' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N_j, \delta = \alpha \cdot \beta, \beta \in \{a, \text{ә}, \text{ы}\}}{\delta \cdot \text{сыз} = \varphi, \varphi \in P2SG.P}; \quad (33)$$

14-ереже. Егер зат есімнің соңғы дыбысы жіңішке дауысты дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 2 жақ, жекеше (сыпайы) түрде жіктіктің 'сіз' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N_j, \delta = \alpha \cdot \beta, \beta \in \{e, i\}}{\delta \cdot \text{сіз} = \varphi, \varphi \in P2SG.P}; \quad (34)$$

15-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жуан және дауыссыз дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 2 жақ, жекеше (сыпайы) түрде жіктіктің 'сыз' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_h(\beta \cdot \gamma), \gamma \in C}{\delta \cdot \text{сыз} = \varphi, \varphi \in P2SG.P}; \quad (35)$$

16-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жіңішке және дауыссыз дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 2 жақ, жекеше (сыпайы) түрде жіктіктің 'сіз' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_s(\beta \cdot \gamma), \gamma \in C}{\delta \cdot \text{сіз} = \varphi, \varphi \in P2SG.P}; \quad (36)$$

17-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жуан, жіңішке және дауыссыз дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 3 жақ, жекеше түрде жіктіктің '' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_s(\beta \cdot \gamma), \gamma \in C}{\delta \cdot \text{''} = \varphi, \varphi \in P3SG}; \quad (37)$$

18-ереже. Егер зат есімнің соңғы дыбысы жуан дауысты дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 1 жақ, көпше түрде жіктіктің 'мыз' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N_j, \delta = \alpha \cdot \beta, \beta \in \{a, \text{ә}, \text{ы}\}}{\delta \cdot \text{мыз} = \varphi, \varphi \in P1PL}; \quad (38)$$

19-ереже. Егер зат есімнің соңғы дыбысы жіңішке дауысты дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 1 жақ, көпше түрде жіктіктің 'міз' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N_j, \delta = \alpha \cdot \beta, \beta \in \{e, i\}}{\delta \cdot \text{міз} = \varphi, \varphi \in P1PL}; \quad (39)$$

20-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жуан және үнді дауыссыз {м, н, ң, й, у, р, л} дыбысына аяқталса, онда зат есімге 1 жақ, көпше түрде жіктіктің 'мыз' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_h(\beta \cdot \gamma), \gamma \in \{m, n, \text{ң}, y, r, l\}}{\delta \cdot \text{мыз} = \varphi, \varphi \in P1PL}; \quad (40)$$

21-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жіңішке және үнді дауыссыз {м, н, ң, й, у, р, л} дыбысына аяқталса, онда зат есімге 1 жақ, көпше түрде жіктіктің 'міз' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_s(\beta \cdot \gamma), \gamma \in \{м, н, ң, й, у, р, л\}}{\delta \cdot \text{міз} = \varphi, \varphi \in P1PL}; \quad (41)$$

22-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жуан және ұяң дауыссыз {ж, з} дыбысына аяқталса, онда зат есімге 1 жақ, көпше түрде жіктіктің 'быз' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_h(\beta \cdot \gamma), \gamma \in \{ж, з\}}{\delta \cdot \text{быз} = \varphi, \varphi \in P1PL}; \quad (42)$$

23-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жіңішке және ұяң дауыссыз {ж, з} дыбысына аяқталса, онда зат есімге 1 жақ, көпше түрде жіктіктің 'біз' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_s(\beta \cdot \gamma), \gamma \in \{ж, з\}}{\delta \cdot \text{біз} = \varphi, \varphi \in P1PL}; \quad (43)$$

24-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жуан және қатаң дауыссыз {ц, ч, ф, к, қ, п, с, ш, т, х} дыбысына аяқталса, онда зат есімге 1 жақ, көпше түрде жіктіктің 'пыз' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_h(\beta \cdot \gamma), \gamma \in \{ц, ч, ф, к, қ, п, с, ш, т, х\}}{\delta \cdot \text{пыз} = \varphi, \varphi \in P1PL}; \quad (44)$$

25-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жіңішке және қатаң дауыссыз {ц, ч, ф, к, қ, п, с, ш, т, х} дыбысына аяқталса, онда зат есімге 1 жақ, көпше түрде жіктіктің 'піз' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_s(\beta \cdot \gamma), \gamma \in \{ц, ч, ф, к, қ, п, с, ш, т, х\}}{\delta \cdot \text{піз} = \varphi, \varphi \in P1PL}; \quad (45)$$

