

## ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ



## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

### МЕТОД СТЕГАНОАНАЛІЗУ НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

ВИКОНАВ:

• Студент гр СПм-23-1 Чепурних М.А.

КЕРІВНИК:

доц. Бологова Н. М.

ХАРКІВ  
2025р.

## Актуальність дослідження

Сучасні стеганографічні методи стають дедалі складнішими й адаптивними до вмісту носіїв інформації (наприклад, WOW, S-UNIWARD, MiPOD).

Традиційні статистичні підходи не завжди здатні виявити малопомітні зміни у цифрових даних.

Швидке зростання обсягів інформації вимагає автоматизації та підвищення точності методів аналізу.

## Мета та завдання

Розробка та аналіз методів стеганоаналізу на основі нейронних мереж для виявлення прихованої інформації у цифрових зображеннях з метою підвищення точності та ефективності виявлення порівняно з традиційними підходами.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

**1. Огляд предметної області**

**2. Розробка архітектури**

**3. Навчання та тестування**

**4. Порівняльний аналіз**

**5. Оптимізація моделі**

3

## Методи стеганографії

- Заміна LSB
- Випадкові та контентно-адаптивні схеми вбудовування
- Стеганографія на основі sudoku

4

## Стеганографія на основі LSB та випадкові та контентно-адаптивні схеми вбудовування

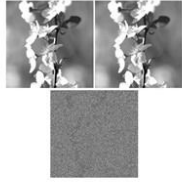


Рисунок 1 – Вбудовування LSB Matching 0.4bpp; вгорі ліворуч: зображення обкладинки; вгорі праворуч: зображення стего; внизу: змінені пікселі: білий → 1, чорний → -1

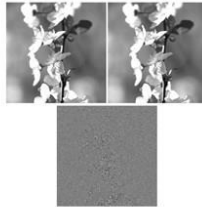


Рисунок 3 – Вбудовування S-UNPWARD 0.4bpp; вгорі ліворуч: зображення обкладинки; вгорі праворуч: зображення стего; внизу: змінені пікселі: білий → 1, чорний → -1

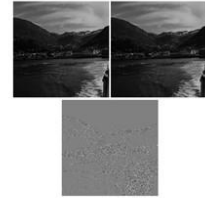


Рисунок 2 – Вбудовування WOW 0.4bpp; вгорі ліворуч: зображення обкладинки; вгорі праворуч: зображення стего; внизу: змінені пікселі: білий → 1, чорний → -1

5

## Стеганографія на основі sudoku

$$S = \begin{pmatrix} 7 & 8 & 2 & 4 & 9 & 1 & 5 & 3 & 6 \\ 1 & 4 & 6 & 5 & 7 & 3 & 9 & 2 & 8 \\ 5 & 3 & 9 & 6 & 2 & 8 & 7 & 4 & 1 \\ 3 & 5 & 8 & 1 & 6 & 4 & 2 & 9 & 7 \\ 4 & 9 & 1 & 7 & 5 & 2 & 8 & 6 & 3 \\ 6 & 2 & 7 & 3 & 8 & 9 & 4 & 1 & 5 \\ 2 & 7 & 5 & 9 & 3 & 6 & 1 & 8 & 4 \\ 8 & 1 & 3 & 2 & 4 & 5 & 6 & 7 & 9 \\ 9 & 6 & 4 & 8 & 1 & 7 & 3 & 5 & 2 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Процедура вбудовування виконується наступним чином:

- спочатку  $i \leftarrow 1$ ;
- знайдіть розташування  $(u, v)$  в  $M$  таке, що  $M(u, v) = r_i$ ;  $(u, v)$  найближче до  $(x_i, y_i)$  в нормі  $L1$  (або  $L2$ );
- змініть пару пікселів  $(x_i, y_i)$  на  $(x_i, y_i) \leftarrow (u, v)$ ;
- $i \leftarrow i + 1$ ;
- повторити (i)-(iv), поки  $i > \text{length}(R)$  або  $i > \text{length}(L)$ .

