УДК 621.396:002.53 DOI https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2025.4.1.10

Ю. М. ГОЛОБОРОДЬКО
кандидат технічних наук,
доцент кафедри безпеки інформаційних технологій
Харківський національний університет радіоелектроніки
ORCID: 0009-0007-4040-9467

РАДІОМОНІТОРИНГ ДЕКАМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ

Актуальність та проблема. Успішність військових операцій критично залежить від ефективності радіоелектронної розвідки (РРТР), особливо у декаметровому (3–30 МГц) діапазоні, який використовується для зв'язку на великі відстані. Ключовою проблемою тактичної РР є критичне завантаження спектра та домінування РВ дальньої зони (відбиття від іоносфери) над цільовими РВ ближньої зони на кілька порядків. Існуючі методи радіоконтролю, що використовують ручний або візуально-апаратний аналіз параметрів сигналу (федінг, стійкість пеленгу), мають надто низьку швидкодію, що робить неможливим виявлення короткочасних цільових випромінювань.

Мета роботи. Розробка та обґрунтування автоматизованих підходів для селекції цільових РВ та підвищення швидкодії систем РРТР у декаметровому діапазоні, зокрема при використанні малогабаритних приймальних антен. Досягнення цієї мети передбачає ефективне використання апріорної інформації.

Методи дослідження. Запропонована методологія ґрунтується на послідовному огляді діапазону з проріджуванням (скороченням) потоку РВ, які надходять на розпізнавання. Проріджування здійснюється за двома основними апріорними ознаками: 1) частотні канали, де цільові РВ відсутні; 2) зони розміщення джерела (автоматична дискримінація РВ дальньої зони). Задача виявлення та розпізнавання цільових РВ у частотному каналі зводиться до багатоальтернативного виявлення випадкових сигналів в умовах підвищеної апріорної невизначеності (зокрема, невідомих статистичних характеристик перешкод).

Основні результати та практичне значення. Аналіз показує, що застосування проріджування за ознакою зони розміщення джерела (ближня/дальня) дозволяє у кілька десятків разів зменшити потік РВ, що надходять на детальний аналіз. Це забезпечує значне скорочення часу огляду всього діапазону та підвищує ймовірність виявлення короткочасних випромінювань, що є критичним для тактичної РР. Запропонований підхід дозволяє вирішити задачу побудови комплексу радіоконтролю з дотриманням суперечливих обмежень на швидкодію та апаратні витрати. Існує необхідність подальших досліджень для підвищення ймовірності правильного виявлення нових РВ, яка наразі становить лише $P_D \approx 0.3-0.4$ при використанні енергетичного принципу.

Ключові слова: *радіомоніторинг, декаметровий діапазон, тактична РРТР, проріджування потоку, апріорна інформація, багатоальтернативне виявлення, ближня зона, дальня зона, швидкодія.*

YU. M. HOLOBORODKO
Ph.D., Associate Professor at the Department of Information Technology Security
Kharkiv National University of Radio Electronics
ORCID: 0009-0007-4040-9467

DECAMETER BAND RADIO MONITORING

Relevance and Problem Statement. The success of military operations critically depends on the effectiveness of Radio-Electronic Reconnaissance (RRTR), particularly within the Decameter (3–30 MHz) band used for long-distance communication. The core challenge for tactical RR is critical spectrum congestion and the dominance of far-zone RE (due to ionospheric reflection) over near-zone target RE by several orders of magnitude. Existing radio monitoring methods, which rely on manual or visual-instrumental analysis of signal parameters (fading, bearing stability), exhibit excessively low speed, rendering the detection of short-duration target emissions nearly impossible.

Objective. To develop and substantiate automated approaches for the selection of target RE and increasing the speed of RRTR systems in the decameter band, especially when using small-sized receiving antennas. Achieving this objective necessitates the efficient use of a priori information.

Research Methods. The proposed methodology is based on sequential band scanning with flow thinning (reduction) of the RE flux submitted for recognition. Thinning is performed using two primary a priori features: 1) frequency channels where target RE are confirmed absent; 2) the source location zone (automated discrimination of far-zone RE). The task of detecting and recognizing target RE in a frequency channel is reduced to multi-alternative detection of random signals under conditions of increased a priori uncertainty (specifically, unknown statistical characteristics of interference).

