

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Проректор з наукової роботи  
Національного технічного  
університету України  
“Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського”  
д.т.н., проф.



Віталій ПАСІЧНИК  
09 2024 р.

## ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів докторської дисертації Прогонова Дмитра Олександровича на тему “Структурний синтез та параметрична оптимізація методів побудови стегодетекторів для цифрових зображень”, поданої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.21 – системи захисту інформації.

(Витяг з протоколу № 5/2024 від 10 квітня 2024 р. розширеного засідання кафедри інформаційної безпеки Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”)

Тему дисертаційної роботи “Структурний синтез та параметрична оптимізація методів побудови стегодетекторів для цифрових зображень” затверджено на засіданні Вченої ради КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 7 від “9” листопада 2020 року).

Науковим консультантом затверджений д.т.н., проф. Мачуський Є.А.

Структурний підрозділ для проведення попередньої експертизи дисертації та рецензентів затверджено Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол №4 від “01” квітня 2024 року).

Заслухавши та обговоривши доповідь Прогонова Д.О., а також за результатами попередньої експертизи представленої дисертації ухвалили прийняти такий висновок:

### **1. Актуальність теми дослідження** полягає у наступному.

Ефективна протидія використанню противником (конкурентом) несилкових методів впливу для порушення роботи систем критичної інфраструктури потребує запровадження багаторівневого та всеосяжного захисту критичної інформаційної інфраструктури державних та приватних організацій. При цьому особлива увага приділяється заходам, спрямованим на зниження загроз щодо витоку інформації з обмеженим доступом при обміні даними в ін-

формаційно-комунікаційних системах, зокрема забезпеченню надійного виявлення прихованих (стеганографічних) каналів передачі інформації з обмеженим доступом.

Пріоритетним напрямком досліджень галузі стегоаналізу мультимедійних даних, зокрема цифрових зображення (ЦЗ), є розробка нових методів синтезу високоточних стегодетекторів (СД), здатних працювати в умовах обмеженості апріорних даних щодо особливостей використаного стеганографічного методу (СМ). Проте вирішення даної задачі наразі є ускладненим, враховуючи неможливість надійного виявлення стеганограм в умовах мінімізації ступеня заповнення ЗК стегоданими та нелінійною залежністю точності роботи СД від статистичних і спектральних характеристик оброблюваних ЦЗ. Недостатньо уваги в публікаціях приділяється розробці методів визначення демаскуючих ознак стеганограм для новітніх СМ, зокрема адаптивних стеганографічних методів (АСМ), що дозволяють мінімізувати зміни статистичних, спектральних та структурних параметрів зображень-контейнерів (ЗК) при вбудовуванні повідомлень. Також в низці теоретичних досліджень та практичних застосувань методів протидії роботі стеганографічних систем зв'язку існують проблеми, пов'язані з неможливістю визначення положення (локалізації) пікселів ЗК, використаних для приховання стегобітів, для розробки методів ефективних методів деструкції або ж вилучення (екстракції) вбудованих повідомлень. Це обумовлює актуальність та важливість науково-прикладної проблеми розробки високоточних методів виявлення стеганограм, здатних надійно працювати в умовах відсутності апріорних даних щодо особливостей використаних стеганографічних методів, малого ступеня заповнення ЗК стегоданими (менше 10%) та при значній варіативності параметрів досліджуваних ЦЗ.

## **2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Дисертаційна робота виконана згідно вимог щодо забезпечення захищеності та безперебійного функціонування інформаційних та комунікаційних систем об'єктів критичної інфраструктури, визначених в Концепції забезпечення національної системи стійкості, ухваленої Указом Президента України № 479/2021 від 27.09.2021 року. Тематика роботи включена до плану ініціативних науково-дослідних робіт на кафедрі інформаційної безпеки КПІ ім. Ігоря Сікорського, узгодженого з українським центром досліджень та розробок «Самсунг РнД Інститут Україна» та Інститутом кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України.

Результати дисертаційного дослідження були отримані та розвинуті у держбюджетній НДР, в якій автор був виконавцем: «Дослідження та застосування методів криптографічного аналізу важкозворотних перетворень у сучасних криптографічних системах захисту інформації з урахуванням додаткових даних: НДР «Кета» (держ. реєстр. № 0114U004643).

### 3. Наукова новизна отриманих результатів

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

1. Вперше визначено оптимальні методи попередньої обробки досліджуваних зображень за критерієм мінімізації помилки виявлення стеганограм при розробці СД. Дані методи спрямовані на визначення положення та подальше вилучення локальних збурень значень яскравості пікселів ЗК, обумовлених прихованням повідомлень.

2. Вперше розроблено метод для забезпечення надійного виявлення змін статистичних, спектральних та структурних параметрів ЗК, обумовлених вбудовуванням стегоданих. Це дає можливість створювати високоточні СД, здатні надійно працювати в умовах відсутності апріорних даних щодо використаного стегографічного методу, при збереженні відносно низької обчислювальної складності процедури налаштування стегодетектору.

3. Вперше запропоновано метод визначення положення пікселів ЗК, використаних для приховання окремих стегобітів повідомлення, який заснований на представленні задачі локалізації пікселів як задачі сегментації досліджуваного зображення.