Процедура вилучення виконується наступним чином:

- спочатку  $i \leftarrow 1$ ;
- витягти  $i$ -ту пару пікселів  $(x_i, y_i)$  з  $L$  і отримайте  $i$ -ту секретну цифру  $M(x_i, y_i)$  з матриці  $M$ ;
- $i \leftarrow i + 1$ ;
- повторити (i)-(iv) до тих пір, поки  $i > \text{length}(L)$  або не буде отримано символ завершення.

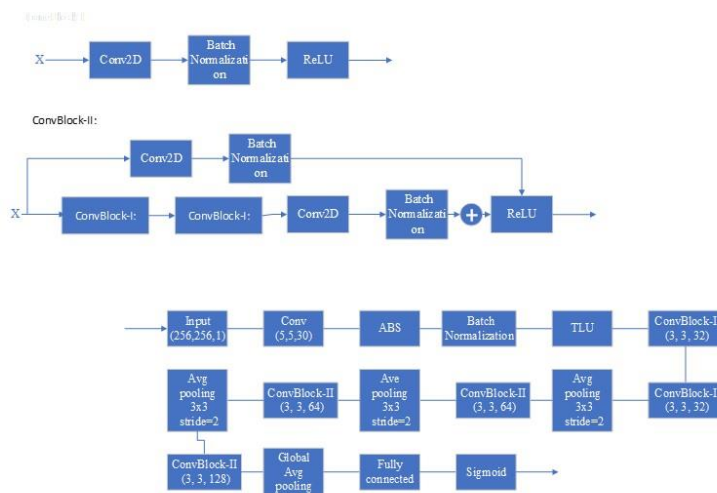
6

## Порівняння ефективності трьох стеганографічних методів

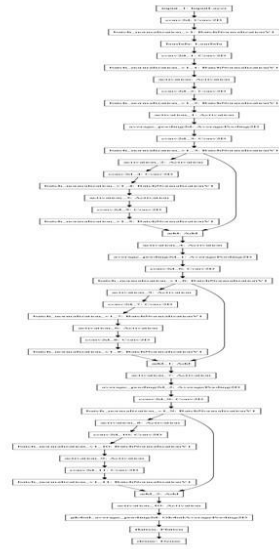
Зображення	Метод в роботі [13]	Метод в роботі [14]	Запропонований метод
Aerial	47.4951	48.2037	49.7787
Baboon	47.4603	48.1418	49.7931
Boat	47.5021	48.2108	49.7286
Elaine	47.4814	48.2108	49.7198
House	47.4591	48.1058	49.7269
Lena	47.4950	48.1372	49.7055
Peppers	47.4758	48.1531	49.7434
Splash	47.4553	48.1166	49.6863
Truck	47.6078	48.2269	49.7171

