

8D06201 – «Телекоммуникация» мамандығы бойынша  
философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін ұсынылған  
**«РАДИОСИГНАЛДАРДЫҢ КІДІРІСІ МЕН ПЕЛЕНГАЦИЯСЫН  
БАҒАЛАУДЫҢ СПЕКТРАЛДЫ-КОРРЕЛЯЦИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРІН  
ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ӘЗІРЛЕУ»** тақырыбы бойынша  
**ДИССЕРТАЦИЯЛЫҚ ЖҰМЫСҚА АҢДАТПА**

**СӘБИБОЛДА ӘКЕЖАН МҰРАТУЛЫ**

**Жұмыстың мақсаты**

Диссертациялық жұмыстың мақсаты – математикалық бағдарламалық модельді әзірлеу арқылы радиосигналдардың кешігуі мен бағытын бағалау үшін спектральды-корреляциялық әдістерді зерттеу.

**Зерттеу міндеттері:**

- Радиосигналдардың кешігуі мен бағытын бағалау бойынша қазіргі әдістердің жағдайын талдау жүргізу;
- Радиосигналдардың кешігуі мен бағытын анықтауға арналған сандық спектральды-корреляциялық әдісті әзірлеу;
- Радиосигналдардың кешігуі мен бағытын өлшеу үшін спектральды-корреляциялық әдістің бағдарламалық математикалық моделін әзірлеу;
- Радиосигналдардың кешігуі мен бағытын анықтау әдісінің жылдамдығы мен дәлдігін талдау.

Жүргізілген зерттеу жұмыстарының негізінде, осы диссертациялық жұмыста ұсынылған әдістемелер мен шешілетін міндеттер жалпы мақсатқа жетуге бағытталған.

**Зерттеу нысаны**

Зерттеу нысаны – радиолокациялық жүйелерде сигналдарды өңдеу процесі.

**Зерттеу әдістері**

Диссертациялық жұмысты орындау барысында қолданылған негізгі зерттеу және талдау әдістеріне мыналар кіреді:

Бірінші бөлімде қазіргі заманғы пассивті және жартылай активті радиолокация жүйелерінің салыстырмалы талдау әдістері, радиосигналдар параметрлерін және әуе нысандарының навигациялық параметрлерін бағалау әдістері қолданылды. Екінші бөлімде радиосигналды сандық уақытша, спектральды-кеңістіктік талдау әдістері, сигнал параметрлерін өлшеудің дәлдік сипаттамаларын статистикалық бағалау әдістері, радиотехникалық жүйелер мен сигналдардың математикалық модельдеу әдістері қолданылды. Үшінші бөлімде математикалық және бағдарламалық модельдеу, өлшеу нәтижелерін статистикалық бағалау әдістері пайдаланылды.

### **Қорғауға ұсынылатын негізгі тұжырымдар**

- Радиопеленгацияның спектральды-корреляциялық әдісін зерттеу нәтижелері, жүйенің жылдамдығын және өнімділігін арттыруды қамтамасыз етеді;
- Радиосигналдардың кешігуі мен бағытын анықтауға арналған сандық спектральды-корреляциялық әдісті зерттеу үшін бағдарламалық модельдің нәтижелері, шығындарды азайтады;
- Радиомониторингтің әртүрлі жағдайларында радиосигналдардың кешігуі мен бағытын өлшеудің сандық спектральды-корреляциялық әдісінің қателіктерін теориялық және эксперименттік зерттеу нәтижелері;
- Радиосигналдардың кешігуі мен бағытын өлшеу әдісінің аналитикалық және эксперименттік дәлдік сипаттамаларының нәтижелері;
- Дайындалған әдістер мен құралдардың бағдарламалық моделінің тиімділігін эксперименттік растау, бұл радиомониторинг жағдайларына сәйкес сигналдарды өңдеу параметрлерін оңтайландыруға мүмкіндік береді.

### **Ғылыми-зерттеу жұмысын жүргізудің қажеттілігін негіздеу**

Қазіргі радиомониторинг жүйелері әуе жағдайының жоғары динамикасы және радиоэлектрондық құралдардың көбеюімен байланысты қиындықтарға тап болуда. Мұндай ортада мақсаттардың параметрлерін жоғары дәлдікпен және минималды аппараттық шығындармен тиімді анықтау қажет. Бұл, әсіресе, жасырын жұмыс пен жоғары өміршендікті қамтамасыз ететін жартылай активті және пассивті радиолокациялық жүйелер (ЖАРЛЖ) үшін маңызды, себебі олар белсенді жүйелерден ерекшеленеді.

