

Лаптев О.А., Савченко В.А. Державний університет телекомунікацій, Київ

## ЛОКАЛІЗАЦІЯ ЗАСОБІВ НЕГЛАСНОГО ОТРИМАННЯ ІНФОРМАЦІЇ НА ОСНОВІ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ НАЙМЕНШИХ КВАДРАТІВ

У статті розглянуто питання розробки математичні моделі точності пеленгації засобів негласного отримання інформації на основі далекомірного методу з використанням способу найменших квадратів та градієнтного аналізу. Для цього, у якості пеленгаційного параметра, застосовуються псевдо відстані до антени пеленгатора. Для оцінки величини зниження точності визначення засобів негласного отримання інформації відносно точності визначення геометричного параметра застосовується поняття геометричного чинника. Для формування моделі локалізації засобів негласного отримання інформації скористалися методами градієнтного аналізу. З метою отримання кількісних характеристик - методом найменших квадратів.

Проведено моделювання ймовірності знаходження засобів негласного отримання інформації, методом найменших квадратів на основі градієнтного аналізу для типового будинку. Отриманні практичні результати визначили, що локалізація трьома антенами приводить до неякісних результатів. Приміщення які перевіряються, мають зони, у яких неможливо визначити сигнал засобів негласного отримання інформації.

Визначено мінімальну кількість пеленгаційних антен системи, яка дозволяє виявляти засоби негласного отримання інформації (джерела радіохвиль) з точністю 0,5 м об'ємного параметра, що дозволяє якісно знешкодити сигнал засобів негласного отримання інформації або радіомаяків. Мінімальна кількість антен повинна бути чотири. Розміщення антен вибираємо з метою максимального сферичного охоплення об'єму контрольованого будинку.

Данні висновки підтверджені результатами моделювання.

На основі отриманих результатів можливо давати рекомендації щодо розміщення антен, а на основі моделювання (запропонованої у статті моделі локалізації засобів негласного отримання інформації) давати рекомендації щодо вибору приміщень для роботи з конфіденційною інформацією.

**Ключові слова:** модель, пеленгація, локалізація, антена пеленгатора, геометричний чинник.

Laptiev O., Savchenko V. State University of Telecommunications, Kyiv

## LOCALIZATION OF THE ILLEGAL INFORMATION ACQUISITION ON THE BASIS OF THE BASED ON THE METHOD OF LEAST SQUARES

The article deals with the development of a mathematical model of the accuracy of direction finding of the means of silent retrieval based on the far-field method using the least-squares method and gradient analysis. For this purpose, as a direction finding parameter, pseudo distances to the direction finder antenna are used. To estimate the magnitude of the decrease in the accuracy of determining the means of silent information retrieval relative to the accuracy of determining the geometric parameter, the concept of geometric factor is used. Gradient analysis methods are used to formulate a model for localizing the means of silent retrieval. The least squares method is used to obtain quantitative characteristics.

A simulation of the probability of finding the means of silent retrieval by the method of least squares based on a gradient analysis for a typical home is conducted. The obtained practical results show that localization with three antennas results in poor results. The premises being inspected have areas where the

© Laptiev O., Savchenko V. 2019

*signal of the non-public information cannot be detected.*

*The minimum number of directional antennas of the system is determined, which allows detecting the means of silent receiving of information (radio waves source) with an accuracy of 0.5 m of the volumetric parameter, which allows qualitatively neutralizing the signal of the means of silent receiving information or beacons. The minimum number of antennas should be four. The placement of antennas is chosen to maximize spherical coverage of the volume of the controlled home.*

*These conclusions are confirmed by the simulation results.*

*Based on the results obtained, it is possible to make recommendations on antenna placement, and on the basis of modeling (proposed in the article model of localization of information mute) to make recommendations regarding the selection of premises for handling confidential information.*

**Keywords:** *model, direction finding, localization, direction finder antenna, geometric factor.*

**Лаптев А.А., Савченко В.А.** *Государственный университет телекоммуникаций, Киев*

## **ЛОКАЛИЗАЦИЯ СРЕДСТВ НЕГЛАСНОГО ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ**

*В статье рассмотрены вопросы разработки математические модели точности пеленгации средств негласного получения информации на основе дальномерного метода с использованием способа наименьших квадратов и градиентного анализа. Для этого, в качестве пеленгационного параметра, применяются псевдодалекости антенны пеленгатора. Для оценки величины снижения точности определения средств негласного получения информации относительно точности определения геометрического параметра применяется понятие геометрического фактора. Для формирования модели локализации средств негласного получения информации воспользовались методами градиентного анализа. С целью получения количественных характеристик - методом наименьших квадратов.*

*Проведено моделирование вероятности нахождения средств негласного получения информации, методом наименьших квадратов на основе градиентного анализа для типового строения. Полученные практические результаты определили, что локализация тремя антеннами приводит к некачественных результатов. Помещения имеют зоны, в которых невозможно определить сигнал средств негласного получения информации.*

*Минимальное количество пеленгационных антенн системы которая позволит выявлять средства негласного получения информации (источники радиоволн) с точностью 0,5 м объемного параметра, должно быть четыре. Размещение антенн выбираем с целью максимального сферического охвата объема контролируемого дома.*

*Данные выводы подтверждены результатами моделирования.*

*На основе полученных результатов можно давать рекомендации по размещению антенн, а на основе моделирования (предложенной в статье модели локализации средств негласного получения информации) давать рекомендации по выбору помещений для работы с конфиденциальной информацией.*

**Ключевые слова:** *модель, пеленгация, локализация, антенна пеленгатора, геометрической фактор.*

### **Вступ**

Інформація є одним з найцінніших активів більшості сучасних компаній. Результати власних досліджень, розроблені секретні технології та інші корпоративні ноу-хау визначають процвітання бізнесу і тому потребують такої ж ретельної охорони, як і технологічне обладнання або товарні запаси. З підвищенням цінності інформації зростає кількість охочих отримати цю

інформацію для використання у своїх або в інтересах третіх осіб. Одним з напрямків отримання інформації є отримання інформації з використанням засобів негласного отримання інформації (ЗНОІ) - «закладки» - потай встановленого технічного засобу, який створює загрозу для інформації [1]. Одним з видів «закладок» є «закладки», які використовують передачу інформації радіоканалом. Виявити їх дуже важко, тому що в сучасному високотехнологічному світі пошук радіоканалів засобів негласного знімання інформації ускладняється декількома факторами:

- по-перше, розробники засобів негласного знімання інформації застосовують все більш складні методи та алгоритми приховання випромінювання своїх виробів;
- по-друге, триває збільшення застосування радіоефіру для організації зв'язку, передачі даних і команд управління.

