

**6D071900 – «Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» мамандығы бойынша философия докторы (PhD)**

**дәрежесін алуға ұсынылған Утебаева Дана Жолдыбайқызының «Акустикалық деректерді тануды қолдану арқылы ұшқышсыз әуе көліктерін тиімді анықтауды зерттеу» тақырыбындағы диссертациялық жұмысына**

**РЕСМИ РЕЦЕНЗЕНТТІҢ ЖАЗБАША ШКІРІ**

№	Критерийлер	Критерийлер сәйкестігі	Ресми рецензенттің ұстанымы
1.	Диссертация тақырыбының (бекіту күніне) ғылымның даму бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкес болуы	<p>1.1 Ғылымның даму бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі:</p> <p><u>1) Диссертация мемлекет бюджетінен қаржыландырылатын жобаның немесе нысаналы бағдарламаның аясында орындалған (жобаның немесе бағдарламаның атауы мен нөмірі);</u></p> <p>2) Диссертация басқа мемлекеттік бағдарлама аясында орындалған (бағдарламаның атауы)</p> <p>3) Диссертация Қазақстан Республикасының Үкіметі жанындағы Жоғары ғылыми-техникалық комиссия бекіткен ғылым дамуының басым бағытына сәйкес (бағытын көрсету)</p>	<p>Жұмыс Қазақстан Республикасының БҒМ қаржыландыратын «Жас ғалым» жобасы аясында «Ұлттық Қауіпсіздік және Қорғаныс» басымдық бағыты бойынша "Күдікті ұшқышсыз ұшу аппараттарын анықтаудың жиілікке негізделген сенімді жүйесін SDR және акустикалық белгілерді пайдалану көмегімен әзірлеу" тақырыбы бойынша АР14971907 ЖТН ғылыми-зерттеу жұмысының бөлігі ретінде орындалды. Жобаның ғылыми жетекшісі ізденуші Д.Ж. Утебаева.</p>

2.	Ғылымға маңыздылығы	Жұмыс ғылымға елеулі үлесін қосады/қоспайды, ал оның маңыздылығы ашылған/ашылмаған.	Диссертациялық жұмыс нақты уақытта ұшқышсыз әуе көліктерін тану мәселесін олардың акустикалық сигналдары арқылы тани алатын жүйені ұсынды. Ұсынып отырған жүйеде ұшқышсыз әуе көліктерінің акустикалық сигналдарын жиілік ауданынан өңделіп алынатын Мелспектрограмма қабатымен тануды таңдаған және «Gated Recurrent Neural Network, яғни GRU» нейрондық желісі көмегімен құрылған Deep Learning архитектурасына автормен модификацияланған Мелспектрограмма қабатын біріктіру негізінде жаңа әдіспен зерттеді.
3.	Өзі жазу принципі	Өзі жазу деңгейі: 1) жоғары; 2) орташа; 3) төмен; 4) өзі жазбаған	Ізденуші диссертациялық жұмысты түсінікті әрі нақты ғылыми-зерттеу стилінде жазған. Жұмыстың әдеби шолуы кеңінен талқыланған, теориялық берілуі бірізді ретімен ұсынылған, тәжірибиелік бөлігі ұшқышсыз әуе көліктерін жоғары пайызбен тану дәлдіктерімен дәлелденген және де алынған нәтижелері осы бағыттағы өзге зерттеу жұмыстарымен салыстырыла отырып терең талданған. Жұмыстың нәтижелерін талдау кезінде ізденушінің жоғары сыни көзқараспен сараптай алу қабілетін, және зерттеу тапсырмаларын орындауда жеткілікті тәуелсіздігін байқауға болады. Изденуші Д.Ж. Утебаева ұшқышсыз әуе

