

Торайғыров университетінің хабаршысы  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Вестник Торайғыров университета

---

# Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



## ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия  
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 1 (2022)

---

Павлодар

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**  
**Вестник Торайгыров университета**

**Энергетическая серия**  
выходит 4 раза в год

---

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания  
№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития  
Республики Казахстан

**Тематическая направленность**

публикация материалов в области электроэнергетики,  
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и  
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

**Подписной индекс – 76136**

<https://doi.org/10.48081/WRIX7218>

---

**Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.

*к.т.н., доцент*

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

**Редакция алқасы – Редакционная коллегия**

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*  
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*  
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*  
Новожилов Т. А., *к.т.н., доцент (Россия)*  
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*  
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*  
Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

---

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/ELWN6070>

**Т. Г. Сериков<sup>1</sup>, Ш. А. Мирзакулова<sup>2</sup>, Б. Е. Хамзина<sup>3</sup>,  
\*Ж. А. Айсин<sup>4</sup>**

<sup>1,3,4</sup>С. Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті,  
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.

<sup>2</sup>Тұран университеті,  
Қазақстан Республикасы, Алматы,

## **УАҚЫТТЫҚ ҚАТАРДЫ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ЖЕЛІЛІК ТРАФИКТІ БОЛЖАУ ҮШІН МОДЕЛЬДЕУ**

*Желілік трафикті пайдалану туралы деректерді зерттеуге арналған уақыттық қатарларды талдау және болжау құралы желіні бақылау, ресурстарды басқару және қауіптерді анықтауды қоса алғанда, қолайлы және сапалы желілік қызметтерді ұсыну үшін өте маңызды. Заманауи желінің трафигі күрделі құрылымға ие және желілік құрылғылармен қызмет көрсету үшін пакеттердің түсу жылдамдығы біркелкі емес. Желілік трафикті болжау желідегі жүктемелерді бақылау, деректер ағынын бақылау және желіні басқару кезінде үлкен қызығушылық тудырады. Мұқият таңдалған трафик моделі желілік трафиктің маңызды сипаттамаларын анықтауға және болжауға қабілетті. Бұл мақалада желілік трафиктің мәліметтер жиынтығын болжау үшін NARX сызықтық емес авторегрессиялық экзогендік алгоритмін қолдана отырып модельдеу ұсынылған. NARX – сызықтық емес жүйелерді көрсету үшін қолдануға болатын модельдердің бірі, әсіресе уақыттық қатарлардың мәліметтер жиынтығын модельдеу кезінде. Жасанды нейрондық желі, Левенберг-Марквардттың оқыту алгоритмін қолдана отырып жасалды, оқытылды және сыналды. Болжау үшін бастапқы деректер ретінде пакеттік жылдамдықпен нақты өлшенген желілік трафик алынды. Бастапқы деректерді зерттеу нәтижесінде MSE орташа қателіктің ең жақсы мәні алынды. Сондай-ақ, орташа квадраттық қателіктің дәуірлер санына тәуелділік граfiгі және регрессия граfiгі алынды.*

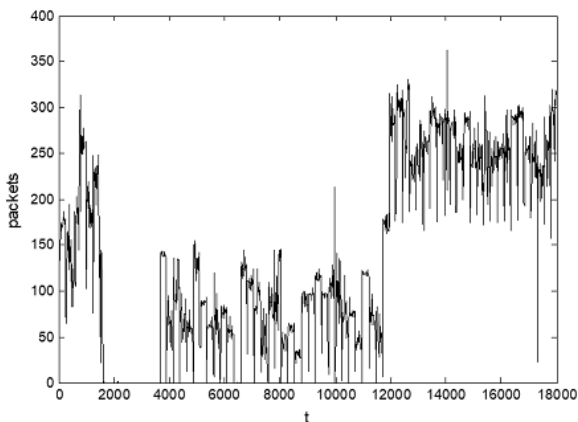
*Кілтті сөздер: желілік трафик, болжау, уақыттық қатар, нейрондық желі, сызықтық емес авторегрессия.*

