

Голові разової спеціалізованої  
вченої ради  
Державного університету  
інформаційно-комунікаційних  
технологій  
доктору технічних наук, професору  
Легоміновій Світлані Володимирівні  
03110, м. Київ, вул, Солом'янська, 7

## **ВІДГУК**

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора,  
завідувача кафедри математичного забезпечення комп'ютерних систем  
Одеського національного університету імені І. І. Мечникова  
Малахова Євгенія Валерійовича на дисертаційну роботу  
Мішкура Юрія Валентиновича на тему: «Інформаційна технологія  
стегааналізу зображень на основі глибокого навчання та мультимодальних  
моделей», подану на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань  
12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

### **Актуальність теми дисертації.**

Стрімкий розвиток цифрових технологій, систем штучного інтелекту та сучасних засобів прихованої передачі даних зумовлює необхідність удосконалення методів виявлення прихованої інформації в цифрових зображеннях. Особливої актуальності ця проблема набуває в умовах поширення адаптивних алгоритмів стеганографії, які використовують складні математичні механізми мінімізації статистичних спотворень та забезпечують високий рівень прихованості інформації.

Сучасні методи приховування даних у цифрових зображеннях активно використовують алгоритми машинного навчання, адаптивні схеми вбудовування та складні математичні моделі, що значно ускладнює їх виявлення традиційними засобами стегааналізу. У таких умовах особливого значення набуває розроблення нових інформаційних технологій, здатних поєднувати можливості високочастотної обробки сигналів, глибокого навчання та інтелектуального аналізу даних.

Перспективним напрямом є використання згорткових нейронних мереж для автоматичного формування інформативних ознак стеганографічного втручання та мультимодальних великих мовних моделей для підвищення інтерпретованості результатів аналізу. Саме такому підходу присвячено дисертаційну роботу Мішкура Ю.В.

Таким чином, дисертаційне дослідження спрямоване на вирішення актуального науково-прикладного завдання у сфері комп'ютерної інженерії та інформаційних технологій, що визначає його наукову та практичну значущість.

### **Оцінка обґрунтованості та достовірності наукових положень.**

Наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи є достатньо обґрунтованими та достовірними.

Для досягнення поставленої мети автором використано сучасні методи цифрової обробки сигналів, високочастотної фільтрації, математичного моделювання, глибокого навчання, статистичного аналізу та мультимодального аналізу даних.

Достовірність отриманих результатів підтверджується використанням відомих відкритих наборів даних, зокрема ALASKA2, проведенням серії обчислювальних експериментів, порівняльним аналізом сучасних нейромережових архітектур, а також статистичною оцінкою ефективності запропонованих рішень.

Результати досліджень отримано із застосуванням сучасних програмних засобів та загальновизнаних підходів до побудови і тестування систем машинного навчання. Наукові висновки логічно випливають із проведених досліджень та підтверджуються результатами експериментів.

### **Оцінка новизни наукових результатів дисертаційного дослідження.**

У дисертаційній роботі одержані наступні нові наукові результати:

1. Вперше розроблено гібридну архітектуру стегааналізу, яка за рахунок поєднання блоку паралельної багатомасштабної високочастотної фільтрації із семантичним аналізом мультимодальних великих мовних моделей, використання механізму формування природномовних інтерпретацій результатів детекції, інтеграції CNN-компонента з MLLM-компонентом через спеціалізований шар-адаптер та реалізації механізму локального мультимодального аналізу на платформі Ollama, дозволила забезпечити підвищення точності та інтерпретованості процесів виявлення прихованої інформації у цифрових зображеннях, а також формування обґрунтованих природномовних висновків щодо характеру виявлених аномалій.

2. Вперше запропоновано механізм семантичного арбітражу в задачах виявлення прихованої інформації, який за рахунок використання мультимодальних великих мовних моделей для верифікації результатів нейромережевого класифікатора, формування контекстно-залежної оцінки аномалій, аналізу особливостей текстурних областей зображення та інтеграції семантичних і статистичних ознак у межах єдиного процесу прийняття рішень, дозволив ефективно розрізняти природний шум складних текстур від цілеспрямованого стеганографічного втручання та підвищити достовірність результатів стегааналізу.

3. Удосконалено структуру вхідного шару стегааналітичних нейронних мереж, яка за рахунок інтеграції механізму адаптивного перерахунку ваг каналів ознак (SE-блоків) для паралельних груп фільтрів різних просторових розмірів, використання механізму селективного підсилення інформативних ознак стегошуму та адаптивного балансування внеску багатомасштабних високочастотних компонентів, дозволила підвищити чутливість системи до дрібнорозмірних артефактів стеганографічного втручання та покращити якість

виявлення прихованої інформації в умовах складних текстур і JPEG-стиснення.

4. Дістала подальший розвиток модель багатомасштабної попередньої обробки зображень, яка за рахунок одночасного використання спрямованих високочастотних ядер  $3 \times 3$ ,  $5 \times 5$  та  $7 \times 7$  пікселів, поєднання просторового та частотного аналізу ознак вбудовування, формування багатоканального представлення залишкових шумів та інтеграції результатів багатомасштабної фільтрації у єдиний вхідний простір CNN-класифікатора, дозволила одночасно ідентифікувати ознаки прихованого вбудовування як у просторовому, так і в частотному доменах та підвищити ефективність стегааналізу цифрових зображень.

