

АНОТАЦІЯ

Сакович А. А. Дискретно-адаптивні алгоритми обробки сигналів в умовах комплексу завад. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 172 Електронні комунікації та радіотехніка. – Національний університет «Одеська політехніка» Міністерства освіти і науки України, Одеса, 2026.

Роботу присвячено вирішенню актуальної науково-прикладної задачі що полягає у розвитку заснованих на принципі дискретної адаптації методів синтезу алгоритмів і систем виявлення радіолокаційних цілей на тлі комплексу завад з метою зменшення їх обчислювальної та апаратурної складності при контрольованому обмеженні на рівень втрат в ефективності

Актуальність теми дослідження визначається наявним протиріччям між вимогами до ефективності систем вилучення інформації (СВІ) та їх обчислювальною складністю. Рішення, які реалізують складні адаптивні оптимальні багатовимірні алгоритми, через їх високі обчислювальні витрати проблематично використовувати в мобільних радіолокаторах, для яких більш прості підоптимальні алгоритми виявлення є більш привабливими за технічних та економічних умов. Одним із шляхів вирішення протиріччя «ефективність–витрати» в СВІ є використання дискретно-адаптивного підходу до обробки сигналів, що реалізується у вигляді комплексу неадаптивних підсистем (режимів), які автоматично перемикаються в залежності від рішень аналізатора завадової обстановки. В дисертації розробляються дискретно-адаптивні алгоритми виявлення сигналів в умовах комплексу завад, що містить некорельовану, корельовану та імпульсну завади.

Структура кваліфікаційної роботи має наступний вид:

у **вступі** показана актуальність вирішення задач зменшення обчислювальної та апаратурної складності адаптивних алгоритмів та систем обробки сигналів в умовах складної, мінливої і апіорно невідомої завадової обстановки. Визначено

об'єкт, предмет, задачі та методи дослідження; наведено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів; висвітлено особистий внесок здобувача;

перший розділ дисертаційної роботи присвячено аналізу сучасного стану питання виявлення радіолокаційних сигналів на тлі адитивної суміші заважаючих впливів, за результатами якого обґрунтовано обмеження (допущення) як на структуру системи виявлення, так і на моделі сигналу і завад, при розробці дискретно-адаптивних систем (ДАС), сформульовано мету та завдання досліджень;

у другому розділі наведено результати структурного синтезу дискретно-адаптивних систем обробки когерентних N -імпульсних сигналів в умовах комплексу завад. Розроблена структурна схема дискретно-адаптивної системи, що функціонує під керуванням аналізатора завадової обстановки. У класі одноканальних з доплерівської частоти виявників гаусового сигналу на тлі адитивної суміші некорельованої та корельованої гаусових завад та за обмежень на дружні флуктуації імпульсів в пакеті, розроблено оптимальний для цих умов інваріантний до доплерівських зрушень фаз сигналу (φ_c) алгоритм виявлення. Доведено, що синтезований алгоритм є оптимальним за критерієм усередненого по φ_c відношення правдоподібності, а також оптимальним за критерієм максимуму усередненого по φ_c «показника якості виявлення» при вирішенні задачі виявлення гаусового сигналу, що «дружно» флуктує, в умовах гаусових завад. Проведено порівняльний аналіз ефективності розробленого алгоритму з потенціальною ефективністю оптимального багатоканального алгоритму для повністю відомого сигналу та з потенційною ефективністю алгоритму формуючого статистику Готелінга для різних спектрально-кореляційних параметрів адитивної суміші корельованої та некорельованої завад за імовірнісними характеристиками - імовірністю правильного виявлення при заданій імовірності помилкової тривоги залежно від відношення сигнал/некорельована завада на вході системи. Дослідження встановили параметри сигналу та адитивної суміші некорельованої та корельованої завад за яких потенціальна ефективність розробленого алгоритму виявляється вище за ефективність алгоритму що реалізує відому статистику

Готелінга. Також для порівняльного аналізу потенціальної ефективності двох нелінійних одноканальних систем виявлення корисного сигналу в умовах адитивної суміші некорельованої та корельованої гаусових завад було запропоновано показник поліпшення, який є часткою відношення сигнал/завада на виході нелінійної системи до відношення сигнал/завада на її вході, усередненим за всіма можливими радіальними швидкостями цілі. Встановлено, що за показником поліпшення і обраними в роботі параметрами адитивної суміші некорельованої та корельованої завад потенціальна ефективність розробленого алгоритму виявляється вище за ефективність алгоритму що реалізує статистику Готелінга;

