

Магістерська кваліфікаційна робота на тему:

«Вдосконалення методу вбудовування цифрових водяних знаків на основі квантування для підвищення рівня захисту PDF документів»

Студентки групи УБ-17м *Чайковської Я.В.*

Керівник: к.т.н., проф. Азарова А.А.

Актуальність теми:

- Перехід на цифрові носії інформації, відповідно – на цифрові документи;
- Специфіка PDF-документів – комбінація тексту із зображенням
- Специфіка роботи з чорно-білими матеріалами



Мета, об'єкт, предмет:

- Мета: вдосконалення методу вбудовування цифрових водяних знаків на основі квантування для підвищення рівня захисту PDF документів до несанкціонованих модифікацій.
- Об'єкт дослідження роботи – процес захисту автентичності PDF документів.
- Предмет дослідження – існуючі методи та засоби забезпечення автентичності PDF документів.



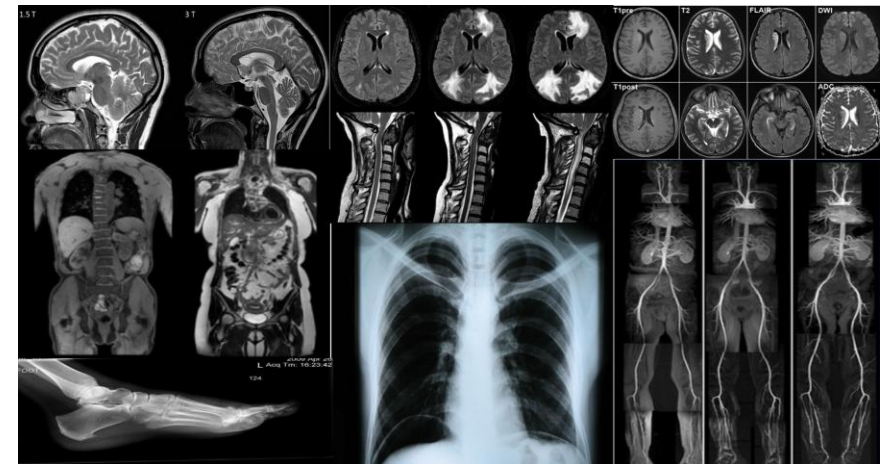
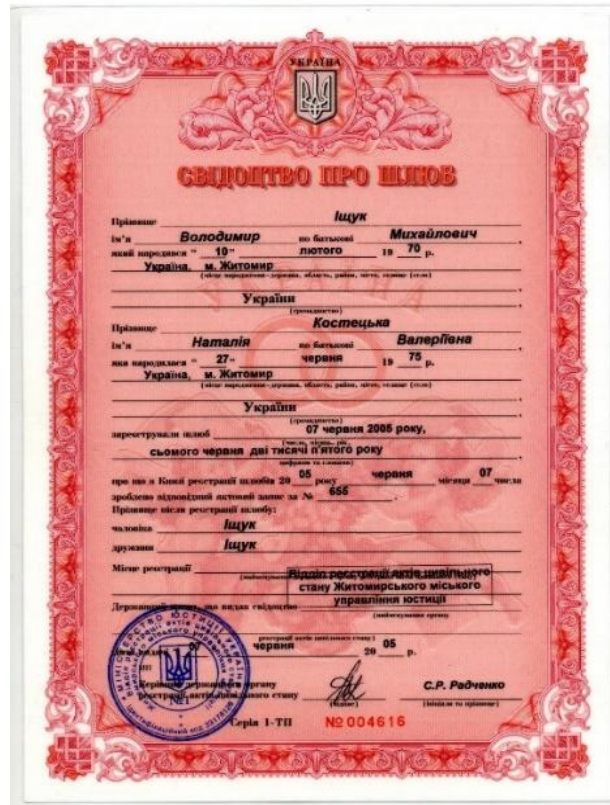
Види PDF документів

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In ultricies pellentesque consequat. Aenean feugiat pellentesque venenatis. Pellentesque tempus velit et dui consectetur commodo. In hac habitasse platea dictumst. Integer leo enim, dictum sed quam eget, posuere congue dolor. Cras aliquam lorem metus, in viverra lacus blandit in. Donec et augue id turpis interdum maximus in eu magna.

Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Nulla blandit lectus a tellus euismod sollicitudin. Proin venenatis efficitur venenatis. In egestas, nisi vel euismod volutpat, metus lorem consectetur est, non mattis lacus turpis ut elit. In portitor scelerisque nisl, non pretium lorem laoreet vitae. Ut efficitur odio ornare elementum ornare. Maecenas vitae placerat est, ut iaculis leo. Aliquam ex odio, volutpat id mauris vehicula, lobortis laoreet ante. Praesent in turpis augue. Donec blandit mauris lacus, sed dignissim ex aliquet non. Cras dapibus arcu in orci malesuada, et pulvinar quam viverra.

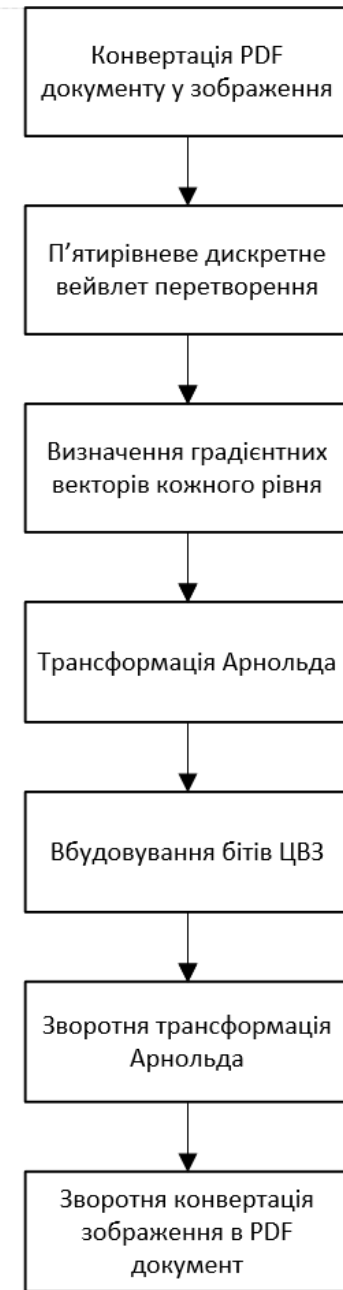
Nunc et pretium nisi. Aenean et ipsum diam. Praesent maximus nisl sed turpis sodales suscipit. Etiam consectetur venenatis enim, a dapibus dui fermentum eu. Quisque lacinia fringilla dui in interdum. Curabitur lorem dolor, sagittis et tempor sit amet, efficitur in arcu. Aliquam at consectetur velit. Nam pellentesque vehicula ornare. Phasellus ultricies neque at ex ultricies efficitur. Etiam sollicitudin pretium mauris, ac condimentum ipsum. Duis sed gravida metus. Proin quis ex eu augue pharetra imperdiet vitae quis felis. Vivamus in consequat odio. Maecenas porta, nibh at commodo congue, metus lacus vehicula tortor, at dignissim metus metus ut lectus.

Nunc condimentum mi ullamcorper scelerisque finibus. Duis et ligula ex. Etiam mauris neque, luctus nec felis in, feugiat interdum diam. Donec accumsan lobortis ullamcorper. Integer ac consectetur nibh, vel porta libero. Pellentesque viverra ipsum sed commodo sollicitudin. Suspendisse finibus et felis sed laoreet. Nullam sollicitudin consequat nisi, ultrices bibendum nisl porttitor et.



Метод вбудовування ЦВЗ в документи шляхом квантування

- Використання методу квантування кутових коефіцієнтів градієнтних векторів для вбудовування ЦВЗ
- Використання скремблювання (трансформації Арнольда) та фільтрів