## **Кіріспе**

Ақпараттық қызметтер мен Интернетке кеңжолақты қол жеткізу нарықтары қарқынды дамып келеді, сол себепті провайдерлер арасында бәсекелестік артып келеді. Бүгінгі таңда провайдер үшін бәсекелестіктің негізгі факторларының бірі желілік өнімділік болып табылады. Желідегі пайдаланушылар санының өсуімен берілетін ақпарат көлемі артады, бұл ең жоғары жүктеме проблемасының шиеленісуіне әкеледі. Жүктемелердің шыңдары қысқа мерзімде ғана байқалады. Пайдалану шығыстарының ұлғаюына байланысты серверлік алаңдарды кеңейту шешімі орынсыз болып табылады. Сонымен қатар, нарықтағы қатаң бәсекелестік жағдайында провайдердің қысқа мерзімді сәтсіздіктері компанияның имиджіне теріс әсер етеді. Желінің сенімділігіне байланысты проблемалардың туындауы (транзиттік тораптардың шамадан тыс жүктелуі, ақпараттың жоғалуы), әдетте, желілік өнімділіктің нашарлауына әкеледі. Желіні басқаруға қатысты маңызды міндеттердің бірі – осы мәселелерді шешуге бағытталған әрекеттерді орындау. Сондықтан, бүгінгі күні болжамдық деректер негізінде желіні басқару, дұрыс шешім қабылдау үшін қажет. Болжамдық деректер желідегі ақпараттық ағындарды басқару мәселесін шешу үшін қажетті ақпаратты ұсынады және басқару негізіндегі пакеттердің жоғалуын болдырмайды.

## **Материалдар мен әдістер**

NARX, SARIMA және BPNN сияқты желілік трафикті болжаудың қолданыстағы модельдерін шолу және талдау нәтижесінде NARX моделі таңдалды, себебі ол алынған болжам дәлдігінің қолайлы нәтижесімен желілік трафикті тиімді зерттейді және уақыт қатарларының тиімділігін арттыру үшін сыртқы ақпаратты пайдалана отырып, көп өзгермелі уақыт қатарын толықтырады [1].



Сурет 1 – UDP хаттама пакеттерінің түсу қарқындылығы

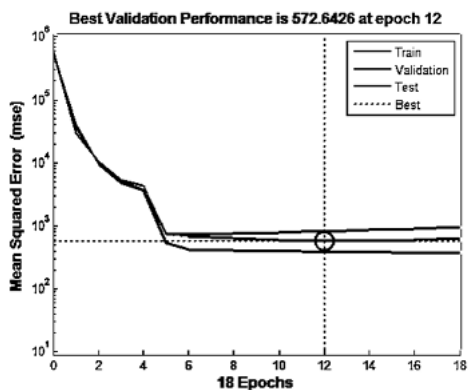
Модельдеу үшін нейрондық желіні оқыту мүмкіндігі бар MatLab кешені таңдалды және бастапқы қатарды болжау үшін бағдарламалық код құрылды. Сыртқы кірістері бар NARX моделінде жасанды нейрондық желіге түсетін бастапқы уақыт қатары салмақ коэффициенттеріне сәйкес өңделеді, содан кейін шығыс деректері қайтадан желілік кіріске еніп, қателікті кері тарату процедурасын ауыстырады. Бұл желіні қайта оқыту кезінде бастапқы оқытудан кейін алынған салмақ коэффициенттерін есепке алуға мүмкіндік береді және өз кезегінде оның жұмысының дәлдігін арттырады.

Динамикалық нейрондар сандық сигналдарды өңдеу барысында кеңінен қолданылады [2]. Қарапайым динамикалық нейрондардың бірі– Хопфилд нейроны. NARX сызықты емес авторегрессиялық желісіне келетін болсақ, онда модификацияланған Хопфилд нейроны қолданылады.

NARX желісі – шығыс кері байланысы бар көп деңгейлі тікелей жіберу желісі, оның шығысы уақыт бойынша кідіріс векторы арқылы өтеді. Сигма тәрізді функция белсендіру функциясы ретінде пайдаланылады. Жасанды нейрондық желінің барлық қабаттары, енгізу және шығарудан басқа, желіге сызықтық емес құбылыстарды модельдеуге мүмкіндік береді.

