

Ибраева Жанар Базарбековнаның
6D070400 – Есептеу техникасы және бағдарламалық қамтамасыз
ету мамандығы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін
алу үшін ұсынылған «Желілік трафикті талдау және болжау модельдерін
жасау» тақырыбындағы диссертациялық жұмысына

АҢДАТПА

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Дүниежүзілік байланыс желісінің пакеттік технология негізіндегі дамуы ақпарат ағындарымен байланысты деректер көлемінің күрт өсуіне себеп болды.

Қазақстанда 2007 жылдан бастап TDM (Time Division Multiplexing) арналарды ауыстыру (коммутация каналов) технологиясының IP (Internet Protocol) пакеттік технологияға ауысуы орасан зор өзгеріс алып келді. Ақпараттық коммуникациялық технологиялар (АКТ) саласында VoIP (Voice over Internet Protocol), IP VPN (Virtual private network), IPTV (Internet protocol television) қызметтерін көрсететін заманауи инфрақұрылым пайда болды. Бұл желі NGN (Next Generation Network) жаңа буын желісі болып табылады.

Қазіргі заманғы гетерогенді желі құрылымы өте қиын, біркелкі емес желілік трафик тудырады. Нақты өлшенген деректерді зерттеулер де желілік құрылғыларға қызмет көрсететін пакеттердің біркелкі емес қарқындылығын көрсетеді. Сонымен қатар уақыттық қатарлар негізінде құрылған модельдер стационарлық емес қасиетке ие, бұл олардың құрылымының көп компонентті екенін білдіреді. Демек, трафик көлемі ұлғайып қана қоймастан, оның құрылымы да өзгеруде, сондықтан желілік трафикті талдау әлі де өзекті мәселе болып табылады. Күрделі құрылымның құрамдас бөліктерін анықтау және сандық анықтау – трендтің, кезеңділіктің, кездейсоқ құрамдас бөліктің болуы/болмауы уақытша қатарларды талдаудың негізгі міндеті болып табылады.

Қазіргі заманғы зерттеулер желілік трафикті талдау және болжау трафикті басқарудағы ең маңызды міндет болып қала беретінін көрсетті. Желіні басқарудың міндеттері басқа нәрселермен қатар дұрыс шешім қабылдау үшін болжамды болашақ деректерге де негізделген.

Инфокоммуникациялық желілердегі гетерогенді трафик көлемінің өсуі ұсынылатын байланыс қызметтерінің сапасын қамтамасыз ету мәселелерін өзекті етеді, бұл өз кезегінде болжау моделдеріне жүгінуді талап етеді.

Болжамды деректер желідегі ақпарат ағындарын басқару мәселесін шешу үшін қажетті ақпаратты береді және басқару негізінде пакеттердің жоғалуын болдырмауға мүмкіндік береді.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты нақты өлшенген желілік трафикті талдау және болжау үшін модельдерді әзірлеу болып табылады.

Қойылған мақсатқа жету үшін диссертация келесі **міндеттерді** шешеді:

1. Эмпирикалық деректердің уақыттық қатарының құрылымын зерттеу;
2. Уақыттық қатарларды болжаудың классикалық үлгілерімен эксперименталды зерттеулер жүргізу;

3. Желілік трафикті оның гетерогенділігін ескере отырып болжау үлгілерін әзірлеу;

Зерттеу объектісі. Зерттеу объектісі – әрбір секунд сайын (18000 нүкте) бес сағат бойы магистральдық желі арқылы берілетін MPEG хаттама пакеттерінің жиынтығын көрсететін уақыттық қатар.

Диссертациялық жұмыстың ғылыми жаңалығы келесі алынған нәтижелермен анықталады:

1. Нақты өлшенген желілік трафик құрылымына талдау жүргізудің нәтижесінде қатарды стационарлыққа тексеретін бағдарлама әзірленді;
2. Уақыттық қатарларды болжаудың классикалық ARIMA моделінің параметрлері анықталып, нәтижеде ARIMA(0,2,1) моделі құрылды;
3. NARX (Nonlinear AutoRegressive Network with exogenous inputs) негізінде болжау моделі құрылды;
4. Анық емес логика модельдері бағдарламалық іске асырылды.