Стеганографічний метод квантування кутових коефіцієнтів градієнтних векторів

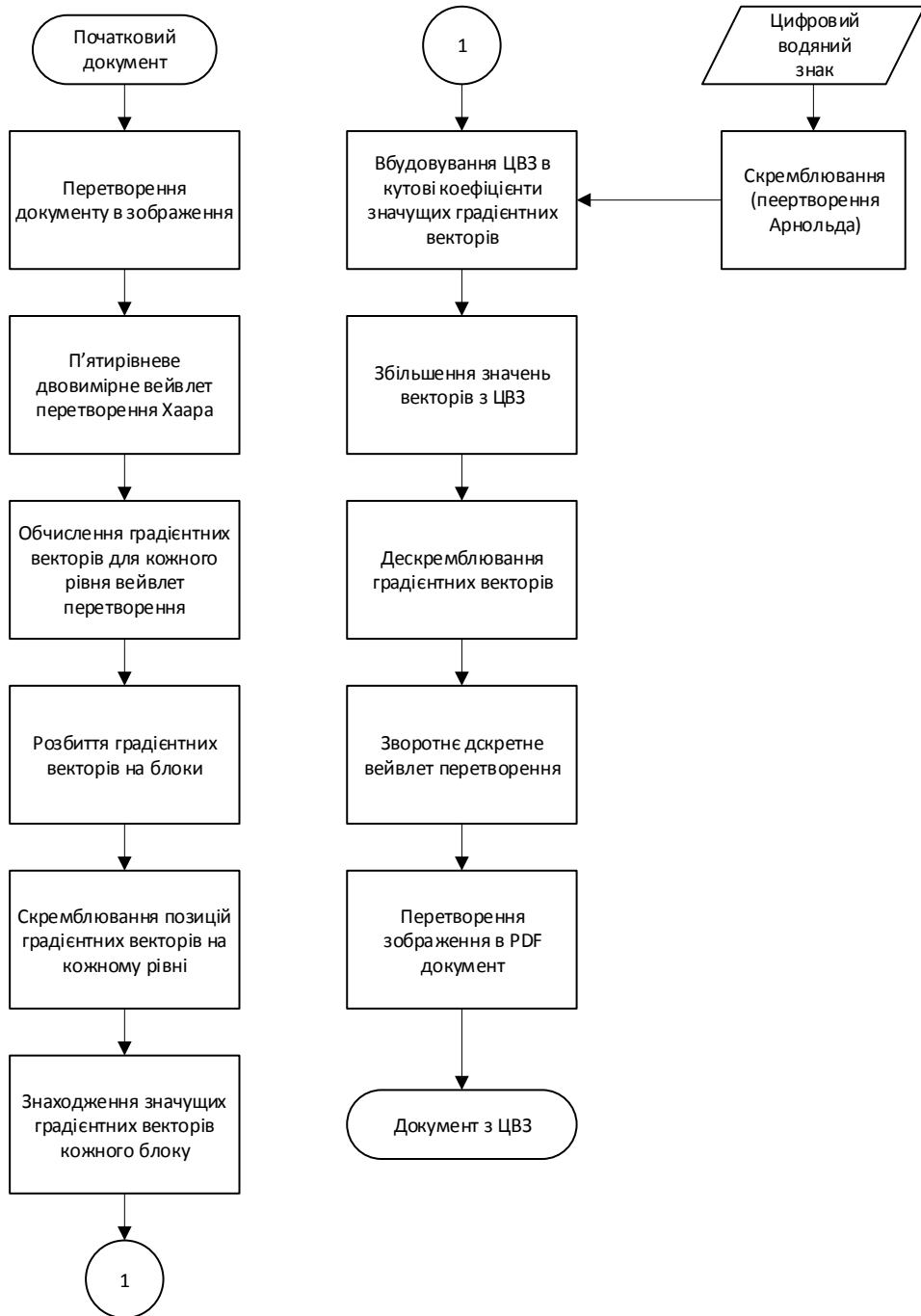
- Перетворення документу в зображення
- П'ятирівневе двовимірне вейвлет перетворення Хаара

$$y[n] = (x * g)[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]g[n - k]$$

- Обчислення градієнтних векторів для кожного рівня вейвлет перетворення
- Знаходження значущих градієнтних векторів кожного блоку
- Вбудовування ЦВЗ в кутові коефіцієнти значущих градієнтних векторів

$$Q^{\omega} = \begin{cases} \Delta \left[\frac{\theta}{\Delta} \right] - \frac{\Delta}{2}, & \text{якщо } Q(\theta) = \omega \\ \Delta \left[\frac{\theta}{\Delta} \right] + \frac{\Delta}{2}, & \text{якщо } Q(\theta) \neq \omega \text{ та } \theta > \left(\Delta \left[\frac{\theta}{\Delta} \right] - \frac{\Delta}{2} \right) \\ \Delta \left[\frac{\theta}{\Delta} \right] - \frac{\Delta}{2}, & \text{якщо } Q(\theta) \neq \omega \text{ та } \theta \leq \left(\Delta \left[\frac{\theta}{\Delta} \right] - \frac{\Delta}{2} \right) \end{cases}$$