Нейрондық желіні оқыту үшін сызықтық емес оңтайландыру әдісі, яғни Левенберг – Марквард алгоритмі қолданылды, ол орташа квадраттық қателікке қол жеткізуге негізделген және нейрондық желінің жұмысын бағалау үшін орташа квадраттық қателік (MSE) қолданылды [3, 4].

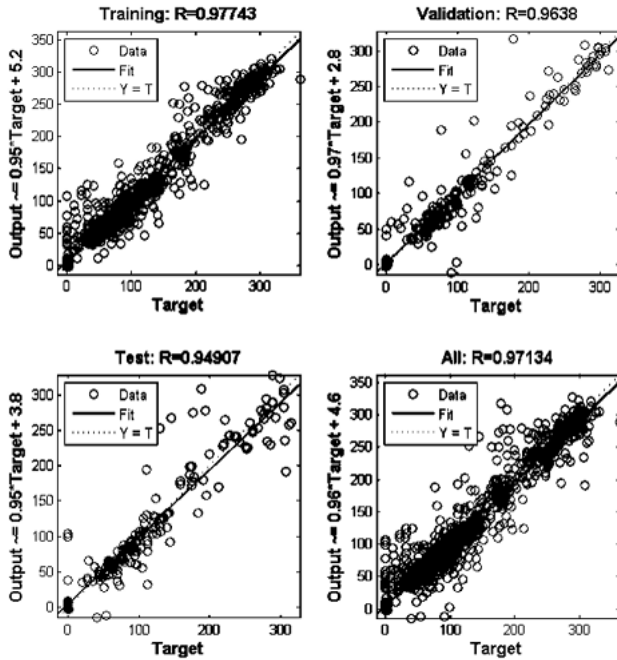
Оқыту процесі мақсатты дәлдік деңгейіне жеткенде аяқталды, ал зерттелген желі 18 дәуірде үйренді. Орташа квадраттық қателіктің (MSE) дәуірлер санына тәуелділік графигі алынды (2-сурет). Бұл оқу процесінің соңына қарай қателіктің жоғарылайтынын көрсетеді.



Сурет 2 – Орташа квадраттық қателіктің дәуірлер санына тәуелділігі

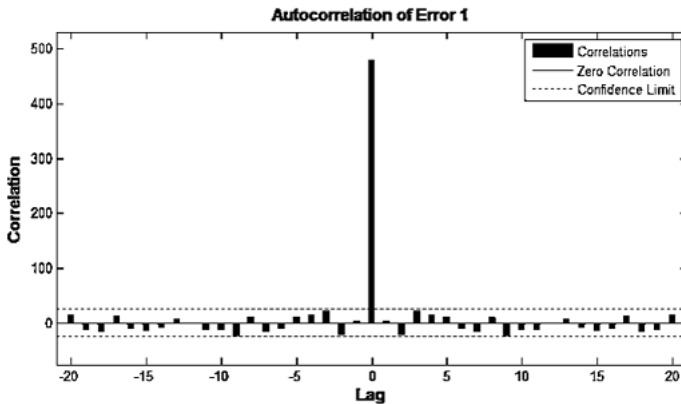
2-суретте валидацияның ең кіші қателігі 572,6426 екенін көруге болады.

Жуықтаудың сапасын талдау үшін желінің шығуын регрессиялық талдау алынды, онда желіні оқыту нәтижелерінің сызықтық регрессиясы қарастырылған үш ішкі жиынтықта және барлық оқыту жиынында құрылған. Әрбір нәтиже үшін корреляция коэффициенті R есептеліп, графиктері салынды (3-сурет).



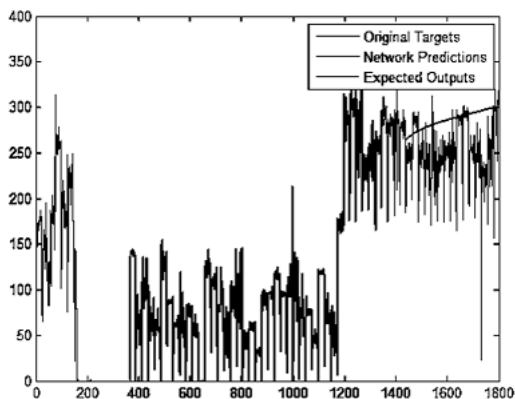
Сурет 3 – Регрессия графикалары

4-суретте қате автокорреляциялық функцияны көрсететін график көрсетілген.