Теориялық және практикалық құндылығы. Бұл жұмыстың теориялық маңыздылығы эмпирикалық деректердің стационарлы емес жағдайында қолдануға болатын болжау модельдерін анықтауда жатыр. Жұмыстың практикалық маңыздылығы ұсынылған болжау модельдерін желілік трафикті басқару жоспарын әзірлеуде және басқару кезінде дұрыс шешімдер қабылдауда жатыр. «Алматы Технологиялар Институтында» алынған нәтижелер сынақтан өткізілді.

Диссертация құрылымы кіріспеден, 4 бөлімнен, қорытындыдан, пайдалы дереккөздер мен қосымшалардан тұрады. Диссертация көлемі 100 бет, оның ішінде 41 сурет пен 6 кесте, 51 формула, 113 дереккөз бар.

Кіріспеде диссертацияның өзектілігін анықтайтын негіздемелер, ғылыми зерттеу жұмысының қалыптастырушы мақсаты, объектісі, міндеттері берілген. Жүргізілген зерттеу нәтижелеріне сипаттама беріліп, олардың ғылыми жаңалығы және практикалық маңыздылығы көрсетілген.

Диссертациялық жұмыстың **бірінші бөлімінде** мультисервистік желінің желілік трафигіне шолу және талдау, Қазақстандағы телекоммуникация желісінің негізгі ерекшеліктері, желілік трафикті болжау бойынша негізгі ғылыми еңбектерге шолу жасалды. Жалпы сипаттамалар мен зерттеу міндеттері берілген. Стохастикалық процестердің (қандай да бір жүйе күйінің ықтималдық заңдылықтарға сәйкес уақыт бойынша өзгеру процесі) классификациясы, деректердің уақытша қатарының стационарлық және стационарлық еместігін анықтау параметрлері, болжау әдістері анықталған.

Екінші бөлімде өлшенген трафиктің сандық сипаттамаларының талдауы жүргізіледі. Бастапқы деректер бес сағат бойы алынды, бұл әрбір секунд сайын бес сағат бойы магистральдық желі арқылы берілетін MPEG хаттама пакеттерінің жиынтығын көрсетеді.

Қатардың қалыптылығын статистикалық бағалау жүзеге асырылды, өйткені бұл желілік трафикті болжауда сәйкес әдістерді қолдану кезінде маңызды рөл атқарады. Зерттелетін қатардың таралу қалыптылығы туралы гипотеза тексерілді және келесі критерийлер жойылды: Колмогоров пен

Смирновтың өзгертілген критерийлері; Крамер-Мизес; Андерсон-Дарлинг; Шапиро Франция; асимметрия коэффициенті; Жарк Бер; Гири және Д'Агостино. Жиілік бөлу формасының сандық сипаттамалары: асимметрия және куртозис зерттелетін қатардың қалыпты таралу заңына сәйкессіздігін көрсетті.

Зерттелетін уақыттық қатардың таралу заңы қалыпты болмағандықтан, трендтің бар екендігі туралы гипотезаны тексеру үшін параметрлік емес сынақтарды қолданып, нәтижесінде зерттелетін қатарда тренд бар екені анықталды. Python бағдарламалық ортасында қатарды стационарлыққа тексеретін бағдарлама жасалды.

Үшінші бөлім уақыттық қатарлардың уақыттық-жиілік талдауына арналған. Зерттелетін қатар кездейсоқтық, стационарлық емес қасиеттерге ие болғандықтан, бұл қатарға сингулярлық спектрлі талдау SSA (Singular Spectrum Analysis) әдісі қолданылды. Меншікті векторлардың графиктері олардың құрамында жоғары жиілікті тербелістер бар екенін және шу құрамдастарына жатқызу керек екенін көрсетеді. Сингулярлық спектрлік талдау арқылы өңдеуден кейін қатар динамикасының қалпына келуі көрсетілген. Одан әрі қатар гармоникалық құрамдастарға зерттелді, ол төмен жиілікті компонентке (тренд) – бірінші негізгі компонент және жоғары жиілікті шуммен қатар мерзімді құрамдастарға ыдырады. Уақыттық қатардың ыдырауы қатардың стационарлық емес екенін және оның тренд, гармоникалық және шу құрамдастарын қамтитынын көрсетті.