На поточний час практично весь радіочастотний спектр задіяний під роботу легальних радіопередавачів. Це викликає ускладнення ефірної ситуації, особливо в великих містах, і ускладнює пошук ЗНОІ. Крім того, якщо питанням пошуку приділяють підвищену увагу, то питання локалізації ЗНОІ залишається мало освітленим. В умовах стрімкого розвитку технічних засобів розвідки, а саме ЗНОІ з накопиченням інформації, які з'являються в ефірі на секунди, а решту часу перебувають у режимі радіомовчання, цифрові закладки з тривалістю пакета GSM сотні мкс, використання ЗНОІ з дуже близьких до легальних радіопередавачів характеристиками, процес їх локалізації представляє актуальну технічну задачу, особливо завдання автоматизованої локалізації ЗНОІ.

### **Аналіз досліджень і публікацій**

Питанням захисту інформації, пошуку та локалізації ЗНОІ присвячено значну кількість публікацій. Так, у [2] розглядаються питання пошуку та локалізації ЗНОІ за допомогою пошукових комплексів та допоміжних пристроїв. Приведена класифікація ЗНОІ, та характерні ознаки виявлення ЗНОІ. Однак для локалізації ЗНОІ використані в основному тільки принцип виявлення за допомогою додаткового пошукового обладнання або «ручного» пошуку, який потребує дуже багато часу.

У [3] описаний метод «акустичної зав'язки». Він ґрунтується на тому, що в пошуковій апаратурі (індикаторі поля, універсальному пошуковому приладі та т.п.) використовується підсилювач низької частоти та динамік, спільне використання яких дозволяє реалізувати метод пошуку ЗНОІ, так званим, методом «акустичної зав'язки». Суть методу полягає в наступному. У ряду ЗНОІ, що використовують для передачі сигнали з частотною модуляцією (FM), є і «паразитна» амплітудна модуляція сигналу (AM). При подачі продетектированого і посиленого сигналу на гучномовець між ним і мікрофоном закладки утворюється позитивний зворотний акустичний зв'язок. При наближенні індикатора поля до закладки на близьку відстань виникає режим самозбудження підсилювача низької частоти індикатора, аналогічний режиму самозбудження у звичайних системах звукопідсилення, коли мікрофон близько підносять до звукових колонок. При цьому з'являється характерний акустичний сигнал, схожий на свист, який інформує оператора про наявність поблизу індикатора поля акустичної закладки. Чим вище гучність сигналу гучномовця, тим на більшій відстані від закладки спостерігається режим самозбудження підсилювача. Це різновид ручного способу локалізації ЗНОІ, вимагає значних фізичних затрат та часу. Що не може бути оптимальним при сучасному рівні розвитку техніки.

У [4] описуються методи пошуку та локалізації ЗНОІ за допомогою пошукового обладнання (ручні методи), та пошукових комплексів - напівавтоматичний метод з

використання пристрою вимірювання відстані до ЗНОІ (гіперболічний метод). Це вже дуже потужний крок в напрямку розробки автоматизованої локалізації ЗНОІ, однак він також, не вирішує цілком завдання локалізації цифрових ЗНОІ.

У сучасних приладах вимірювання відстані до ЗНОІ помилка складає 10 ... 20 см. [3] Принцип відмінно працює при пошуку і локалізації аналогових ЗНОІ, які працюють у постійному режимі. Для локалізації цифрових ЗНОІ, особливо з імпульсною передачею інформації (ЗНОІ з накопиченням інформації та передачею в імпульсному режимі), цей принцип не працює, зважаючи на відносно велику тривалість пеленгації, коли час локалізації перевершує час роботи ЗНОІ.

Виходячи з вищевикладеного: рішення задачі локалізації цифрових ЗНОІ різного роду і принципах дії є дуже важливою, а розробка моделі пеленгації цифрових закладок актуальною.

### Мета дослідження

Метою даної роботи є розробка математичної моделі точності визначення відстані до цифрових ЗНОІ далекомірним методом з використанням методу найменших квадратів.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступну частину завдання дослідження, а саме, розробити модель точності локалізації ЗНОІ, в основі якої лежатиме топологія та структури пеленгації на основі далекомірного методу.

### Результати дослідження

Для досягнення мети локалізації, розробимо математичну модель точності пеленгації ЗНОІ на основі далекомірного методу. Для цього, у якості пеленгаційного параметра, застосовуються псевдо дистанції (далі ПД) до антени пеленгатора (далі АП). Для оцінки величини зниження точності визначення ЗНОІ відносно точності визначення геометричного параметра застосовується поняття геометричного чинника (далі ГЧ). Величина ГЧ показує у скільки разів середньоквадратична похибка (далі СКП) визначення координат ЗНОІ буде більшою від СКП визначення ПД.

Для формування моделі ГЧ локалізації ЗНОІ доцільно скористатись методами градієнтного аналізу [14, 15], для чого здійснити лінеаризацію застосованої функції шляхом розкладання у ряд Тейлора за ступенями поправок  $\delta_j$  ( $j=1,2,3,4$ ) з утриманням перших членів розкладання:

$$D_i - D_{0i} = \frac{\partial D_1}{\partial x_0} \delta_x + \frac{\partial D_1}{\partial x_y} \delta_y + \frac{\partial D_1}{\partial z_0} \delta_z + \frac{\partial D_1}{\partial w_0} \delta_w, \quad i = 1 \dots N \quad (1)$$

де:  $D_i$  – результат вимірювання ПД до  $i$ -ої АП;

$D_{0i}$  – розрахункове значення ПД до  $i$ -ої АП;

$x_0, y_0, z_0$ , – прямокутні координати споживача у геоцентричній системі координат (ГСК);

$w_0$  – поправка на розбіжність шкал часу, виражена для наочності у одиницях довжини;

$N$  – кількість видимих АП, за сигналами яких визначаються псевдо дистанції.