## Сурет 4 – Қате автокорреляциялық функция

5-суретте пакеттердің қарқындылығын болжау графигі көрсетілген.



Сурет 5 – Пакеттердің қарқындылығын болжау

### Нәтижелер және талқылау

3-суретте NARX моделімен бекітілген шығыс (бекітілген) және мақсатты (нақты) мәндердің регрессиясы көрсетілген, оның тұтас сызығы нақты және бекітілген желі арасындағы ең жақсы сәйкес келетін сызықтық регрессия сызығы оның идеалдан қаншалықты алыс екенін көрсетеді. Бұл ретте R корреляция коэффициентінің мәні бар регрессиялық талдау графиктері алынды, ол оқыту жиынтығы (Train) үшін 0,97743, валидациялық параметр үшін 0,9638, оқытудың ең жақсы тиімділігі үшін (Test) 0,9497, ал барлық оқыту жиынтығы үшін 0,97134 құрады. Бұл деректер жақсы келісімді көрсетеді.

4-суретте нөлдік кідіріс кезінде пайда болған автокорреляциялық функцияның тек бір нөлдік емес мәні көрсетілген (стандартты қателік). Бұл болжам моделінің салыстырмалы түрде жетілгендігін көрсетеді (болжам қателері бір-бірімен байланысты емес, яғни ақ шу). Автокорреляциялық функцияның қалған мәндері сенім аралығынан төмен және нөлге жақын сенімділік аралығының шамамен 95% құрайды.

### Қорытынды

Жасанды нейрондық желіні пайдалану негізінде пакеттердің қарқындылығын болжаудың бағдарламалық коды жасалды. Модельдеуде NARX экзогенді кірісі бар авторегрессиялық нейрондық желі архитектурасы қолданылды. Бұл желіде жасырын қабат нейрондарының сызықтық



емес активтендіру функциясы, ал шығыс қабаты сызықтық активтендіру функциясы бар. Валидацияның ең аз қатесінің ең жақсы мәні 572,6426-ға тең болды (жергілікті минимумға жетті). Желінің шығуын регрессиялық талдау графиктері алынды. Оқыту параметрлерін сипаттайтын корреляция коэффициенті Train – 0,97743, Validation – 0,9638, Test (ең жақсы оқыту өнімділігі) – 0,9497 және бүкіл оқу жиынтығы үшін – 0,97134 құрады. Жалғыз нөлдік емес мәні бар қателіктің автокорреляциялық функциясы болжам моделінің салыстырмалы түрде жетілгендігін растайды. Кіріс қателігінің өзара корреляция функциясының графигі барлық корреляциялардың шегінде болатындығын растайды.

## ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Serikov, T., Zhetpisbayeva, A., Mirzakulova, S., Zhetpisbayev, K., Ibrayeva, Z., Tolegenova, A., Soboleva, L., Zhumazhanov, B.** Application of the NARX neural network for predicting a one-dimensional time series. Eastern – European Journal of Enterprise Technologies. – 5 (4 (113)). – P. 12–19. – 2021. – doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.242442>

2 **Haviluddin, Alfred, R.** (2015). Performance of modeling time series using nonlinear autoregressive with eXogenous input (NARX) in the network traffic forecasting. International Conference on Science in Information Technology (ICSITech). – 2015. – doi: <https://doi.org/10.1109/icsitech.2015.7407797>

3 **Кретов, Д. А., Рузанов, Р. В.** Прогнозирование электропотребления энергосбытовой компании с использованием искусственной нейронной сети. – Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». – 2015. – № 2.

4 **Darrat, A. F., Zhong, M.** On testing the random-walk Hypothesis: A model-comparison approach // Financial Review. – 2000. – Т. 35. – No. 3.