Төртінші бөлімде стационарлық емес уақыттық қатарларды болжау ерекшеліктерінің сипаттамасы берілген. Статистикалық тәсілдердің ішінде ARIMA (Авто-регрессивті айырымды жылжымалы орташа) әдісі бастапқы уақыттық қатардан кейбір реттік айырмаларды алу арқылы стационарлық қатарға келтірілетін стационарлық емес уақыттық қатарларды сипаттауға мүмкіндік береді. Нәтижесінде ARIMA(0,2,1) моделі болжау интервалы 95% барабар болжамды көрсетті.

ЖИ негізіндегі әдістердің ішінен сызықты емес жүйелерді модельдеуге өте қолайлы NARX (Nonlinear AutoRegressive exogenous Network) моделі және анық емес логикалық алгоритмдер (Fuzzy Logic) қолданылды.

Қорытындыда диссертацияның негізгі нәтижелері мен қорытындылары берілген.

Жарияланымдар. Диссертация тақырыбы бойынша негізгі нәтижелер 15 мақалада: Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі, Ғылым және жоғары білім сапасын қамтамасыз ету комитеті ұсынған журналдарда - 7 мақала, Халықаралық Scopus деректер базасында – 1 мақала, Халықаралық конференцияларда - 7 мақала.

Диссертациялық жұмыстың **бірінші бөлімінде** мультисервистік желінің желілік трафигіне шолу және талдау, Қазақстандағы телекоммуникация желісінің негізгі ерекшеліктері, желілік трафикті болжау бойынша негізгі ғылыми еңбектерге шолу жасалды. Жалпы сипаттамалар мен зерттеу міндеттері берілген. Стохастикалық процестердің (қандай да бір жүйе күйінің ықтималдық заңдылықтарға сәйкес уақыт бойынша өзгеру

процесі) классификациясы, деректердің уақытша қатарының стационарлық және стационарлық еместігін анықтау параметрлері, болжау әдістері анықталған.

Қатарлардың стационарлық гипотезасын тексеру үшін тәжірибеде ақиқат гипотезаны қабылдауды және жоғары ықтималдықпен жалған гипотезаны жоққа шығаруды қамтамасыз ететін критерийлер қолданылады. Келесі критерийлер бар:

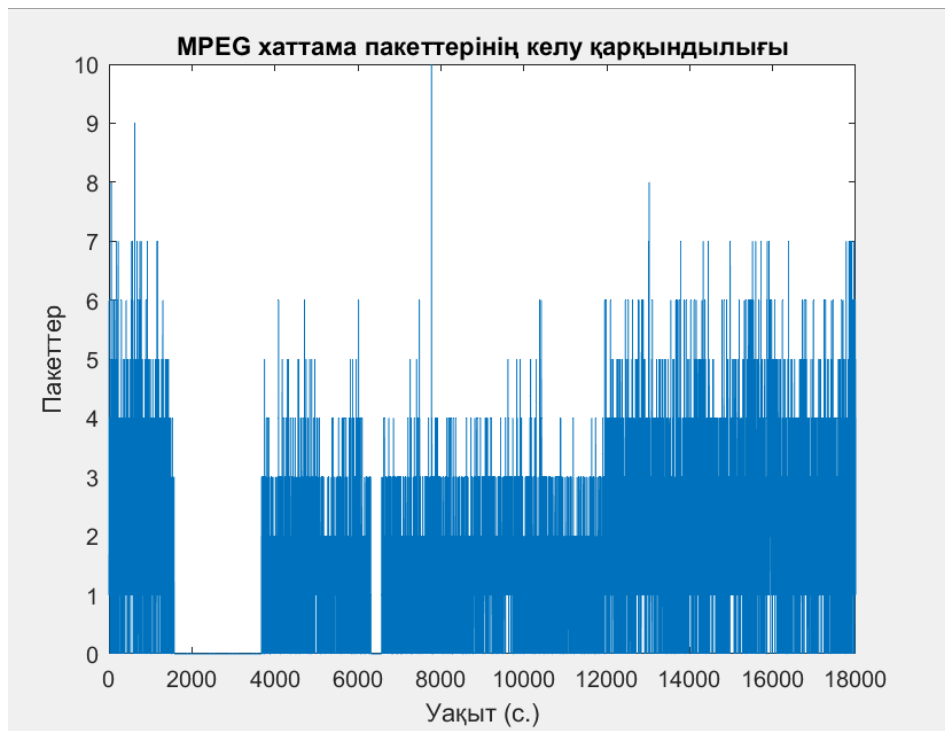
- есептеу формуласына таралу параметрлерін (орташа және дисперсиялық) қосатын, яғни бір уақытта талданатын барлық сипаттамалар қалыпты таралғанда қолданылатын параметрлік критерийлер;