третій розділ присвячений параметричному синтезу дискретно-адаптивних систем обробки когерентних N -імпульсних сигналів в умовах комплексу завад. Запропонована двоетапна методика синтезу дискретно-адаптивної системи обробки сигналів що передбачає мінімізацію числа режимів завадозахисту і оптимізацію параметрів ДАС в умовах гаусових завад. Проведено параметричний синтез одноканальної з доплерівської частоти сигналу ДАС, в якій для скорочення числа режимів був збережений безперервний характер адаптації до аргументу кореляційної функції завади. Показано, що синтезована, відповідно до розробленої методики і заданих обмежень на максимальні втрати, ДАС дозволяє при порівняно невеликому числі режимів завадозахисту, забезпечити, в припущенні безпомилкової класифікації завадової обстановки, незначні середні щодо СБП втрати в ефективності обробки сигналів на фоні адитивної суміші некорельованої і унімодальної корельованої завад;

у **четвертому розділі** вирішенні питання синтезу і аналізу ефективності оптимальних і квазіоптимальних алгоритмів розпізнавання класів завад для керування режимами ДАС. Синтезовані алгоритми розпізнавання класів завад за інформативними ознаками, в якості яких використані потужність завади та перший і другий міжперіодні коефіцієнти кореляції. Проведено дослідження ефективності розроблених алгоритмів методом статистичного моделювання, що показало повну відповідність експериментальних та теоретичних результатів. Для ідентифікації елементу дозволу за дальністю ураженого несинхронною імпульсною завадою

розроблено алгоритм її виявлення, що може ефективно функціонувати в умовах адитивної суміші некорельованої та потужної дискретної за відстанню корельованої завади при наявності обмежень на динамічний діапазон приймального тракту СВІ. На основі розроблених алгоритму розпізнавання класів корельованих завад, алгоритму виявлення імпульсної завади, а також відомого оптимального алгоритму вимірювання доплерівської фази завади, запропонована структурна схема пристрою, що дозволяє вирішити задачу керування режимами ДАС;

у п'ятому розділі з використанням методу статистичного моделювання проведено порівняльне дослідження ефективності ДАС у динамічному режимі. В якості критерія ефективності для порівнювання систем обрано оцінки втрат у показнику поліпшення адаптивної і дискретно-адаптивної систем, що аналізуються, у порівнянні з потенційною можливою ефективністю алгоритму, тобто, у припущенні що обсяг навчальної вибірки $n \rightarrow \infty$. Проведені дослідження показали, що швидкість збіжності ДАС, що досліджувалася, виявляється вище, ніж системи з безперервною адаптацією. Цей результат є наслідком врахування при синтезі ДАС апріорної інформації про характер спектру флуктуацій діючих на вході системи завади. Запропоновано методику векторної оптимізації дискретно-адаптивних систем в умовах апріорної невизначеності спектрально-кореляційних характеристик завад з використанням критерія «ефективність-витрати». Згідно з даною методикою показник ефективності є функцією оцінки втрат у показнику поліпшення для заданої завадової обстановки, що обчислювалася за допомогою методу статистичного моделювання, а показник витрат на практичну реалізацію враховує оцінки кількості операцій додавання, множення, ділення, зчитування з пам'яті, які виконуються у системі обробки, а також оцінку об'єму статичної оперативної пам'яті, яка потрібна для реалізації блоку пам'яті класифікатора завадової обстановки і блоку пам'яті, в якому зберігаються вектори вагових коефіцієнтів матриць обробки ДАС. За її допомогою проведено вибір варіанту побудови системи виявлення когерентного 5-ти імпульсного сигналу на тлі адитивної суміші унімодальної корельованої і некорельованої завад в умовах

параметричної. апріорної невизначеності. Проведенні дослідження показали, що дискретно-адаптивна система, режими якої перемикаються в залежності від результатів аналізу завадової обстановки, порівняно з системою безперервною перебудовою параметрів, за вибраним векторним критерієм ефективності виявляється переважніше у 1,51 рази.

В роботі показані перспективи подальшого дослідження дискретно-адаптивного виявлення сигналів у галузі радіолокації з використанням штучного інтелекту та нейронних мереж.