5 **Jiang, C. and Song, F.** Sunspot Forecasting by Using Chaotic Time-series Analysis and NARX Network // JCP. – 2011. – 6(7). – P. 1424–1429.

6 **Ramakrishnan, N., Soni, T.** (2018). Network Traffic Prediction Using Recurrent Neural Networks. 2018 17th IEEE International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA). doi: <https://doi.org/10.1109/icmla.2018.00035>

7 **Cirstea, R. G., Micu, D. V., Muresan, G. M., Guo, C., Yang, B.** (2018). Correlated Time Series Forecasting using Multi-Task Deep Neural Networks. Proceedings of the 27th ACM International Conference on Information and Knowledge Management. doi: <https://doi.org/10.1145/3269206.3269310>

8 **Zina Boussaada, Octavian Curea, Ahmed Remaci, Haritza Camblong and Najiba Mrabet Bellaaj.** A Nonlinear Autoregressive Exogenous (NARX)

Neural Network Model for the Prediction of the Daily Direct Solar Radiation. – Energies 2018, 11, 620.

9 **Willinger, W., Paxson, V., Taqqu, M.** «Self-Similarity and Heavy Tails : Structural Modeling of Network Traffic», in «A practical Guide To Heavy Tails : Statistical Techniques and Applications», Birkhauser, Boston, 1998.

10 **Diaconescu, E.** The use of NARX neural networks to predict chaotic time series // Wseas Transactions on computer research. – 2008. – 3(3). – P. 182–191.

## REFERENCES

1 **Serikov, T., Zhetpisbayeva, A., Mirzakulova, S., Zhetpisbayev, K., Ibrayeva, Z., Tolegenova, A., Soboleva, L., Zhumazhanov, B.** Application of the NARX neural network for predicting a one-dimensional time series. Eastern – European Journal of Enterprise Technologies. – 5 (4 (113)). – P. 12–19. – 2021. – doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.242442>

2 **Haviluddin, Alfred, R.** (2015). Performance of modeling time series using nonlinear autoregressive with exogenous input (NARX) in the network traffic forecasting. International Conference on Science in Information Technology (ICSITech). – 2015. – doi: <https://doi.org/10.1109/icsitech.2015.7407797>

3 **Kretov, D. A., Ruzanov, R. V.** Prognozirovaniye elektropotrebleniya energosbytovoy kompanii s ispol'zovaniyem iskusstvennoy neyronnoy seti. [Forecasting the power consumption of a power supply company using an artificial neural network] – Elektronnyy nauchnyy zhurnal «Inzhenernyy vestnik Dona», – 2015. – № 2.

4 **Darrat, A. F., Zhong, M.** On testing the random-walk Hypothesis : A model-comparison approach // Financial Review. – 2000. – Vol. 35. – No. 3.

5 **Jiang, C. and Song, F.** Sunspot Forecasting by Using Chaotic Time-series Analysis and NARX Network // JCP. 2011. 6(7). P. 1424–1429.

6 **Ramakrishnan, N., Soni, T.** (2018). Network Traffic Prediction Using Recurrent Neural Networks. 2018 17th IEEE International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA). doi: <https://doi.org/10.1109/icmla.2018.00035>

7 **Cirstea, R. G., Micu, D. V., Muresan, G. M., Guo, C., Yang, B.** (2018). Correlated Time Series Forecasting using Multi-Task Deep Neural Networks. Proceedings of the 27th ACM International Conference on Information and Knowledge Management. doi: <https://doi.org/10.1145/3269206.3269310>

8 **Zina Boussaada, Octavian Curea, Ahmed Remaci, Haritza Camblong and Najiba Mrabet Bellaaj.** A Nonlinear Autoregressive Exogenous (NARX) Neural Network Model for the Prediction of the Daily Direct Solar Radiation. – Energies 2018, 11, 620.

9 Willinger, W., Paxson, V., Taqqu, M. «Self-Similarity and Heavy Tails: Structural Modeling of Network Traffic», in «A practical Guide To Heavy Tails: Statistical Techniques and Applications», Birkhauser, Boston, 1998.

10 Diaconescu, E. The use of NARX neural networks to predict chaotic time series // Wseas Transactions on computer research. 2008. 3(3). P.182–191.