Часткові похідні, які входять до системи (4.1), складають матрицю часткових похідних застосованої функції у точці знаходження закладки з координатами  $(x_0, y_0, z_0)$ , яка є основою для подальшого обчислення оцінок похибок місце визначення ЗНОІ і носить назву градієнтної матриці:

$$C = \begin{vmatrix} \frac{\partial D_1}{\partial x} & \frac{\partial D_1}{\partial y} & \frac{\partial D_1}{\partial z} & \frac{\partial D_1}{\partial w} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial D_n}{\partial x} & \frac{\partial D_n}{\partial y} & \frac{\partial D_n}{\partial z} & \frac{\partial D_n}{\partial w} \end{vmatrix}^{N \times 4} \quad (2)$$

У нашому випадку диференціювання функції  $D_i$  по змінних  $x, y, z, w$  дає таку матрицю часткових похідних:

$$C = \begin{vmatrix} \cos \alpha_1 & \cos \beta_1 & \cos \gamma_1 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \cos \alpha_n & \cos \beta_n & \cos \gamma_n & 1 \end{vmatrix}^{N \times 4} \quad (3)$$

Елементами матриці (3) є направляючі косинуси векторів, спрямованих від ЗНОІ до АП у геоцентричній системі координат. Якщо ввести матрицю-стовпчик  $R$  різниць виміряного та розрахункового значень ПД  $R = \|D_i - D_{0i}\|^{N \times 1} = \|r_i\|^{N \times 1}$ ,  $i = 1 \dots N$ , а поправки  $\delta_i (i=1,2,3,4)$  позначити у вигляді стовпчикової матриці  $\Delta^T = \|\delta_1 \delta_2 \delta_3 \delta_4\|$  то систему (3.1) можна буде записати

$$C \cdot \Delta = R. \quad (4)$$

Для надання системі (3) безрозмірного вигляду обидві її частини необхідно помножити на матрицю вагових коефіцієнтів:

$$P_0 = \begin{vmatrix} P_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & P_2 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & \dots & 0 \\ 0 & \dots & \dots & P_n \end{vmatrix}^{N \times N}, \quad P_i = \frac{1}{\sigma_{Di}}. \quad (5)$$

де:  $\sigma_{Di}$ -середньоквадратична похибка визначення ПД до  $i$ -ої АП.

Після цього система (3) набуде вигляду:

$$P_0 \cdot C \cdot \Delta = P_0 \cdot R. \quad (6)$$

Система (6) є системою  $N$  рівнянь з чотирма невідомими. У загальному вигляді така система несумісна і тому деяка сукупність чотирьох поправок  $\delta_i (i=1,2,3,4)$  не може задовольнити цій системі. При підстановці  $\delta_i$  у відповідні рівняння ліві та праві їх частини виявляться не рівними і з'явиться їх нев'язка. Застосовуючи процедуру методу найменших квадратів, мінімізуючи квадрат не-в'язки лівої та правої частин системи умовних рівнянь (6), отримуємо систему нормальних рівнянь у вигляді:

$$C^T P_0^T P_0 C \Delta = C^T P_0^T P_0 R. \quad (7)$$

Оскільки  $P_0$  – діагональна матриця, то її вигляд при транспонуванні не змінюється, а тому добуток  $P_0 P_0^T$  дає також діагональну матрицю  $P$ , елементи якої є квадратами елементів матриці  $P_0$ . Тому можна записати:

$$C^T P C \Delta = C^T P R. \quad (8)$$

У системі (8) добуток  $C^T P C = A$  являє собою матрицю коефіцієнтів системи нормальних рівнянь. Матриця  $A$  має розмірність  $4 \times 4$ , що пов'язано з чотиривимірним характером вирішуваної задачі. Якщо подати праву частину (8)  $C^T P C = A$  як відповідну матрицю  $B$ , то систему нормальних рівнянь можна записати у вигляді:

$$A \cdot \Delta = B. \quad (9)$$

Помноживши праву та ліву частини системи (9) на обернену матрицю  $A^{-1}$ , можна отримати рішення для поправок  $\Delta = A^{-1} B$ .

Матриця  $P^{-1}$ , яка входить до складу матриці  $A^{-1} = C^{-1} P^{-1} (C^{-1})^T P^{-1} (C^{-1})^T$ , являє собою дисперсії вимірювань ПД. Сама ж матриця  $A^{-1}$  має зміст кореляційної матриці похибок визначення параметрів пошуку  $K_q$ , на головній діагоналі якої розташовані дисперсії параметрів, що визначаються. Тобто, якщо прийняти дисперсії вимірювання псевдо дистанцій від усіх АП рівними 1, а результати вимірювань незалежними (некорельованими) між собою, то по головній діагоналі матриці  $K_q$  будуть розташовані коефіцієнти, які будуть обумовлені лише геометрією взаємного розташування АП та ЗНОІ. Результуюча похибка місця визначення може бути виражена через слід кореляційної матриці  $\sigma_q = (T_{-r}(K_{-q}))^{\frac{1}{2}}$ .

У загальному вигляді вираз для ГЧ може бути записано як відношення:

$$GDOP = \frac{\sigma_q}{\sigma_D}, \quad (10)$$

де: GDOP – global dilution of precision – загальний геометричний чинник,

$\sigma_D$  – СКП визначення псевдодалекостей до АП;

$\sigma_q$  – СКП визначення вектора стану ЗНОІ.

Таким чином, геометричні чинники погіршення точності при визначенні місця у просторі – PDOP, у плані (горизонтальній площині) – HDOP, по висоті – VDOP та часі – TDOP запишуться відповідно у вигляді:

$$PDOP = (\gamma_{11} + \gamma_{22} + \gamma_{33})^{\frac{1}{2}}$$

$$HDOP = (\gamma_{11} + \gamma_{22})^{\frac{1}{2}}$$

$$VDOP = (\gamma_{33})^{\frac{1}{2}}$$

$$TDOP = (\gamma_{44})^{\frac{1}{2}}$$

де:  $\gamma_{ij}$  є елементами матриці  $K_q = A^{-1}$ .

У багатьох джерелах, зокрема у [11], показано, що мінімальних значень ГЧ можливо досягти, коли оператор знаходиться у центрі правильного тетраедра. Для оператора пошукового комплексу мінімальне значення ГЧ досягається тоді, коли одна АП знаходиться у верхній точці посередині приміщення, а три інших рівномірно розташовані у горизонтальній площині. Таким чином, для мінімізації GDOP необхідно максимізувати об'єм тетраедра.

