

ISSN 2518-1726 (Online),
ISSN 1991-346X (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Қазақстан Республикасының Ғылым
Академиясының Алматыдағы
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық
университетінің

NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
al-Farabi Kazakh National University

SERIES
PHYSICO-MATHEMATICAL

6 (340)

NOVEMBER – DECEMBER 2021

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

NAS RK is pleased to announce that News of NAS RK. Series physico-mathematical journal has been accepted for indexing in the Emerging Sources Citation Index, a new edition of Web of Science. Content in this index is under consideration by Clarivate Analytics to be accepted in the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index, and the Arts & Humanities Citation Index. The quality and depth of content Web of Science offers to researchers, authors, publishers, and institutions sets it apart from other research databases. The inclusion of News of NAS RK. Series of chemistry and technologies in the Emerging Sources Citation Index demonstrates our dedication to providing the most relevant and influential content of chemical sciences to our community.

Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясы «ҚР ҰҒА Хабарлары. Физикалық-математикалық сериясы» ғылыми журналының Web of Science-тің жаңаланған нұсқасы Emerging Sources Citation Index-те индекстелуге қабылданғанын хабарлайды. Бұл индекстелу барысында Clarivate Analytics компаниясы журналды одан әрі the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index және the Arts & Humanities Citation Index-ке қабылдау мәселесін қарастыруда. Web of Science зерттеушілер, авторлар, баспашылар мен мекемелерге контент тереңдігі мен сапасын ұсынады. ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы Emerging Sources Citation Index-ке енуі біздің қоғамдастық үшін ең өзекті және беделді химиялық ғылымдар бойынша контентке адалдығымызды білдіреді.

НАН РК сообщает, что научный журнал «Известия НАН РК. Серия физико-математическая» был принят для индексирования в Emerging Sources Citation Index, обновленной версии Web of Science. Содержание в этом индексировании находится в стадии рассмотрения компанией Clarivate Analytics для дальнейшего принятия журнала в the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index и the Arts & Humanities Citation Index. Web of Science предлагает качество и глубину контента для исследователей, авторов, издателей и учреждений. Включение Известия НАН РК в Emerging Sources Citation Index демонстрирует нашу приверженность к наиболее актуальному и влиятельному контенту по химическим наукам для нашего сообщества.

Бас редактор:

МҰТАНОВ Ғалымқайыр Мұтанұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР БҒМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының м.а. (Алматы, Қазақстан) Н=5

Редакция алқасы:

ҚАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәділұлы (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР БҒМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының кеңесшісі, зертхана меңгерушісі (Алматы, Қазақстан) Н=7

БАЙГУНЧЕКОВ Жұмаділ Жанабайұлы (бас редактордың орынбасары), техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Кибернетика және ақпараттық технологиялар институты, Сағпаев университетінің Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы, (Алматы, Қазақстан) Н=3

ВОЙЧИК Вальдемар, техника ғылымдарының докторы (физика), Люблин технологиялық университетінің профессоры (Люблин, Польша) Н=23

БОШКАЕВ Қуантай Авғазыұлы, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан) Н-10

QUEVEDO Hemando, профессор, Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика) Н=28

ЖҮСПОВ Марат Абжанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан) Н=7

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина) Н=5

МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович, техника ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь ҰҒА академигі (Минск, Беларусь) Н=2

РАМАЗАНОВ Тілекқабұл Сәбитұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің ғылыми-инновациялық қызмет жөніндегі проректоры, (Алматы, Қазақстан) Н=26

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан) Н=5

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова) Н=42

ХАРИН Станислав Николаевич, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан-Британ техникалық университеті (Алматы, Қазақстан) Н=10

ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан) Н=12

КАЛАНДРА Пьетро, Ph.D (физика), Наноқұрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия) Н=26

«ҚР ҰҒА Хабарлары.

Физика-математикалық сериясы».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 14.02.2018 ж. берілген **№ 16906-Ж** мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *математика, информатика, механика, физика, ғарыштық зерттеулер, астрономия, ионосфера.*

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекен-жайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., тел.: 272-13-19

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2021

Типографияның мекен-жайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Мұратбаев көш., 75.

Главный редактор:

МУТАНОВ Галимкаир Мутанович, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МОН РК (Алматы, Казахстан) Н=5

Редакционная коллегия:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, советник генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МОН РК, заведующий лабораторией (Алматы, Казахстан) Н=7

БАЙГУНЧЕКОВ Жумадил Жанабаевич, (заместитель главного редактора), доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Институт кибернетики и информационных технологий, кафедра прикладной механики и инженерной графики, университет Сатпаева (Алматы, Казахстан) Н=3

ВОЙЧИК Вальдемар, доктор технических наук (физ.-мат.), профессор Люблинского технологического университета (Люблин, Польша) Н=23

БОШКАЕВ Куантай Авгазыевич, доктор Ph.D, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н=10

QUEVEDO Hemando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика) Н=28

ЖУСУПОВ Марат Абжанович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н=7

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина) Н=5

МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович, доктор технических наук, профессор, академик НАН Беларуси (Минск, Беларусь) Н=2

РАМАЗАНОВ Тлеккабул Сабитович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, проректор по научно-инновационной деятельности, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н=26

ТАКИБАЕВ Нургали Жабагаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н=5

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова) Н=42

ХАРИН Станислав Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахстанско-Британский технический университет (Алматы, Казахстан) Н=10

ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович, доктор физико-математических наук, профессор, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н=12

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (Ph.D, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия) Н=26

«Известия НАН РК.

Серия физико-математическая».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № 16906-Ж выданное 14.02.2018 г.