Позициялық әдістер, мысалы, разностно-дальномерлік әдіс, мақсаттардың орнын анықтауда перспективалы болып табылады. Бұл әдістерді қолданғанда тек дәлдік қана емес, сигналдарды өңдеудің жылдамдығы да маңызды, әсіресе, жоғары шуыл жағдайында. Спектральды-корреляциялық әдістер радиосигналдардың уақытша кешігулері мен бағыттарын минималды аппараттық шығындармен анықтауға мүмкіндік береді, бірақ жоғары есептеу қуатын талап етеді. Осы мәселені шешу үшін радиосигналдардың кешігуі мен бағытын бір итерацияда бағалауды қамтамасыз ететін жаңа сандық спектральды-корреляциялық әдіс ұсынылады, бұл жүйенің жылдамдығын айтарлықтай арттырады.

### **Зерттеудің негізгі нәтижелерінің сипаттамасы**

Бірінші бөлімде пассивті және жартылай активті радиолокацияның заманауи әдістері мен құралдарына шолу жасалды. Жартылай активті жүйелерді құру әдістері, мұндай жүйелерде параметрлерді өлшеуге арналған әртүрлі тәсілдер қарастырылды, сондай-ақ, радиопеленгация үшін оңтайлы әдістер туралы қорытынды жасауға мүмкіндік беретін ЖАРЛЖ және өзара белгісіздік функциясын есептеу әдістері талданды.

Екінші бөлімде айырымдылық жүйелерде радиосигналдардың кешігуі мен бағытын өлшеуге арналған сандық спектральды-корреляциялық әдіс

эзірленді. Триангуляция әдістері, разностно-дальномерлік және бұрыш өлшеу әдістері егжей-тегжейлі сипатталған. Жүргізілген талдау нәтижесінде, дәлдік пен жылдамдықты арттыру үшін спектральды-корреляциялық әдісті қолданудың мақсаттылығы дәлелденді. Нәтижесінде сигнал/шуыл төмен болған кезде радиосигналдардың бағыты мен кешігуін дәл анықтауға мүмкіндік беретін алгоритм әзірленді.

Үшінші бөлімде әзірленген әдісті математикалық модельдеу арқылы эксперименттік зерттеу жүргізілді. Әдістің дәлдік сипаттамаларын зерттеуге мүмкіндік беретін функционалды мүмкіндіктері бар бағдарламалық модель ұсынылды. Эксперименттер барысында бағыт пен кешігудің орташа квадратты қателіктерінің әртүрлі параметрлерге, мысалы, сигнал/шуыл қатынасына, спектрлік талдау терезесінің түріне және антенна базасына тәуелділігі зерттелді. Алынған нәтижелер әдістің радиомониторингтің әртүрлі жағдайларында жоғары тиімділігін растады.

### **Алынған нәтижелердің жаңалығы мен маңыздылығын негіздеу**

Жұмыстың жаңашылдығы жартылай активті және пассивті жүйелерде радиосигналдардың кешігуі мен бағытын анықтау үшін жоғары тиімді сандық спектральды-корреляциялық әдісті әзірлеуден тұрады. Нәтижесінде:

Алғаш рет сигнал параметрлерін бір итерацияда бағалауды қамтамасыз ететін әдіс ұсынылды, бұл жылдамдықты айтарлықтай арттырады;

Зерттеулер жоғары дәлдік пен күрделі электромагниттік ортада шуылға төзімділікті көрсетті;

Радиомониторинг жүйелерінің тиімділігін арттыру үшін қолдануға болатын бағдарламалық модель әзірленіп, сыналды.

### **Зерттеудің технологиялық жаңалығы**

Ұсынылған әдіс сандық антенна торын және сигналдардың бейімделген спектральды өңдеуін қолдануымен ерекшеленеді, бұл пеленгацияның жоғары дәлдігіне және аппараттық шығындарды азайтуға мүмкіндік береді. Бұл нәтижелер радиомониторинг пен радиолокацияның нақты жағдайларында өнімділікті және шуылдан қорғанышты жақсарту үшін қолданыла алады.

### **Жұмыстың практикалық маңыздылығы**

Практикалық маңыздылығы келесіде:

Радиомониторингтік жүйелердің жұмысын жақсартуға мүмкіндік беретін күрделі электромагниттік жағдайда радиопеленгацияның дәлдігі мен жылдамдығын арттыру үшін спектральды-корреляциялық талдаудың жаңа әдісін әзірлеу және енгізу;

Сигнал/шуыл қатынасы төмен жағдайларда жұмыс жасай алатын, радионавигациялық параметрлердің дәлдігін арттыруға және жүйенің шуылға төзімділігін қамтамасыз ететін радиосигналдарды сандық өңдеуге арналған бағдарламалық модельді құру және сынақтан өткізу;

Сигналдардың динамикалық сипаттамаларын және олардың радиопеленгация параметрлеріне әсерін анықтауға арналған эксперименттік әдісті әзірлеу, бұл нақты жағдайларда өлшеу қателіктерін дәлірек бағалауға мүмкіндік береді;

Радиомониторинг жүйелерінде сандық антенна торларын пайдалануға арналған конструктивті шешімдерді ұсыну, бұл олардың тиімділігін арттырып, аппараттық шығындарды азайтады;

Радиомониторинг жүйелерінде спектральды-корреляциялық талдау әдістерін қолдану бойынша практикалық ұсыныстарды әзірлеу, бұл жүйелердің шуылға төзімділігі мен жылдамдығын арттырады, әсіресе, күрделі электромагниттік ортадағы жедел бақылау жүйелері үшін маңызды.