			<p>көліктерін тану мәселесіне өзінің ұсынған зерттеу әдісінің өзектілігін дәлелді көрсете білген. Сондай-ақ, ұшқышсыз әуе көліктерінің акустикалық сигналдарын өңдеу тапсырмасын қысқа уақытта жылдам өңдеу үшін тиімді гиперпараметрлерді зерттеп, нақты уақытта орындауға оңтайлы шешім ұсынды. Диссертациялық жұмыс жүйелі ретпен және жоғары деңгейде жазылған деп бағалаймын.</p>
4.	Ішкі бірлік принципі	<p>4.1 Диссертация өзектілігінің негіздемесі:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) негізделген;</li> <li>2) жартылай негізделген;</li> <li>3) негізделмеген.</li> </ol>	<p>Қазіргі технологияның жетістіктері ұшқышсыз әуе көліктерінің түрлі функциялармен көптеп өндірілуін әкелді. Көп функционалды ұшқышсыз әуе көліктері сәйкесінше халық арасында рекреациялық мақсаттарда, агрономияда, тасымалдауда, барлау жұмыстарында тіпті халықаралық деңгейде саяси мақсаттарда кең қолданысқа ие бола бастады. Осының салдарынан ұшқышсыз әуе көліктерімен болатын оқыс оқиғалар да кеңінен орын ала бастады. Сол себепті заңсыз енуі мүмкін болатын ұшқышсыз әуе көліктерін тану жүйесі аса өзекті мәселе болып отыр. Ал ұсынылып отырған жұмыс арнайы қорғалатын аймақтарда рұқсатсыз енуі мүмкін болатын күдікті ұшқышсыз әуе көліктерін тану мәселесін нақты уақытта түрлі позицияларында тануды қолға алды. Бұл өз кезегінде диссертациялық жұмыстың өзектілігін негіздейді.</p>

		<p>4.2 Диссертация мазмұны диссертация тақырыбын айқындайды</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <u>айқындайды;</u></li> <li>2) жартылай айқындайды;</li> <li>3) айқындамайды</li> </ol>	<p>Диссертациялық жұмыстың мазмұны жұмыстың тақырыбына сай айқындалып жазылған. Яғни, жұмыс оның ұшқышсыз әуе көліктерін танудың өзектілігін айқындайтын кіріспе бөлімнен, зерттеуді жүйелі жүргізуге жоспарланған бес бөлімнен және алынған нәтижелердің жаңалығын көрсететін дәлелді тұжырымдарды қамтитын қорытындыдан тұрады.</p> <p>Диссертациялық жұмыстың кіріспе бөлімінде зерттеудің басты мақсаты, оның тапсырмасы, өзектілігі, және тәжірибелік маңыздылығы жүйелі талқыланды. Сондай-ақ, диссертациялық жұмыстың қорытындысы тәжірибелік сынақтар нәтижелерімен дәлелді тұжырымдалған.</p> <p>Диссертациялық жұмысты зерттеу кезінде оның мазмұны мен зерттеу қадамдары дұрыс реттілікпен құрылған және бұл құрамдас бөлімдер диссертация тақырыбын толықтай айқындайды.</p>
		<p>4.3. Мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <u>сәйкес келеді;</u></li> <li>2) жартылай сәйкес келеді;</li> <li>3) сәйкес келмейді</li> </ol>	<p>Диссертациялық жұмыстың мақсаты мен міндеттері жұмыстың тақырыбына толықтай сәйкес келеді. Ал жұмыстың міндеттері қойылған мақсатты орындауға сәйкес құрылған.</p>
		<p>4.4. Диссертацияның барлық бөлімдері мен құрылысы логикалық байланысқан:</p>	<p>Диссертациялық жұмыс келесідей бөлімдерден тұрады: кіріспеден, бес бөлімдерден,</p>