26-ереже. Егер зат есімнің соңғы дыбысы жуан дауысты дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 2 жақ, көпше түрде жіктіктің 'сыңдар' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N_j, \delta = \alpha \cdot \beta, \beta \in \{а, ә, ы\}}{\delta \cdot \text{сыңдар} = \varphi, \varphi \in P2PL}; \quad (46)$$

27-ереже. Егер зат есімнің соңғы дыбысы жіңішке дауысты дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 2 жақ, көпше түрде жіктіктің 'сіндер' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N_j, \delta = \alpha \cdot \beta, \beta \in \{е, і\}}{\delta \cdot \text{сіндер} = \varphi, \varphi \in P2PL}; \quad (47)$$

28-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жуан және дауыссыз дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 2 жақ, көпше түрде жіктіктің 'сыңдар' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_h(\beta \cdot \gamma), \gamma \in C}{\delta \cdot \text{сыңдар} = \varphi, \varphi \in P2PL}; \quad (48)$$

29-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жіңішке және дауыссыз дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 2 жақ, көпше түрде жіктіктің 'сіндер' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_s(\beta \cdot \gamma), \gamma \in C}{\delta \cdot \text{сіндер} = \varphi, \varphi \in P2PL}; \quad (49)$$

30-ереже. Егер зат есімнің соңғы дыбысы жуан дауысты дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 2 жақ, көпше (сыпайы) түрде жіктіктің 'сыздар' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N_j, \delta = \alpha \cdot \beta, \beta \in \{a, \text{ә}, \text{ы}\}}{\delta \cdot \text{сыздар} = \varphi, \varphi \in P2PL.P}; \quad (50)$$

31-ереже. Егер зат есімнің соңғы дыбысы жіңішке дауысты дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 2 жақ, көпше (сыпайы) түрде жіктіктің 'сіздер' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N_j, \delta = \alpha \cdot \beta, \beta \in \{e, i\}}{\delta \cdot \text{сіздер} = \varphi, \varphi \in P2PL.P}; \quad (51)$$

32-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жуан және дауыссыз дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 2 жақ, көпше (сыпайы) түрде жіктіктің 'сыздар' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_h(\beta \cdot \gamma), \gamma \in C}{\delta \cdot \text{сыздар} = \varphi, \varphi \in P2PL.P}; \quad (52)$$

33-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жіңішке және дауыссыз дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 2 жақ, көпше (сыпайы) түрде жіктіктің 'сіздер' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_s(\beta \cdot \gamma), \gamma \in C}{\delta \cdot \text{сіздер} = \varphi, \varphi \in P2PL.P}; \quad (53)$$

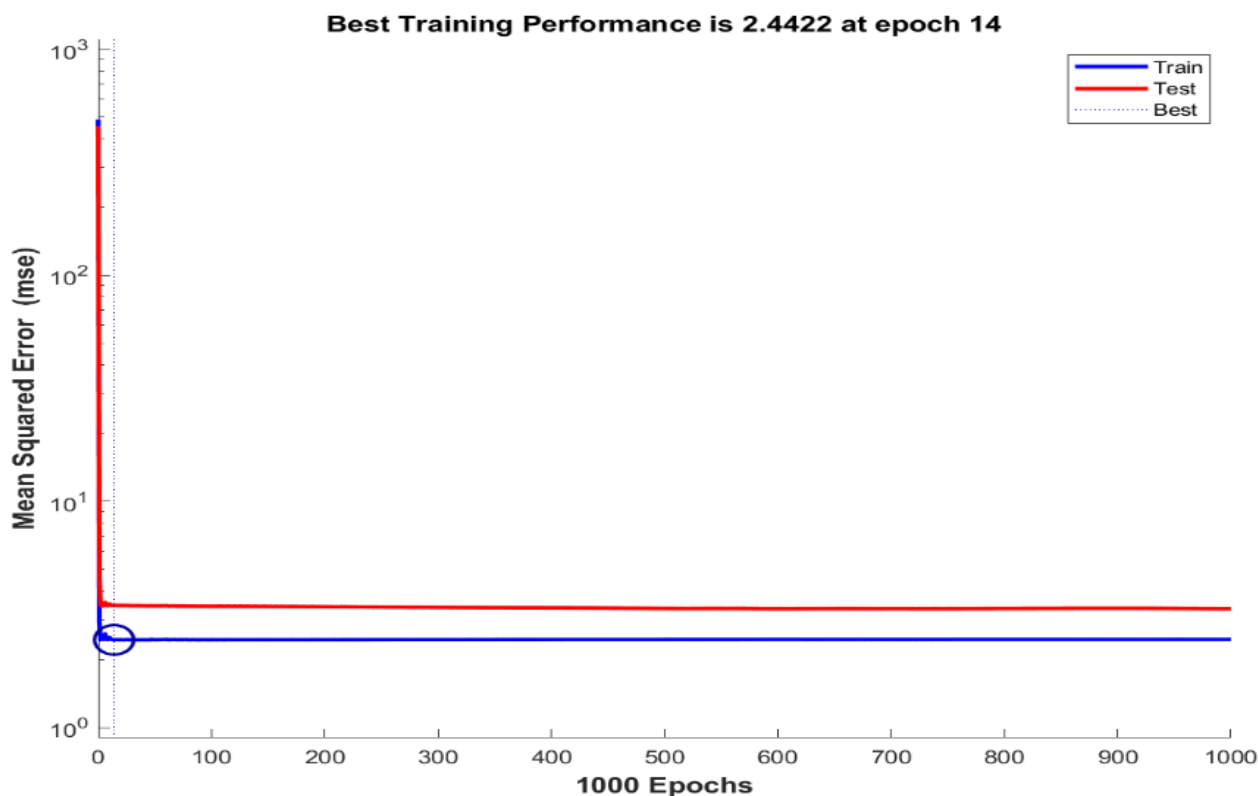
34-ереже. Егер зат есімнің соңғы буыны жуан, жіңішке және дауыссыз дыбыстарға аяқталса, онда зат есімге 3 жақ, көпше түрде жіктіктің '' жалғауы жалғанады:

$$\frac{\delta \in N, \delta = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma, S_s(\beta \cdot \gamma), \gamma \in C}{\delta \cdot \text{''} = \varphi, \varphi \in P3PL}; \quad (54)$$

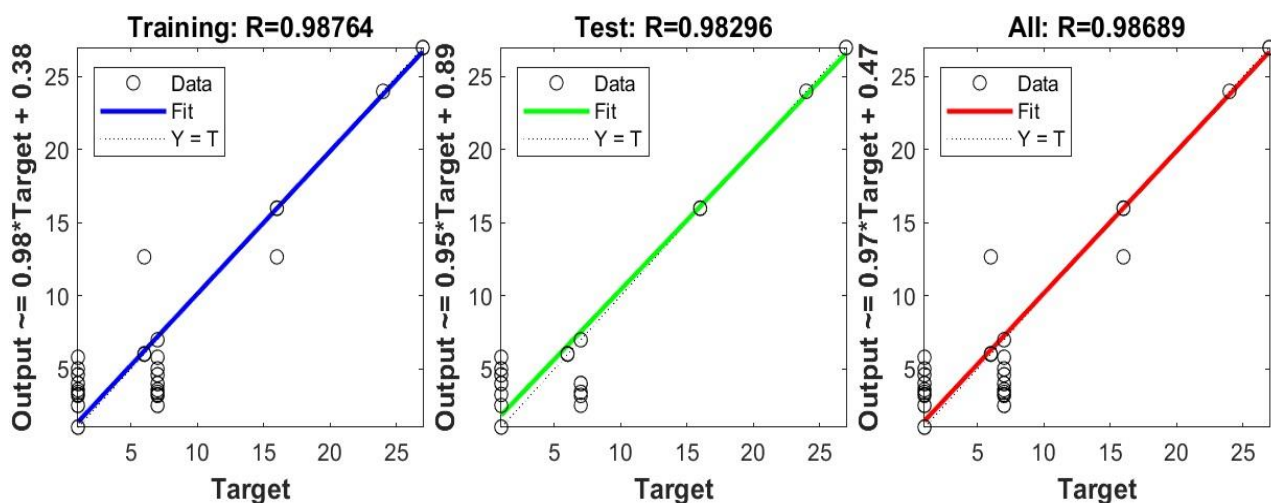
Нәтижелер мен талқылау

Аталған бөлімнің мақсаты-нейрондық желілерді қолдана отырып, қазақ тілінің зат есімдерінің жалғауларының жалғану ережелерінің формальды модельдерін талдау болып табылады. Бұл модельді қазақ тіліндегі тәуелдік, жіктік жалғауларын логикалық шығарым ережелері арқылы формалданған ережелерінің жағдайын болжау, бағалау немесе түсіну үшін пайдалануға болады.