© Ю. М. Голобородько, 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Main Results and Practical Significance. Analysis demonstrates that applying thinning based on the source location zone (near/far) enables a several dozen-fold reduction in the RE flow submitted for detailed analysis. This significantly shortens the scanning time across the entire band and increases the probability of detecting short-duration emissions, which is critical for tactical RR. The proposed approach allows for the development of a radio monitoring complex that satisfies the conflicting constraints on operational speed and hardware costs. Further research is needed to increase the probability of correct detection of new RE, which currently stands at only $P_D \approx 0.3-0.4$ when using the energy principle.

Key words: *radio monitoring, decameter band, tactical RRTR, flow thinning, a priori information, multi-alternative detection, near zone, far zone, speed of operation.*

Постановка проблеми

Надійний зв'язок є критично важливим для успіху військових операцій та функціонування силових структур, забезпечуючи синхронізацію дій, оперативне виявлення загроз та стратегічну координацію. З розвитком сучасних технологій та широким впровадженням цифрових систем, залежність озброєння та бойової техніки від сенсорів та обміну інформацією постійно зростає, що підкреслює вирішальну роль радіоелектронної боротьби (РЕБ). У цьому контексті, ефективність армії майбутнього значною мірою визначається її здатністю гнучко адаптувати доктрини, структури та методи підготовки до розвитку РЕБ [1, 2].

Особливе значення в РЕБ має радіомоніторинг (радіо- та радіотехнічна розвідки – РРТР), який відповідає за виявлення, пеленгування та аналіз джерел електромагнітного випромінювання противника [3]. Якщо стратегічна РРТР зосереджена на підготовці до операцій, то тактична РРТР ведеться безперервно під час бойових дій, надаючи критично важливу інформацію для управління військами та озброєнням, у тому числі РЕБ.

Декаметровий (короткохвильовий, КХ/ВЧ, 3,0–30,0 МГц) радіозв'язок широко використовується у військових операціях оскільки забезпечує зв'язок на значні відстані завдяки відбиттю від іоносфери [6]. В ефірі в районі ведення військової операції спостерігаються РВ декаметрового діапазону як ближньої зони (поширення прямим променем), так і дальньої зони (відбиття від іоносфери). Кількість РВ дальньої зони на кілька порядків перевищує кількість РВ ближньої зони.

Проблема тактичної РР декаметрового діапазону для потреб РЕБ полягає у необхідності крім автоматизованої ідентифікації об'єктів зв'язку та автоматизованого визначення зони (ближньої чи дальньої) походження випромінювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для тактичної РРТР однією з важливих головних параметрів є швидкодія, тобто процеси виявлення, розпізнавання об'єктів тощо, повинні бути максимально автоматизовані. Є багато публікацій, присвячених автоматизації РРТР, які належать до процесів виявлення, розпізнавання об'єктів [3, 4, 5], проте питання визначення зони розміщення джерела випромінювання розглядаються дуже мало [7], особливо малогабаритних засобів РРТР.

Формулювання мети дослідження

У статті розглядаються шляхи подальшої автоматизації процесів РРТР у декаметровому діапазоні, у тому числі визначення зони розміщення джерела випромінювання, при використанні малогабаритних приймальних антен.

Викладення основного матеріалу дослідження

Аналіз сучасного стану та проблеми РРТР декаметрового діапазону

Радіорозвідка – це система технічних засобів та заходів, спрямованих на виявлення, перехоплення, аналіз та оцінку РВ, з метою контролю за використанням радіочастотного спектру, а також виявлення загроз, пов'язаних з використанням радіоелектронних засобів. РР також може включати дії щодо порушення роботи радіоелектронних засобів шляхом РЕБ.

Завдання оперативного радіоконтролю завантаження декаметрового діапазону вимагає не лише виявлення РВ, а й точного визначення зони їхнього розміщення та розпізнавання заданих сигналів серед великої кількості невідомих, що не становлять оперативного інтересу. Існуючі методи радіоконтролю, які часто базуються на ручному пошуку та візуально-апаратному аналізі, мають низьку швидкодію. Час, що витрачається оператором на аналіз одного випромінювання (від секунд до хвилин), робить виявлення короткочасних РВ майже неможливим і змушує різко зменшувати ширину діапазону, що обслуговується системою РР. Крім того, ці методи вимагають аналізу всіх виявлених сигналів, що істотно знижує швидкодію системи.