Тематическая направленность: *математика, информатика, механика, физика, космические исследования, астрономия, ионосфера.*

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, оф. 219, тел.: 272-13-19

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2021

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

Editor in chief:

MUTANOV Galimkair Mutanovich, doctor of technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, acting director of the Institute of Information and Computing Technologies of SC MES RK (Almaty, Kazakhstan) H=5

Editorial board:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich (Deputy Editor-in-Chief), doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Advisor to the General Director of the Institute of Information and Computing Technologies of SC MES RK, Head of the Laboratory (Almaty, Kazakhstan) H=7

BAYGUNCHEKOV Zhumadil Zhanabayevich, (Deputy Editor-in-Chief), doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Institute of Cybernetics and Information Technologies, Department of Applied Mechanics and Engineering Graphics, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan) H=3

WOICIK Waldemar, Doctor of Phys.-Math. Sciences, Professor, Lublin University of Technology (Lublin, Poland) H=23

BOSHKAYEV Kuantai Avgazievich, PhD, Lecturer, Associate Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan) H=10

QUEVEDO Hemando, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico) H=28

ZHUSSUPOV Marat Abzhanovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan) H=7

KOVALEV Alexander Mikhailovich, Doctor in Physics and Mathematics, Academician of NAS of Ukraine, Director of the State Institution «Institute of Applied Mathematics and Mechanics» DPR (Donetsk, Ukraine) H=5

MIKHALEVICH Alexander Alexandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAS of Belarus (Minsk, Belarus) H=2

RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Vice-Rector for Scientific and Innovative Activity, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan) H=26

TAKIBAYEV Nurgali Zhabagaevich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan) H=5

TIGHINEANU Ion Mikhailovich, Doctor in Physics and Mathematics, Academician, Full Member of the Academy of Sciences of Moldova, President of the AS of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova) H=42

KHARIN Stanislav Nikolayevich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan) H=10

DAVLETOV Askar Erbulanovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan) H=12

CALANDRA Pietro, PhD in Physics, Professor at the Institute of Nanostructured Materials (Monterotondo Station Rome, Italy) H=26

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty). The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan No. 16906-Ж, issued 14.02.2018

Thematic scope: *mathematics, computer science, mechanics, physics, space research, astronomy, ionosphere.*

Periodicity: 6 times a year.

Circulation: 300 copies.

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/> National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2021

Address of printing house: ST «Aruna», 75, Muratbayev str, Almaty.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 6, Number 340 (2021), 66–72

<https://doi.org/10.32014/2021.2518-1726.103>

UDC 004.89

IRSTI 28.23.37

Mamyrbayev O.Zh.^{1*}, Oralbekova D.O.^{1,2}, Alimhan K.^{1,3}, Othman M.⁴, Zhumazhanov B.¹

¹Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan;

²Satbayev University, Almaty, Kazakhstan;

³L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan;

⁴University Putra Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia.

E-mail: morkenj@mail.ru

REALIZATION OF ONLINE SYSTEMS FOR AUTOMATIC SPEECH RECOGNITION

Abstract. Automatic speech recognition is a rapidly growing field in machine learning. Conventional automatic speech recognition systems were built on the basis of independent components, that is an acoustic model, a language model and a vocabulary, which were tuned and trained separately. The acoustic model is used to predict the context-dependent states of phonemes, the language model and lexicon determine the most possible sequences of spoken phrases. The development of deep learning technologies has contributed to the improvement of other scientific areas, which includes speech recognition. Today, the most popular speech recognition systems are systems based on an end-to-end (E2E) structure, which trains the components of a traditional model simultaneously without isolating individual elements, representing the system as a single neural network. The E2E structure represents the system as one whole element, in contrast to the traditional one, which has several independent elements. The E2E system provides a direct mapping of acoustic signals in a sequence of labels without intermediate states, without the need for post-processing at the output, which makes it easy to implement. Today, the popular models are those that directly output the sequence of words based on the input sound in real time, which are online end-to-end models. This article provides a detailed overview of popular online-based models for E2E systems such as RNN-T, Neural Transducer (NT), Monotonic Chunkwise Attention (MoChA). Systems based on these models have been trained to recognize Kazakh speech. The results obtained showed that all three models work well for recognizing Kazakh speech without the use of external additions.

Key words: automatic speech recognition, end-to-end, RNN-T, neural transducer, monotonic chunkwise attention.

Introduction. The creation of natural language human-machine interfaces and, in particular, automatic speech recognition systems has recently become one of the main directions and tasks in the field of artificial intelligence. Speech technologies provide a more natural user interaction with computing and telecommunication systems compared to a standard graphical interface. Initially, automatic speech recognition systems were developed for people with physical disabilities that face the difficulty of typing by hand. However, at present, these systems are especially used in the everyday life of an ordinary person who wants to make his life easier and eliminate the routine work of typing dictation, or writing a letter just by voicing commands.

Converting sound into text for a person does not pose any difficulty and is a simple process, at the same time for technology it is a very time-consuming task that requires a large amount of computation and power. Nevertheless, over the past decades, this process has evolved rapidly with the advent of deep learning, and the advent of affordable supercomputers.

Today the most popular speech recognition systems are based on end-to-end (E2E) structure models [1]. However, the conditions for the implementation of such systems are not so easy to satisfy for low-resource languages, since data in the amount of thousands or more hours are required to obtain a high-quality speech recognition system. However, the data question can be solved using the method of data augmentation [2].

The main advantage of E2E models is not only high performance in terms of speed and accuracy of speech recognition, but also their use locally on portable devices. Lately, there has been strong interest in training E2E process for ASR that directly output a sequence of words given the input sound. Streaming Speech Recognition allows you to stream an audio stream into speech-to-text and obtain real-time stream speech recognition results as the audio is processed. To implement such a system, online attention-based models for E2E systems are used, the most popular are RNN-T, Neural Transducer (NT) and Monotonic Chunkwise Attention (MoChA).

In this article, we have carried out an overview of online models of E2E systems. And they built a system for recognizing Kazakh speech.