Кирилл графикасына негізделген алфавит бойынша 130 сөзден тұратын JSON форматында оқыту деректер жинағын құрдық. Әрі қарай, біз соңғы 4 таңбаны Python тіліндегі сандарға түрлендіру үшін код жаздық [17]. Convert_to_numbers функциясы kazKiril_dict сөздігіне сәйкес таңбаларды сандарға түрлендіреді. Алгоритмнің соңында түрлендіру функциясы іске қосылады, ол words сөздігі ретінде жасалған алдын-ала дайындалған мәліметтер жиынтығынан әрбір жеке word сөзінің мәндерін алады. Нәтижесінде біз жиынтықты аламыз {1,16,1,24}, {1,16,1,24}, {2,16,1,24}, {13,16,1,24}, {13,16,1,24} және т. б.. Бұл мәндер бізге нейрондық желіні оқыту үшін қажет. Bayesian regularization-backpropagation neural network (BR-BPNN) with layer size 70 [18-19] салынды. Оқыту нәтижелері 1-2 суреттерде келтірілген.



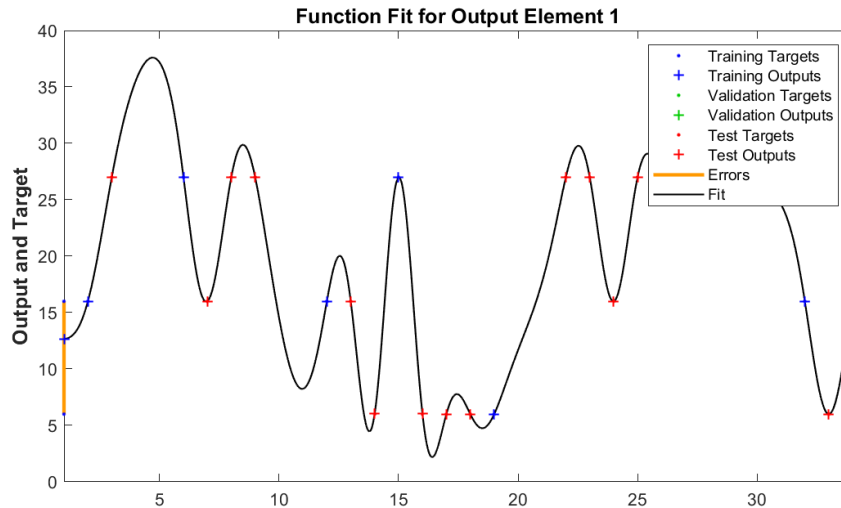
1-сурет – BR-BPNN performance



2-сурет – BR-BPNN моделінің корреляция деңгейін көрсету

BR-BPNN регрессиялық модельдегі болжамды және нақты мәндер арасындағы айырмашылықтың орташа квадратының төменгі мәнін көрсетті. Жаттығу нәтижесі 14-ші дәуір болатын ең жақсы өнімділікті көрсетті және одан әрі айтарлықтай өзгермеді. Бұл ретте MSE 2.4422 құрады. R айнымалылары арасындағы сызықтық қатынастың күші мен бағытының өлшемі 0.9876 мәніне ие болды. Нейрондық модельді сынау кезінде $R=0.98296$, ал жалпы $R = 0.98689$.

3-суретте BR-BPNN сәйкестік функциясы арқылы деректер нүктелерінің жиынтығына сәйкес келетін математикалық функцияны іздеу процесі көрсетілген.



3-сурет – BR-BPNN сәйкестік функциясы

Бұл функцияның болжамды мәндері мен деректер нүктелерінің нақты мәндері арасындағы айырмашылықты азайтатын функция өлшемдерін іздеуді қамтитын регрессиялық талдау жасалады. Функцияларды сәйкестендірудің басты мақсаты-деректердегі негізгі үлгілер мен қатынастарды дәл көрсете алатын модель құру.

Содан кейін бұл модель зерттелетін жүйенің жағдайын болжау, бағалау немесе түсіну үшін пайдаланылуы мүмкін.

Қорытынды

Зерттеу жұмысы нәтижесінде қазақ тіліндегі тәуелдік, жіктік жалғаулары логикалық шығарым ережелері арқылы формалданып, нейрондық желілердің көмегімен моделі тұрғызылды. Модель логикалық шығарым ережелері арқылы формалданған ережелердің жағдайын болжау, бағалау, я болмаса түсіну мақсатында құрылды.