4. Удосконалено метод синтезу структури та оптимізації параметрів високоточних стегодетекторів шляхом заміни декількох складних етапів налаштування СД на вирішення оптимізаційної задачі максимізації відстані між кластерами векторів, що відповідають статистичним параметрам ЗК та сформованих стеганограм.

5. Удосконалено метод робастної оцінки відмінностей між імовірнісними розподілами значень яскравості пікселів ЗК та стеганограм, що відрізняється використанням спеціальних показників, а саме відстані Хеллінгера  $D_H$ , відстані Бхаттачарая  $D_B$ ,  $\chi^2$ -квадрат відстані  $D_{\chi^2}$  та спектру відстаней Реньї  $D_R^\alpha$ .

6. Удосконалено методи підвищення точності роботи СД у випадку обмеженості апріорних даних щодо використаного СМ шляхом врахування нелінійних зв'язків між статистичними параметрами досліджуваних зображень. Запропонований метод спрямований на зменшення впливу даних зв'язків за рахунок проєкції векторів, які відповідають статистичним параметрам ЗК та сформованих стеганограм, до простору вищої розмірності.

7. Набули подальшого розвитку методи деструкції стеганограм за рахунок використання варіаційних методів аналізу багатовимірних сигналів для зниження впливу адитивних шумів при проведенні реконструкції вихідного виду ЗК за наявними (зашумленими) даними.

**4. Ступінь обґрунтованості наукових положень та висновків, сформульованих у дисертаційній роботі забезпечується:** ґрунтовному аналізі отриманих теоретичних результатів, що стосуються синтезу високоточних стегодетекторів, та їх узгодженні з теоретичними положеннями щодо досяжної межі імовірності виявлення стеганограм; порівняльному аналізу точності

роботи широкого спектру сучасних методів виявлення та деструкції стеганограм із залученням потужних тестових пакетів ЦЗ (загальною кількістю близько 1 мільйона зображень); критичному аналізу отриманих практичних результатів, а також зіставленням з результатами провідних дослідників в галузі стеганографії та стегоаналізу цифрових зображень; апробацією основних положень та результатів дисертації на провідних фахових наукових конференціях, де вони отримали схвальні відгуки; впровадження отриманих теоретичних напрацювань та практичних результатів в державних установах і приватних науково-дослідних організаціях для вирішення задач щодо автентифікації та перевірки цілісності ЦЗ, оцінки параметрів цифрових сигналів в умовах наявності сильних адитивних завад.

### **5. Теоретичне та практичне значення результатів роботи**

Теоретичне значення роботи полягає у розробці методів синтезу високоточних стегодетекторів, зданих працювати в умовах відсутності апріорних даних щодо використаного стеганографічного методу, мінімізації ступеня заповнення ЗК стегоданими та зміні в широких межах статистичних, спектральних і структурних параметрів досліджуваних зображень. Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено, що запропонований метод синтезу дозволяє наблизити точність роботи стегодетекторів до теоретичних оцінок досяжної імовірності виявлення стеганограм у всьому діапазоні змін ступеня заповнення ЗК стегоданими, що є недосяжним при використанні сучасних стегодетекторів.

У роботі вперше запропоновано метод визначення положення пікселів ЗК, використаних для приховання окремих стегобітів повідомлення, без необхідності використання апріорних відомостей щодо особливостей використаного стеганографічного методу. Запропонований метод дозволив не тільки підвищити ефективність методів деструкції стегоданих при забезпеченні мінімального впливу на статистичні та спектральні параметри ЦЗ, а й створити передумови для розробки методів вилучення (екстракції) прихованих повідомлень зі стеганограм

Запропонований метод формування спеціальних систем функцій для проведення реконструкції вихідного виду ЗК за наявними (зашумленими) даними дозволяє забезпечити високу точність реконструкції ЗК в умовах наявності сильних адитивних завад, а також обробки цифрових зображень, статистичні та спектральні параметри котрих змінюються в широких межах. Формування ССФ згідно запропонованого методу можливе при використанні відносно малої кількості прикладів вихідних (неспотворених) сигналів (в межах 15-30). Це обумовлює перспективність використання даного методу для вирішення задач обробки даних різної природи, зокрема акустичних та біометричних сигналів, де формування потужних пакетів тестових сигналів є неможливим.

Результати дисертаційної роботи використано в центрі досліджень та розробок «Самсунг РнД Інститут Україна» при виконанні науково-дослідних

робіт в галузі перевірки автентичності цифрових зображень. Реалізація практичних результатів дисертаційної роботи дозволила отримувати важливу інформацію, що стосується оцінки статистичних та спектральних параметрів ЦЗ, для вирішення задач Управління оперативного зв'язку та електронних комунікацій ДСНС України. Запропоновані методи локалізації положення слабких локальних збурень на цифрових зображеннях використано в конструкторському бюро «Шторм» КПІ ім. Ігоря Сікорського при виконанні робіт за міжнародними контрактами. Розроблені методи визначення характеристик цифрових сигналів впроваджено в навчальний процес механіко-математичного факультету КНУ ім. Тараса Шевченка, кафедри телекомунікаційних та радіоелектронних систем Національного авіаційного університету, кафедри інформаційної безпеки КПІ ім. Ігоря Сікорського.