Materials and methods. *Model Recurrent neural transducer.* The Recurrent neural transducer (RNN-T) was first mentioned in [3, 4] as a modification of the Connected Time Classification (CTC) model [5] for sequence marking problems where the alignment between the input sequence x and the output targets l is unknown. This is achieved in the CTC formulation by introducing an additional label, which is an empty label, which generates the probability of outputting a label corresponding to a given input frame. However, the main limitation of CTC is its assumption that the model output in a given frame is independent of previous output labels, i.e. are independent: $l_t, l_j | x$ for $t < j$.

The structure of RNN-T consists of following elements – an encoder [6], a joint and a prediction network; as described in [7], the RNN-T model has a similar structure as in other E2E method architectures, like an encoder with an attention mechanism, if the decoder can be represented as a connection between the network prediction element and an internetwork. The RNN is an encoder that converts the input acoustic data into a high-level intermediate representation, and performs the same function as AM in a standard speech recognition system. Consequently, the RNN output is driven by the chain of previous acoustic data, as in the CTC model. The task of RNN-T is to eradicate the conditional independence assumption in the CTC by adding an RNN prediction network component that is explicitly driven by the predicted history of previous non-empty model targets. For example, the prediction network takes the last non-empty label as input data to cause the output data. Eventually, the joint network, which has a feed-forward network, combines the outputs of the encoder and prediction networks to form logits. Thus, all this is conjugated by the soft max layer to obtain the distribution over the next output character / word (Fig. 1).

The following acoustic frame $X = (x_p, \dots, x_j)$ for each stage of output and a predetermined label l_{m-1} are introduced into the RNN-T model, on the basis of which the generated element carries out the following probabilities of output labels $P(l|t, m)$. If the predicted label is not empty, then the prediction network is updated with this label as input to generate the following probabilities of the output label $P(l|t, m+1)$. Otherwise, when there is an empty label, in this case, the nearest acoustic frame is used to update the encoder, while keeping the same prediction network output, resulting in $P(l|t+1, m)$ [8]. Therefore, this model transmits the obtained recognition results to the stream, while simultaneously changing the encoder and the prediction network, depending on whether the predictable label is empty or non-empty. Data output is interrupted when a space is output at the last frame.

The most likely sequence during the final inference of labels is computed using a ray search as described in [7], with a minor change that simulates the algorithm to be less resource intensive without sacrificing performance: bypass the prefix summation in $pref(l)$ if multiple hypotheses are not are identical.

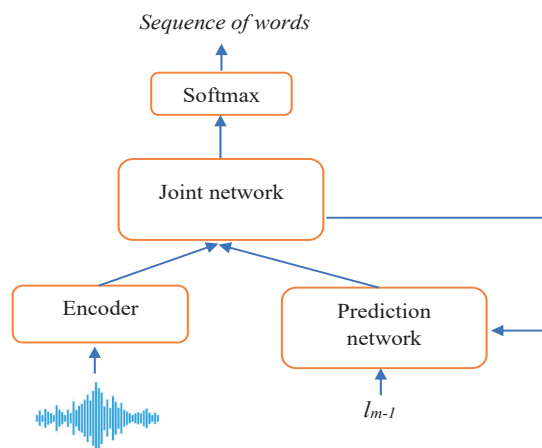


Figure 1–Structure of RNN-T

Consideration should be given to the fact that compared to other streaming encoder-decoder architectures like the Neural Transducer, the prediction network is independent of the received encoder information. This advantage makes it possible to train the decoder as a language model on data.

Neural Transducer. The Neural Transducer (NT) can generate some of the output signals as blocks of input data arrive, thus satisfying the online condition.

A speech transformer usually consists of an encoder that converts acoustic inputs to high-level representations and a decoder that produces linguistic output, which is characters or words from encoded representations. The problem is that the input and output sections are of variable (also different) length, and usually no alignments are available between them. Some neural transducers must study both the classification from acoustic performance to linguistic predictions and the agreement between them. The sensor models differ in the composition of the classifier and leveler [9].

More formally, given the input sequence $x = (x_1, \dots, x_T)$ of length T , and the output sequence $y = (y_1, \dots, y_{T'})$ of length T' , and each y_i is a T' -dimensional one-time vector, the transformers simulate the conditional distribution $p(y | x)$. The encoder maps the input x to a high-level representation $h = (h_1, \dots, h_{T'})$, which may be shorter than the input ($T' \leq T$) downsampled in time (Figure 2). The encoder can be built using feed-forward neural networks (DNN), recurrent neural networks (RNN), or convolutional neural networks (CNN). The decoder determines the alignment and display from h to y [10].

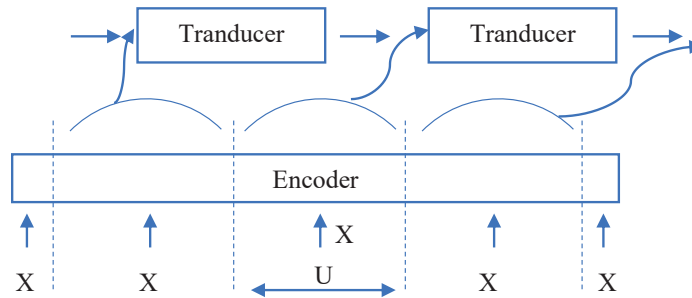


Figure 2 –Architecture Neural Transducer

In [11], in the problem of TIMIT phoneme recognition, a neural converter with a three-level unidirectional LSTM encoder and a three-level unidirectional LSTM converter achieved an accuracy of 20.8% phoneme error rate (PER), which is close to the ultra-modern for unidirectional methods. Moreover, it was also set up that with good matches, the model can reach a PER of 19.8%.

Monotonic Chunkwise Attention. To develop a MoChA model, it is first necessary to study well the structure of the model from sequence to sequence (seq2seq) and the most common form of soft attention used with it (described in [12, 13]).

The MoChA model computes context using two types of attention: hard monotonous attention and soft piecemeal attention (Figure 3).