Бұл жұмыстың нәтижелерін қазақ тілінің зат есімнен басқа да сөз таптарын түрлендіру логикалық шығарым ережелері арқылы формалдау үшін қолданылады. Олар қазақ тілінің морфологиялық және синтаксистік құрылымын зерттеп, оның ережелерін формалдап қазақ тілінің грамматикалық процессорын даярлауға мүмкіндік береді. Мысалы, білім алу, ақпараттық іздеу, сұрақ-жауап жүйелерінде, машиналық аудармада, қазақ тіліндегі мәтіндерді автоматты түрде рефераттауда, сонымен қатар ақпараттық-анықтамалық және оқыту жүйелерінде, бұдан басқа да түркі тілдерінің морфологиялық ережелерінің формалды моделдерін құру кезінде пайдаланылуы мүмкін. Ол келешекте мектеп оқушыларына, жоғарғы оқу орындарының білім алушыларына, әртүрлі сала қызметкерлеріне, қазақ тілін өз бетінше жаңадан үйренушілерге сөзсіз пайдалы болмақ.

АЛҒЫС

Зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырған № BR11765535 ғылыми жобасы аясында жүргізілді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Turkic-languages (2023). Available at: <https://www.britannica.com/topic/Turkic-languages> (қаралған күні: 19.03.2023 ж.).
2. Zhetkenbay L., Sharipbay A.A., Bekmanova G.T., Yelibaeva G.K. Method of the uniform morphological analysis of verbs Kazakh and Turkish languages. Herald of the L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2017, №6(121), pp. 6-15.
3. Bekmanova G., Sharipbay A., Altnbek G., Adalı E., Zhetkenbay L., et al. A uniform morphological analyzer for the Kazakh and Turkish languages. Proceed. of the 6th internet. conf. on Analysis of Images, Social Networks, and Texts (AIST 2017), Moscow, 2017, pp. 20-30.
4. Шәріпбай А.Ә., Разахова Б.Ш., Муканова А.С., Ергеш Б.Ж. Қазақ тілі грамматикасының математикалық және онтологиялық моделдері мен электрондық тезаурусы. Монография. Нұр-Сұлтан, «Булатов А.Ж.» ЖК, 2020, 218 б.

5. Sharipbayev A., Bekmanova G., Mukanova A. et al. Semantic neural network model of morphological rules of the agglutinative languages. Proceed. the 6th internet. conf. on Soft Computing and Intelligent Systems The 13th internet. sympos. Advanced Intelligent Systems, Kobe, 2012, pp. 1094-1099.
6. Yergesh B., Mukanova A., Bekmanova G. et al. Semantic hyper-graph-based representation of Verbs in the Kazakh language. *Computacion y Sistemas*, 2014, Vol. 18, Issue 3, pp. 627-635.
7. Kamanur U., Sharipbay A., Altenbek G., Bekmanova G., Zhetkenbay L. Investigation and use of methods for defining the extent of similarity of Kazakh language sentences. *Chinese Computational Linguistics and Natural Language Processing Based on Naturally Annotated Big Data: proceed. 15th China national Conf., CCL 2016, and 4th internat. sympos. (NLP-NABD 2016)*, Yantai, 2016, pp. 153-161.
8. Zhumay N., Zhiyembayeva G.T., Zhunissova, M.A., Zhunissova, J.A., Zhazira S. Lexemes with the “camel” component in Kazakh: Problems of translation. *Opcion*, 2020, vol. 36, Special Edition 27, pp. 1660–1674.
9. Zhetkenbay L., Bekmanova G., Yergesh B. et al. Method of sentiment preservation in the Kazakh-Turkish machine translation. *Proceed. of the 20th internet. conf. on Computational Science and Its Applications (ICCSA 2020)*, Cagliari, 2020, pp. 538-549.
10. Kessikbayeva G., Cicekli I. Rule Based Morphological Analyzer of Kazakh Language. *Linguistics and Literature Studies*, 2016, Vol. 4(1), pp. 96-104.
11. Makhambetov O., Makazhanov A., Sabyrgaliyev I., Yessenbayev Z. Data-driven morphological analysis and disambiguation for Kazakh. *Proceed. 16th internet. conf. Computational Linguistics and Intelligent Text Processing*, Cairo, 2015, pp. 151-163.
12. Toleu A., Tolegen G., Makazhanov A. Character-Aware neural morphological disambiguation. *Proceed. of the conf. 55th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL 2017)*, Vancouver, 2017, pp. 666-671.
13. Zhetkenbay L., Sharipbay A., Bekmanova G., Kamanur U. Ontological modeling of morphological rules for the adjectives in Kazakh and Turkish languages. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 2016, Vol. 91, №2, pp. 257-263.
14. Yelibayeva G., Mukanova A., Sharipbay A. et al. Metalanguage and Knowledgebase for Kazakh Morphology. *Computational Science and Its Applications (ICCSA 2019)*, Nur-Sultan, 2019, pp. 693-706.
15. Yelibayeva G., Yergesh B., Bekmanova G., Razakhova B., Sharipbay A., Mukanova A. Modelling of Verb Phrases of the Kazakh Language. *Proceedings of the International Conference on Engineering & MIS (ICEMIS)*, Istanbul, Turkey, 2022, pp. 1-3, doi: 10.1109/ICEMIS56295.2022.9914015.
16. Қазақ грамматикасы. Фонетика, сөзжасам, морфология, синтаксис / ред. Е. Жанпейісов, Астана, 2002, 784 б.
17. Omarbekova, A., Sharipbay, A., & Barlybaev, A. Generation of test questions from RDF files using PYTHON and SPARQL. *Proc. Int. Conf. on Control Engineering and Artificial Intelligence (CCEAI 2017)*, Kuala Lumpur, Malaysia, 2017. [Online]. Available: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/806/1/012009/pdf>
18. S. A. Abdymanapov, M. Muratbekov, S. Altynbek, and A. Barlybayev. Fuzzy expert system of information security risk assessment on the example of analysis Learning Management Systems. *IEEE Access*, 2021, vol. 9, pp. 156556-156565.
19. S. A. Abdymanapov, A. Barlybayev, and B. A. Kuzenbayev. Quality evaluation fuzzy method of automated control systems on the LMS example. *IEEE Access*, 2019, vol. 7, pp. 138000-138010.