### Результати моделювання просторової структури пеленгаційної системи

З метою аналізу поля точності системи локалізації, побудованої на основі елементарної чарунки "трикутник з центральною точкою", було вибрано структуру типової будівлі. Це 3-х поверхова будівля з підвальним і технічними горищними приміщеннями. Вид зразкової будівлі приведений на рис.1.



Рис.1. Типова будівля, офісний центр

Точкою відліку висоти вибираємо нульовий рівень підвального приміщення. Внутрішні антени будуть знаходитися тоді на рівні 15 і 20м, зовнішні на рівні землі (3м) і над технічним горищним поверхом на висоті 25м. Кількість антен необхідних для визначення імовірнісних характеристик, згідно методу триангуляції - досить трьох. Однак, для аналізу, кількості антен з метою визначення сигналу ЗНОІ, проведемо моделювання з різною кількістю антен.

Перший варіант з трьома антенами та другий варіант з чотирьома антенами.

Розміщення антен показано на рис. 2.

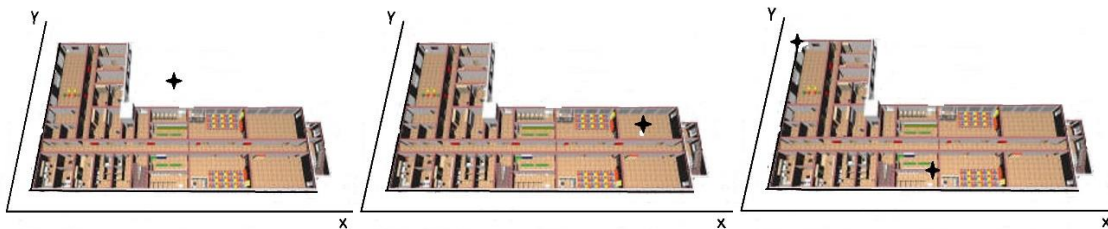


Рис.2. Схема розміщення антен в типовому офісному будинку

Розміщення антен вибираємо з метою максимального сферичного охоплення об'єму контрольованого будинку.

Беручі до уваги, що сучасні ЗНОІ мають невеликі габарити, СКП обираємо на рівні 0.5 м. Враховуючи що це об'ємна характеристика і цього розміру, з точки зору практичного досвіду пошуку, досить для точного визначення і локалізації ЗНОІ.

Результати моделювання за першим варіантом (три антени) наведені на рис.3-5.

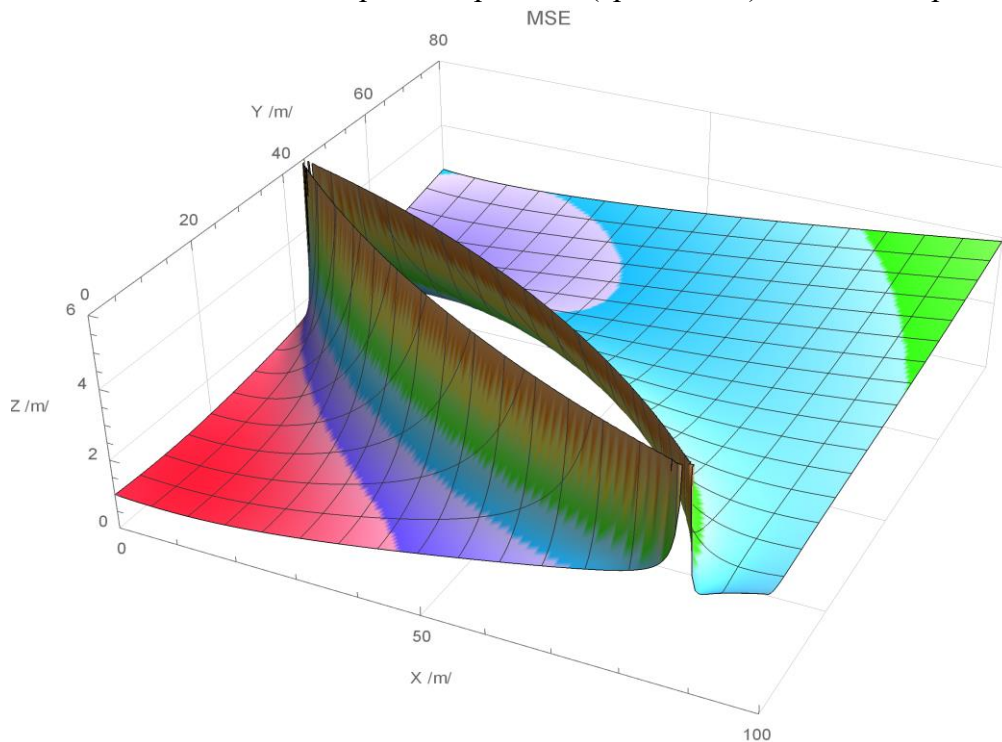


Рис.3. Результати моделювання ймовірності знаходження ЗНОІ (СКП = 0,5м) антена пеленгації на висоті 5 м за межами приміщення

