

ХАЛЫҚАРАЛЫҚ  
УНИВЕРСИТЕТІ



МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

INTERNATIONAL UNIVERSITY

Диссертант Утебаева Дана Жолдыбайқызымен «Акустикалық деректерді тануды қолдану арқылы ұшқышсыз әуе көліктерін тиімді анықтауды зерттеу» тақырыбына жазылған PhD диссертациясына берілген

### СЫН-ШҚІР

Осы диссертациялық зерттеу жұмысы ұшқышсыз ұшу көліктерінің дыбыстарын анықтау жүйелерін нақты уақыт үшін жүзеге асыруды зерттеді. Диссертациялық жұмыс мазмұны негізгі 5 бөлімдерден тұрады.

Алғашқы тарауда жалпы ұшқышсыз әуе көліктерін акустикалық сигналдармен танудың маңыздылығы, өзектілігі және акустикалық сигналдарды өңдеудің мәселелері қарастырылып сарапталған. Бұл тарауда негізгі зерттеудің ғылыми сұрақтары алға тартылған. Сондай-ақ, әдеби шолулар негізінде ұшқышсыз ұшу көліктерінің дыбыстарын анықтау жүйелеріне қойылған мәселелер бойынша зерттеу жұмыстары талқыланған.

Екінші тарауда ұшқышсыз әуе көліктерінің дыбыстық деректерінің дерекқоры құрылған. Олардың түрлі позициялармен, жүктеме тиелген күйлерімен және ұшқышсыз әуе көліктерінің түрлі модельдерін ұшыру негізінде дыбыстық жазба қорын құрған.

Ал, үшінші тарауда жинақталған ұшқышсыз әуе көліктерінің дыбыстарын өңдеу әдістері сарапталынып негізделген.

Төртінші тарауда ұшқышсыз әуе көліктерінің дыбыстық деректерін тану архитектурасын құруды RNN рекуррентті нейрондық желілері көмегімен зерттеді. Осы рекуррентті нейрондық желілерді теориялық негізде кеңінен сараптап анықтаған. Дыбыстық деректерді RNN желілерімен тануды зерттеу бағытындағы ғылыми жұмыстарға әдеби шолулар жасаған.

Бесінші тарау ұшқышсыз әуе көліктерінің дыбыстық деректерін тану жүйесінің архитектурасын RNN рекуррентті нейрондық желілері негізінде өңдеуді зерттеген. Бастапқы қадамында кеңейтілген басым шулы нысандардың дыбыстарын фондық шуылдан уақытша класс тұрығысынан кеңейтіп, уақыт ауданында анықтаған. Әрі қарай осы класстар негізінде жиілік спектрлері диапазондарын анықтаған. Жиілік аймағы анықталып,

барлық дыбыстар негізгі үш классқа қайта біріктірілген. Оларға тиімді гиперпараметрлері анықталынып, нақты уақытта жұмыс істейтін Мел-спектаграмма кіріс қабаты бейімделіп нейрондық архитектураға интеграцияланды. Осы ұсынылатын жүйе негізінде 4 рекуррентті нейрондық желі моделі және 1 CNN моделі құрылған. Құрылған 5 модель негізінде үйрету жүргізілген. Нейрондық желілермен үйрету барысында дерекқордың 70 %-ы терең оқытуға 30%-ы сынақ жүргізуге бөлініп тәжірибиелер жасалған. Алынған нәтижелерге сараптама жасалып, олардың ішінен 64 ұяшықты GRU рекуррентті нейрондық желісі тиімді етіп ұсынылған.

Диссертациялық жұмыстың талдаулары негізінде ұшқышсыз әуе көліктерінің акустикалық сигналдарын GRU рекуррентті нейрондық желісі негізінде тану жоғары көрсеткішпен анықталды. Нәтижесінде ұшқышсыз әуе көліктері нысандарының дыбыстық сигналдарын тану дәлдігі жоғары қабілетті тану мүмкіндігіне ие екендігі тұжырымдалған.

Диссертантпен ұсынылған жүйені еліміздің ұлттық қауіпсіздігі үшін қолданылатын бимодальды тану жүйелеріне енгізуге тиімді жүйе ретінде ұсынуға болады.

Жұмыста барлық қойылған тапсырмалар орындалған, зерттеу жұмысының өзектілігі, ғылыми жаңалығы және тәжірибиелік маңыздылығы толығымен ашылған және тәжірибие нәтижелерімен дәлелденген. Зерттеудің болашақтағы жалғасы Software Defined Radio әдісімен дамуға бағыт алады.

Докторант диссертациялық зерттеуді орындау барысында өзін білікті маман ретінде, өз бетінше ғылыми сұрақтарды шешуге қабілеттілігін және қойылған талаптарды жауаптылықпен нақты нәтижелерге дейін шеше алатындығын көрсетті.

Жоғарыда айтылғандардың негізінде Утебаева Дана Жолдыбайқызының философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін ұсынылған тақырыптағы диссертациялық жұмысы Қазақстан Республикасы Ғылым және Жоғары білім министрілігінің «Ғылыми дәрежелер беру ережесі» талаптарына сай орындалған және диссертациялық жұмысты қорғауға жіберуді ұсынамын.

Ғылыми жетекші

Илипбаева Л.Б.

т.ғ.к., қауымдастырылған профессоры,  
“Радиотехника, электроника және  
телекоммуникация” кафедрасы, ХАТУ



## University logo

Applicant Utebayeva Dana Zholdybaykyzy submitted her doctoral dissertation work on the topic of "Research of effective UAV detection using acoustic data recognition".