- таралу параметрлерін есепке алмайтын және жиіліктерге негізделген параметрлік емес критерийлер.

Бірінші бөлім бойынша келесі қорытындылар жасалды:

1. Уақыттық қатарлар стационарлы және стационарлы емес болуы мүмкін. Тәжірибеде қатардың стационарлық гипотезасын тексеру үшін параметрлік және параметрлік емес критерийлер қолданылады;
2. Стационарлы және стационарлы емес уақыттық қатарлардың статистикалық қасиеттері айтарлықтай ерекшеленеді және оларды моделдеу үшін әртүрлі әдістерді қолдану керек;
3. Стационарлы уақыттық қатар моделі уақыттың тұрақты орташа мәнімен, дисперсиясымен және автокорреляциясымен сипатталады.
4. Стационарлы емес уақыттық қатарлар моделі көпкомпонентті: трендті, маусымдық және кездейсоқ құрамдарды қамтиды.
5. Стационарлы емес қатарлар TS детерминирленген тенденциясы бар және DS стохастикалық тренді бар қатарларға бөлінеді, бұл мұндай қатарлармен жұмыс істегенде стандартты асимптотикалық теорияның қолданылмайтындығын анықтайды.
6. Стационарлық жағдайға келтіру келесі операциялармен жүзеге асырылады: трендті анықтау, маусымдық құрам немесе интеграция;
7. Дикки-Фуллер критеріі қатарды DS немесе TS топтарына тексереді.

Екінші бөлімде өлшенген трафиктің сандық сипаттамаларының талдауы жүргізіледі. Бастапқы деректер бес сағат бойы алынды, бұл әрбір секунд сайын бес сағат бойы магистральдық желі арқылы берілетін MPEG хаттама пакеттерінің жиынтығын көрсетеді.



1-сурет Пакеттерді жіберу қарқындылығының қатары

Қатардың қалыптылығын статистикалық бағалау жүзеге асырылды, өйткені бұл желілік трафикті болжауда сәйкес әдістерді қолдану кезінде маңызды рөл атқарады. Зерттелетін қатардың таралу қалыптылығы туралы гипотеза тексерілді және келесі критерийлер жойылды: Колмогоров пен Смирновтың өзгертілген критерийлері; Крамер-Мизес; Андерсон-Дарлинг; Шапиро Франция; асимметрия коэффициенті; артық; Қуырылған Бера; Гири және Д'Агостино.

Параметрлік емес критерийлері: «өсетін және кемитін» қатарлар критеріі, Уоллис-Мур фазалық-жиілік критеріі, Кокс-Стюарт таңбалы критерийлері көмегімен зерттелетін қатарда тренд бар екені анықталды. Зерттеу нәтижесінде қатарлардың стационарлығын тексеретін Python бағдарламалық ортасында калькулятор жасалды.

Matlab бағдарламалық ортасында қатар Филлипс-Перрон (PP-test), Квятковский-Филлипс-Шмидт-Шин (KPSS-test) және бірлік түбір тесті Дики-Фуллер арқылы зерттелді.

Екінші бөлім бойынша келесі қорытындылар жасалды:

1. Зерттелетін қатардың таралу сипаты қалыпты таралу заңына сәйкес келмейді
2. Параметрлік емес критерийлердің (қатар, «өсетін және кемитін» қатар, Уоллис-Мур фазалық-жиілік критеріі және Кокс-Стюарт таңбалы тренд критеріі) және коррелограмма көмегімен зерттелетін қатарда тренд бар екендігі анықталды.
3. ADF-тесті, PP-тесті және KPSS-тесттері қатарда бірлік түбірлердің бар екенін көрсетті.