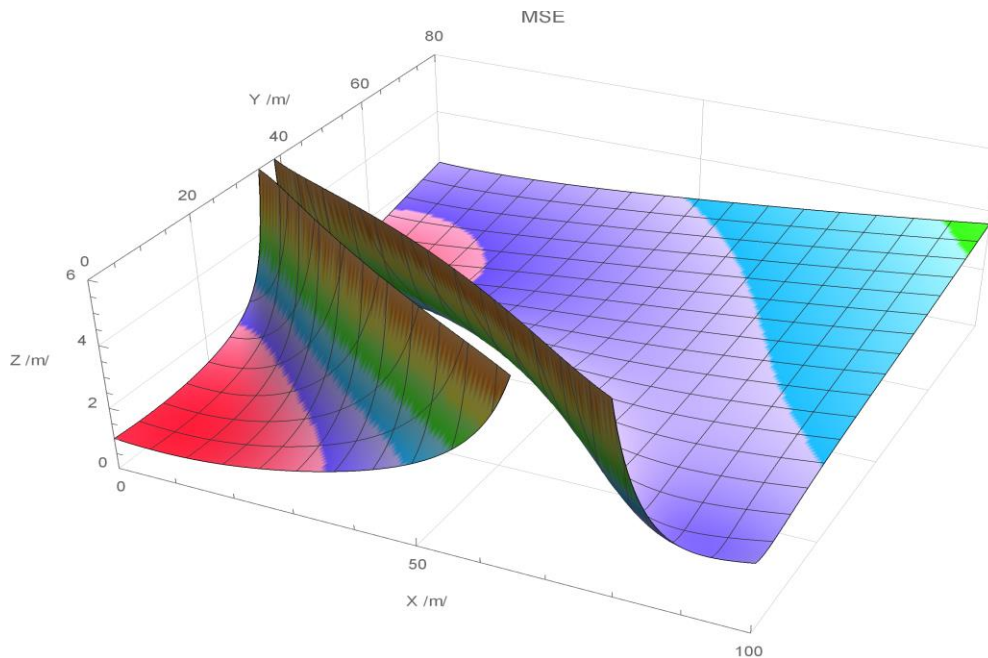


Рис.4. Результати моделювання ймовірності знаходження ЗНОІ (СКП = 0,5м) антена всередині приміщення на висоті 10 м



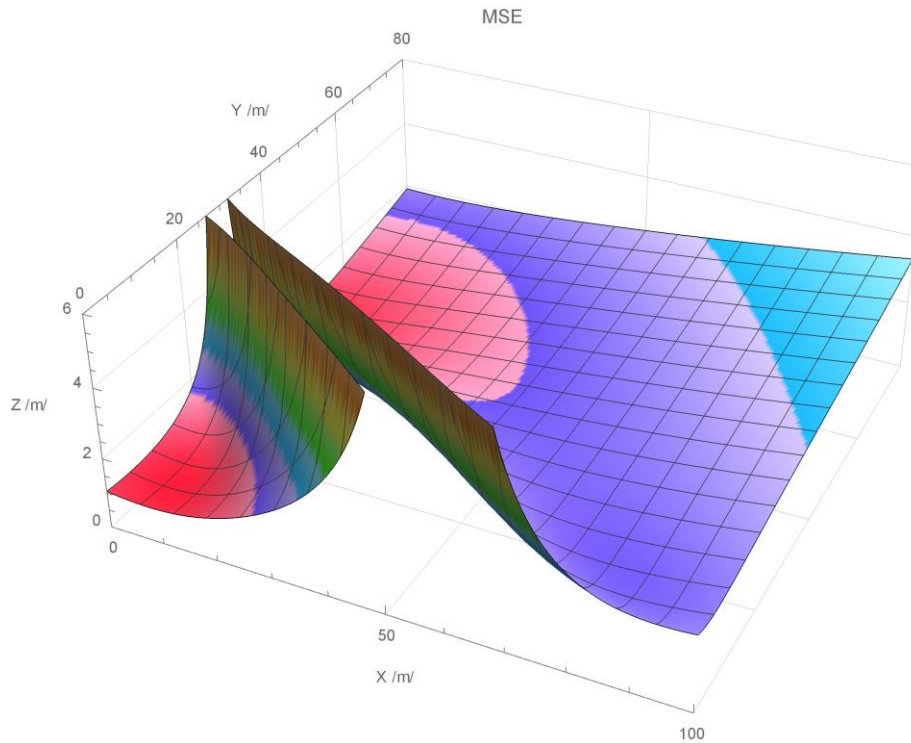


Рис.5. Результати моделювання ймовірності знаходження ЗНОІ (СКП = 0,5м) антена всередині приміщення на висоті 15 м

Результати моделювання за другим варіантом (чотири антени) наведені на рис. 6-9.

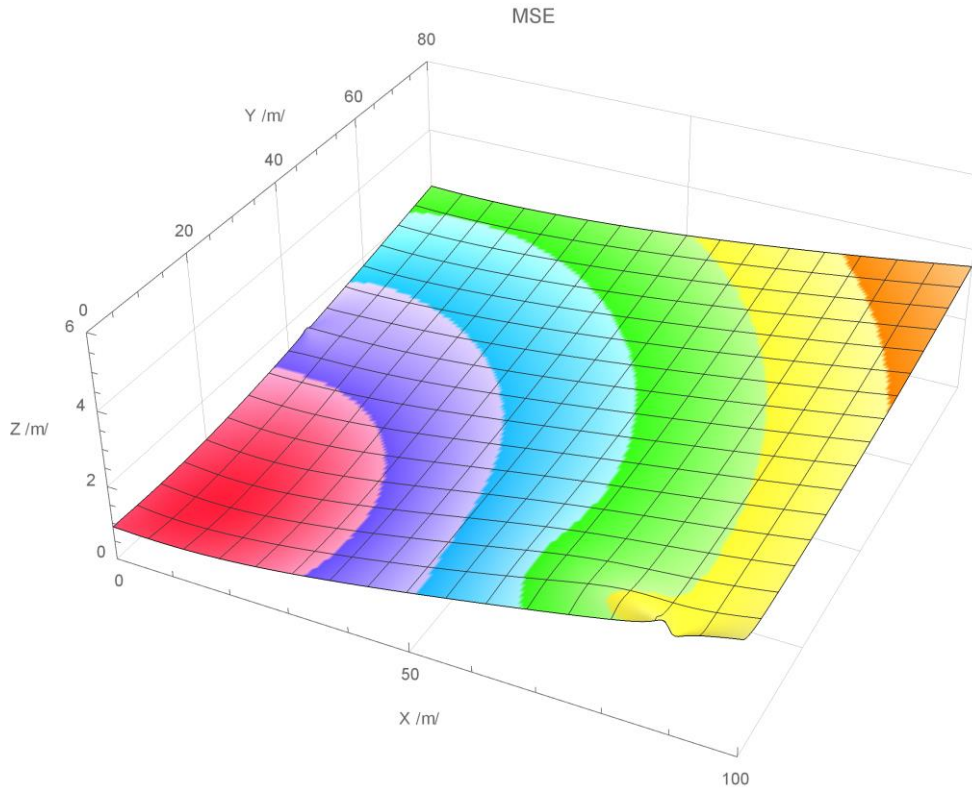


Рис.6. Результати моделювання ймовірності знаходження ЗНОІ (СКП = 0,5м) антена всередині приміщення на висоті 5 м