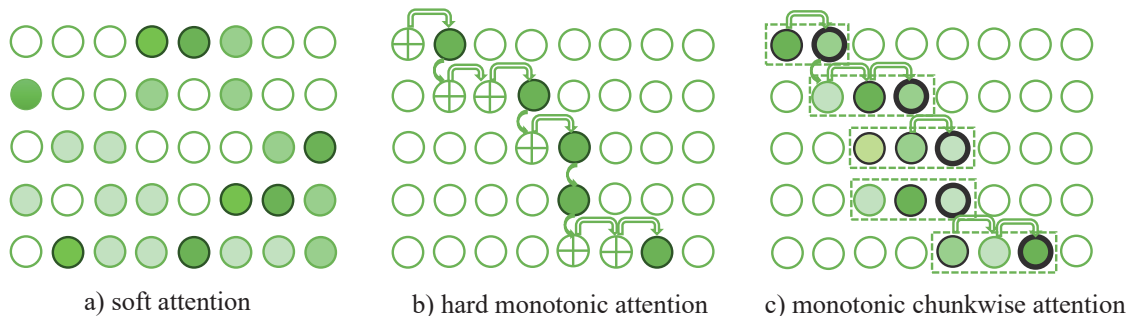


Figure 3 –Model Monotonic Chunkwise Attention

MoChA allows the model to perform soft attention on small chunks of memory prior to where the hard monotonous attention mechanism chose to be present. It also has a learning routine that allows it to be applied directly to existing sequence-to-sequence (seq2seq) models and trained using standard backpropagation of the error. In [14], it was shown that MoChA effectively narrows the gap between monotonous and soft attention in speech recognition on the Internet and provides a relative improvement of 20% compared to

monotonous attention in summarizing documents. These advantages entail only a small increment in the number of parameters and computational costs.

In [15], a MoChA-based approach was used for streaming speech recognition, resulting in a WER of 9.95%. It has been experimentally shown [16] that MoChA provides the highest performance in solving speech recognition problems on the Internet and is significantly superior to the rigid monotonic model based on attention.

Results. Corpus for training. To train the RNN-T model, a speech corpus was chosen, which contains more than 300 hours of speech, collected in the laboratory “Computer Engineering of Intelligent Systems” of the Institute of Computer Engineering of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan [17]. This corpus consists of records of Kazakh speakers of different sexes and ages; telephone conversations with transcriptions; some of the recordings were taken from news sites and audiobooks of art.

Corpus data augmentation. To increase the size of the data, the Voice conversion (VC) method proposed in [2] was applied. The speed and tempo of the audio data have been changed without changing the content. Thus, the size of the body was increased to approximately 380 hours of speech.

Experiments. To extract features from audio data, the method of chalk-frequency cepstral coefficients was applied [18].

To the model based on RNN-T recurrent neural networks, like LSTM and BLSTM with six layers [19], for NT and MoChA BLSTM also have six layers.

The initial learning rate coefficient was set to $10e-5$. Dropout was used for each output of the recurrent layer as a regularization and is equal to 0.5. For our model, we used a gradient descent optimization algorithm based on Adam [20].

To measure the quality of the speech recognition system, the WER metric was used - the number of incorrectly recognized words, which is determined by Levenshtein distance [21].

Table 1 – Results of work of online E2E models on the main and extended corpus

Model	WER, %	Data volume, h
RNN-T	15.8	300
	14.3	380
NT	15.6	300
	14.2	380
MoChA	14.9	300
	13.7	380

The results showed that the MoChA model for the Kazakh language works well compared to other models.

Discussion. During the experiment, corpuses with two data volumes were used. The increase in data has led to improved speech recognition accuracy. The MoChA model meticulously outperformed the RNN-T and NT models by 4% and 3%, respectively. On the other hand, it took a very long time to tune the MoChA model, as it consists of many parameters. Additional components such as language model and phoneme dictionary were not applied.

In fact, the results obtained are approximately the same for these models, which can be said that all three approaches do a good job with speech recognition with a limited set of data.

These approaches were built on the basis of bidirectional networks and do not have a consistent trend in recognition, and are adapted for real-time speech recognition, so there is no need to wait for audio speech recording. Given this advantage, these models can be applied and implemented in various devices and systems.

Conclusion. In this paper, the architecture of online models for automatic recognition of Kazakh continuous speech, which uses self-attention components, was considered. The considered model is easier to implement and the learning process can be reduced by parallelizing the processes. The MoChA-based model showed better results in Kazakh speech recognition in terms of WER indicators than the RNN-T and NT models. This proves that the implemented model can be leveraged to other low-resource languages. In addition, the results obtained were approximate and it allows the conclusion that all three approaches do a good job with speech recognition with a limited data set.

In this case, in the future, such models will make it possible to recognize high-quality continuous speech in real time using less computing power, while having higher performance than other APP models.

In further research, it is planned to conduct experiments with other types of E2E methods for speech recognition with limited training data.

Acknowledgement. This research has been funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic Kazakhstan (Grant No. AP08855743).

Мамырбаев О.Ж.^{1*}, Оралбекова Д.О.^{1,2}, Әлімхан Қ.^{1,3}, Othman M.⁴, Жумажанов Б.¹

¹ҚР БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан;

²Satbayev University, Алматы, Қазақстан;

³Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан;

⁴Universiti Putra Malaysia, Куала-Лумпур, Малайзия.