### **Ғылым мен мемлекеттік бағдарламаларды дамыту бағыттарына сәйкестігі**

Диссертациялық жұмыс тақырыбы «Озық өндіріс, цифрлық және ғарыштық технологиялар» ғылымды дамытудағы басым бағытқа және Қазақстан Республикасы Үкіметі жанындағы Ұлттық ғылыми кеңестің «Ақпараттық және есептеу технологиялары» мамандандырылған ғылыми бағытына сәйкес келеді. Ғылыми бағыттар классификаторына сәйкес зерттеу саласы «Инжиниринг және технологиялар; Электротехника, электроника, ақпараттық технологиялар; Телекоммуникациялар» бөліміне жатады.

### **Автордың жеке үлесі**

Автордың жеке үлесі жартылай активті және пассивті жүйелер үшін радиопеленгацияның заманауи әдістері мен құралдарына кешенді талдау жүргізуден, сондай-ақ радиосигналдардың кешігуі мен бағытын анықтауға арналған сандық спектральды-корреляциялық әдісті әзірлеу мен енгізуден тұрады. Автор модельдеу және зертханалық зерттеулерді өз бетінше орындады, бағдарламалық алгоритмдерді әзірледі, ұсынылған әдістерді эксперименттік тексеруге қатысты, сондай-ақ алынған деректерді талдады. Зерттеу нәтижелері халықаралық конференцияларда ұсынылып, ғылыми мақалалар мен баяндамалар түрінде ресімделді, бұл жұмыстың халықаралық деңгейдегі маңыздылығын растайды. Әрбір жарияланымдағы автордың жалпы жеке үлесі 100% құрады.

### **Жұмысты сынақтан өткізу**

*Диссертациялық жұмыстың материалдары негізінде 6 баспа жұмысы жарық көрді, оның ішінде 2 мақала халықаралық рецензияланған ғылыми журналдарда, мәліметтер базасына енгізілді Scopus/Web of Science:*

1. Smailov N., Tsyoporenko V., Sabibolda A., Tsyoporenko V., Kabdoldina A., Zhekambayeva M., Kuttybayeva A., Bektilevov A., Kassimov A., Abdykadyrov A. Improving the accuracy of a digital spectral correlation interferometric method of direction finding with analytical signal reconstruction for processing an incomplete

spectrum of the signal //Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2023. – Т. 125. – №. 9. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.288397>

2. Sabibolda A., Tsyporenko V., Tsyporenko V., Smailov N., Zhunussov K., Abdykadyrov A., Baigulbayeva M., Duisenov N. Improving the accuracy and performance speed of the digital spectral-correlation method for measuring delay in radio signals and direction finding. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies ISSN 1729-3774 1/9 (115) 2022. [DOI:10.15587/1729-4061.2022.252561](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.252561).

*Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Білім және ғылым саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған басылымдардағы мақалалар:*

1. Радиосигналды қабылдаудың кешігуін және бағытты анықтауды өлшеудің сандық спектрлік корреляциялық әдісі. Радиоэлектроника және байланыс әскери-инженерлік институтының ғылыми еңбектері, № 3 (49), (қыркүйек) 2022 ж. <https://drive.google.com/file/d/1G9vIQggbB2nvROBxDORqvvFeDod0RM1c/view>

2. Шуға қарсы иммунитетті зерттеу іздеусіз кең жолақты сигналдарға арналған спектрлік корреляциялық-интерферометриялық бағытты анықтаушы. Радиоэлектроника және байланыс әскери-инженерлік институтының ғылыми еңбектері, № 3 (49), (қыркүйек) 2022 ж. <https://drive.google.com/file/d/1G9vIQggbB2nvROBxDORqvvFeDod0RM1c/view>

*Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциялардың еңбектері:*

1. Sabibolda, A., Tsyporenko, V., Smailov, N., Tsyporenko, V., Abdykadyrov, A. (2024). Estimation of the Time Efficiency of a Radio Direction Finder Operating on the Basis of a Searchless Spectral Method of Dispersion-Correlation Radio Direction Finding. In: Tuleshov, A., Jomartov, A., Ceccarelli, M. (eds) Advances in Asian Mechanism and Machine Science. Asian MMS 2024. Mechanisms and Machine Science, vol 167. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-67569-0\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-031-67569-0_8)

2. Digital spectral-correlation method for measuring radio signal reception delay and direction finding. International Satbayev Conference (2023), Volume 4, 596-603. ISBN 978-601-323-376-5 <https://conference.satbayev.university/index.php/journal/issue/view/4/4>