### **6. Апробація/використання результатів дисертації**

Основні положення дисертації розглядалися і обговорювалися на засіданнях кафедри фізико-технічних засобів захисту інформацій та кафедри інформаційної безпеки Навчально-наукового Фізико-технічного інституту КПІ ім. Ігоря Сікорського, науковому семінарі «Методи обчислювальної математики», що проводиться в Інституті кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України під керівництвом акад. Задіраки В.К. та акад. Хіміча О.М., а також 22 Міжнародних та 5 Всеукраїнських науково-практичних конференцій: IEEE International Scientific-Practical Conference “Problems of Infocommunications Science and Technology” (Харків, Україна, 2017, 2020, 2021); International Research and Practice Conference “Modern Methods, Innovations, and Experience of Practical Application in the Field of Technical Sciences” (Радом, Польща, 2017); Міжнародної науково-практичної конференції «Обробка сигналів та негаусівських процесів», присвяченої пам'яті професора Ю.П. Кунченка (Черкаси, Україна, 2017-2022); Міжнародної науково-технічної конференції «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи» (Київ, Україна, 2017-2020); Міжнародної науково-технічної конференції «Системний аналіз та інформаційні технології» (Київ, Україна, 2017-2018); X Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій» (Запоріжжя, Україна, 2020); Міжнародної науково-практичної конференції «Безпека інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах» (Київ, Україна, 2017); 25-го Міжнародного форуму «Радіоелектроніка та молодь в ХХІ столітті» (Харків, Україна, 2021); Міжнародної науково-практичної конференції «Захист інформації і безпека інформаційних систем» (Львів, Україна, 2017, 2019); Всеукраїнська науково-практична конференція “Theoretical and Applied Cybersecurity (TACS-2023)”, присвячена 100-річному ювілею академіка В.М. Глушкова (Київ, Україна, 2023); Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Теоретичні та прикладні проблеми фізики, математики та інформатики» (Київ, Україна, 2017-2020).

## **7. Оцінка змісту дисертації**

Всі положення дисертації, що виносяться до захисту, отримані автором особисто. Зміст дисертації викладено доступною мовою з використанням стандартних та загальноприйнятих наукових понять. Назва дисертації відповідає її змісту.

У публікаціях, написаних у співавторстві, здобувач приймав участь в проведенні аналітичного огляду сучасних методів стеганографії та стегоаналізу цифрових зображень, підготовці експериментальних досліджень точності виявлення стеганограм в залежності від типу та параметрів методів попередньої обробки зображень та аналізу отриманих результатів, проведенні порівняльного аналізу точності роботи новітніх стегодетекторів для цифрових зображень, зокрема заснованих на використанні комплексних статистичних моделей та штучних нейронних мереж, розробці методів синтезу спеціальних систем функцій для проведення попередньої обробки досліджуваних зображень, а також адаптації даних систем функцій для обробки сигналів різної фізичної природи, теоретичному обґрунтуванні вирішення задачі локалізації пікселів зображення-контейнеру, використаних для приховання окремих стегобітів, як задачі сегментації зображень. Особистий внесок здобувача у даних публікаціях наведено в роботі у списку опублікованих наукових праць за темою дисертації.

Основна частина результатів представлена здобувачем особисто на наукових конференціях.

Дисертація є цілісною, логічно завершеною науковою працею, що за своєю структурою і змістом відповідає вимогам МОН України до докторських дисертацій, та паспорту спеціальності 05.13.21 – системи захисту інформації.

## **8. Дотримання принципів академічної доброчесності**

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Прогонова Д.О. визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

**9. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача.**

За результатами досліджень опубліковано 55 наукових праць, у тому числі:

- 11 статей у наукових періодичних виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України (в т.ч. 5 включених до категорії “А”);
- 7 статей у наукових періодичних виданнях інших держав з напрямку, з якого підготовлено дисертацію;
- 3 статті у виданнях, віднесених до першого — третього квартилів (Q1—Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports;
- 3 міжнародні патенти на винахід;

- 30 тез та доповідей на наукових конференціях;
- 1 підручник, що додатково відображає результати дисертації.