E-mail: morkenj@mail.ru

АВТОМАТТЫ СӨЙЛЕУДІ ТАҢУ ҮШІН ОНЛАЙН МОДЕЛЬДЕРДІ ҚОЛДАНУ

Аннотация. Сөйлеуді автоматты таңу – машиналық оқытудағы қарқынды дамып келе жатқан сала. Классикалық автоматты түрде сөйлеуді таңу жүйелері тәуелсіз компоненттер негізінде құрастырылған, бұл акустикалық модель, тілдік модель және сөздік, олар бөлек реттеледі және оқытылады. Акустикалық модель фонемалардың контекстке тәуелді күйлерін болжау үшін қолданылады, тілдік модель мен лексика ауызша сөз тіркестерінің ең мүмкін тізбегін анықтайды. Терең оқыту технологияларының дамуы сөйлеуді таңуды қамтитын басқа да ғылыми бағыттардың жетілдірілуіне ықпал етті. Бүгінгі таңда ең танымал сөйлеуді таңу жүйелері жүйені біртұтас нейрондық желі ретінде көрсететін жеке элементтерді оқшауламай бір уақытта дәстүрлі модельдің құрамдастарын жаттықтыруға арналған интегралды (end-to-end) құрылымға негізделген жүйелер. Интегралды құрылым бірнеше тәуелсіз элементтері бар классикалық құрылымнан айырмашылығы жүйені бір бүтін элемент ретінде көрсетеді. Біріктірілген жүйе аралық күйлері жоқ жапсырмалар тізбегіндегі дыбыстық сигналдарды шығару кезінде кейінгі өңдеуді қажет етпестен тікелей кескіндеуді қамтамасыз етеді, бұл оны жүзеге асыруды жеңілдетеді. Бүгінгі таңда танымал модельдер нақты уақыт режимінде кіріс дыбысына негізделген сөздер тізбегін тікелей шығаратын модельдер болып табылады, олар онлайн модельдер болып табылады. Бұл мақалада RNN-T, Neural Transducer (NT), Monotonic Chunkwise Attention (MoChA) сияқты интегралды жүйелерге арналған танымал онлайн негізделген модельдерге шолу жасалады. Осы модельдерге негізделген жүйелер қазақ тілін таңу үшін оқытылды. Алынған нәтижелер қазақ тілін сыртқы қосымшаларды қолданбай таңу үшін үш үлгінің де жақсы жұмыс істейтінін көрсетті.

Түйінді сөздер: сөзді автоматты таңу, интегралдық модель, рекурентті трансформатор, нейрондық трансформатор, бөліктердегі монотонды зейін.

Мамырбаев О.Ж.^{1*}, Оралбекова Д.О.^{1,2}, Алимхан К.^{1,3}, Othman M.⁴, Жумажанов Б.¹

¹Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Алматы, Казахстан;

²Satbayev University, Алматы, Казахстан;

³Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан;

⁴Universiti Putra Malaysia, Куала-Лумпур, Малайзия.

E-mail: morkenj@mail.ru

РЕАЛИЗАЦИЯ ОНЛАЙНОВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ

Аннотация. Автоматическое распознавание речи является стремительно развивающейся областью в машинном обучении. Обычные системы автоматического распознавания речи строились на основе независимых компонентов, это – акустическая модель, языковая модель и лексикон, которые настраивались и обучались по-отдельности. Акустическая модель применяется для предсказания контекстно-зависимых состояний фонем, языковая модель и лексикон определяют наиболее возможные последовательности произносимых фраз. Развитие технологий глубокого обучения способствовало к улучшению других научных направлений, в который и входит распознавание речи. Сегодня наиболее популярными системами распознавания речи являются системы на основе интегральной (end-to-

end) структуры, которая обучает компоненты традиционной модели одновременно без выделения отдельных элементов, представляя систему одной нейронной сетью. Интегральная структура представляет систему как один целый элемент в отличие от традиционной, которая имеет несколько независимых элементов. Интегральная система осуществляет прямое отображение акустических сигналов в последовательности меток без промежуточных состояний, без необходимости выполнять последующую обработку на выходе что делает ее легкой для реализации. На сегодняшний день популярными становятся те модели, которые напрямую выводят последовательность слов с учетом входного звука в режиме реального времени, что представляют собой онлайн-модели end-to-end. В данной статье рассмотрен подробный обзор популярных онлайн-моделей для интегральных систем, такие как RNN-T, нейронный преобразователь (Neural Transducer; NT), монотонное внимание по фрагментам (Monotonic Chunkwise Attention; MoChA). Системы на основе этих моделей были обучены для распознавания казахской речи. Полученные результаты показали, что все три модели хорошо работают для распознавания казахской речи без применения внешних дополнений.

Ключевые слова: автоматическое распознавание речи, интегральная модель, рекуррентный преобразователь, нейронный преобразователь, монотонное внимание по частям.

Information about the authors:

Mamyrbayev Orken Zhumazhanovich – Ph.D, Associate Professor, Deputy General Director in Science, Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan, *morkenj@mail.ru*, <https://orcid.org/0000-0001-8318-3794>;

Oralbekova Dina Orymbayevna – Ph.D student, specialty “Management information systems”, researcher, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan; *dinaoral@mail.ru*, <https://orcid.org/0000-0003-4975-6493>;

Alimhan Keylan – Ph.D, Professor of Department of Mechanics and Mathematics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan; *keylan@live.jp*; <https://orcid.org/0000-0003-0766-2229>;

Othman Mohamed – Ph.D, Professor of Department of Communication Technology and Network, Universiti Putra Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia, *mothman@upm.edu.my*, <https://orcid.org/0000-0002-5124-5759>;

Zhumazhanov Bagashar – Candidate of tech. sciences, researcher, Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan; *bagasharj@mail.ru*.