### REVIEW

This dissertation work study investigated the real-time Unmanned Aerial Vehicle sound detection system realization. The content of the dissertation consists of 5 main parts.

In the first part, the importance, relevance of recognition of unmanned aerial vehicles using acoustic signals and the problems of acoustic signal processing were analyzed. In this part, the scientific questions of the main research are put forward. Also, research works on the problems posed to the sound detection systems of unmanned aerial vehicles are discussed on the basis of literature reviews.

In the second part, a database of UAV sound data was created. It was created a sound recording dataset based on the launch of various models of unmanned aerial vehicles with different positions and loading conditions.

In the third part, the methods of processing sound of unmanned aerial vehicles are analyzed and based.

In the fourth part, the construction of the architecture of UAV audio data recognition was studied using RNN recurrent neural networks. These recurrent neural networks have been extensively analyzed on a theoretical basis. It was made a literature review of scientific works in the direction of studying the audio data recognition with RNN networks.

The fifth part studied the architecture of the UAV audio data recognition system processing based on RNN recurrent neural networks. In the initial step, the sounds of the high noisy objects were expanded from the background noise in terms of temporal class and determined in the time domain. Further, on the basis of these classes, it was determined the ranges of frequency spectra. The frequency domain characteristics were determined, and all sounds are regrouped into three main classes. Effective hyperparameters were investigated for these sounds, and the real-time Mel-spectrogram input layer was adapted and integrated into the neural architecture. Based on this proposed system, 4 recurrent neural network models and 1 CNN model were created. Training was conducted on the basis of these 5 models. In the course of training with neural networks, 70% of the dataset was divided into deep learning and 30% into testing. The obtained results were analyzed, and the 64-cell GRU recurrent neural network was presented as effective one.

Based on the analyzes of the dissertation work, the recognition of acoustic signals of unmanned aerial vehicles based on the GRU recurrent neural network was determined with a high rate. As a result, it was concluded that unmanned aerial vehicles have the ability to be recognized using sound signals with high accuracy.

The system proposed by the dissertation work can be recommended as an effective system to be integrated into the bimodal recognition systems and can be used for the national security of the country.

In the dissertation work, all the assigned objectives were fulfilled, the relevance, scientific novelty and practical importance of the research work were fully disclosed and proved by the experimental results. The future works of the research will focus on using the Software Defined Radio method.

In the course of the dissertation research, the doctoral student proved herself to be a qualified specialist, was able to independently solve scientific questions and behaved responsibly to solve the assigned objectives till exact results.

Based on the foregoing, the dissertation work on the topic proposed for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) Utebayeva Dana Zholdybaevkyzy was completed in accordance with the requirements of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan "Regulations on the award of academic degrees" and I recommend the dissertation work for the defense.

**Scientific supervisor**

*signature*

**Ilipbayeva L.B.**

candidate of technical sciences, associate professor,  
Department of "Radio engineering, Electronics and  
Telecommunications", IT university

*seal*

Қазақстан Республикасы, Алматы қаласы,  
Отыз бірінші наурыз екі мың жиырма үшінші жыл

Қазақ тілінен ағылшын тіліне аударма мәтінін "Enjoy Service" ЖШС аударма агенттігінің аудармашысы БСН: 141240001665, Атырау облысының тумасы Гетц Артур Витальевич аударма жөніндегі менеджері тұлғасында орындаған, ЖСН: 990517300075

аударма агенттігінің контактылары:

Телефон: +7 778 279 9507 мекен жайы: Алматықаласы, Абая көшесі 115А, офис 217  
E-mail: [almaty@enjoyservice.kz](mailto:almaty@enjoyservice.kz)

Қолы Гетц Артур Витальевич

Қазақстан Республикасы, Алматы қаласы,  
Отыз бірінші наурыз екі мың жиырма үшінші жыл

Мен, Ахметов Асхат Талғатұлы, Қазақстан Республикасының Әділет министрлігі берген 2021 жылғы 26 тамыздағы №21025003 мемлекеттік лицензия негізінде әрекет ететін Алматы қаласының нотариусы, аудармашы Гетц Артур Витальевичтің қолының түпнұсқалығын куәландырамын. Аудармашының жеке басы анықталды, қабілеттілігі мен өкілеттігі тексерілді.



№ 2257 тізілімде тіркелген  
Өндірілді: келісім. 30-1-бап  
Нотариус

Republic of Kazakhstan, Almaty city,  
The thirty-first of March, two thousand twenty three

The text of the translation from Russian into English was made by translation agency "Enjoy Service" LLP BIN: 141240001665, represented by the Translator Getts Artur Vitalievich, a native of Atyrau region, IIN: 99051730007.

Contacts of translator:

Telephone: 7 778 279 95 07

Address: Almaty, Abay street 115A, office 217

E-mail: [almaty@enjoyservice.kz](mailto:almaty@enjoyservice.kz)

Signature \_\_\_\_\_

Republic of Kazakhstan, Almaty city,  
The thirty-first of March, two thousand twenty three

I, Akhmetov Askhat Talgatovich, notary of the city of Almaty, acting on the basis of state license No. 21025003 dated August 26, 2021, issued by the Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan, certify the authenticity of the signature of the translator Getts Artur Vitalievich. The translator's identity has been established, his legal capacity and authority have been verified.

Registered under No.2257

Collected: according to articles 30-1 of Law "On Notary"

Notary



ES7107230230331190255J29079F

Нотариаттық іс-әрекеттің бірегей нөмірі / Уникальный номер нотариального действия

Пронумеровано и прошнуровано  
на 5 (пять)  
страницах  
Нотариус [Signature]