### Статті у наукових фахових виданнях України

1. **Прогонов Д.О.** Аналіз змін  $\chi^2$ -квадрат відстані між розподілами яскравості пікселів при фільтрації зображень-контейнерів та стеганограм [Текст] / **Прогонов Д.О.** // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія «Радіотехніка. Радиоапаратобудування». – 2018. – № 75. – с.54–60. – DOI: <https://doi.org/10.20535/RADAP.-2018.75.54-60>. (Категорія «А», включене до наукометричної бази **Web of Science**).
2. **Прогонов Д.О.** Аналіз змін  $\chi^2$ -квадрат відстані між розподілами яскравості пікселів при фільтрації стеганограм, сформованих згідно методу UNWARD [Текст] / **Прогонов Д.О.** // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія – Радіотехніка. Радиоапаратобудування. – № 76, 2019. – с.72-76. – DOI: <https://doi.org/10.20535/RADAP.2019.76.72-76>. (Категорія «А», включене до наукометричної бази **Web of Science**).
3. **Progonov D.** Statistical stegdetectors performance by message re-embedding [Text] / **Progonov D.** // Theoretical and Applied Cybersecurity, Vol.3, No. 1, 2021. – pp. 5-14. – DOI: <https://doi.org/10.20535/tacs.2664-29132021.1.-251291> (Категорія «Б»).
4. **Progonov D.O.** Influence of digital images preliminary noising on statistical stegdetectors performance [Text] / **D. Progonov** // Radio Electronics, Computer Science, Control. – Vol. 1(56). – 2021. – p. 184-193. – DOI: <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2021-1-18> (Категорія «А», включене до наукометричної бази **Web of Science**).
5. **Progonov D.O.** Detection Of Stego Images With Adaptively Embedded Data By Component Analysis Methods [Text] / **Progonov D.O.** // Advances in Cyber-Physical Systems (ACPS). Vol. 6, Number 2. – 2021. – pp. 146-154. – DOI: <https://doi.org/10.23939/acps2021.02.146> (Категорія «Б»).
6. **Progonov D.O.** Effectiveness of stego images pre-noising with fractional noise for digital image steganalysis [Text] / **Progonov D.O.** // Applied Aspects of Information Technology. – Vol. 4, issue 3, pp. 261-270. – 2021. – DOI: <https://doi.org/10.15276/aaait.03.2021.5>. (Категорія «Б»).
7. **Progonov Dmytro.** Effectiveness of stego image calibration via feature vectors re-projection into high-dimensional spaces [Text] / **Progonov Dmytro** // Radio Electronics, Computer Science, Control. Vol. 2 (61). – 2022. – pp. 165-174. – DOI: <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2022-2-16>. (Категорія «А», включене до наукометричної бази **Web of Science**).
8. **Progonov Dmytro.** Investigation of Digital Image Preprocessing Methods Influence on the Accuracy of Stego Images Detection [Text] / **Progonov Dmytro** // Visnyk NTUU KPI Serii A - Radiotekhnika Radioaпаратobuduvannia, Vol. (89). – 2022. – pp. 54-60. DOI: <https://doi.org/10.20535/RADAP.2022.89.54-60> (Категорія «А», включене до наукометричної бази **Web of Science**).

9. **Progonov Dmytro**. Effectiveness of stego images pre-processing with spectral analysis methods [Text] / **Progonov Dmytro**, Lutsenko Volodymyr // Applied Aspects of Information Technology, Vol. 5, No. 1. – 2022. – pp. 64-75. – DOI: <https://doi.org/10.15276/aait.01.2022.6>. (Категорія «Б») *Особистий внесок: аналітичний огляд сучасних методів попередньої обробки ЦЗ в задачах стегааналізу, аналіз отриманих експериментальних даних точності виявлення стеганограм при використанні методів вейвлет-аналізу та декомпозиції сигналу із застосуванням складних систем функцій.*

10. **Progonov Dmytro**. Performance Analysis Of Stego Image Calibration With Usage Of Denoising Autoencoders [Text] / **Progonov Dmytro** // Advances in Cyber-Physical Systems (ACPS). Volume 7, Number 1. – 2022. – pp. 46-54, DOI: <https://doi.org/10.23939/acps2022.01.046>. (Категорія «Б»).

11. **Progonov Dmytro**. Destruction of stego images formed by adaptive embedding methods with dictionary learning methods [Text] / **Progonov Dmytro** // Theoretical and Applied Cybersecurity. Vol. 4 No. 1. – 2022. – DOI: <https://doi.org/10.20535/tacs.2664-29132022.1.254883> (Категорія «Б»).

#### Статті у іноземних періодичних наукових фахових виданнях

12. **Dmytro Progonov**. Statistical Steganalysis of Multistage Embedding Methods [Text] / **Dmytro Progonov** // Information Theories and Applications. – Volume 5, Number 1. – 2016. – pp. 23-36. (Фахове видання).

13. **Dmytro Progonov**. Multiclass detector for modern steganographic methods [Text] / **Dmytro Progonov** // Information Theories and Applications. – Vol. 24, No. 3. – 2017. – pp. 55-71. (Фахове видання).

14. **Dmytro Progonov**. Information-Theoretic Estimations of Cover Distortion by Adaptive Message Embedding [Text] / **Dmytro Progonov** // Information Theories and Applications. Vol. 25, No. 1. – 2018. – pp. 47-62. (Фахове видання).

15. **Dmytro Progonov**. Analysis of changes the Renyi divergence for pixel brightness distributions by stego images Wiener filtering [Text] / **Dmytro Progonov** // Information Technologies and Knowledge, Vol. 12, No. 2. – 2018. – pp. 3-25. (Фахове видання).

16. **Progonov D**. Steganalysis of adaptive embedding methods by message re-embedding into stego images [Text] / **D. Progonov**, V. Lucenko // Information Theories and Applications, Vol. 27, Issue 4. – 2020. – pp. 3-24. (Фахове видання). *Особистий внесок: оригінальні результати порівняльного аналізу точності виявлення стеганограм при проведенні повторного (контрольного) вбудовування.*

17. **Progonov D**. Multi-Datasets Evaluation Of GB-Ras Network Based Stegdetectors Robustness To Domain Adaptation Problem [Text] / **Progonov D**. // Information Theories and Applications. Volume 28, Number 4. – 2021. – pp. 372-396. (Фахове видання).