REFERENCES

- [1] Mamyrbayev O., Oralbekova D. (2020) Modern trends in the development of speech recognition systems // News of the National academy of sciences of the republic of Kazakhstan. – 2020. – Vol. 4, № 332. - P. 42 – 51 // doi.org/10.32014/2020.2518-1726.64.
- [2] Matthew Baas, Herman Kamper. (2021) Voice Conversion Can Improve ASR in Very Low-Resource Settings. arXiv:2111.02674 [eess.AS]. (data of request: 11.11.2021).
- [3] Graves, A. Sequence transduction with recurrent neural networks, 2012, arXiv:1211.3711. (data of request: 02.09.2021).
- [4] J. Li, R. Zhao, H. Hu and Y. Gong, (2019) “Improving RNN Transducer Modeling for End-to-End Speech Recognition,” 2019 IEEE Automatic Speech Recognition and Understanding Workshop (ASRU), SG, Singapore, 2019, pp. 114-121.
- [5] Graves A., Fernandez S., Gomez F. and Schmidhuber J. (2006) Connectionist Temporal Classification: Labelling Unsegmented Sequence Data with Recurrent Neural Networks. In ICML, Pittsburgh, USA, 2006.
- [6] Prabhavalkar, Rohit & Rao, Kanishka & Sainath, Tara & Li, Bo & Johnson, Leif & Jaitly, Navdeep. (2017) A Comparison of Sequence-to-Sequence Models for Speech Recognition. 939-943. 10.21437/Interspeech.2017-233.
- [7] N. Jaitly, Q.V. Le, O. Vinyals, I. Sutskever, D. Sussillo, and S. Bengio, (2016) “An online sequence-to-sequence model using partial conditioning,” in NIPS, 2016.
- [8] W. Chan, N. Jaitly, Q. V. Le, and O. Vinyals, (2015) “Listen, attend and spell,” CoRR, vol. abs/1508.01211, 2015.
- [9] Sainath, Tara et al. (2018) Improving the Performance of Online Neural Transducer Models. pp. 5864-5868, 2018.

- [10] Jaitly Navdeep & Le Quoc & Vinyals, Oriol & Sutskeyver, Ilya & Bengio, Samy. (2015) An Online Sequence-to-Sequence Model Using Partial Conditioning, 2015.
- [11] E. Battenberg et al., (2017) "Exploring neural transducers for end-to-end speech recognition," 2017 IEEE Automatic Speech Recognition and Understanding Workshop (ASRU), Okinawa, 2017, pp. 206-213.
- [12] Prabhavalkar, Rohit et.al. (2017) A Comparison of Sequence-to-Sequence Models for Speech Recognition. 939-943. 10.21437/Interspeech. 2017-233.
- [13] Chung-Cheng Chiu and Colin Raffel, "Monotonic chunkwise attention," in Proceedings of ICLR, 2018.
- [14] Chiu, Chung-Cheng et.al. (2018) State-of-the-Art Speech Recognition with Sequence-to-Sequence Models. 4774-4778. 10.1109/ICASSP.2018.8462105., 2018.
- [15] Kim, Chanwoet. al. (2020) End-to-End Training of a Large Vocabulary End-to-End Speech Recognition System. 10.1109/ASRU46091.2019.9003976, 2019.
- [16] Hou J., Guo W., Song Y. et al. Segment boundary detection directed attention for online end-to-end speech recognition. J AUDIO SPEECH MUSIC PROC. 2020.
- [17] Mamyrbayev O., Alimhan K., Zhumazhanov B., Turdalykyzy T., Gusmanova F. (2020). End-to-End Speech Recognition in Agglutinative Languages. 10.1007/978-3-030-42058-1_33.
- [18] Mamyrbayev O., Kydyrbekova A., Alimhan K., Oralbekova D., Zhumazhanov B., & Nuranbayeva B. (2021). Development of security systems using DNN and i& x-vector classifiers. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(9(112)), 32–45. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239186>.
- [19] Mamyrbayev O., Oralbekova D., Kydyrbekova A., Turdalykyzy T. and Bekarystankyzy A., (2021), "End-to-End Model Based on RNN-T for Kazakh Speech Recognition," 2021 3rd International Conference on Computer Communication and the Internet (ICCCI), 2021, pp. 163-167, doi: 10.1109/ICCCI51764.2021.9486811.
- [20] Kingma D.P., Ba J. (2014) Adam: A method for stochastic optimization. arXiv, 2014. <http://arxiv.org/abs/1412.6980> (data of request: 01.11.2021).
- [21] Levenshtein V.I. (1996) Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals // Soviet physics. Doklady. 1996. vol. 10. pp. 707–710.

МАХМУНЫ

ФИЗИКА

- Жұмабаев Б.Т., Васильев И.В., Петровский В.Г., Исабаев К.Ж.**
ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ РАДИОФИЗИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕРГЕ АРНАЛҒАН ЖАҢА ПОЛИГОН.....6
- Мейірбеков М.Н., Исмаилов М.Б.**
КӨМІРПЛАСТИКТИ ТҮТІКТЕРДІ ОРАУ ӘДІСІМЕН ЖАСАУ БОЙЫНША ЗЕРТХАНАЛЫҚ
ҚОНДЫРҒЫНЫ ЖОБАЛАУ ЖӘНЕ ДАЙЫНДАУ.....15
- Мырзатай А.А., Рзаева Л.Г. Ускенбаева Г.А., Шукирова А.К., Абитова Г.**
ДЕРЕКТЕР МАССИВИ КӨЛЕМІНІҢ ЖЕЛІЛІК ЖАБДЫҚТЫҢ ІСТЕН ШЫҒУЫН БОЛЖАУ
НӘТИЖЕЛЕРІНЕ ӘСЕРІ.....28
- Таймуратова Л.У., Биғожа О.Д., Сейтмұратов А.Ж., Казбекова Б.К., Аймағанбетова З.К.**
ЭЛЕКТРОНДАРДЫҢ ЖОЛАРАЛЫҚ АУЫСУЛАРЫНДАҒЫ КРЕМНИДІҢТЕРІС БОЙЛЫҚ
МАГНИТКЕ ТӨЗІМДІЛІШІ.....37