	<p>1) <u>толық байланысқан</u>;  2) жартылай байланысқан;  3) байланыс жоқ</p>	<p>қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен және қосымшалардан. Жұмыстың бастапқы кіріспе бөлімінде диссертациялық жұмыстың өзектілігін, мақсатын, міндеттерін және жаңалығын сипаттады. Негізгі бөлімі ұшқышсыз әуе көліктерін акустикалық сигналдары арқылы тануды орындауға қажетті теориялық негіздемені, яғни математикалық моделді және оны тәжірибиелік тұрғыда орындайтын қадамдарды сипаттады. Ескертпе ретінде диссертациялық жұмыста ұшқышсыз әуе көліктерінің дерекқорын жинау қадамдары туралы кеңейтілген ақпарат беруін көрсетуге болады. Ал жалпы жұмыста орындалған әдіс, оны қолдану барысында алынған оң нәтижелер мен зерттеу тапсырмаларының арасында байланыс бар екендігін ерекше атап көрсетуге болады.</p>
	<p>4.5 Автор ұсынған жаңа шешімдер (қағидаттар, әдістер) дәлелденіп, бұрыннан белгілі шешімдермен салыстырылып бағаланған:  1) <u>сыни талдау бар</u>;  2) талдау жартылай жүргізілген;  3) талдау өз пікірін емес, басқа авторлардың сілтемелеріне негізделген</p>	<p>Диссертациялық жұмыста қолданылған дерекқордың құрамы автормен толықтай құрылғандығы және оны өңдеуде бұрынғы зерттеу жұмыстарының нәтижелерімен салыстыра отырып, сыни талдау жасалғандығы толықтай көрінеді.</p>

5.	Ғылыми жаңашылдық принципі	<p>5.1 Ғылыми нәтижелер мен қағидаттар жаңа болып табыла ма?</p> <p>1) <u>толығымен жаңа</u>;</p> <p>2) жартылай жаңа (25-75% жаңа болып табылады);</p> <p>3) жаңа емес (25% кем жаңа болып табылады)</p>	<p>Диссертациялық жұмыста үшқышсыз әуе көліктерінің дыбыстық сигналдарын өңдеу үшін модификацияланған Мелспектрограмма қабатының гиперпараметрлері тиімді зерттелді және қабат Deep Learning архитектурасына ұтымды кіріс қабат ретінде біріктірілді. Ұсынылған әдіс толығымен жаңа болып табылады.</p>
		<p>5.2 Диссертацияның қорытындылары жаңа болып табыла ма?</p> <p>1) <u>толығымен жаңа</u>;</p> <p>2) жартылай жаңа (25-75% жаңа болып табылады);</p> <p>3) жаңа емес (25% кем жаңа болып табылады)</p>	<p>Ұсынылған әдіспен алынған нәтижелер толығымен жаңа болып табылады. Зерттеу кезінде жасалған тұжырымдар «Радиотехника, электроника және Телекоммуникация» саласы үшін интеллектуалдық сала бағытын қалыптастыратын толығымен жаңа әдіс болып табылады.</p>
		<p>5.3 Техникалық, технологиялық, экономикалық немесе басқару шешімдері жаңа және негізделген бе?</p> <p>1) <u>толығымен жаңа</u>;</p> <p>2) жартылай жаңа (25-75% жаңа болып табылады);</p> <p>3) жаңа емес (25% кем жаңа болып табылады)</p>	<p>Диссертациялық жұмыспен ұсынылып отырған тыңдау арқылы функцияланатын интеллектуалдық акустикалық сенсор жасалу жолы бойынша экономикалық тиімді болып табылады және оны басқару шешімдері толығымен жаңа. Құрылған жүйе толықтай жоғары тану дәлдіктерімен негізделген.</p>
6.	Негізгі қорытындылардың негізділігі	<p>Барлық қорытындылар ғылыми тұрғыдан қарағанда ауқымды дәлелдемелерде</p>	<p>Диссертациялық жұмыс рецензияланатын публикациялар негізінде толықтай кеңінен талқыланған. Зерттеу әдісін өңдеу барысында</p>