18. **Progonov Dmytro**. Performance of stego images calibration using advanced denoising methods [Text] / **Progonov Dmytro** // Information Theories



and Applications, Vol. 29, Issue 1. – 2022. – pp. 3-35. – DOI: <https://doi.org/10.54521/ijita29-01-p01>. (Фахове видання).

**Статті у виданнях, віднесених до першого - третього квартилів (Q1-Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports**

19. **Progonov Dmytro**. Analyzing The Accuracy Of Detecting Steganograms Formed By Adaptive Steganographic Methods When Using Artificial Neural Networks [Text] / **Progonov Dmytro**, Yarysh Mariia // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Vol. 1, Issue 9 (115). – 2022. – pp.45-55. – DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.251350>. (Категорія «А», включене до наукометричної бази **Scopus**, **квартиль Q3**). *Особистий внесок: аналітичний огляд сучасних методів виявлення стеганограм з використанням ШНМ, аналіз отриманих експериментальних даних щодо точності виявлення стеганограм з використання новітніх типів СД.*

20. Lutsenko Volodymyr. Application of the principle of information objects description formalization for the design of information protection systems [Text] / Lutsenko Volodymyr, **Dmytro Progonov** // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 6 (9 (120)). – 2022. – pp 28–37. – DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.269030>. (Категорія «А», включене до наукометричної бази **Scopus**, **квартиль Q2**). *Особистий внесок: аналітичний огляд сучасних методів стегааналізу цифрових даних та їх застосування для побудови комплексних систем захисту інформації.*

21. **Progonov Dmytro**. Behavior-based user authentication on mobile devices in various usage contexts [Text] / **Progonov Dmytro**, Valentyna Cherniakova, Pavlo Kolesnichenko, Andriy Oliynyk // EURASIP J. on Info. Security, Vol. 6. – 2022. – DOI: <https://doi.org/10.1186/s13635-022-00132-x>. (включене до наукометричних баз **Scopus** та **Web of Science**, **квартиль Q2**). *Особистий внесок: розробка методів синтезу спеціальних систем функцій для аналізу та знешумлення даних з біометричних сенсорів.*

**Міжнародні патенти на винахід**

22. User authentication method and device for executing same (2021). Inventors: **Dmytro Progonov**, Oleh Sych, Pavlo Kolesnichenko, Valentyna Cherniakova, Andriy Oliynyk, Veronika Prokhorchuk, Yevhenii Yakishyn. Assignee: Samsung Electronics Co Ltd. Ідентифікатор документу в міжнародних системах індексації патентів: US20220350869A1 (USA), WO2021149882A1 (WIPO), KR20210095282A (Republic of Korea). *Особистий внесок: розробка методів синтезу спеціальних систем функцій для аналізу та знешумлення даних з біометричних сенсорів.*

23. Electronic device and method of controlling the same (2021). Inventors: Dmytro Likhomanov, Oleksandr Shchur, Andriy Oliynyk, **Dmytro Progonov**. Assignee: Samsung Electronics Co Ltd. Ідентифікатор документу в міжнародних системах індексації патентів: US11575514B2 (USA), US20210320798A1

(USA), KR20210125655A (Republic of Korea). *Особистий внесок: розробка методів синтезу спеціальних систем функцій для аналізу та знешумлення даних з біометричних сенсорів.*

24. Device for protecting content by using biometric information and operating method thereof (2023). Inventors: Andriy Oliynyk, **Dmytro Progonov**, Pavlo Kolesnichenko, Valentyna Cherniakova, Yevhenii Yakishyn, Yaroslav Lavrenyuk. Assignee: Samsung Electronics Co Ltd. Ідентифікатор документу в міжнародних системах індексації патентів: WO2023153637A1 (WIPO), PCT/KR2022/021652 (Republic of Korea). *Особистий внесок: розробка методів синтезу спеціальних систем функцій для аналізу та знешумлення даних з біометричних сенсорів.*

### Публікації у збірниках наукових праць, матеріалах конференцій

25. **Прогонов Д.О.** Ефективність універсального стегодетектору Фарида при вбудовуванні даних у цифрові зображення згідно адаптивних методів [Текст] / **Прогонов Д.О.** // Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи». – Київ, 2017. – с. 266-268;

26. **Прогонов Д.О.** Вплив невідповідності областей приховання повідомлень та проведення стеогоаналізу на ефективність статистичних стегодетекторів [Текст] / **Прогонов Д.О.** // XIX Міжнародна науково-технічна конференція «Системний аналіз та інформаційні технології». – Київ, 22-25 травня, 2017. – ННК «ІПСА», НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» – с. 317-318;

27. Дорошенко А.В. Виявлення стегаграм з використанням авторегресійних моделей зображення-контейнеру [Текст] / Дорошенко А.В., **Прогонов Д.О.** // VI міжнародна науково-практична конференція «Обробка сигналів та негаусівських процесів», присвяченої пам'яті професора Ю.П. Кунченка. – Черкаси: ЧДТУ, 2017. – с. 209-211. *Особистий внесок: удосконалено виявлення стегаграм з даними, вбудованими в області перетворення ЗК, на основі аналізу параметрів авторегресійних моделей кореляції значень яскравості суміжних пікселів ЦЗ.*