У відповідь на ці виклики, актуальною стає розробка автоматизованих систем радіоконтролю, здатних ефективно виділяти (селектувати) РВ за зоною розміщення джерела та видом випромінювання. Метою цієї статті є аналіз існуючих проблем і задач радіоконтролю декаметрового діапазону та обґрунтування застосування підходів, заснованих на використанні апріорної інформації про РВ, для автоматизації процесів їх виявлення та розпізнавання.

Концепція проріджування потоку РВ: Застосування апріорної інформації

Наразі це завдання зазвичай вирішується наступним чином: за допомогою панорамного радіоприймального пристрою (РПУ) здійснюється пошук радіовипромінювань у заданому діапазоні частот. Потім усі виявлені випромінювання піддаються слуховим або візуально-апаратним способам аналізу для виявлення заданих РВ [8].

У зв'язку з тим, що за існуючих методів виявлення оператору пред'являються для аналізу всі виявлені РВ (як цільові, так і численні невідомі), швидкодія таких систем РР не задовольняє сучасним вимогам. Зокрема, час, який витрачається оператором на аналіз одного випромінювання, становить від одиниць секунд до одиниць хвилин. За такої методології РР ймовірність виявлення короткочасних РВ прямує до нуля і для реалізації можливості виявляти короткочасні випромінювання доводиться різко знижувати ширину діапазону частот, що обслуговується одним оператором.

Завантаження декаметрового радіодіапазону залежить від багатьох факторів і дуже впливає на надійність радіозв'язку [6]. Для підвищення надійності радіозв'язку необхідно здійснювати оперативний радіоконтроль завантаження декаметрового діапазону радіочастот. З цією метою слід із множини РВ, які існують в ефірі, виділити цільові (задані).

У декаметровому діапазоні хвиль існує множина РВ, що відрізняються:

– частотою;
– розміщенням джерела в просторі (у ближній зоні – зоні поверхневого поширення електромагнітної хвилі, і в дальній – зоні просторового поширення електромагнітної хвилі);
– видом радіовипромінювання (вид модуляції та маніпуляції, параметри модулюючого сигналу, тощо);
– рівнем сигналу;
– часом появи;
– тривалістю.

У ряді випадків радіоконтролю діапазону частот оперативний інтерес представляють РВ, для яких апріорі відомі:

– вид радіовипромінювання;
– зона розміщення джерела радіовипромінювання (ближня);
– ділянки діапазону або номінали частот, на яких задані РВ не можуть з'явитися.

Алгоритм автоматизованої селекції РВ за зоною розміщення джерела

Для визначення зони розміщення джерела радіовипромінювання використовують або антенні системи з великою апертурою для вимірювання вертикальних кутів приходу електромагнітної хвилі (кутів місця), або непрямі методи, що ґрунтуються на тривалому спостереженні за РВ (оцінка федінгу, стійкості пеленгу, тощо).

В даний час для визначення зони розміщення джерела випромінювань використовують тривале спостереження за змінами параметрів сигналу, такими як рівень, фаза в різних елементах антени, пеленг. Оператор витрачає від одиниць секунд до хвилин на кожне випромінювання. Необхідно автоматизувати цей процес. Необхідно збирати статистичні дані паралельно для всіх РВ у смузі контролю та за результатами їх обробки класифікувати випромінювання як ближньої або дальньої зони [7].

Постановка задачі багатоальтернативного виявлення цільових сигналів

Аналіз поставленої задачі РР показує, що компромісне рішення може бути отримано при послідовному огляді заданого діапазону з проріджуванням всієї сукупності аналізованих каналів з урахуванням наявної апріорної інформації про задані РВ. Зокрема, ряд частотних каналів не потрібно аналізувати, оскільки в них задані РВ не можуть з'явитися. Крім того, можна виключити з аналізу частотні канали з РВ дальньої зони. Це дозволяє зменшити час послідовного огляду до величини, що визначається заданими обмеженнями на час вирішення завдання виявлення та розпізнавання, що визначаються часом існування РВ.