Таким чином, підтверджено спроможність та правильність технічних рішень, заснованих на результатах дисертаційного дослідження. Розроблені в роботі алгоритми та методи отримали впровадження у науково-дослідних роботах кафедри радіоелектронних і телекомунікаційних систем Навчально-наукового інституту інформаційної безпеки, радіоелектроніки та телекомунікацій Національного університету «Одеська політехніка» в рамках держбюджетної теми № 201-57 "Моделювання та оптимізація параметрів телекомунікаційних систем та мереж" (номер державної реєстрації - 0121U111053), у діяльності товариства з обмеженою відповідальністю «Секрет Сервіс» та товариства з обмеженою відповідальністю «Техноком Сервіс».

Ключові слова: дискретно-адаптивна система, відношення правдоподібності, достатня статистика, «дружні» флуктуації, корельована та некорельована гаусові завади, показник поліпшення, імпульсна завада, адитивна суміш завад, динамічний діапазон.

Список публікацій здобувача за темою дисертації

1. Цевух І. В., Сакович А. А. Одноканальний за доплерівською частотою виявник пакету когерентних дружно флуктуючих імпульсів в умовах гаусових завад. *Технологія та конструювання в електронній апаратурі*, 2025, (1–2), 3-10. <https://doi.org/10.15222/TKEA2025.1-2.03>

2. Цевух І. В., Сакович А. А. Виявник несинхронної імпульсної завади в умовах адитивної суміші некорельованої та дискретної за дальністю корельованої гаусових завад. *Технологія та конструювання в електронній апаратурі*, 2025, (3–4), 22-32. <https://doi.org/10.15222/TKEA2025.3-4.22>

3. Цевух І. В., Сакович А. А., Цевух В. І. Показник поліпшення нелінійних одноканальних систем обробки сигналу в умовах гаусових завад. *Технологія та конструювання в електронній апаратурі*, 2023, (1–2), 9-13. <https://doi.org/10.15222/TKEA2023.1-2.09>

4. Цевух І. В., Сакович А. А., Соколов А.В. Параметричний синтез дискретно-адаптивної одноканальної за доплерівською частотою системи обробки сигналу в умовах гаусових завад. *Інформатика та математичні методи в моделюванні*. 2017, Том 7, № 4, 291-299. https://immm.op.edu.ua/files/archive/n4_v7_2017/immm_n4_v7_2017.pdf

5. І. В. Цевух, А. А. Сакович. Інваріантний до доплерівської фази алгоритм виявлення пакету дружно флуктуючих імпульсів в умовах гаусових завад. *Праці 26-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та електронні технології»*, 2025, Україна, Одеса. https://old.tkea.com.ua/siet/archive/2025/MIET_2025_10.pdf

6. І. В. Цевух, А. А. Сакович. Розроблення та моделювання виявника несинхронної імпульсної завади для радіосистем вилучення інформації. *Праці 26-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та електронні технології»*, 2025, Україна, Одеса. https://old.tkea.com.ua/siet/archive/2025/MIET_2025_12.pdf

7. І. В. Цевух, А. А. Сакович. Аналіз ефективності спрощених одноканальних процедур виявлення сигналу в умовах гаусових завад за показником поліпшення. *Праці 25-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та електронні технології»*, 2024, Україна, Одеса.

<https://old.tkea.com.ua/siet/archive/2024/29.pdf>

8. І. В. Цевух, А. А. Сакович, В. І. Цевух. Аналіз ефективності двох нелінійних одноканальних систем обробки сигналу в умовах гаусових завад. *Праці 24-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та електронні технології»*, 2023, Україна, Одеса.

<https://old.tkea.com.ua/siet/archive/2023/12.pdf>

9. І. В. Цевух, А. А. Сакович. Дискретно-адаптивний режекторний фільтр. *Праці 23-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та електронні технології»*, 2022, Україна, Одеса.

<https://old.tkea.com.ua/siet/archive/2022/12-13.pdf>

10. І. В. Цевух, А. А. Сакович, О. С. Карпенко. Моделювання алгоритму виявлення імпульсної завади для системи селекції рухомих цілей. *Праці 23-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та електронні технології»*, 2022, Україна, Одеса.

<https://old.tkea.com.ua/siet/archive/2022/14-15.pdf>

11. І. В. Цевух, А. А. Сакович, Л. В. Безруков. Виявник імпульсної перешкоди на тлі адитивної суміші некорельованої та дискретної по дальності корельованої гаусових завад. *Праці 23-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та електронні технології»*, 2021, Україна, Одеса.

<https://old.tkea.com.ua/siet/archive/2021/11-13.pdf>

12. І. В. Цевух, А. А. Сакович. Дискретно-адаптивний виявник сигналу за умов гаусових завад. *Праці 18-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та електронні технології»*, 2017, Україна, Одеса.