LIST OF REFERENCES

1. Turkic-languages (2023). Available at: <https://www.britannica.com/topic/Turkic-languages> (accessed 19 March 2023).
2. Zhetkenbay L., Sharipbay A.A., Bekmanova G.T., Yelibayeva G.K. Method of the uniform morphological analysis of verbs Kazakh and Turkish languages. *Herald of the L.N. Gumilyov Eurasian National University*, 2017, №6(121), pp. 6-15.
3. Bekmanova G., Sharipbay A., Altynbek G., Adalı E., Zhetkenbay L., et al. A uniform morphological analyzer for the Kazakh and Turkish languages. *Proceed. of the 6th internet. conf. on Analysis of Images, Social Networks, and Texts (AIST 2017)*, Moscow, 2017, pp. 20-30.

4. Sharipbay A. A., Razakhova B. Sh., Mukanova A. S., Yergesh B. Zh. Mathematical and ontological models and electronic thesaurus of the grammar of the Kazakh language. Monography, Nur-Sultan, 2020, IP Bulatov A. Zh, P.218.
5. Sharipbayev A., Bekmanova G., Mukanova A. et al. Semantic neural network model of morphological rules of the agglutinative languages. Proceed. the 6th internet. conf. on Soft Computing and Intelligent Systems The 13th internet. sympos. Advanced Intelligent Systems, Kobe, 2012, pp. 1094-1099.
6. Yergesh B., Mukanova A., Bekmanova G. et al. Semantic hyper-graph-based representation of Verbs in the Kazakh language. *Computacion y Sistemas*, 2014, Vol. 18, Issue 3, pp. 627-635.
7. Kamanur U., Sharipbay A., Altenbek G., Bekmanova G., Zhetkenbay L. Investigation and use of methods for defining the extent of similarity of Kazakh language sentences. *Chinese Computational Linguistics and Natural Language Processing Based on Naturally Annotated Big Data: proceed. 15th China national Conf., CCL 2016, and 4th internat. sympos. (NLP-NABD 2016)*, Yantai, 2016, pp. 153-161.
8. Zhumay N., Zhiyembayeva G.T., Zhunissova, M.A., Zhunissova, J.A., Zhazira S. Lexemes with the “camel” component in Kazakh: Problems of translation. *Opcion*, 2020, vol. 36, Special Edition 27, pp. 1660–1674.
9. Zhetkenbay L., Bekmanova G., Yergesh B. et al. Method of sentiment preservation in the Kazakh-Turkish machine translation. *Proceed. of the 20th internet. conf. on Computational Science and Its Applications (ICCSA 2020)*, Cagliari, 2020, pp. 538-549.
10. Kessikbayeva G., Cicekli I. Rule Based Morphological Analyzer of Kazakh Language. *Linguistics and Literature Studies*, 2016, Vol. 4(1), pp. 96-104.
11. Makhambetov O., Makazhanov A., Sabyrgaliyev I., Yessenbayev Z. Data-driven morphological analysis and disambiguation for Kazakh. *Proceed. 16th internet. conf. Computational Linguistics and Intelligent Text Processing*, Cairo, 2015, pp. 151-163.
12. Toleu A., Tolegen G., Makazhanov A. Character-Aware neural morphological disambiguation. *Proceed. of the conf. 55th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL 2017)*, Vancouver, 2017, pp. 666-671.
13. Zhetkenbay L., Sharipbay A., Bekmanova G., Kamanur U. Ontological modeling of morphological rules for the adjectives in Kazakh and Turkish languages. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 2016, Vol. 91, №2, pp. 257-263.