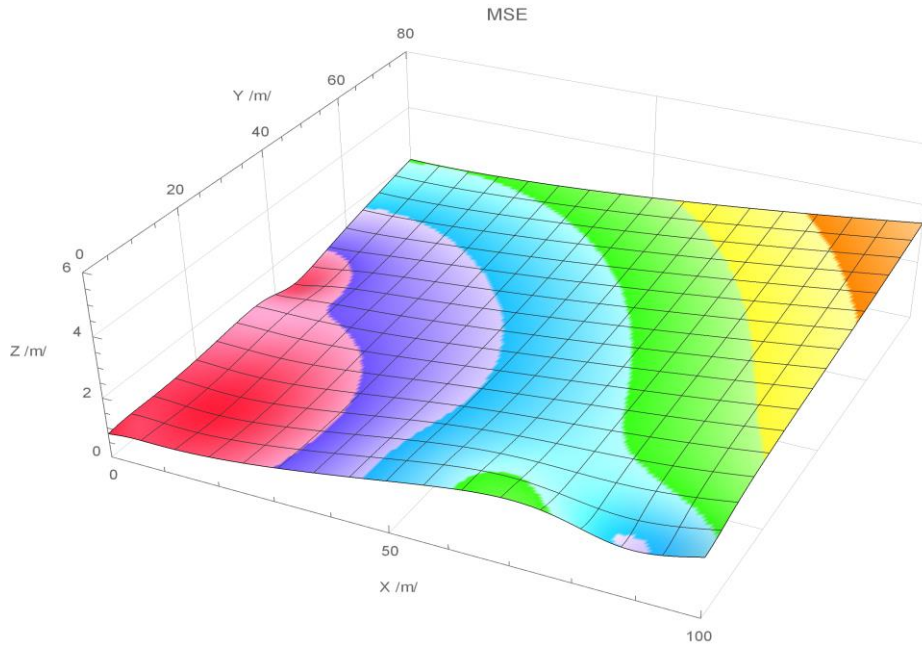


Рис.7. Результати моделювання ймовірності знаходження ЗНОІ (СКП = 0,5м) антена всередині приміщення на висоті 10 м

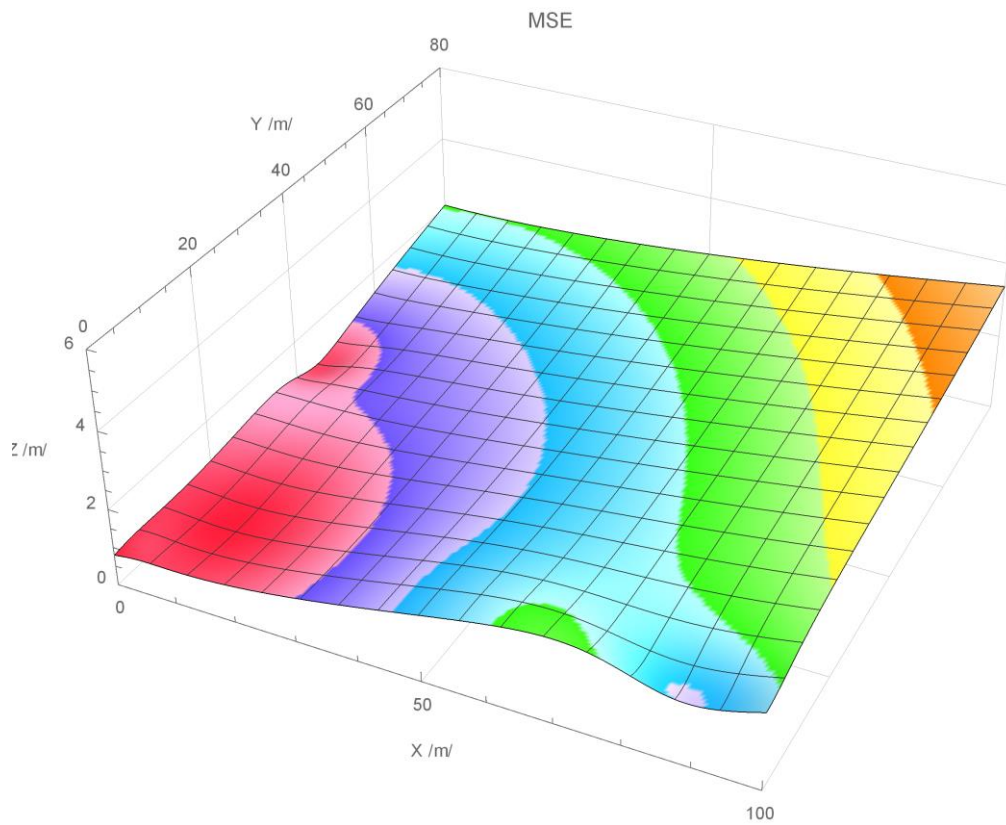


Рис.8. Результати моделювання ймовірності знаходження ЗНОІ (СКП = 0,5м) антена всередині приміщення на висоті 15 м