		негізделген/негізделмеген (qualitative research және өнертану және гуманитарлық бағыттары бойынша)	құрылған теориялық негіздер, бағдарламалық қамсыздандырулар және тәжірибиелік сынақ нәтижелері жүйелі жолмен құрылған. Олар ғылыми тұрғыдан қарағанда ауқымды дәлелдермен негізделген.
7.	Қорғауға шығарылған негізгі қағидаттар	<p>Әр қағидат бойынша келесі сұрақтарға жауап беру қажет:</p> <p>7.1 Қағидат дәлелденді ме?</p> <p>1) <u>дәлелденді</u>;</p> <p>2) шамамен дәлелденді;</p> <p>3) шамамен дәлелденбеді;</p> <p>4) дәлелденбеді</p> <p>7.2 Тривиалды ма?</p> <p>1) ия;</p> <p>2) <u>жоқ</u></p> <p>7.3 Жаңа ма?</p> <p>1) <u>ия</u>;</p> <p>2) жоқ</p> <p>7.4 Қолдану деңгейі:</p> <p>1) тар;</p> <p>2) орташа;</p> <p>3) <u>кең</u></p> <p>7.5 Мақалада дәлелденген бе?</p> <p>1) <u>ия</u>;</p> <p>2) жоқ</p>	<p>Қорғауға ұсынылған нәтижелер бірқатар тәжірибелік сынақтар нәтижелерімен дәлелденген.</p> <p>Диссертациялық жұмыста тривиальдылық элементтері жоқ.</p> <p>Ұсынылып отырған әдіс құрамы мен беретін нәтижелері жаңа болып табылады.</p> <p>Ұсынып отырған интеллектуалдық акустикалық сенсор ұшқышсыз әуе көліктерінің рұқсатсыз енуі мүмкін болған қорғаулы аймақтар үшін құрамдас растаушы сенсор ретінде қолданыла алады. Зерттеу нәтижелері қорғаныс мәселесінде сұранысқа ие және жаңа интеллектуалдық тыңдау сенсоры болып табылады.</p> <p>Диссертация тақырыбы бойынша 5 ғылыми мақалалар, атап айтқанда нөлдік емес импакт-факторы бар және peer-reviewing әдісімен рецензияланатын бірінші кварталді журналда 1 мақала, ҚР БҒМ Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынған ғылыми</p>

			басылымдарда 2 мақала және скопус базасына енетін конференцияларда 2 мақала жарияланды.
8.	Дәйектілік Дереккөздер ұсынылған дәйектілігі	8.1 Әдістеменің таңдауы - негізделген немесе әдіснама нақты жазылған 1) <u>ия</u> ; 2) жоқ	Ізденуші әдістемені зерттеуде терең әдеби шолулар жасау және тәжірибелік сынақтарды жүргізу арқылы анықтай отырып таңдады. Зерттеу мақсатын орындауға қажетті қойылған міндеттерді шешу үшін ізденуші анализдеу әдістерін, тәжірибелік сынақ жүргізуді, математикалық және бағдарламалық модельдеу әдістерін негізді қолдана білді.
		8.2 Диссертация жұмысының нәтижелері компьютерлік технологияларды қолдану арқылы ғылыми зерттеулердің қазіргі заманғы әдістері мен деректерді өңдеу және интерпретациялау әдістемелерін пайдалана отырып алынған: 1) <u>ия</u> ; 2) жоқ	Жұмыс зерттеуінің тәжірибиелік бөліміндегі Deep Learning архитектурасының жылдам есептеулерін орындау үшін қарапайым Intel(R) Core(TM) i5-8265U processor at 1.60 GHz ноутбугы Python (Spyder) бағдарламасы, Keras кітапханасындағы нейрондық қабаттар, KAPRE жаңа keras қабаттары қолданылды. Шағын ескерту ретінде жұмыстың тәжірибиелік бөлімінде рекурренттік нейрондық желіні құруға қолданған Keras кітапханаларын нақты тізімін атап көрсетуін айтуға болады.
		8.2 Теориялық қорытындылар, модельдер, анықталған өзара байланыстар және заңдылықтар эксперименттік зерттеулермен дәлелденген және расталған (педагогикалық ғылымдар бойынша	Диссертациялық жұмыста ізденуші ұсынған әдістердің математикалық және бағдарламалық модельдері жасалып, нәтижелері тәжірибелік сынақтармен тексерілді. Тәжірибелердің нәтижелері жұмыста фотосуреттермен көрсетілген.