Үшінші бөлім уақыттық қатарлардың уақыттық-жиілік талдауына арналған. Зерттелетін қатар кездейсоқтық, стационарлық емес қасиеттерге ие

болғандықтан, бұл қатарға сингулярлық спектрлі талдау SSA (Singular Spectrum Analysis) әдісі қолданылды. Әдіс уақыттық қатардың құрылымдық компоненттерін талдаудың заманауи құралдарының бірі болып табылады. Уақыттық қатарларды ыдырату әдісі (SSA) қатарды тренд, мерзімділік және шу ретінде түсіндірілетін жиынтық құрамдас бөліктерге ыдыратады және бұл әдіс негізгі құрамдастардың бөліну мүмкіндігіне баса назар аударады және әртүрлі уақыт шкалаларында орын алатын кезеңділіктерді, тіпті өте шулы қатарларда оңай ажырата алады. Бастапқы уақыттық қатар өңдеу нәтижесінде алынған оның барлық құрамдастарын қосу арқылы қалпына келтіріледі.

Уақыттық қатардың ыдырауы қатардың стационарлы емес екенін және оның тренд, гармоникалық және шу құрамдастарын қамтитынын көрсетті.

Төртінші бөлімде стационарлы емес уақыттық қатарларды болжау ерекшеліктерінің сипаттамасы берілген. Стационарлық емес уақыт қатарын болжаудың негізгі әдістеріне мыналар жатады: статистикалық әдістер мен жасанды интеллектке (ЖИ) негізделген әдістер.

Статистикалық тәсілдердің ішінде ARIMA (Авто-регрессивті айырымды жылжымалы орташа) әдісі бастапқы уақыттық қатардан кейбір реттік айырмаларды алу арқылы стационарлы қатарға келтірілетін стационарлы емес уақыттық қатарларды сипаттауға мүмкіндік береді. Егер деректерде бірлік түбір мүмкіндіктері болса, онда стационарлы емес ARIMA үлгісін пайдалануға болады.

Моделдерді құрудың бірінші қадамы - деректерден стационарлы болғанша айырма алу.

Екінші ретті айырманың ACF және PACF графиктері бойынша d параметрі екіге тең (екінші айырма). Авторегрессия (AR) процесі бойынша ACF деңгейлері тез кемиді, ал PACF деңгейлері біртіндеп кемиді. Авторегрессивті процесс болған жағдайда ACF функциясы баяу кемитін еді, сондықтан p параметрі нөлге тең.

Жылжымалы орташа мән (MA) процесі бойынша ACF бір кідірістен (лаг) кейін күрт кемиді (соңғы маңызды кідіріс q параметрін көрсетеді), ал PACF функциясы біртіндеп кемиді. Демек, q параметрі бірге тең.

Модельді орнату процедурасы күрделі моделдерде сәйкестікті азайтуға көмектесетін Akaike ақпараттық критерийін (AIC) және Байес ақпарат критерийін (BIC) азайтатын параметрлерді табуға негізделген.

Нәтижесінде ARIMA(0,2,1) моделі (ARIMA_X2DiffDiff) алынды.

$$(1 - L)^2 y_t = c + (1 + \Theta_1 L)\varepsilon_t \quad (1)$$

Теңдеу ARIMA моделін айырмашылық теңдеуі түрінде сипаттайды, мұндағы y_t – уақыт қатарының ағымдағы мәні, L – лаг операторы (яғни бір уақыт кезеңіне жылжу), c – тұрақты, ε_t – кездейсоқ қате, ал Θ_1 бірінші ретті жылжымалы орташа параметр, $(1 - L)^2$ - y_t уақыт қатарының мәніне қолданылатын екінші ретті айырмашылық операторын білдіреді.

Бұл жұмыста ЖИ негізіндегі әдістердің ішінен сызықты емес жүйелерді модельдеуге өте қолайлы NARX (Nonlinear AutoRegressive exogenous Network) моделі және анық емес логикалық алгоритмдер (Fuzzy Logic) таңдалды;

Стационарлы емес уақыт қатарын болжауды жүзеге асыру үшін Matlab жүйесіндегі Neural Network Toolbox (NNT) қолданбалы пакеті (APP) таңдалды.