28. **Прогонов Д.О.** Ефективність універсальних стегодетекторів у випадку використання адаптивних методів формування стегаграм [Текст] / **Прогонов Д.О.**, Богайчук В.О., Терещенко Є.М. // VI міжнародна науково-практична конференція «Обробка сигналів та негаусівських процесів», присвяченої пам'яті професора Ю.П. Кунченка. – Черкаси: ЧДТУ, 2017. – с. 232-234. *Особистий внесок: аналіз експериментальних даних щодо точності виявлення стегаграм, сформованих згідно АСМ, при використанні новітніх типів універсальних стегодетекторів.*

29. Дорошенко А.В. Визначення параметрів стегаграм з використанням авторегресійних моделей цифрових зображень [Текст] / Дорошенко А.В., **Прогонов Д.О.** // XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Теоретичні та прикладні проблеми фізики, математики та інформатики». – Том. 1 – Київ, 25-27 травня 2017 р. – К.: ВПІ ВПК «Політехніка», 2017. – с. 123-125. *Особистий внесок: метод*

*оцінки ступеня заповнення ЗК стегаданими за величиною зміни параметрів авторегресійних моделей ЦЗ, обумовлених прихованням повідомлень до ЗК.*

30. Яцура П.П. Ефективність використання спеціалізованих методів обробки цифрових зображень для деструкції стеганограм [Текст] / Яцура П.П., **Прогонов Д.О.** // XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Теоретичні та прикладні проблеми фізики, математики та інформатики». – Том. 1 – Київ, 25-27 травня 2017 р. – К.: ВПІ ВПК «Політехніка», 2017. – с. 150-152. *Особистий внесок: аналіз експериментальних даних щодо ступеня деструкції стеганограм, сформованих згідно багатоступінчастим СМ, при використанні методів компонентного аналізу сигналів.*

31. **Прогонов Д.О.** Ефективність варіаційних методів шумоподавлення у задачах активного стегааналізу цифрових зображень [Текст] / **Прогонов Д.О.**, Яцура П.П. // Міжнародна науково-практична конференція «Безпека інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах». – Київ, 25-26 травня 2017 р. – НДЦ «Тезіс», НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – с. 217. *Особистий внесок: запропоновано метод деструкції стеганограм з даними, вбудованими в частотній області ЗК, з використанням варіаційних методів шумоподавлення при збереженні статистичних параметрів оброблюваних зображень.*

32. **Прогонов Д.О.** Виявлення стеганограм, сформованих комплексними методами, з використанням стегадетектора Фаріда [Текст] / **Прогонов Д.О.**, Голубничий В.О. // Міжнародна науково-практична конференція «Безпека інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах». – Київ, 25-26 травня 2017 р. – НДЦ «Тезіс», НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – с. 218. *Особистий внесок: удосконалено універсальний стегадетектор Фаріда для виявлення стеганограм, сформованих згідно комплексних СМ.*

33. **Прогонов Д.О.** Порівняльний аналіз точності виявлення стеганограм при використанні статистичних моделей цифрових зображень [Текст] / **Прогонов Д.О.**, Сівкович П.О., Могиліна Ю.В. // Міжнародна науково-практична конференція «Захист інформації і безпека інформаційних систем». – Львів, 1-2 червня 2017 р. – Видавництво Львівської політехніки, 2017. – с. 101-102. *Особистий внесок: аналіз експериментальних даних щодо точності виявлення стеганограм, сформованих згідно АСМ, при використанні сучасних статистичних моделей ЗК.*

34. Богайчук В. Виявлення стеганограм, сформованих згідно адаптивного методу SI-UNIWARD, з використанням універсальних стегадетекторів [Текст] / Богайчук В., Терещенко Є., **Прогонов Д.** // Міжнародна науково-практична конференція «Захист інформації і безпека інформаційних систем». – Львів, 1-2 червня 2017 р. – Видавництво Львівської політехніки, 2017. – с. 105-106. *Особистий внесок: запропоновано метод підвищення точності роботи сучасних СД для виявлення стеганограм, сформованих згідно стегаграфічного методу SI-UNIWARD.*

35. Голубничий В. Вплив вибору базисних функцій вейвлет-перетворення на ефективність стегадетектору Фаріда [Текст] / Голубничий В., **Прогонов Д.** // Міжнародна науково-практична конференція «Захист інфор-

мації і безпека інформаційних систем». – Львів, 1-2 червня 2017 р. – Видавництво Львівської політехніки, 2017. – с. 107-108. *Особистий внесок: запропоновано метод підвищення точності виявлення стеганограм при використанні універсального стегадетектору Фаріда шляхом вибору оптимальних базисних функцій вейвлет-перетворення за критерієм мінімізації помилки виявлення стеганограм.*

36. **Progonov Dmytro**. Structural Stegdetector Performance in case of Side-Informed Message Embedding [Text] / **Progonov Dmytro** // 4<sup>th</sup> IEEE International Conference “Problems of Infocommunications Science and Technology”. – Kharkiv, 10-13 October, 2017. – pp. 232-236. – DOI: 10.1109/INFOCOMMST.-2017.8246386.