		<p>даярлау бағыттары үшін нәтижелер педагогикалық эксперимент негізінде дәлелденеді):</p> <p>1) <u>ия</u>;</p> <p>2) <u>жоқ</u></p>	<p>Зерттеу нәтижелері және болашақ дамуы ҚР «Ұлттық қауіпсіздік және Қорғаныс» үшін жоба бөлігі ретінде тағайындалуда.</p>
		<p>8.4 Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге <u>сілтемелермен расталған</u> / ішінара расталған / расталмаған</p>	<p>Маңызды тұжырымдамалар, мәлімдемелер нақты және рецензияланатын ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен расталған.</p>
		<p>8.5 Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолуға <u>жеткілікті/жеткіліксіз</u></p>	<p>92 пайдаланылған әдебиеттер тізімі диссертациялық жұмыстың тақырыбы бойынша қолданылған, атап алғанда ғылыми әдебиеттер, стандарттар, тәжірибелік эксперименттер нәтижелері және т.б. Жұмыста әдеби шолу толық жеткілікті жүргізілген.</p>
9	Практикалық құндылық принципі	<p>9.1 Диссертацияның теориялық маңызы бар:</p> <p>1) <u>ия</u>;</p> <p>2) <u>жоқ</u></p>	<p>Диссертациялық жұмыста Рекурентті нейрондық желілердің толықтай дерлік қолданыстағы барлық түрлері теориялық тұрғыдан жүйелі түсіндірілген және бұл бұл теориялық негіз дыбыстық сигналдарды Deep Learning әдістерімен тану мәселелері үшін маңызы бар болып табылады.</p>
		<p>9.2 Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану мүмкіндігі жоғары:</p>	<p>Ізденушінің өңдеген жүйесі еліміздің ұлттық қауіпсіздік жүйесі маңызды болып саналық аймақтарда, кеден және шағын қорғаулы аумақтар үшін тәжірибиелік маңызы бар жүйе</p>

		1) <u>ия</u> ; 2) жоқ	ретінде ұсынылады.
		9.3 Практикалық ұсыныстар жаңа болып табылады? 1) <u>толығымен жаңа</u> ; 2) жартылай жаңа (25-75% жаңа болып табылады); 3) жаңа емес (25% кем жаңа болып табылады)	Ізденуші ұсынған интеллектуалдық тыңдау сенсоры ұшқышсыз әуе көліктерін және де өзге де қозғалтқышы бар нысандарды тану мәселесіне жаңа болып табылады.
10.	Жазу және ресімдеу сапасы	Академиялық жазу сапасы: 1) <u>жоғары</u> ; 2) орташа; 3) орташадан төмен; 4) төмен.	Ізденушінің жұмысы ұғынықты ғылыми-техникалық тілде жазылған. Жазудағы баяндау стилі түсігікті және сапалы жазылған. Негізгі ережелер мен қорытындылардың дәлелдермен тұжырымдалған.

### Диссертация бойынша ескертулер мен ұсыныстар:

1. Диссертациялық жұмыста ұшқышсыз әуе көліктерінің дерекқорын жинау қадамдары туралы кеңейтілген ақпарат беруін көрсетуге болады.

2. Диссертацияға шағын ескерту ретінде жұмыстың тәжірибиелік бөлімінде рекурренттік нейрондық желіні құруға қолданған Keras кітапханаларының нақты тізімін атап көрсетуін айтуға болады.

Айтылған ескертулер қорғауға ұсынуға кедергісін бермейді және осы ғылыми зерттеудің өзектілігін төмендетпейді.

### Қорытынды

Берілген ескертулер диссертациялық жұмыстың оң бағасын төмендетпейді. Утебаева Дана Жолдыбайқызының «Акустикалық деректерді тануды қолдану арқылы ұшқышсыз әуе көліктерін тиімді анықтауды зерттеу» тақырыбындағы

диссертациялық жұмысы толық көлемде орындалған, жұмыстың жаңалығы мен өзектілігі бар PhD диссертациялық жұмыстарына қойылатын барлық талаптарға сәйкес келеді, сондықтан ізденуші Д.Ж. Утебаеваны 6D071900 – «Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға лайықты деп есептеймін.