ИНФОРМАТИКА

- Байшолан Н., Тұрдалыұлы М., Байшоланова Қ.С., Кубаев Қ.Е., Тунгушбаев М.Т.**
АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК ОҚИҒАЛАРЫНДАҒЫ ШАБУЫЛДАРДЫ БОЛЖАУДЫ
БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ЖӘНЕ МАТЕМАТИКАЛЫҚ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ.....42
- Усатова О.А., Жұмабекова А.Т., Мэтсон Э., Карюкин В.И., Глесова Б.Е.**
АҚПАРАТТЫҚ РЕСУРСТАРҒА ТӨНЕТІН ҚАУІП ТҮРЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ МАШИНАЛЫҚ
ОҚЫТУДЫ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ АНЫҚТАУ.....48
- Кожангулов Е.Т., Жексебай Д.М., Сарманбетов С.А., Максұтова А.А.**
ҮЙТКІЛІ НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІ КӨМЕГІМЕН ПАЙДАЛАНЫЛАТЫН МИКРОСҮЛБЕКТЕРДІҢ
ЖІКТЕУШІСІ59
- Мамырбаев О.Ж., Оралбекова Д.О., Әлімхан Қ., Othman M., Жумажанов Б.**
АВТОМАТТЫ СӨЙЛЕУДІ ТАҢУ ҮШІН ОНЛАЙН МОДЕЛЬДЕРДІ ҚОЛДАНУ.....66
- Сейлова Н.А., Ибраев Р.Б., Горлов Л.В., Тұрдалыұлы М.**
ҚАЛҚАН БЛОКТЫҚ СИММЕТРИЯЛЫҚ ШИФРЛАУ АЛГОРИТМІНІҢ СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС
ТҮЙІНІНІҢ КРИПТОГРАФИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ.....73
- Ташенова Ж.М., Нурлыбаев Э.Н., Абдуғұлова Ж.К., Аманжолова Ш.А.**
ДЕРЕКТЕР ОРТАЛЫҒЫНЫҢ ЖЕЛІЛІК ИНФРАҚҰРЫЛЫМЫНЫҢ ҚАУІПСІЗДІК
ЖАҒДАЙЫН БАҒАЛАУ.....81
- Шопағұлов О.А., Корячко В.П.**
САРАПТАМА ЖҮЙЕЛЕРДІҢ БІЛІМ НЕГІЗІНДЕГІ КОНЦЕПТУАЛДЫҚ МОДЕЛЬДЕР.....92

МАТЕМАТИКА

- Егенова Ә., Құрақбаева С., Калбаева А., Ізтаев Ж.**
ТОЛҚЫНДАРДЫҢ ТАРАЛУЫНЫҢ ҰҚСАС СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС МОДЕЛЬДЕРІН ҚОЛДАНА
ОТЫРЫП, ӘРТҮРЛІ ФИЗИКАЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРДІ СИПАТТАУДЫҢ КЕЙБІР
МӘСЕЛЕЛЕРІ.....103

Ибраев А.Т. ЭЛЕКТРОНДЫҚ АЙНАЛАРМЕН КАТОДТЫҚ ЛИНЗАЛАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ ҮШІН ДИНАМИКАЛЫҚ ҚОЗҒАЛЫСТЫҢ ӨЛШЕМ ЖҮЙЕСІН ҚҰРУ ЖӘНЕ ҚОЛДАНУ.....	114
Махажанова У.Т., Исмаилова А.А., Жумаханова А.С. БҰЛДЫР ЛОГИКАЛЫҚ ЕРЕЖЕЛЕРДІ ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУ ПРОЦЕССІНДЕ ҚОЛДАНУДЫҢ МЫСАЛЫ.....	121
Сартабанов Ж.А., Айгенова Г.М., Торемуратова Г.С. ДИФФЕРЕНЦИАЛДАУ ОПЕРАТОРЛЫ СЫЗЫҚТЫ КӨППЕРИОДТЫ ТЕҢДЕУЛЕР ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ӨЗАРА КЕЛТІРІМДІЛІГІ.....	128
Тусупов Д.А., Муханова А.А. ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУ ПРОЦЕССІНДЕГІ ЛОГИКАЛЫҚ ЕРЕЖЕЛЕР ҚОСЫМШАСЫ.....	136

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

- Жумабаев Б.Т., Васильев И.В., Петровский В.Г., Исабаев К.Ж.**
НОВЫЙ ПОЛИГОН ДЛЯ РАДИОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В КАЗАХСТАНЕ.....6
- Мейірбеков М.Н., Исмаилов М.Б.**
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ
ПО ФОРМОВАНИЮ УГЛЕПЛАСТИКОВЫХ СТЕРЖНЕЙ МЕТОДОМ НАМОТКИ.....15
- Мырзатай А.А., Рзаева Л.Г., Ускенбаева Г.А., Шукирова А.К., Абитова Г.**
ВЛИЯНИЕ ОБЪЕМА МАССИВА ДАННЫХ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ОТКАЗОВ СЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....28
- Таймуратова Л.У., Биғожа О.Д., Сейтмуратов А.Ж., Казбекова Б.К., Аймаганбетова З.К.**
ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ПРОДОЛЬНОЕ МАГНИТОСОПРОТИВЛЕНИЕ КРЕМНИЯ
НА МЕЖДОЛИННЫХ ПЕРЕХОДАХ ЭЛЕКТРОНОВ.....37

ИНФОРМАТИКА

- Байшолан Н., Турдалыулы М., Байшоланова К.С., Кубаев К.Е., Тунгушбаев М.Т.**
ПРОГРАММНОЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ АТАК
В СОБЫТИЯХ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....42
- Жумабекова А.Т., Усатова О.А., Мэтсон Э., Карюкин В.И., Илесова Б.Е.**
ВИДЫ УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННЫМ РЕСУРСАМ И МЕТОДЫ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....48
- Кожажулов Е.Т., Жексебай Д.М., Сарманбетов С.А., МаксUTOва А.А.**
КЛАССИФИКАТОР ИЗОБРАЖЕНИЙ МИКРОСХЕМ ПРИ ПОМОЩИ СВЕРТОЧНОЙ
НЕЙРОННОЙ СЕТИ.....59
- Мамырбаев О.Ж., Оралбекова Д.О., Алимхан К., Othman M., Жумажанов Б.**
РЕАЛИЗАЦИЯ ОНЛАЙНОВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО
РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ.....66
- Сейлова Н.А., Ибраев Р.Б., Горлов Л.В., Турдалыулы М.**
КРИПТОГРАФИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕЛИНЕЙНОГО УЗЛА АЛГОРИТМА БЛОЧНОГО
СИММЕТРИЧНОГО ШИФРОВАНИЯ QALQAN.....73
- Ташенова Ж.М., Нурлыбаев Э.Н., Абдугулова Ж.К., Аманжолова Ш.А.**
ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СЕТЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ
ДАТА-ЦЕНТРА.....81
- Шопагулов О.А., Корячко В.П.**
КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ В БАЗАХ ЗНАНИЙ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ.....92