37. Бука М.А. Деструкція прихованих повідомлень шляхом масштабування контейнеру [Текст] / Бука М.А., **Прогонов Д.О.** // International Research and Practice Conference “Modern Methods, Innovations, and Experience of Practical Application in the Field of Technical Sciences”. – 27-28 December 2017, Radom, Poland. – pp. 9-13. *Особистий внесок: удосконалено метод деструкції стегаданих шляхом використання спеціальних методів масштабування ЦЗ.*

38. **Прогонов Д.О.** Теоретико-інформаційні оцінки спотворень контейнерів при формуванні стеганограм [Текст] / **Прогонов Д.О.** // Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи». – Київ, 19-25 березня 2018. – с. 273-275.

39. Богайчук В.О. Деструкція стеганограм з використанням методу головних компонент [Текст] / Богайчук В.О., **Прогонов Д.О.** // XVI Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Теоретичні та прикладні проблеми фізики, математики та інформатики». – Том. 1 – Київ, 26-27 квітня 2018 р. – ВПІ ВПК «Політехніка». – с. 113-115. *Особистий внесок: удосконалено метод надійної деструкції стеганограм при мінімізації змін статистичних параметрів ЗК.*

40. Остапюк Н.В. Виявлення стеганограм з використанням ріджлет-перетворення [Текст] / Остапюк Н.В., **Прогонов Д.О.** // XVI Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Теоретичні та прикладні проблеми фізики, математики та інформатики». – Том. 1 – Київ, 26-27 квітня 2018 р. – ВПІ ВПК «Політехніка». – с. 127-129. *Особистий внесок: запропоновано метод деструкції стеганограм при використанні новітніх методів вейвлет-аналізу, заснованих на застосуванні спеціальних типів вейвлетів.*

41. Терещенко Є.М. Методи реконструкції контейнерів з використанням розріджених та надлишкових базисів [Текст] / Терещенко Є.М., **Прогонов Д.О.** // XVI Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Теоретичні та прикладні проблеми фізики, математики та інформатики». – Том. 1 – Київ, 26-27 квітня 2018 р. – ВПІ ВПК «Політехніка». – с. 138-141. *Особистий внесок: запропоновано методи оцінки статистичних параметрів ЗК за наявними зашумленими даними з використанням математичного апарату складних систем функцій.*

42. Чайка Д.В. Виявлення стеганограм, сформованих згідно адаптивних методів, з використанням статистичної моделі PHARM [Текст] / Чайка Д.В.,

**Прогонов Д.О.** // XVI Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Теоретичні та прикладні проблеми фізики, математики та інформатики». – Том. 1 – Київ, 26-27 квітня 2018 р. – ВПІ ВПК «Політехніка». – с. 144-146. *Особистий внесок: аналіз результатів експериментального дослідження точності виявлення стеганограм, сформованих згідно АСМ, при використанні статистичної моделі PHARM.*

43. **Прогонов Д.О.** Теоретико-інформаційні оцінки стійкості методів UNIWARD до стегоаналізу [Текст] / **Прогонов Д.О.** // XX Міжнародна науково-технічна конференція «Системний аналіз та інформаційні технології». – Київ, 21-24 травня, 2018. – ННК «ІПСА», НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» – с. 256.

44. Yulia Mohylina. Stego images destruction using a decomposition in the basis formed using K-SVD algorithm [Text] / Yulia Mohylina, **Dmytro Progonov**, Vladyslav Bohachuk // 7<sup>th</sup> International Scientific and Technical Conference “Information Protection and Information Systems Security”. – Lviv, 30-31 May 2019. – pp. 98-99. *Особистий внесок: запропоновано метод надійної деструкції прихованих повідомлень при збереженні мінімальних візуальних змін ЗК із застосуванням математичного апарату спеціальних систем функцій.*

45. Yelizaveta Tereshchenko. Stego images calibration using wavelet transformation [Text] / Yelizaveta Tereshchenko, **Dmytro Progonov** // 7<sup>th</sup> International Scientific and Technical Conference “Information Protection and Information Systems Security”. – Lviv, 30-31 May 2019. – pp. 106-107. *Особистий внесок: порівняльний аналіз точності виявлення стеганограм, сформованих згідно АСМ, при проведенні попередньої обробки ЦЗ з використанням вейвлет-стиснення.*

46. **Прогонов Д.О.** Аналіз точності виявлення стеганограм, сформованих адаптивними методами, при додатковому зашумленні зображень-контейнерів [Текст] / Прогонов Д.О. // Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи». – Київ, 18-24 листопада 2019. – с. 225-227

47. Яриш М.Б. Використання згоркових нейронних мереж для оцінки статистичних характеристик стеганограм [Текст] / Яриш М.Б., **Прогонов Д.О.** // XVIII Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Теоретичні та прикладні проблеми фізики, математики та інформатики». – Київ, 12-13 травня 2020 р. – ВПІ ВПК «Політехніка». – с. 132-134. *Особистий внесок: аналіз експериментальних результатів дослідження точності виявлення стеганограм, сформованих згідно АСМ, при використанні сучасних стегодетекторів на основі згорткових нейронних мереж.*

48. **Progonov Dmytro.** Performance of Statistical Stegdetectors in Case of Small Number of Stego Images in Training Set [Text] / **Progonov Dmytro** // IEEE International Scientific-Practical Conference “Problems of Infocommunications Science and Technology”. – Kharkiv, 2020.