**Рецензент, «Ақпараттық-коммуникациялық технологиялар»  
мамандығы бойынша PhD докторы,  
Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ  
«Ақпараттық жүйелер» кафедрасының а.о. доценті**

2023 жылғы «16» сәуір



**Б.С. Омаров**

## WRITTEN REVIEW OF THE OFFICIAL REVIEWER

on the dissertation work of Utebaeva Dana Zholdybaykyzy

who is an applicant for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in the specialty 6D071900 – "Radio Engineering, Electronics and Telecommunications" on the topic "Research of effective UAV detection using acoustic data recognition"

№	Criteria	Matching criteria	Official reviewer's opinion
1.	Dissertation topic (at the date of approval) should be consistent with directions of development of science and/or state programs	<p>1.1 Correspondence to the directions of development of science and/or state programs:</p> <p><b><u>1) The dissertation was completed within the framework of a project or target program financed from the state budget (name and number of the project or program);</u></b></p> <p>2) Dissertation completed within the framework of another state program (name of the program)</p> <p>3) Dissertation in accordance with the priority direction of science development approved by the Higher Scientific and Technical Commission under the Government of the Republic of Kazakhstan (indicate the direction)</p>	<p>The work was carried out within the framework of the <b>research project AP14971907</b> within the program of the "Zhas Galym" project funded by the ME&amp;S of the Republic of Kazakhstan in the priority area "National Security and Defense" on the topic "Development of a robust frequency-based detection system for suspicious UAVs using SDR and acoustic signatures". The scientific supervisor of the project is the applicant D.Zh. Utebayeva.</p>
2.	Significance for science	The work <b><u>makes</u></b> /does not make a significant contribution to science, and its significance <b><u>is</u></b> /is not revealed.	In the dissertation work, a system is proposed that can recognize unmanned aerial vehicles in real-time using acoustic signals. In the proposed system, the acoustic signals of unmanned aerial vehicles were studied in a new method based on the combination of

			the modified Melspectrogram layer with the Deep Learning architecture created using the Gated Recurrent Neural Network, shortly GRU.
3.	The principle of self-writing	<p>Self-writing level:</p> <p><b>1) high;</b>  2) average;  3) down;  4) she did not write</p>	<p>The researcher wrote her dissertation in a clear and precise research style. The literature review of the work is widely discussed, the theoretical basis presented in a sequential order, the experimental part is proved by a high percentage of accuracy in the recognition of unmanned aerial vehicles, and the results obtained are deeply analyzed, comparing them with other research works in this direction. When analyzing the results of the work, one can observe the researcher's ability to analyze from a high critical point of view, sufficient independence in performing research tasks. D.Zh. Utebayeva managed to prove the relevance of her proposed research method for the problem of recognizing unmanned aerial vehicles. Also, she studied effective hyperparameters for the problem of processing acoustic signals of unmanned aerial vehicles in a short time and proposed an optimal solution for real-time execution. I consider that the dissertation work is written in a systematic manner and at a high level.</p>
4.	The principle of internal unity	<p>4.1 Reasons for relevance of the dissertation:</p> <p><b>1) justified;</b>  2) partially justified;  3) not justified.</p>	<p>The development of modern technology has led to the mass production of unmanned aerial vehicles with various functions. Accordingly, multifunctional unmanned aerial vehicles have become widely used by the population for</p>

			<p>recreational purposes, agronomy, transportation, intelligence, and even as a political purposes at the international level. As a result, accidents with unmanned aerial vehicles began to occur widely. That is why the recognition system for unmanned aerial vehicles that can be illegally penetrated is a very relevant issue. And the proposed work solves the problem of recognizing suspicious unmanned aerial vehicles that can arbitrarily enter specially protected areas in real-time in different positions. This, in turn, substantiates the relevance of the dissertation work.</p>
		<p>4.2 The content of the dissertation determines the topic of the dissertation  <b>1) defines;</b>  2) partially defines;  3) does not define</p>	<p>The content of the dissertation work is determined in accordance with the topic of the work. That is, the work consists of an introductory part that determines the relevance of the recognition of unmanned aerial vehicles, five parts that are constructed for systematic research, and a conclusion containing reasonable conclusions showing the novelty of the obtained results.</p> <p>In the introductory part of the dissertation, the main goal of the study, its objectives, relevance and practical significance were systematically discussed. As well as, the conclusion of the dissertation work is formulated according to the results of practical tests. In a dissertation work, its content and stages of research are created with a proper sequence, and</p>