<https://old.tkea.com.ua/siet/archive/2017/120.pdf>

13. І. В. Цевух, А. А. Сакович. Аналіз ефективності дискретно-адаптивної системи виявлення сигналів у динамічному режимі в умовах гаусових завад. *Праці*

27-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та електронні технології», 2026, Україна, Одеса.

https://old.tkea.com.ua/siet/archive/2026/MIET_2026_36.pdf

ABSTRACT

Sakovich, A. A. Discrete-Adaptive Signal Processing Algorithms in the Presence of Complex Interference. – Qualifying scientific work in the form of a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 172 Electronic Communications and Radio Engineering. – National University «Odessa Polytechnic» of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Odessa, 2026.

This thesis is devoted to solving a topical scientific and applied problem, which allows the development of methods for synthesizing algorithms and radar target systems based on the principle of discrete adaptation against the background of a complex task in order to reduce their computational and hardware complexity with a controlled limitation to the level of loss in efficiency.

The relevance of the research topic is due to the existing contradiction between the requirements for the efficiency of the information extraction system (IOS) and their computational complexity. Solutions that implement complex adaptive optimal multidimensional algorithms, due to their high computational costs, are problematic to use in mobile radars, for which a simpler suboptimal detection algorithm is more attractive for technical and economic conditions. One of the ways to solve the "efficiency-cost" contradiction in IOS is to use a discrete-adaptive approach to signal processing, which is implemented in the form of a complex of non-adaptive subsystems (modes), which are automatically switched depending on the decisions of the analyzer of a given situation. The dissertation develops discrete-adaptive algorithms for signal detection in a complex of tasks containing uncorrelated, correlated, and impulse noise.

The structure of the qualification work has the following form:

the introduction shows the relevance of solving the problems of reducing the computational and hardware complexity of adaptive algorithms and signal processing systems in conditions of a complex, changing and a priori unknown interference environment. The object, subject, tasks and methods of the research are determined; the scientific novelty and practical significance of the results obtained are given; the personal contribution of the applicant is highlighted;

the first section of the dissertation is devoted to the analysis of the current state of the issue of detecting radar signals against the background of an additive mixture of interfering influences, the results of which justify the limitations (assumptions) on both the structure of the detection system and the signal and interference models in the development of discrete-adaptive systems (DAS), the goal and objectives of the research are formulated;

the second section presents the results of the structural synthesis of discrete-adaptive systems for processing coherent N-pulse signals under conditions of a complex of interference. A structural diagram of a discrete-adaptive system operating under the control of an interference environment analyzer has been developed. In the class of single-channel Doppler frequency detectors of a Gaussian signal against the background of an additive mixture of uncorrelated and correlated Gaussian interference and with restrictions on friendly fluctuations of pulses in a packet, an optimal detection algorithm invariant to Doppler phase shifts of the signal (φ_c) has been developed for these conditions. It has been proven that the synthesized algorithm is optimal according to the criterion of the likelihood ratio averaged over φ_c , as well as optimal according to the criterion of the maximum of the “detection quality indicator” averaged over φ_c when solving the problem of detecting a Gaussian signal that fluctuates “friendly” under conditions of Gaussian interference. A comparative analysis of the efficiency of the developed algorithm with the potential efficiency of the optimal multichannel algorithm for a completely known signal and with the potential efficiency of the algorithm forming the Hotelling statistics for various spectral-correlation parameters of the additive mixture of correlated and uncorrelated noise according to the probabilistic characteristics - the probability of correct detection at a given probability of false alarm depending on the signal/uncorrelated noise ratio at the system input was carried out. The research established the parameters of the signal and the additive mixture of uncorrelated and correlated noise for which the potential efficiency of the developed algorithm turns out to be higher than the efficiency of the algorithm implementing the known Hotelling statistics. Also, for a comparative analysis of the potential efficiency of two nonlinear single-channel systems for detecting a useful signal under conditions of an additive

mixture of uncorrelated and correlated Gaussian noise, an improvement index was proposed, which is the fraction of the signal/noise ratio at the output of the nonlinear system to the signal/noise ratio at its input, averaged over all possible radial velocities of the target. It was established that according to the improvement index and the parameters of the additive mixture of uncorrelated and correlated noise selected in the work, the potential efficiency of the developed algorithm turns out to be higher than the efficiency of the algorithm implementing the Hotelling statistics;