- Зворотнє дискретне вейвлет перетворення
- Перетворення зображення в PDF документ



Вдосконалення методу квантування кутових коефіцієнтів градієнтних векторів

Вдосконалення методу квантування кутових коефіцієнтів градієнтних векторів

- Знаходження значущих градієнтних векторів
- Скремблювання ЦВЗ

**DOE
IT**

| | |
|----------------------------------|--|
| Логічний параметр | $\mu = 1.35 + \frac{\text{decimal}(K_1)}{100}$ |
| Значення ініціалізації алгоритму | $C_0 = 0.1 + \frac{\text{decimal}(K_2)}{17}$ |
| Наступний елемент послідовності | $C_{n+1} = \mu \times C_n \times (1 - C_n)$ |

$$\begin{aligned}C'(x) &= \text{round}(C(x) \times 10^4), \\C''(x) &= \text{binary}(C'(x)), \\b(x) &= \text{xor all bits of } C''(x) \\w_{e1} &= C(x) \text{ XOR } b(x)\end{aligned}$$



Вдосконалення методу квантування кутових коефіцієнтів градієнтних векторів

- Виконання трансформації Арнольда

$$\begin{bmatrix} x_n \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \pmod{N},$$



- Зворотнє перетворення Арнольда

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_n \\ y_n \end{bmatrix} \pmod{N}$$



Вдосконалення методу

Абсолютне кутове квантування обраховується за формулою

$$Q(|\theta|) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } [|\theta|/\Delta] \text{ непарне} \\ 1, & \text{якщо } [|\theta|/\Delta] \text{ парне} \end{cases}$$

Для обрахування значення кута з вбудованим ЦВЗ використовується наступна формула

$$Q^\omega = \begin{cases} \Delta \left[\frac{\theta}{\Delta} \right] - \frac{\Delta}{2}, & \text{якщо } Q(\theta) = \omega \\ \Delta \left[\frac{\theta}{\Delta} \right] + \frac{\Delta}{2}, & \text{якщо } Q(\theta) \neq \omega \text{ та } \left\{ \Delta \left[\frac{\theta}{\Delta} \right] - \frac{\Delta}{2} < |\theta| \leq \pi - \frac{\Delta}{2} \right\} \\ & \text{або } |\theta| \leq \frac{\Delta}{2} \\ \Delta \left[\frac{\theta}{\Delta} \right] - \frac{\Delta}{2}, & \text{якщо } Q(|\theta|) \neq \omega \text{ та } \left\{ \frac{\Delta}{2} < |\theta| \leq \Delta \left[\frac{\theta}{\Delta} \right] - \frac{\Delta}{2} \right\} \\ & \text{або } |\theta| > \pi - \frac{\Delta}{2} \end{cases}$$