МАТЕМАТИКА

- Егенова А., Куракбаева С., Калбаева А., Изтаев Ж.**
НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОПИСАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
С ПОМОЩЬЮ АНАЛОГИЧНЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ МОДЕЛЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
ВОЛН.....103

Ибраев А.Т. ПОСТРОЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОТСЧЕТА ДВИЖЕНИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОННЫХ ЗЕРКАЛ И КАТОДНЫХ ЛИНЗ.....	114
Махажанова У.Т., Исмаилова А.А., Жумаханова А.С. ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ НЕЧЕТКИХ ЛОГИЧЕСКИХ ПРАВИЛ В ПРОЦЕССАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.....	121
Сартабанов Ж.А., Айтенова Г.М., Торемуратова Г.С. ВЗАИМНАЯ ПРИВОДИМОСТЬ ЛИНЕЙНЫХ МНОГОПЕРИОДИЧЕСКИХ СИСТЕМ УРАВНЕНИЙ С ОПЕРАТОРАМИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ.....	128
Тусупов Д.А., Муханова А.А. ПРИЛОЖЕНИЕ ЛОГИЧЕСКИХ ПРАВИЛ В ПРОЦЕССАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.....	136

CONTENTS

PHYSICS

Zhumabayev B.T., Vassiliyev I.V., Petrovskiy V.G., Issabayev K.Zh. A NEW LANDFILL FOR RADIOPHYSICAL RESEARCH IN KAZAKHSTAN.....	6
Meirbekov M.N., Ismailov M.B. DESIGN AND MANUFACTURE OF A LABORATORY INSTALLATION FOR FORMING CARBON FIBER RODS BY WINDING.....	15
Myrzatay A.A., Rzayeva L.G., Uskenbayeva G.A., Shukirova A.K., Abitova G. THE EFFECT OF THE AMOUNT OF DATA ARRAY ON THE RESULTS OF FORECASTING NETWORK EQUIPMENT FAILURES.....	28
Taimuratova L.U., Bigozha O.D., Seitmuratov A.Zh., Kazbekova B.K., Aimaganbetova Z.K. NEGATIVE LONGITUDINAL MAGNETORESISTANCE SILICON ON INTERLINE ELECTRON TRANSITIONS.....	37

COMPUTER SCIENCE

Baisholan N., Turdalyuly M., Baisholanova K.S., Kubayev K.E., Tungyshbayev M.T. SOFTWARE AND MATHEMATICAL SUPPORT FOR ATTACK PREDICTION IN INFORMATION SECURITY EVENTS.....	42
Zhumabekova A., Ussatova O., Matson E., Karyukin V., Ilessova B. THE TYPES OF THREATS TO THE INFORMATION RESOURCES AND THE METHODS OF THEIR DETECTION WITH THE USE OF MACHINE LEARNING METHODS.....	48
Kozhagulov Y.T., Zhexebay D.M., Sarmanbetov S.A., Maksutova A.A. CLASSIFIER OF MICROCIRCUIT IMAGES USING A CONVENTIONAL NEURAL NETWORK.....	59
Mamyrbayev O.Zh., Oralbekova D.O., Alimhan K., Othman M., Zhumazhanov B. REALIZATION OF ONLINE SYSTEMS FOR AUTOMATIC SPEECH RECOGNITION.....	66
Seilova N.A., Ibrayev R.B., Gorlov L.V., Turdalyuly M. CRYPTOGRAPHIC PROPERTIES OF A NONLINEAR NODE OF A BLOCK SYMMETRIC ENCRYPTION ALGORITHM QALQAN.....	73
Tashenova Zh., Nurlybaeva E., Abdugulova Zh., Amanzholova Sh. ASSESSMENT OF THE SECURITY STATUS OF THE COMPANY'S DATA CENTER NETWORK INFRASTRUCTURE.....	81
Shopagulov O.A., Koryachko V.P. CONCEPTUAL MODELS IN THE KNOWLEDGE BASES OF EXPERT SYSTEMS.....	92

MATHEMATICS

Yegenova A., Kurakbayeva S., Kalbayeva A., Iztaev Zh. SOME PROBLEMS IN DESCRIBING VARIOUS PHYSICAL PROCESSES WITH SIMILAR NONLINEAR WAVE PROPAGATION MODELS.....	103
---	-----

Ibrayev A.T. CONSTRUCTION AND APPLICATION OF A DYNAMIC MOTION COUNTING SYSTEM FOR RESEARCHING THE PROPERTIES OF ELECTRON MIRRORS AND CATHODE LENSES.....	114
Makhazhanova U.T., Ismailova A.A., Zhumakhanova A.S. EXAMPLE OF APPLICATION OF FUZZY LOGICAL RULES IN DECISION-MAKING PROCESSES.....	121
Sartabanov Zh.A., Aitenova G.M., Toremuratova G.S. MUTUAL REDUCTION OF LINEAR MULTIPERIODIC SYSTEMS OF EQUATIONS WITH DIFFERENTIATION OPERATORS.....	128
Tussupov D.A., Mukhanova A.A. APPLICATION OF LOGICAL RULES IN DECISION-MAKING PROCESSES.....	136

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

<http://physics-mathematics.kz/index.php/en/archive>

**ISSN2518-1726 (Online),
ISSN 1991-346X (Print)**

Редакторы: *М.С. Ахметова, А. Ботанқызы, Д.С. Аленов, Р.Ж. Мрзабаева*
Верстка на компьютере *Г.Д.Жадыранова*

Подписано в печать 10.12.2021.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать –ризограф.
9,5 п.л. Тираж 300. Заказ 6.