14. Yelibayeva G., Mukanova A., Sharipbay A. et al. Metalanguage and Knowledgebase for Kazakh Morphology. *Computational Science and Its Applications (ICCSA 2019)*, Nur-Sultan, 2019, pp. 693-706.
15. Yelibayeva G., Yergesh B., Bekmanova G., Razakhova B., Sharipbay A., Mukanova A. Modelling of Verb Phrases of the Kazakh Language. *Proceedings of the International Conference on Engineering & MIS (ICEMIS)*, Istanbul, Turkey, 2022, pp. 1-3, doi: 10.1109/ICEMIS56295.2022.9914015.
16. *Kazakh grammar: Phonetics, word formation, morphology, syntax in Kazakh*, Astana, 2002, P. 784.
17. Omarbekova, A., Sharipbay, A., & Barlybaev, A. Generation of test questions from RDF files using PYTHON and SPARQL. *Proc. Int. Conf. on Control Engineering and Artificial Intelligence (CCEAI 2017)*, Kuala Lumpur, Malaysia, 2017. [Online]. Available: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/806/1/012009/pdf>
18. S. A. Abdymanapov, M. Muratbekov, S. Altynbek, and A. Barlybayev. Fuzzy expert system of information security risk assessment on the example of analysis Learning Management Systems. *IEEE Access*, 2021, vol. 9, pp. 156556-156565.
19. S. A. Abdymanapov, A. Barlybayev, and B. A. Kuzenbayev. Quality evaluation fuzzy method of automated control systems on the LMS example. *IEEE Access*, 2019, vol. 7, pp. 138000-138010.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРИТЯЖАТЕЛЬНЫХ И ЛИЧНЫХ ОКОНЧАНИЙ КАЗАХСКОГО ЯЗЫКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛОГИЧЕСКИХ ПРАВИЛ ВЫВОДА

Л. Жеткенбай*, А.Ә. Шәріпбай, Б.Ш. Разахова, А.Б. Барлыбаев

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

e-mail: jetlen_7@mail.ru*, sharalt@mail.ru, utalina@mail.ru, frank-ab@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрена формулировка моделей формальных правил с целью улучшения автоматического анализа слов казахского языка и определения морфологических единиц. В частности, исследование было посвящено объяснению правил, регулирующих синтез имен существительных, содержащих притяжательные и личные окончания, которые относятся к лексико-семантическим категориям, широко используемым во всей тюркской языковой семье. Формальные модели морфологических правил казахского языка характеризовались правилами вывода с использованием регулярных выражений.

Для тщательного изучения этих формальных моделей правил спряжения казахских существительных использовались нейронные сети, облегчающие аналитические исследования, которые являются инструментом для прогнозирования, оценки и понимания состояния формализованных правил. Набор данных для обучения систематизирован в формате JSON, упорядоченном по кириллице.

Результаты этого исследования имеют практическое значение в области компьютерной лингвистики, особенно это проявляется в разработке электронных грамматических сборников, многоязычных электронных тезаурусов, мультимедийных систем вопросов и ответов, а также интеллектуальных обучающих инструментов и систем оценки знаний, адаптированных для казахского языка, среди других потенциальных применений.

Ключевые слова: казахский язык, существительное, притяжательные окончания, личные окончания, метаязык, морфологические правила, обработка естественного языка, формальная модель.