Необхідно оптимізувати систему за сукупністю показників якості з урахуванням сформульованих умов та обмежень. Особливості вирішуваного завдання такі: передбачається, що відбувається послідовний огляд декаметрового діапазону частот за допомогою автоматизованого панорамного комплексу (РПК) [6-8]. При аналізі частотного каналу за сигналами з виходу панорамного приймача має прийматися рішення про наявність чи відсутність одного із заданих РВ. Причому сигнали мають випадковий характер через випадковий в загальному випадку характер повідомлень, що передаються, а також дію перешкод у частотному каналі. Тому завдання прийняття рішення у частотному каналі зводиться до багатоальтернативного виявлення заданих випадкових сигналів за наявності невідомих сигналів [9]. Для проріджування числа аналізованих каналів має бути використана апріорна інформація про характерні особливості заданих РВ.

За умовами завдання багатоальтернативне виявлення заданих РВ повинно проводитись в умовах підвищеної апріорної невизначеності. Зокрема, статистичні характеристики сигналів із виходу РПК апріорі невідомі. Однак можуть бути отримані навчальні вибірки сигналів для заданих РВ. Для інших (невідомих, таких, що заважають) РВ навчальні вибірки неможливо отримати, або вони не є представницькими, тобто вони є недостатніми для синтезу алгоритмів обробки.

При оптимізації структури алгоритмів виявлення має бути враховано сукупність показників якості виявлення та реалізованих витрат з урахуванням використання бортових засобів обчислювальної техніки. Реалізованість засобами обчислювальної техніки забезпечить гнучкість структури отриманих виявників. Для скорочення (проріджування) числа каналів, у яких має проводитися багатоальтернативне виявлення заданих РВ, необхідно

використовувати різні характерні ознаки РВ, що ґрунтуються на обліку апріорних даних про задані РВ (ближня – дальня зона, номінал частоти тощо).

У ряді випадків вирішення поставленої задачі виявлення заданих РВ у частотному каналі виникають ситуації, коли задані РВ свідомо відсутні, і необхідно вирішувати завдання лише виявлення нових (нових, що з'являються на тлі існуючих) РВ з невідомими характеристиками. У низці робіт показано, що рішення задачі виявлення нових (невідомих) сигналів, за умови відсутності цільових сигналів, випливає як окремий випадок із рішення задачі багатоальтернативного виявлення цільових сигналів за наявності невідомих. На даний час для вирішення задачі виявлення нових РВ використовується енергетичний принцип виявлення. При цьому забезпечується дуже низька ймовірність правильного виявлення нових РВ (близько 0,3 – 0,4), що не задовольняє реальним вимогам.

Зі змістовної точки зору, завдання розпізнавання заданих РВ може бути сформульована так: у деяких частотних каналах у невідомий час з'являються задані РВ. Зазвичай у цих каналах діє велике число РВ, зокрема й дуже близьких до заданих, але які не мають оперативного інтересу. Потрібно, аналізуючи конкретний частотний канал, виявити та розпізнати задані РВ. При цьому необхідна автоматизація процесу виявлення та розпізнавання заданих сигналів при підвищенні порівняно з відомими як швидкодії системи, так і якості розпізнавання.

Подібна задача може розглядатися як завдання розпізнавання сигналів в умовах підвищеної апріорної невизначеності, коли розпізнаються М заданих сигналів, а інші сигнали, про які немає достатніх даних для їх відмінності або вони не представляють оперативного інтересу, належать до об'єднаного М +1 – й класу. Це завдання є окремим випадком завдання багатоальтернативного виявлення заданих сигналів [9].

Як показано, розв'язання задачі побудови комплексу радіоконтролю з урахуванням суперечливих обмежень на час вирішення задачі та на апаратні витрати можлива при послідовному огляді декаметрового діапазону частот з проріджуванням потоку аналізованих РВ. При цьому для скорочення часу огляду всього діапазону на аналіз з метою розпізнавання заданих видів РВ надходять не всі виявлені РВ, а тільки ті, що пройшли проріджування за деякими апріорно відомим ознаками РВ, зокрема, таким, як несуча частота, зона розміщення джерела тощо.