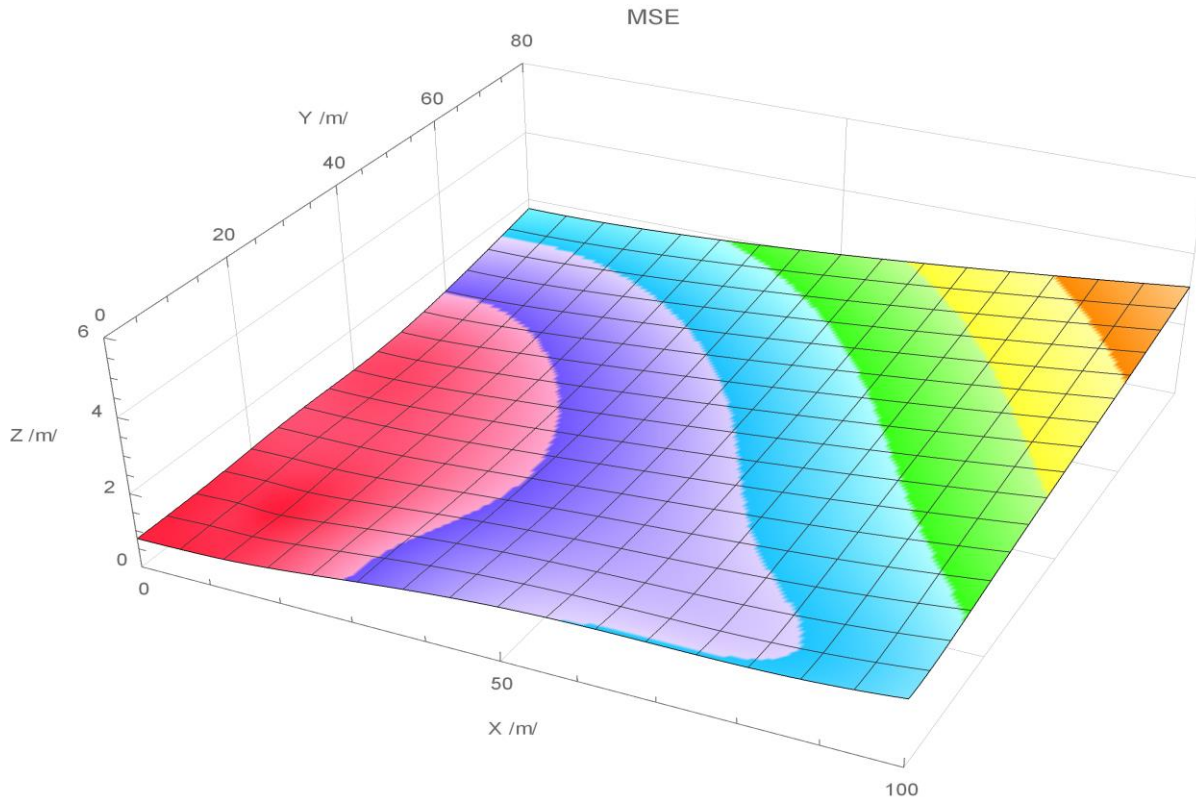


Рис.9. Результати моделювання ймовірності знаходження ЗНОІ (СКП = 0,5м) антена на висоті 20 м технічний поверх

На рис.3-9, червоним кольором показаний результат стійкого визначення засобу негласного отримання інформації (джерела радіохвиль) з СКП = 0,5 м. В подальшому з переходом від червоного до коричневого СКП зростає, на 0,10 м – на кожній змінні кольору. Тобто, на червоному кольорі СКП=0,5 м, на фіолетовому кольорі СКП=0,6 м і аналогічно з усіма кольорами. Як бачимо, на Рис.3-5 є дуже чітка область в якій не можливо визначити сигнал. Тому можливо зробити висновок: три антени не задовольняють вимогам локалізації ЗНОІ. Але якщо додати ще одну антену (дивись Рис.6-9) - тоді можливо повністю локалізувати сигнал ЗНОІ.

Ліве крило будівлі, з підвального приміщення до технічного поверху даху, повністю покриті пеленгаційною системою, яка з заданою точністю визначає ЗНОІ, або більш правильно, джерело радіохвиль. Праве крило залишається під покриттям пеленгаційної системи із заданою точністю тільки на 85%. У крайніх приміщеннях будівлі точність вже нижче ніж 0,5 м (точність буде 0,6 м), але це дозволяє при появі стороннього джерела радіосигналу визначити місце та за допомогою додаткової апаратури локалізувати ЗНОІ.

Слід зазначити, що за допомогою даного методу пеленгації ЗНОІ на основі далекомірного методу, при необхідності, можливо перекрити всі приміщення із заданою точністю та ймовірністю визначення ЗНОІ. Можливо також міняти різні параметрами моделювання, такі як: точність визначення, кількість і розташування антен, характеристиками працездатності антен та інші. При цьому дана методика моделювання ймовірності пеленгації

джерела радіохвиль, дозволяє із заданою точністю змодельовати ймовірність захищеності не тільки окремого приміщення або будівлі, але і групи будівель розташованих близько одна від одної. При цьому кількість антен пеленгації можливо підбирати стільки необхідно для заданої точності. Це значно економить кошти та дозволяє розміщувати приміщення, в яких циркулює інформація що захищається, в зоні найбільш вірогідного визначення джерела побічних радіохвиль.

Напрямок послідовних досліджень може бути введення в запропоновану модель характеристик живучості та надійності пеленгаційної системи. Що дозволить використовувати дані моделювання для захисту інформації на об'єктах які піддаються значним ризикам, наприклад, захист об'єктів військового призначення розгорнутих в польових умовах.

### **Висновки**

1. Розроблена модель точності локалізації пристроїв ЗНОІ на основі далекомірною методу. У якості складових вектора вхідних параметрів у даної моделі використовуються параметри характерних точок пеленгаційного простору, параметри опорних точок зовнішніх антен пеленгатора, параметри точок об'єктів інфраструктури для розгортання мережі внутрішніх антен пеленгатора з метою повного охоплення контрольованого об'єкта, та визначення необхідної кількості цих антен.

2. Провели моделювання ймовірності знаходження ЗНОІ методом найменших квадратів та градієнтного аналізу для типового будинку. Моделювання проводили для трьох та чотирьох антен. Отриманні практичні результати визначили, що локалізація трьома антенами приводить до неякісних результатів, приміщення які перевіряються мають зони у яких неможливо значити сигнал ЗНОІ.

3. Визначили мінімальну кількість пеленгаційних антен системи яка дозволить виявляти засоби негласного отримання інформації (джерела радіохвиль) з точністю 0,5 м об'ємного параметра. Мінімальна кількість антен повинна бути чотири. Данні висновки підтвержені результатами моделювання.

На основі отриманих результатів можливо давати рекомендації щодо розміщення антен та вибору приміщень для роботи з конфіденційною інформацією.

### **Список використаної літератури**

1. Захист інформації. Технічний захист інформації. Терміни та визначення (ДСТУ 3396.2-97). – [Дійсний від 01.01.1998]. – (Державний Стандарт України).