Отримані результати є новими та мають суттєве значення для розвитку інформаційних технологій стегааналізу, методів машинного навчання та інтелектуального аналізу цифрових даних.

#### **Практична цінність отриманих результатів.**

Практична цінність дисертаційної роботи полягає у створенні ефективної інформаційної технології стегааналізу цифрових зображень, яка може бути використана у системах кібербезпеки, цифрової криміналістики, захисту інформації та автоматизованого моніторингу цифрового контенту.

Розроблена автором модель HPF+ResNet50+Gemma3:12b забезпечує високий рівень точності виявлення прихованої інформації навіть за умов низького рівня вбудовування повідомлень.

Практичне значення також мають запропоновані варіанти реалізації системи на базі різних архітектур глибокого навчання, що дозволяє адаптувати розроблену технологію до вимог конкретних інформаційних систем та обчислювальних платформ.

Отримані результати можуть бути використані під час створення спеціалізованих програмно-апаратних комплексів виявлення прихованої інформації, а також у навчальному процесі закладів вищої освіти при підготовці фахівців з інформаційних технологій та кібербезпеки.

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

Дисертаційне дослідження Мішкура Ю.В. виконано відповідно до пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки України і є складовою науково-дослідної роботи Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій «Комплексна розробка прикладних IT-рішень для підвищення продуктивності комп'ютерних систем у комерційному та соціальному секторі» (№ ДР 0125U003178).

#### **Повнота викладу основних результатів дисертації в публікаціях.**

Основні результати дисертаційного дослідження достатньою мірою опубліковані у наукових працях автора.

За темою дисертації опубліковано наукові статті у фахових виданнях України, праці у виданнях, що індексуються міжнародними наукометричними базами даних, а також тези міжнародних науково-практичних конференцій.

Опубліковані праці повною мірою відображають зміст дисертаційної роботи та її основні наукові результати.

### **Оцінка змісту дисертації, відповідність встановленим вимогам щодо оформлення.**

Дисертаційна робота має логічну структуру, складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

Матеріал викладено послідовно та аргументовано. Текст роботи характеризується достатнім науковим рівнем, а отримані результати належним чином обґрунтовані. Надані матеріали характеризуються послідовним викладенням теоретичних і практичних результатів і повністю відповідають вимогам до оформлення дисертацій, передбаченим постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

### **Зауваження до проведеного дисертаційного дослідження.**

Разом із позитивною оцінкою роботи слід висловити окремі зауваження та побажання:

1. У роботі запропоновано використання нейромережових моделей для класифікації стего- та контейнерних зображень, проте бажано більш детально дослідити, як впливають гіперпараметри навчання таких моделей на кінцеві результати класифікації.

2. Автором детально описано гібридний підхід, який дозволяє мультимодальним великим мовним моделям (MLLM) виконувати функцію семантичного арбітражу. Проте у роботі не видно, в якому ступені MLLM-компонента впливає у підвищення точності системи. Було б доцільно навести формалізовану оцінку внеску цієї компоненти у точність системи.

3. Для більш повної оцінки ефективності розробленої інформаційної технології доцільно проаналізувати рівні помилок першого та другого роду, тобто істинно-позитивні та хибно-негативні показники, із застосуванням кривої ROC (ROC-аналіз).

4. В роботі запропоновано двокомпонентну модель, одним з компонентів якої є блок виділення високочастотних складових зображення. Проте структура високочастотних фільтрів цього блоку формується «вручну». Було б доцільно у подальшій роботі розробити технологію автоматичного формування структури таких фільтрів, наприклад, з застосуванням методів нейроархітектурного пошуку.

5. Одним з результатів роботи є запропоновані автором різні варіанти конфігурацій моделей: «від легковажних моделей, призначених для систем моніторингу трафіку в реальному часі, до повнорозмірних гібридних

архітектур». Проте в роботі не окреслені апаратні обмеження, доречні для використання зазначених легковажних моделей, що було б корисно для розробників відповідних пристроїв, зокрема, на базі мікроконтролерів.

Наведені зауваження мають рекомендаційний характер, не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи та не знижують наукової цінності отриманих результатів.

### **Висновок.**

Дисертаційна робота Мішкура Юрія Валентиновича на тему «Інформаційна технологія стегоаналізу зображень на основі глибокого навчання та мультимодальних моделей» є завершеною самостійно виконаною науковою працею, в якій вирішено актуальне науково-прикладне завдання у галузі комп'ютерної інженерії, що має важливе значення для розвитку сучасних інформаційних технологій та систем кібербезпеки.

За актуальністю, науковою новизною, теоретичною та практичною значущістю отриманих результатів дисертація відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44, а її автор – Мішкур Юрій Валентинович – заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія».

Офіційний опонент  
доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри математичного  
забезпечення комп'ютерних систем  
Одеського національного університету  
імені І. І. Мечникова

Євгеній МАЛАХОВ



Підпис

**ЗАСВІДЧУЮ**

Вчений секретар ОНУ імені І. І. Мечникова

С. В. Курандо

12 06 2026 р.