Як відомо, внаслідок маневреності та економічності радіоліній у декаметровому діапазоні частот, парк діючих у цьому діапазоні радіостанцій зростає з кожним роком, а частотний радіоспектр залишається незмінно обмеженим. Наприклад, як показано в [8], відсоток однокілогерцових смуг із середнім рівнем перешкод (під перешкодами маються на увазі всі радіосигнали, що існують у точці прийому) ≥30 дБ для ділянки від 4 до 6 МГц в літньо-осінній період для нічного часу становить 90 %, для ділянки від 12 до 13 МГц – 40%, а для ділянки від 14 до 15 МГц – 10%. Якщо в якості аналізованих смуг прийняти не однокілогерцеві, а двокілогерцевих, відсоток двокілогерцових смуг із середнім рівнем перешкод ≥40 дБ буде близько 50% для всього декаметрового діапазону, тобто для ділянки сумарною шириною 4 МГц (2000 смуг) близько 1000 смуг будуть з перешкод. Апріорно можуть бути відомі до 100 двокілогерцевих смуг, що не становлять оперативного інтересу для вирішення поставленого завдання.

Висновки

Досліджено в реальних умовах способи проріджування потоку РВ, що надходять на розпізнавання при послідовному огляді декаметрового діапазону частот. Проріджування засноване на ознаках частоти та зони розміщення джерела РВ. Запропоновані способи проріджування дозволяють у кілька десятків разів зменшити потік РВ, що надходять на розпізнавання, і тим самим скоротити час огляду широкого діапазону частот. Методи проріджування, засновані на ознаках зони (ближня зона – зона поверхневого розповсюдження електромагнітної хвилі, дальня – зона просторового розповсюдження електромагнітної хвилі) розміщення джерела РВ, розглянуті у [7]. Як правило, у точці прийому радіовипромінювань декаметрового діапазону частот, співвідношення кількості випромінювань дальньої зони до випромінювань ближньої зони становить кілька десятків, і навіть сотень. Якщо оператора цікавлять випромінювання лише ближньої зони, час огляду при автоматичній селекції (дискримінації) випромінювань дальньої зони зменшується майже в стільки ж разів [7].

Список використаної літератури

1. Головне управління радіоелектронної та кіберборотьби. Офіційний веб-сайт МО. URL https://www.mil.gov.ua/ministry/struktura-generalnogo-shtabu/golovne-upravlinnya-radioelektronnoi-ta-kiberborotbi.html

2. Рибачок, Д., Скиба, О., Брянкін, С., & Доманов, І. Напрямки розвитку засобів радіозв’язку російською федерацією та фактичний стан їхнього застосування у війні проти України. *Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки,* 2024, 4(22), стр. 115-120. https://doi.org/10.37701/dndivsovt.22.2024.14

3. Майборода І.М., Власов К.В., Глущенко М.О., Застосування і перспективи розвитку мобільних засобів радіоелектронної розвідки тактичної ланки сил сектору безпеки та оборони України, ISSN 2078-7480. *Честь і закон* No 2 (89)/2024, стр. 83 – 90,

4. Довідник військового зв’язківця. Засоби радіоелектронної боротьби та розвідки, які використовуються російською федерацією. Київ, «ЦУЛ», 2024. 64 с.

5. Інформаційна система підтримки прийняття рішень автоматизованої системи управління радіомоніторингом. : Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, [S. l.], n. 67, p. 5–17, 2020. https://doi.org/10.17721/2519-481X/2020/67-01

6. Короткохвильовий радіозв'язок настанова. Київ. «ЦУЛ», 2024. 83 с

7. Голобородько Юрій, Караваєв Володимир. Селекція джерел радіовипромінювань декаметрового діапазону при використанні малогабаритних приймальних антен, Перший міжнародний науково-практичний форум «Global Cyber Security Forum» 14 – 16 листопада 2019 р., Зб. матеріалів форуму, Харків. ХНУРЕ. 2019. 115 с. стр. 41 – 42.

8. Голобородько Ю. М. Радіоконтроль діапазону Short Waves, Research in Science, Technology and Economics: Collection of Scientific Papers, "International Scientific Unity" with Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference. March 5-7, 2025. Luxembourg, Luxembourg. 397 p., стр. 275 – 278. ISBN 979-8-89704-985-1 (series), DOI https://doi.org/10.70286/ISU-05.03.2025

9. Omelchenko V. A. Balabanov V. V. Bezruk V. M. Goloborod'ko Ju. N., Detection of Changes in the Random Signal Properties by Spectral Methods Under the Conditions of A Priori Uncertainty, Telecommunications and Radio Engineering. 1999, 53 (9 -10), p. 1-10.