2. Laptev A.A. Varabash O.V., Savchenko V.V Savchenko V.A., Sobchuk V.V., The method of searching for digital means of illegal reception of information in information systems in the working range of Wi-Fi. ISSN: 2350-0328 International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology– July 2019.Vol. 6, Issue 7– P. 10101-10105

3. Савченко В.А., Воробйов О.М., Миколайчук Р.А., Курсеіетов Т. Модель точності локальної радіонавігаційної системи з урахуванням нестабільності функціонування окремих елементів. ISSN 1729-3774 Східно-Європейський журнал передових технологій, інформаційно-управляюча система Т.3, № 9 (81)-2016, С.4-10

4. Hwang S., Yu D. Clock Synchronization Algorithm for Pseudolite [Text] . *Advanced Science and Technology Letters*. 2013. Vol. 44. P. 36–39. doi: 10.14257/astl.2013.44.09
5. Cellmer S., Rapinski J., Rzepeca Z. Pseudolites and their Applications [Text] . *INGEO 2011 – 5th International Conference on Engineering Surveying*. Brijuni, Croatia, 2011. P. 269–278.
6. Tiwary K. S., K. Behera, G. Sharada, A. Singh . Modelling and Simulation of Pseudolite-based Navigation: A GPS-independent Radio Navigation System [Text] . *Defence Science Journal*. – 2010. Vol. 60, Issue 5. P. 541–550.
7. ECC Report 168. Regulatory Framework for Indoor GNSS Pseudolites. Electronic Communications Committee (ECC) [Text]. Miesbach, 2011. 20 p.
8. Lorraine, K. J. Kumar D., Bhaskar, C.V., Sipora K. Analysis of Near-Far Effect and Multipath Mitigation Techniques for Pseudolite Based Positioning Applications [Text]. *International Journal of Electronics & Communication Technology*. 2014. Vol. 5, Issue 3. P. 37–41.
9. Hwang S., Yu D. Clock Synchronization of Pseudolite Using Time Transfer Technique Based on GPS Code Measurement [Text] . *International Journal of Software Engineering and Its Applications*. 2014. Vol. 8, Issue 4. P. 35–40.
10. Borio D., C. Gioia, G. Baldini. Asynchronous Pseudolite Navigation Using C/N0 Measurements [Text] . *Journal of Navigation*. 2016. Vol. 69, Issue 03. P. 639–658. doi: 10.1017/s037346331500082x
11. Лаптев О.А. Методика визначення ймовірності негласного отримання інформації потенційним порушником. *Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences*, VII(24), Issue: 200, 2019 July. www.seanewdim.com C.27-31.
12. Laptev A.A. Sachenko V.A., , Barabash O.V., Sachenko V.V., Matsko A.I The method of searching for digital vtfn of illegal obtaining of information on the basis cluster analysis. № 31 (2019) ISSN 1748-7110 Magyar Tudományos Journal (Budapest, Hungary) P33-37

## References

1. Protection of information. Technical protection of information. Terms and definitions (DSTU 3396.2-97). [Valid from 01/01/1998]. (State Standard of Ukraine).
2. Laptev O.A, Barabash O.V., Savchenko V.V. Savchenko V.A., Sobchuk V.V., (2019) “The method of searching for digital means of illegal reception of information in information systems in the working range of Wi-Fi.”, *ISSN: 2350-0328 International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, July 2019, Vol. 6, Issue 7: 10101-10105. Print.
3. Savchenko V.A, Vorobyov O.M, Mykolaychuk R.A, Kurseietov T. (2016) “Model accuracy of local radio navigation system with consideration of instability of functioning of individual elements.” *ISSN 1729-3774 Eastern European Journal of Advanced Technologies, Information and Control system* Vol.3, 9 (81): 4-10. Print.
4. Hwang S., Yu D. (2013) “Clock Synchronization Algorithm for Pseudolite.” *Advanced Science and Technology Letters*. Vol. 44: 36-39. Print. doi: 10.14257/astl.2013.44.09
5. Cellmer S., Rapinski J., Rzepeca Z. (2011) “Pseudolites and their Applications.” *INGEO 2011, 5th International Conference on Engineering Surveying. Brijuni, Croatia*: 269–278. Print.

6. Tiwary K., Behera S. K., Sharada G., Singh A. (2010) “Modeling and Simulation of Pseudolite-Based Navigation: A GPS-Independent Radio Navigation System.” *Defense Science Journal*, Vol. 60, Issue 5: 541-550. Print.
7. *ECC Report 168. Regulatory Framework for Indoor GNSS Pseudolites. Electronic Communications Committee (ECC)* (2011), Miesbach: 20. Print.
8. Lorraine, KJ, Kumar D., Bhaskar, CV, Sipora K. (2014) “Analysis of Near-Far Effect and Multipath Mitigation Techniques for Pseudolite Based Positioning Applications.” *International Journal of Electronics & Communication Technology*. Vol. 5, Issue 3: 37-41. Print.
9. Hwang, S., Yu D. (2014) “Clock Synchronization of Pseudolite Using Time Transfer Technique Based on GPS Code Measurement.” *International Journal of Software Engineering and Its Applications*. Vol. 8, Issue 4: 35-40. Print.
10. Borio, D. Gioia C., Baldini G. (2016) “Asynchronous Pseudolite Navigation Using C . N0 Measurements.” *Journal of Navigation*, Vol. 69, Issue 03: 639-658. Print. doi: 10.1017/s037346331500082x
11. Laptev O.A. (2019) “A technique for determining the likelihood of unspoken information being received by a potential intruder.” *Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, VII (24), Issue: 200, 2019 July. [www.seanewdim.com](http://www.seanewdim.com): 27-31.*
- 12.. Laptev A.A., Sachenko V.A, Barabash O.V, Sachenko V.V, Matsko A. (2019) “The method of searching for digital vtfn’s of illegal information retrieval on the basis of cluster analysis.” *No.31 ISSN 1748-7110 Magyar Tudományos Journal (Budapest, Hungary): 33-37. Print.*

*Автори статті (Authors of the article)*

**Лаптев Олександр Анатолійович** – к.т.н., с.н.с, доцент кафедри систем інформаційного та кібернетичного захисту (Alexander Laptev – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Associate Professor of the Department of Information and Cybersecurity Systems). Phone:+380(67) 434 80 01. E-mail: [alaptev64@ukr.net](mailto:alaptev64@ukr.net). ORCID ID <http://orcid.org/0000-0002-4194-402X>

**Савченко Віталій Анатолійович** – д.т.н., професор, директор Навчально-наукового інституту захисту інформації (Savchenko Vitalii – Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the Educational-Scientific Institute of Information Protection). Phone: +380675046012. E-mail: [savitan@ukr.net](mailto:savitan@ukr.net). ORCID ID <http://orcid.org/0000-0002-3014-131X>.