FORMALIZATION OF POSSESSIVE AND PERSONAL ENDINGS OF THE KAZAKH LANGUAGE USING LOGICAL RULES OF INFERENCE

L. Zhetkenbay*, A.A. Sharipbay, B.Sh. Razakhova, A.B. Barlybayev

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

e-mail: jetlen_7@mail.ru*, sharalt@mail.ru, utalina@mail.ru, frank-ab@mail.ru

Abstract. The formulation of formal rule models has been discussed in the article. The goal is to improve the automatic analysis of words in the Kazakh language and the determination of morphological units. In particular, the study was devoted to explaining the rules governing the synthesis of nouns. They contain possessive and personal endings. They belong to lexical-semantic categories widely used throughout the Turkic language family. Formal models of the morphological rules of the Kazakh language were characterized by inference rules using regular expressions.

Neural networks were used to carefully study these formal models of conjugation rules for Kazakh nouns. They facilitate analytical research and are a tool for predicting, assessing and understanding the state of formalized rules. The training data set is systematized in JSON format, organized in Cyrillic.

The results of this study have practical implications in the field of computational linguistics. This is especially evident in the development of electronic grammar books, multilingual electronic thesauri, multimedia question and answer systems, as well as intelligent teaching tools and knowledge assessment systems adapted for the Kazakh language, among other potential applications.

Key words: Kazakh language, noun, possessive endings, personal endings, metalanguage, morphological rules, natural language processing, formal model.

Басылымның шығыс деректері

Мерзімді баспасөз басылымының атауы	«Алматы энергетика және байланыс университетінің Хабаршысы» ғылыми-техникалық журналы
Мерзімді баспасөз басылымының меншік иесі	«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы, Алматы, Қазақстан
Бас редактор	Профессор, т.ғ.к., В.В. Стояк
Қайта есепке қою туралы куәліктің нөмірі мен күні және берген органның атауы	№ KZ14VPY00024997, күні 17.07.2020, Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігі
Мерзімділігі	Жылына 4 рет (тоқсан сайын)
Мерзімді баспасөз басылымының реттік нөмірі және жарыққа шыққан күні	Жалпы нөмір 62, 3-басылым, 2023 жылғы 30 қыркүйек
Басылым индексі	74108
Басылым таралымы	200 дана
Баға	Келісілген
Баспахана атауы, оның мекен-жайы	«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ баспаханасы, Байтұрсынұлы көшесі, 126/1 үй, А120 каб.
Редакцияның мекен-жайы	050013, Алматы қ., «Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ, Байтұрсынұлы к-сі, 126/1 үй, каб. А 224, тел.: 8 (727) 292 58 48, 708 880 77 99, e-mail: vestnik@aes.kz

Выходные данные

Название периодического печатного издания	Научно-технический журнал «Вестник Алматинского университета энергетики и связи»
Собственник периодического печатного издания	Некоммерческое акционерное общество «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», Алматы, Казахстан
Главный редактор	Профессор, к.т.н., Стояк В.В.
Номер и дата свидетельства о постановке на переучет и наименование выдавшего органа	№ KZ14VPY00024997 от 17.07.2020 Министерство информации и общественного развития Республики Казахстан
Периодичность	4 раза в год (ежеквартально)
Порядковый номер и дата выхода в свет периодического печатного издания	Валовый номер 62, выпуск 3, 30 сентября 2023
Подписной индекс	74108
Тираж выпуска	200 экз.
Цена	Договорная
Наименование типографии, ее адрес	Типография НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», ул. Байтұрсынұлы, дом 126/1, каб. А 120
Адрес редакции	050013, г. Алматы, НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», ул. Байтұрсынұлы, дом 126/1, каб. А 224, тел.: 8 (727) 292 58 48, 708 880 77 99, e-mail: vestnik@aes.kz

Issue output

Name of the periodical printed publication	Scientific and technical journal "Bulletin of the Almaty University of Power Engineering and Telecommunications"
Owner of the periodical printed publication	Non-profit joint-stock company "Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev", Almaty, Kazakhstan
Chief Editor	Professor, candidate of technical sciences Stoyak V.V.
Number and date of the registration certificate and the name of the issuing authority	№ KZ14VPY00024997 from 17.07.2020 Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan
Periodicity	4 times a year (quarterly)
Serial number and date of publication of a periodical printed publication	Number 62, edition 3, September 30, 2023
Subscription index	74108
Circulation of the issue	200 copies
Price	Negotiable
The name of the printing house, its address	Printing house of Non-profit joint-stock company "Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev", 126/1 Baitursynuly str., office A 120, Almaty, Republic of Kazakhstan
Editorial office address	050013, Non-profit joint-stock company "Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev", A 224, tel.: 8 (727) 292 58 48, 708 880 77 99, e-mail: vestnik@aes.kz