Материал 28.02.22 баспаға түсті.

Т. Г. Сериков<sup>1</sup>, Ш. А. Мирзакулова<sup>2</sup>, Б. Е. Хамзина<sup>3</sup>, \*Ж. А. Айсин<sup>4</sup>

<sup>1,3,4</sup>Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,

Республика Казахстан, г. Нур-Султан;

<sup>2</sup>Университет Туран,

Республика Казахстан, г. Алматы.

Материал поступил в редакцию 28.02.22.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СЕТЕВОГО ТРАФИКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

*Инструмент анализа данных временных рядов и прогнозирования для изучения данных об использовании сетевого трафика очень важен для предоставления приемлемых и качественных сетевых услуг, включая мониторинг сети, управление ресурсами и обнаружение угроз. Трафик современной сети имеет сложную структуру, неравномерную скорость поступления пакетов для обслуживания сетевыми устройствами. Прогнозирование сетевого трафика представляет значимый интерес при отслеживании перегрузок в сети, контроле потоков данных и сетевого управления. Тщательно подобранная модель трафика способна выявить и предугадать важнейшие характеристики сетевого трафика. В данной статье представлено моделирование с использованием нелинейного авторегрессионного экзогенного алгоритма NARX для прогнозирования наборов данных сетевого трафика. NARX – одна из моделей, которую можно использовать для демонстрации нелинейных систем, особенно при моделировании наборов данных временных рядов. Искусственная нейронная сеть была разработана, обучена и протестирована с использованием алгоритма обучения Левенберга-Марквардта. Исходными данными для прогнозирования является фактический измеренный сетевой трафик со скоростью передачи пакетов. В результате изучения исходных данных получено наилучшее значение наименьшей среднеквадратичной ошибки MSE. А также получен*

*график зависимости среднеквадратической ошибки от числа эпох и график регрессии.*

*Ключевые слова: прогнозирование, сетевой трафик, временной ряд, нейронная сеть, нелинейная авторегрессия.*

*T. G. Serikov<sup>1</sup>, Sh. A. Mirzakulova<sup>2</sup>, B. E. Khamzina<sup>3</sup>, \*Zh. A. Aisin<sup>4</sup>*

<sup>1,3,4</sup>S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,

Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan;

<sup>2</sup>Turan University,

Republic of Kazakhstan, Almaty.

Material received on 28.02.22.

## **MODELING FOR NETWORK TRAFFIC FORECASTING USING TIME SERIES**

*A time series data analysis and forecasting tool for studying network traffic usage data is very important for providing acceptable and high-quality network services, including network monitoring, resource management and threat detection. The traffic of a modern network has a complex structure, uneven packet arrival rate for servicing by network devices. Network traffic forecasting is of significant interest when monitoring network congestion, monitoring data flows and network management. A carefully selected traffic model is able to identify and predict the most important characteristics of network traffic. This article presents a simulation using the nonlinear autoregressive exogenous NARX algorithm for predicting network traffic data sets. NARX is one of the models that can be used to demonstrate nonlinear systems, especially when modeling time series datasets. The artificial neural network was developed, trained and tested using the Levenberg – Marquardt learning algorithm. The initial data for forecasting is the actual measured network traffic with packet transfer rate. As a result of studying the initial data, the best value of the smallest standard error MSE was obtained. A graph of the dependence of the standard error on the number of epochs and a regression graph are also obtained.*

*Keywords: forecasting, network traffic, time series, neural network, nonlinear autoregression.*

Теруге 28.02.2022 ж. жіберілді. Басуға 18.03.2022 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

3,77 Мб RAM

Шартты баспа табағы 13,12. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: З. С. Исакова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3883

Сдано в набор 28.02.2022 г. Подписано в печать 18.03.2022 г.

Электронное издание

3,77 Мб RAM

Усл. печ. л. 13,12. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: З. С. Исакова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3883

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

8 (7182) 67-36-69

E-mail: [kereku@tou.edu.kz](mailto:kereku@tou.edu.kz)

[www.vestnik-energy.tou.edu.kz](http://www.vestnik-energy.tou.edu.kz)