References

1. Holovne upravlinnia radioelektronnoi ta kiberborotby. Ofitsiinyi veb-sait MO [Main Directorate of Radio Electronic and Cyber Warfare. Official website of the Ministry of Defense] URL https://www.mil.gov.ua/ministry/struktura-generalnogo-shtabu/golovne-upravlinnya-radioelektronnoi-ta-kiberborotbi.html [in Ukrainian]

2. Rybachok, D., Skiba, O., Bryankin, S., & Domanov, I. (2024) Napryamy rozvytku radiozv'yazku rosiys′koyu federatsiyeyu ta faktychnyy stan yikh zastosuvannya u viyni proty Ukrayiny. [Directions of development of radio communication means by the Russian Federation and the actual state of their application in the war against Ukraine] : Zbirnyk naukovykh prats′ Derzhavnoho naukovo-doslidnoho instytutu vyprobuvan′ ta sertyfikatsiyi ozbroyennya ta viys′kovoyi tekhniky, 4(22), p. 115-120. https://doi.org/10.37701/dndivsovt.22.2024.14 [in Ukrainian]

3. Mayboroda I.M., Vlasov K.V., Hlushchenko M.A. (2024) Zastosuvannya ta perspektyvy rozvytku mobil′nykh zasobiv radioelektronnoyi rozvidky taktychnoyi lanky syl sektoru bezpeky ta oborony Ukrayiny [Application and prospects for the development of mobile electronic reconnaissance means of the tactical link of the forces of the security and defense sector of Ukraine]. ISSN 2078-7480. Chest′ ta zakon. No 2 (89), p. 83 – 90 [in Ukrainian]

4. (2024) Dovidnyk viiskovoho zv'iazkivtsia. Zasoby radioelektronnoi borotby ta rozvidky, yaki vykorystovuiutsia rosiiskoiu federatsiieiu [Military Signaller's Handbook. Electronic Warfare and Intelligence Means Used by the Russian Federation]. Kyiv, «TsUL». [in Ukrainian]

5. (2020) Informatsiyna systema dlya pidtrymky pryynyattya rishen′ avtomatyzovanoyi systemy radiomonitorynhu ta upravlinnya, [Information system for decision support of automated radio monitoring and control system]. Zbirnyk naukovykh prats′ Viys′kovoho instytutu Kyyivs′koho natsional′noho universytetu imeni Tarasa Shevchenka, [S. l.], n. 67, p. 5–17, https://doi.org/10.17721/2519-481X/2020/67-01 [in Ukrainian]

6. (2024) Korotkokhvylovyi radiozviazok: nastanova [Shortwave radio communication: a guide]. Kyiv. "TsUL". [in Ukrainian]

7. Holoborodko Yuriy, Karavayev Volodymyr (2019) Selektsiya dzherel radiovyprominyuvan′ dekametrovoho diapazonu pry vykorystanni malohabarytnykh pryymal′nykh anten, [Selection of sources of radio emissions of the decameter range when using small-sized receiving antennas]. First International Scientific and Practical Forum "Global Cyber Security Forum" November 14 – 16, 2019, Collection of forum materials. Kharkiv: KhNURE. 115 p. pp. 41 – 42 [in Ukrainian]

8. Holoborodko Y.M. (2025) Radiokontrol′ diapazonu Short Waves, [Short Wave Radio Monitoring], Research in Science, Technology and Economics: Collection of Scientific Papers, "International Scientific Unity" with Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference. March 5-7, 2025. Luxembourg, Luxembourg. 397 p., p. 275 – 278. ISBN 979-8-89704-985-1 (series), DOI https://doi.org/10.70286/ISU-05.03.2025

9. Omelchenko V. A. Balabanov V. V. Bezruk V. M. Goloborod'ko Ju. N. (1999) Detection of Changes in the Random Signal Properties by Spectral Methods Under the Conditions of A Priori Uncertainty, Telecommunications and Radio Engineering. 53 (9 -10), p. 1-10.

Дата першого надходження рукопису до видання: 30.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 14.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025