			<p>these components completely defines the topic of the dissertation.</p>
		<p>4.3. The goals and objectives correspond to the topic of the dissertation:  <b>1) matches;</b>  2) partially matches;  3) does not match</p>	<p>The purpose and objectives of the dissertation are fully consistent with the topic of the work. And work objectives matches with the given the goal.</p>
		<p>4.4. All sections and structure of the dissertation are logically connected:  <b>1) fully connected;</b>  2) partially connected;  3) no connection</p>	<p>The dissertation consists of the following sections: introduction, five sections, conclusion, bibliography and appendices. In the initial introductory part of the work, she described the relevance, purpose, objectives and novelty of the dissertation work. The main part described the theoretical basis, i.e. mathematical model, and the steps required to perform the recognition of unmanned aerial vehicles by their acoustic signals.  As a side note, it can be shown that the dissertation provides more detailed information about the steps involved in preparing a database of unmanned aerial vehicles.  And it can be emphasized that there is a connection between the method implemented in the general work, the positive results obtained with its application, and the objectives of the study.</p>
		<p>4.5 New solutions (principles, methods) proposed by the author are proven and compared with already known solutions:  <b>1) there is a critical analysis;</b></p>	<p>It is quite obvious that the composition of the database used in the dissertation work was completely created by the author, and during its processing, a critical analysis was carried out,</p>

		2) the analysis is partially conducted; 3) the analysis is based on the references of other authors, not their own opinion	comparing it with the results of previous scientific research works.
5.	The principle of scientific novelty	5.1 Are scientific results and principles new? <b>1) completely new;</b> 2) semi-new (25-75% are new); 3) not new (less than 25% is new)	In the dissertation, the hyperparameters of the modified Melspectrogram layer for processing audio signals of unmanned aerial vehicles are effectively studied and this layer is integrated into the deep learning architecture as an input layer. The proposed method is completely new.
		5.2 Are the conclusions of the thesis new? <b>1) completely new;</b> 2) semi-new (25-75% are new); 3) not new (less than 25% is new)	The results obtained by the proposed method are completely new. The conclusions made during the study represent a completely new method of foundation the direction of the intellectual field for the "Radio Engineering, Electronics and Telecommunications".
		5.3 Are the technical, technological, economic or management decisions new and reasonable? <b>1) completely new;</b> 2) semi-new (25-75% are new); 3) not new (less than 25% is new)	The hearing-managed smart acoustic sensor proposed in the dissertation is cost-effective in design and its control solutions are completely new. The created system is completely based on high recognition accuracy.
6.	Validity of the main conclusions	All conclusions <b>are</b> /are not based on extensive evidence from a scientific point of view (in the areas of qualitative research and arts and humanities)	The dissertation work is fully and widely discussed on the basis of peer-reviewed publications. Theoretical foundations, software and results of experimental tests created during the development of the research method were created systematically. They are supported by extensive scientific results.



7.	Basic principles proposed for defense	<p>The following questions should be answered for each principle:</p> <p>7.1 Has the principle been proven?  <b>1) proved;</b>  2) approximately proven;  3) approximately not proven;  4) not proved</p> <p>7.2 Trivial?  1) yes;  <b>2) no</b></p> <p>7.3 New?  <b>1) yes;</b>  2) no</p> <p>7.4 Level of use:  1) narrow;  2) average;  <b>3) wide</b></p> <p>7.5 Is the article proven?  <b>1) yes;</b>  2) no</p>	<p>The presented results are confirmed by the results of a number of practical tests.</p> <p>There are no elements of triviality in the dissertation. The composition and results of the proposed method are new.</p> <p>The proposed intellectual acoustic sensor can be used as a component verification sensor for protected areas where unmanned aerial vehicles can enter without permission. The result of the study is a new intelligent listening sensor that is in demand in the defense industry.</p> <p>5 scientific articles on the topic of the dissertation, namely 1 article in the journal of the first quartile with a non-zero impact factor and peer-reviewed, 2 articles in scientific publications recommended by the Control Committee in the field of education and science of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan and 2 articles in conferences included in the Scopus database.</p>
8.	The principle of consistency Consistency of sources and presented information	<p>8.1 Choice of Methodology - Reasonable or clearly written methodology  <b>1) yes;</b>  2) no</p>	<p>The researcher chose the research methodology by conducting an in-depth review of the literature and conducting experimental tests. To solve the problems necessary to fulfill the purpose of the study, the researcher had the opportunity to use the methods of analysis, experimental verification, methods of mathematical and software modeling.</p>