the third section is devoted to the parametric synthesis of discrete-adaptive systems for processing coherent N-pulse signals under conditions of complex interference. A two-stage method for synthesizing a discrete-adaptive signal processing system is proposed, which involves minimizing the number of interference protection modes and optimizing the parameters of the DAS under conditions of Gaussian interference. A parametric synthesis of a single-channel signal with a Doppler frequency of the DAS was carried out, in which the continuous nature of adaptation to the argument of the interference correlation function was preserved to reduce the number of modes. It is shown that the DAS synthesized in accordance with the developed methodology and the specified restrictions on maximum losses allows, with a relatively small number of interference protection modes, to provide, assuming an error-free classification of the interference situation, insignificant average losses in terms of SBP in the efficiency of signal processing against the background of an additive mixture of uncorrelated and unimodal correlated interference;

in the **fourth** section, the issue of synthesis and analysis of the effectiveness of optimal and quasi-optimal algorithms for recognizing interference classes for controlling DAS modes is addressed. Algorithms for recognizing interference classes by informative features, as which the interference power and the first and second interperiod correlation coefficients are used, are synthesized. The effectiveness of the developed algorithms is studied by the method of statistical modeling, which showed full correspondence of experimental and theoretical results. To identify the range resolution element affected by asynchronous pulsed interference, an algorithm for detecting this interference has been developed that can effectively function in conditions of an additive mixture of

uncorrelated and powerful discrete distance-correlated interference in the presence of restrictions on the dynamic range of the receiving path of the SPVI. Based on the developed algorithm for recognizing correlated interference classes, the pulsed interference detection algorithm, as well as the known optimal algorithm for measuring the Doppler phase of the interference, a structural diagram of a device is proposed that allows solving the problem of controlling DAS modes;

In the **fifth** section, a comparative study of the effectiveness of DAS in dynamic mode was conducted using the method of statistical modeling. As an efficiency criterion for comparing systems, the loss estimates in the improvement index of the adaptive and discrete-adaptive systems under analysis were chosen in comparison with the potential efficiency of the algorithm, i.e., assuming that the volume of the training sample is $n \rightarrow \infty$. The conducted studies showed that the convergence rate of the DAS under study is higher than that of systems with continuous adaptation. This result is a consequence of taking into account, when synthesizing the DAS, a priori information about the nature of the spectrum of fluctuations of the interference acting at the input of the system. A method for vector optimization of discrete-adaptive systems under conditions of a priori uncertainty of the spectral-correlation characteristics of interference using the “efficiency-cost” criterion is proposed. According to this methodology, the efficiency indicator is a function of the loss estimate in the improvement indicator for a given interference situation, which was calculated using the statistical modeling method, and the indicator of costs for practical implementation takes into account the estimates of the number of operations of addition, multiplication, division, reading from memory, which are performed in the processing system, as well as an estimate of the volume of static RAM, which is required for the implementation of the memory block of the interference situation classifier and the memory block, which stores the vectors of weight coefficients of the DAS processing matrices. With its help, a choice of the option for building a system for detecting a coherent 5-pulse signal against the background of an additive mixture of unimodal correlated and uncorrelated interference under conditions of parametric a priori uncertainty was made. The conducted studies showed that a discrete-adaptive system, the modes of which are switched depending on the results of the analysis of the interference

situation, compared to a system with continuous parameter adjustment, is 1.51 times more advantageous according to the selected vector efficiency criterion.

The paper shows the prospects for further research into discrete-adaptive signal detection in the field of radar using artificial intelligence and neural networks.

Thus, the capability and correctness of technical solutions based on the results of the dissertation research have been confirmed. The algorithms and methods developed in the paper have been implemented in the research work of the Department of Radioelectronic and Telecommunications Systems of the Educational and Scientific Institute of Information Security, Radioelectronics and Telecommunications of the National University "Odesa Polytechnic" within the framework of the state budget topic No. 201-57 "Modeling and optimization of parameters of telecommunication systems and networks" (state registration number - 0121U111053), in the activities of the limited liability company "Secret Service" and the limited liability company "Technocom Service".

Keywords: discrete-adaptive system, likelihood ratio, sufficient statistics, «friendly» fluctuations, correlated and uncorrelated Gaussian noise, improvement index, impulse noise, additive noise mixture, dynamic range.