Сыртқы кірістері бар NARX моделінде жасанды нейронды желіге түсетін бастапқы уақыттық қатар салмақ коэффициенттеріне сәйкес өңделеді, содан кейін шығыс деректері қайтадан желілік кіріске енеді, осылайша қатені кері тарату процедурасы жүзеге асады. Бұл желіні қайта даярлау кезінде бастапқы дайындықтан кейін алынған салмақ коэффициенттерін есепке алуға мүмкіндік береді және бұл өз кезегінде оның жұмысының дәлдігін арттырады.

Цифрлық сигналдарды өңдеу мәселелерінде динамикалық нейрондар кеңінен қолданылады, олар айырмашылық немесе дифференциалдық теңдеулер арқылы сипатталады, олардың мінез-құлқы олардың алдыңғы тарихымен анықталады. Ең қарапайым динамикалық нейрондардың бірі Хопфилд нейроны болып табылады. NARX сызықты емес авторегрессивті желісіне келетін болсақ, онда күйі әлдеқайда алыс тарихпен анықталатын модификацияланған Хопфилд нейроны қолданылады. NARX моделінің динамикасы келесідей сипатталған

$$y(n+1) = F(y(n), \dots, y(n-q+1), u(n), \dots, u(n-q+1)) \quad (2)$$

мұндағы F – жаттығу кезінде жуықталатын сызықтық емес функция,
 q – кідіріс (задержка).

NARX желісі - тікелей сигнал беру және шығыс бойынша кері байланысы бар көп деңгейлі желі, оның шығысы уақыт бойынша кідіріс векторы арқылы өтеді. Сигма тәрізді функция белсендіру функциясы ретінде қолданылады.

Желінің әрбір қабаты белгілерді енгізу кеңістігін басқа өлшеммен басқа кеңістікке түрлендіреді. Мұндай сызықты емес түрлендіру шығыс қабатының сызықты түрде бөлінетін нейрондары болғанша жалғасады. Кіріс пен шығыстан басқа, ЖНЖ барлық деңгейлері; желіге сызықтық емес құбылыстарды моделдеу мүмкіндігін береді.

Нейрондық желіні оқыту үшін Левенберг-Маквардт алгоритмі қолданылды, ал нейрондық желінің өнімділігін бағалау үшін орташа квадраттық қате (MSE) қолданылады.

Нейрондық желілердің мүмкіндіктері анық емес жиындар мен анық емес қорытындыға негізделген ақпаратты өңдеу технологияларымен күшеюі мүмкін. Бұл жұмыста Чен мен Ченгің нейро-анық емес болжау алгоритмдері, анық емес кластерлеу алгоритмдері зерттелді.

Python бағдарламасында Chen және Cheng әдістерін бағдарламалық түрде енгізу үшін pyFITS.partition модулі пайдаланылды.

Чен әдісі болжам деректерінің дәлдігі төмен екенін көрсетті, сонымен қатар, MSE сандық мәні үлкен, 9,078161087779954, ал Ченг әдісінің дәлдігі жоғары, MSE=1,2359176594533703.

Бұл нәтиже Ченгтің анық емес уақыт қатарлары әдісінің уақыттық қатарларды болжауда жақсы нәтиже беретінін көрсетеді. Бұл әдістердің айырмашылығы анық емес жиындардың қалыптасу кезеңдерінде жатыр және бұлыңғыр қатынастардың әрбір тобында салмақтар болады.

Қорытындыда диссертацияның негізгі нәтижелері мен қорытындылары берілген.

Диссертация тақырыбы бойынша негізгі нәтижелер 15 мақалада: 7 мақала - Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі Білім және ғылым сапасын қамтамасыз ету комитеті ұсынған журналдарда, 1 мақала - Scopus деректер базасына енетін халықаралық ғылыми басылымда және халықаралық конференциялар жинағында 7 мақала жарық көрді.