		<p>8.2 The results of the dissertation work were obtained using modern methods of scientific research and data processing and interpretation methods using computer technologies:</p> <p><b>1) yes;</b> 2) no</p>	<p>A simple Intel(R) Core(TM) i5-8265U processor at 1.60 GHz laptop, Python (Spyder) program, neural layers from the Keras library, new keras layers from KAPRE were used to perform fast calculations of the Deep Learning architecture in the experimental part of the research.</p> <p>As a small note, it can be said that in the practical part of the work, the exact list of Keras libraries used to create a recurrent neural network should be mentioned.</p>
		<p>8.2 Theoretical conclusions, models, identified interrelationships and laws are proven and confirmed by experimental research (for training areas in pedagogical sciences, the results are proven on the basis of pedagogical experiments):</p> <p><b>1) yes;</b> 2) no</p>	<p>In the dissertation work, mathematical and software models of the methods proposed by the researcher were created, and the results were verified by practical tests. The results of the experiments are shown in photographs.</p> <p>The results of research and promising developments are fixed within the framework of the project "National Security and Defense" of the Republic of Kazakhstan.</p>
		<p>8.4 Important statements <b>are confirmed</b> / partially confirmed / not confirmed by references to accurate and reliable scientific literature</p>	<p>Important concepts and statements are supported by references to specific and peer-reviewed scientific literature.</p>
		<p>8.5 The list of references is <b>sufficient</b>/insufficient for the literature review</p>	<p>92 lists of used literature used on the topic of the dissertation work, in particular, scientific literature, standards, results of practical experiments, etc. The work carried out an extensive review of the literature.</p>

9	Practical value principle	9.1 The thesis has theoretical significance: <b>1) yes;</b> 2) no	In the dissertation work, almost all existing types of recurrent neural networks are systematically explained from a theoretical point of view, and this theoretical basis is important for the problems of recognizing sound signals using Deep Learning methods.
		9.2 The dissertation has practical significance and the possibility of applying the obtained results in practice is high: <b>1) yes;</b> 2) no	The system developed by the researcher is recommended as a system of practical importance for customs and small protected areas where the national security system of the country is important.
		9.3 Are the practical recommendations new? <b>1) completely new;</b> 2) semi-new (25-75% are new); 3) not new (less than 25% is new)	The intelligent listening sensor proposed by the researcher is new in the problem of recognizing unmanned aerial vehicles and other motorized objects.
10.	Quality of writing and design	Quality of academic writing: 1) <b>high;</b> 2) average; 3) below average; 4) down.	The work of the researcher is written in an understandable scientific and technical language. The writing style is clear and good. The main rules and conclusions are formulated with proofs.

### Dissertation notes and recommendations:

1. In the dissertation, I recommend showing detailed information about the stages of collecting a database of unmanned aerial vehicles.

2. As a small note to the dissertation, in the experimental part of the work, the exact list of Keras libraries used to create a recurrent neural network should be highlighted.

These recommendations do not adversely affect the defense of the work and do not reduce the relevance of this scientific study.

### **Conclusion**

These notes do not reduce the overall positive assessment of the dissertation work. The dissertation of Utebayeva Dana Zholdybaykyzy on the topic “Research of effective UAV detection using acoustic data recognition” is fully completed, the work is new and relevant, and meets all the requirements for Ph.D. worthy of receiving the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in the specialty 6D071900 - "Radio Engineering, Electronics and Telecommunications".

**Reviewer, PhD in "Information and Communication Technologies",  
associate professor of KazNU named after Al-Farabi  
Associate Professor of the Department of "Information Systems"**

**2023, «16» May**



**B.S. Omarov**