7

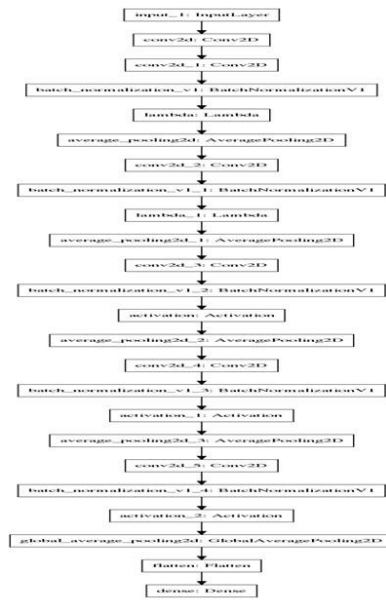
## Архітектура блоків нейронної мережі



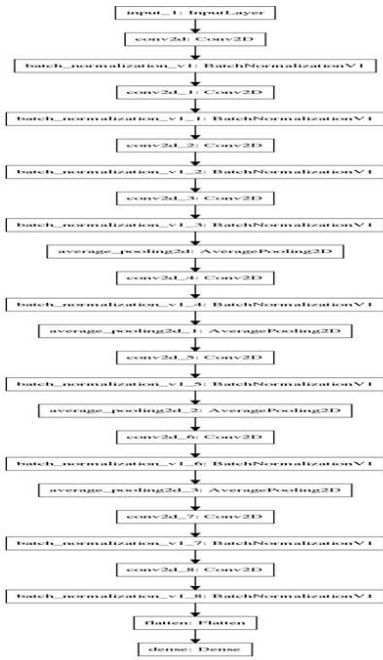
8



9



10



11

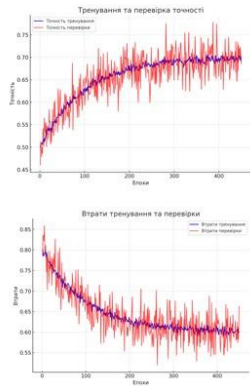


Рисунок 1 – Ye-Net для WOW з корисним навантаженням 0.4pp

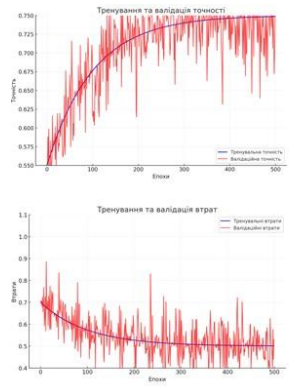


Рисунок 2 – YeSoftNet для 5-LIWARD з корисним навантаженням 0.4pp

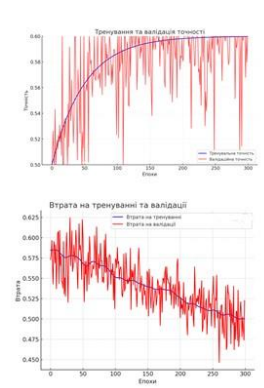


Рисунок 3 – YeSoftNet для 5-LIWARD з корисним навантаженням 0.2pp

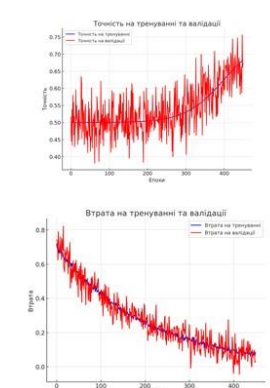


Рисунок 4 – SoftNet мережа для WOW з корисним навантаженням 0.4pp

12

## Рівень помилок виявлення для WOW, MiPOD та S-UNIWARD

Метод стеганографії	Корисне навантаження (bpp)	SRM	Xu-Net	Ye-Net	Yedroudj-Net	Пропонована мережа
WOW.	0.2	0.391	0.409	0.397	0.392	0.388
	0.3	0.345	0.348	0.343	0.340	0.337
	0.4	0.286	0.302	0.288	0.281	0.274
MiPOD	0.2	0.396	0.386	0.380	0.379	0.377
	0.3	0.322	0.318	0.317	0.306	0.311
	0.4	0.284	0.262	0.255	0.246	0.249
S-UNIWARD	0.2	0.398	0.391	0.387	0.385	0.379
	0.3	0.353	0.349	0.341	0.315	0.302
	0.4	0.299	0.287	0.276	0.271	0.267

13

## Висновки

У цій кваліфікаційній роботі досліджено статистичний стеганоаналіз зображень. Спершу описано основи стеганографії та схеми вбудовування інформації, зокрема метод із використанням Судоку. Запропоновано схему, яка покращує якість стего-зображень за допомогою еталонної матриці.

Далі розглянуто стегоаналіз із застосуванням фреймворку перевірки гіпотез, що дозволяє оцінювати ефективність аналізу. Показано переваги запропонованого тесту над LR-тестом, особливо за низьких швидкостей вбудовування. Водночас, виклики, пов'язані з адаптивними схемами вбудовування, підштовхнули до використання підходів глибокого навчання.

Розроблено архітектуру глибокої нейронної мережі (ГНМ) із навчальним шаром високочастотної фільтрації, що покращує результати стеганоаналізу. Ця архітектура перевершує традиційні детектори (Xu-Net, Ye-Net, Yedroudj-Net) на великому наборі даних. У перспективі планується застосування ГНМ для аналізу в домені JPEG із можливістю використання трансферного навчання та оптимізації обчислювальних витрат.

14