49. **Прогонов Д.О.** Вплив попереднього зашумлення на точність виявлення стеганограм, сформованих згідно адаптивних методів MG та MiPOD [Текст] / **Прогонов Д.О.** // X Міжнародна науково-практична конференція

«Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій». – Запоріжжя: Запорізький національний технічний університет, 2020. – с. 167-168;

50. **Прогонов Д.О.** Ефективність стегааналізу цифрових зображень у випадку попередньої фільтрації стеганограм, сформованих згідно адаптивних методів MG та MiPOD [Текст] / **Прогонов Д.О.** // Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи». – Київ, 16-22 листопада 2020.

51. Яриш М.Б. Вплив регуляризації нейронної мережі SRNet на точність виявлення стеганограм, сформованих згідно адаптивних методів [Текст] / Яриш М.Б., **Прогонов Д.О.** // XXV Міжнародний форум «Радіоелектроніка та молодь в XXI столітті», м. Харків, 20-21 квітня 2021 р. – с. 138-139. *Особистий внесок: аналіз експериментальних даних точності виявлення стеганограм, сформованих згідно АСМ, в залежності від застосовуваних методів регуляризації параметрів нейронної мережі SRNet.*

52. **Dmytro Progonov.** Stego Images Decomposition Using Shallow Denoising Autoencoders [Text] / **Dmytro Progonov** // IEEE International Conference “Problems of Infocommunications Science and Technology”. – Kharkiv, 2021.

53. **Прогонов Д.О.** Виявлення стеганограм з використанням методів адаптивної фільтрації цифрових зображень [Текст] / **Прогонов Д.О.** // VIII Міжнародна науково-практична конференція «Обробка сигналів і негаусівських процесів», присвячена пам'яті професора Ю.П. Кунченка. [Електронний ресурс] – Черкаси: ЧДТУ, 2021 с. 192-194.

54. Маманчук М.М. Локалізація позицій стегобітів, вбудованих до зображень-контейнерів з використанням адаптивних стегаграфічних методів HUGO та WOW [Text] / Маманчук М.М., **Прогонов Д.О.** // Всеукраїнська науково-практична конференція “Theoretical and Applied Cybersecurity”, присвячена 100-річному ювілею академіка В.М. Глушкова. КПІ ім. Ігоря Сікорського НН ФТІ. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2023. – ISBN 978-966-990-083-8 – с. 42-45. *Особистий внесок: запропоновано представлення задачі локалізації позиції пікселів зображення-контейнеру, використаних для приховання стегобітів повідомлення, як задачі сегментації зображень з використанням штучних нейронних мереж.*

### **Матеріали, що додатково відображають результати дисертації**

55. Конахович Г.Ф. Комп'ютерна стегаграфічна обробка й аналіз мультимедійних даних [Текст] / Конахович Г.Ф., **Прогонов Д.О.**, Пузиренко О.Ю. – Підручник. – Київ: «Центр учбової літератури», 2018. – 558 с. – ISBN 978-617-673-741-4. *Особистий внесок: теоретичні та експериментальні дослідження ефективності використання спеціальних методів структурного аналізу сигналів в задачах виявлення стеганограм, запропоновані методи виявлення стеганограм з даними, вбудованими з використанням багатоетапних стегаграфічних методів.*

Якість та кількість публікацій відповідають “Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук”.

**ВВАЖАТИ**, що дисертаційна робота Прогонова Дмитра Олександровича “Структурний синтез та параметрична оптимізація методів побудови стегодетекторів для цифрових зображень”, що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, є кваліфікаційною науковою працею, виконаною здобувачем самостійно, за своїм науковим рівнем, практичною і теоретичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам п.7 та п.9 “Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук”, що їх пред’являють до докторських дисертацій, та паспорту спеціальності 05.13.21 – системи захисту інформації.

**РЕКОМЕНДУВАТИ** дисертаційну роботу “Структурний синтез та параметрична оптимізація методів побудови стегодетекторів для цифрових зображень”, подану Прогоновим Дмитром Олександровичем на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, до захисту у спеціалізованій раді Д 26.002.29 за спеціальністю 05.13.21 – системи захисту інформації.

Головуючий на засіданні  
Заступник директора  
Навчально-наукового  
Фізико-технічного інституту,  
к.ф.-м.н., доц.

Сергій СМІРНОВ

Заступник завідувача кафедри  
інформаційної безпеки,  
к.т.н., доц.

Ірина СТЬОПОЧКІНА

Рецензенти:

Професор кафедри математичних  
методів захисту інформації,  
д.ф.-м.н., доц.

Михайло САВЧУК

Завідувач кафедри інформаційної  
безпеки, д.т.н., проф.

Дмитро ЛАНДЕ

Завідувач кафедри прикладної  
математики, д.т.н., проф.

Олег ЧЕРТОВ