List of publications of the applicant on the topic of the dissertation

1. Tsevukh I., Sakovich A. Single-channel doppler frequency detector of coherent synchronously fluctuating signal packets under gaussian noise. *Technology and Design in Electronic Equipment*, 2025, (1–2), 3-10. <https://doi.org/10.15222/TKEA2025.1-2.03>
2. Tsevukh I., Sakovich A. Detector of asynchronous pulse noise in conditions of additive mixture of uncorrelated and discrete in range correlated gaussian noise. *Technology and Design in Electronic Equipment*, 2025 (3–4), 22-32. <https://doi.org/10.15222/TKEA2025.3-4.22>
3. Tsevukh I., Sakovich A., Tsevukh V. Index of improvement of nonlinear single-channel signal detection systems under gaussian noise. *Technology and Design in Electronic Equipment*, 2023, (1–2), 9-13. <https://doi.org/10.15222/TKEA2023.1-2.09>
4. I. V. Tsevukh, A. V. Sokolov, A. A. Sakovich, Parametric synthesis of one-channel on doppler frequency of discrete-adaptive processing system for signal in gaussian noises. *Computer Science and Mathematical Modeling Methods*. 2017 Vol. 7, № 4, pp. 291-299.
https://immm.op.edu.ua/files/archive/n4_v7_2017/immm_n4_v7_2017.pdf
5. I. V. Tsevukh, A. A. Sakovich. Doppler phase-invariant algorithm for detecting a packet of uniformly fluctuating pulses under Gaussian interference conditions. *Proceedings of the 26th International Scientific and Practical Conference «Modern Information and Electronic Technologies»*, 2025, Ukraine, Odesa.
https://old.tkea.com.ua/siet/archive/2025/MIET_2025_10.pdf
6. I. V. Tsevukh, A. A. Sakovich. Development and modeling of a non-synchronous impulse interference detector for information extraction radio systems. *Proceedings of the 26th International Scientific and Practical Conference «Modern Information and Electronic Technologies»*, 2025, Ukraine, Odesa.
https://old.tkea.com.ua/siet/archive/2025/MIET_2025_12.pdf
7. I. V. Tsevukh, A. A. Sakovich. Analysis of the effectiveness of simplified single-channel signal detection procedures in conditions of Gaussian interference by the improvement index. *Proceedings of the 25th International Scientific and Practical*

Conference «Modern Information and Electronic Technologies», 2024, Ukraine, Odesa.

<https://old.tkea.com.ua/siet/archive/2024/29.pdf>

8. I. V. Tsevukh, A. A. Sakovich, V. I. Tsevukh. Analysis of the efficiency of two nonlinear single-channel signal processing systems under Gaussian interference conditions. *Proceedings of the 24th International Scientific and Practical Conference «Modern Information and Electronic Technologies»*, 2023, Ukraine, Odesa.

<https://old.tkea.com.ua/siet/archive/2023/12.pdf>

9. I. V. Tsevukh, A. A. Sakovich. Discrete-adaptive notch filter. *Proceedings of the 23rd International Scientific and Practical Conference «Modern Information and Electronic Technologies»*, 2022, Ukraine, Odesa.

<https://old.tkea.com.ua/siet/archive/2022/12-13.pdf>

10. I. V. Tsevukh, A. A. Sakovich, O. S. Karpenko. Modeling of the impulse interference detection algorithm for a moving target selection system. *Proceedings of the 23rd International Scientific and Practical Conference «Modern Information and Electronic Technologies»*, 2022, Ukraine, Odesa.

<https://old.tkea.com.ua/siet/archive/2022/14-15.pdf>

11. I. V. Tsevukh, A. A. Sakovich, L. V. Bezrukov. Impulse interference detector against the background of an additive mixture of uncorrelated and discrete-range correlated Gaussian interference. *Proceedings of the 23rd International Scientific and Practical Conference «Modern Information and Electronic Technologies»*, 2021, Ukraine, Odesa. <https://old.tkea.com.ua/siet/archive/2021/11-13.pdf>

12. I. V. Tsevukh, A. A. Sakovich. Discrete-adaptive signal detector under Gaussian interference conditions. *Proceedings of the 18th International Scientific and Practical Conference «Modern Information and Electronic Technologies»*, 2017, Ukraine, Odesa. <https://old.tkea.com.ua/siet/archive/2017/120.pdf>

13. I. V. Tsevukh, A. A. Sakovich. Analysis of the efficiency of a discrete-adaptive signal detection system in dynamic mode under Gaussian noise conditions. *Proceedings of the 27th International Scientific and Practical Conference "Modern Information and Electronic Technologies"* 2026, Ukraine, Odesa

https://old.tkea.com.ua/siet/archive/2026/MIET_2026_36.pdf