Жарияланымдар. Диссертация тақырыбы бойынша алынған нәтижелер келесі басылымдарда ұсынылған:

1. Serikov T., Zhetpisbayeva A., Mirzakulova S., Zhetpisbayev K., **Ibraeva Zh.**, Tolegenova A., Soboleva L., Zhumazhanov B. (2021). Application of the NARX neural network for predicting a one-dimensional time series. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 5 №4 (113) Pp.12-19. Scopus: 56%, WoS: Q2
2. Г.У.Бектемысова, **Ж.Б.Ибраева**, А.Е.Кулакаева, Б.А.Кожакметова. Анализ измеренного сетевого трафика на стационарность. Вестник КазАТК, Вестник Казахской Академии Транспорта и Коммуникации им. М.Тынышпаева, ISSN 2790-5802, -№ 3 (122), -2022г. -С.: 302-308
3. G. Bektemyssova, Abdul R., Sh.Mirzakulova, **Zh.Ibraeva**. Time series forecasting by the Arima method. Scientific Journal of Astana IT University, ISSN (P): 2707-9031 ISSN (E): 2707-904X, Volume 11, September 2022, - P.: 14-23
4. Г.У.Бектемысова, **Ж.Б.Ибраева**. Исследование временного ряда на стационарность. Вестник НИА РК, Вестник Национальной инженерной академии РК, №4(86), 2022, -С.: 20-27
5. G.U. Bektemyssova, **Zh.B. Ibraeva**, Abd Rakhim Akhmad. Fuzzy model for time series forecasting. Scientific Journal of Astana IT University. Scientific Journal of Astana IT University. ISSN (P): 2707-9031 ISSN (E): 2707-904X VOLUME 13, MARCH 2023, -P.: 93-102
6. Бектемысова Г.У., **Ибраева Ж.Б.** Возможности применения искусственного интеллекта в строительстве. Вестник КазГАСА. – 2018. – Том 68, выпуск 2. – с. 205-212.
7. Бектемысова Г.У., **Ибраева Ж.Б.**, Луганская С.П., Миркасимова Т.Ш. инструментов MATLAB для анализа больших данных по энергоэффективности зданий. Вестник КБТУ. – 2019. – Том 16, выпуск 3. – с. 324-328

8. Аймагамбетова З.Т., **Ибраева Ж.Б.** Аспекты формирования комфортной городской среды, Вестник КазГАСА. – 2021. – Том 81, выпуск 3. с. 15-20
9. Aimagambetova Z.T, Bektemyssova G.U, **Ibraeva Zh.B.** Buildings energy consumption modeling methods. STCCE-2020 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering (Scopus). 2020. Volume 890, Kazan, Russian Federation doi:10.1088/1757-899X/890/1/012144, p.14-23
10. **Ибраева Ж.Б.**, Айтжанов Д., Каттабек А. Анализ и оптимизация сетевого трафика. Международный журнал информационных и коммуникационных технологий, Спец выпуск, май, 2022, С.:166-170
11. **Ибраева Ж.Б.**, Мирзакулова Ш.А. Analysis of a one-dimensional time series for a trend. Материалы международной научной конференции молодых ученых, IMA-2022, Суми-Нур-Султан, апрель, 2022, Р.:258-259
12. **Ибраева Ж.Б.**, Мирзакулова Ш.А. Network traffic analysis using Leybourne-McCabe test. Материалы международной научной конференции молодых ученых, IMA-2022, Суми-Нур-Султан, апрель, 2022, Р.:259-261
13. **Ибраева Ж.Б.**, Миркасимова Т.Ш. Мәліметтерді басқарудың ертеңі мен бүгінi. Сборник материалов международной научно-методической конференции. Современные концепции науки и образования. Алматы, 2017. стр. 56-59
14. Sh.Mirzakulova, **Zh.Ibraeva.** Clustering Time Series Data. Материалы международной научной конференции молодых ученых, IMA-2022, Суми-Нур-Султан, апрель, 2023, Р.:398-399
15. Доскен Б., **Ибраева Ж.Б.** Компьютерное моделирование усилителя сигналов. Материалы международной научной конференции молодых ученых, IMA-2022, Суми-Нур-Султан, апрель, 2023, Р.:400-401

Авторлық құқықтар:

1. Разработка модели прогнозирования с использованием статистического метода Auto-Regressive Integrated Moving Average. № 32481 от «9» февраля 2023 года.
2. Нечеткая модель прогнозирования временного ряда. № 35224 от «27» апреля 2023 года