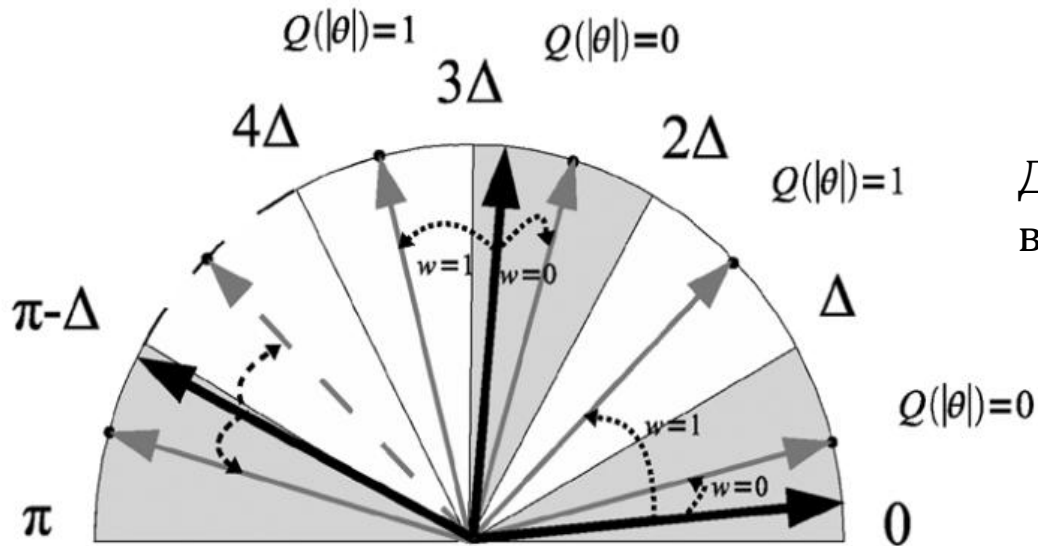


Схема алгоритму вбудовування біту ЦВЗ

Аналіз вдосконаленого методу

Результати аналізу стійкості
вдосконаленого методу

| Документи | PSNR (db) | SSIM | BER (%) | NCC |
|-------------|-----------|--------|---------|------|
| Lorem Ipsum | 46.31 | 0.9927 | 0 | 1 |
| Текст 1 | 46.30 | 0.9924 | 0.02 | 0.99 |
| Текст 2 | 46.10 | 0.9920 | 0 | 1 |

Результати аналізу стійкості
початкового методу

| Документи | PSNR (db) | SSIM | BER (%) | NCC |
|-------------|-----------|--------|---------|------|
| Lorem Ipsum | 45.27 | 0.9127 | 0.12 | 0.98 |
| Текст 1 | 44.10 | 0.9624 | 0.31 | 0.92 |
| Текст 2 | 45.60 | 0.9520 | 0.17 | 0.94 |

Аналіз стійкості вдосконаленого методу до атак

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In ultricies pellentesque consequat. Aenean feugiat pellentesque venenatis. Pellentesque tempus velit et dui consectetur commodo. In hac habitasse platea dictumst. Integer leo enim, dictum sed quam eget, posuere congue dolor. Cras aliquam lorem metus, in viverra lacus blandit in. Donec et augue id turpis interdum maximus in eu magna.

Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Nulla blandit lectus a tellus euismod sollicitudin. Proin venenatis efficitur venenatis. In egestas, nisi vel euismod volutpat, metus lorem consectetur est, non mattis lacus turpis ut elit. In porttitor scelerisque nisi, non pretium ipsum interdum vitae. Ut efficitur odio ornare elementum ornare. Maecenas vitae turpis augue. Donec blandit mauris lacus, sed dignissim ex, aliquet non. Cras dapibus arcu in orci malesuada, et pulvinar quam viverra.

Nunc et pretium nisi. Aenean et ipsum diam. Praesent maximus nisi sed turpis sodales suscipit. Etiam consectetur venenatis enim, a dapibus dui fermentum eu. Quisque lacinia fringilla dui in interdum. Curabitur lorem dolor, sagittis et tempor sit amet, efficitur in arcu. Aliquam at consectetur velit. Nam pellentesque vehicula ornare. Phasellus ultricies neque at ex ultrices efficitur. Etiam sollicitudin pretium mauris, ac condimentum ipsum. Duis sed gravida metus. Proin quis ex eu augue pharetra imperdiet vitae quis felis. Vivamus in consequat odio. Maecenas porta, nibh at commodo congue, metus lacus vehicula tortor, at dignissim metus metus ut lectus.

Nunc condimentum mi ullamcorper scelerisque finibus. Duis et ligula ex. Etiam mauris neque, luctus nec felis in, feugiat interdum diam. Donec accumsan lobortis ullamcorper. Integer ac consectetur nibh, vel porta libero. Pellentesque viverra ipsum sed commodo sollicitudin. Suspendisse finibus et felis sed laoreet. Nullam sollicitudin consequat nisi, ultrices bibendum nisi porttitor et.

Sed et placerat sapien, nec vehicula tortor. Proin lectus neque, ultrices a ipsum semper, egestas faucibus justo. Maecenas quis cursus nibh. Cras hendrerit fringilla diam vel maximus. Nulla facilis. Sed blandit imperdiet nulla non porttitor. Vivamus egestas sollicitudin purus, sit amet vulputate elit tristique non. Nam eros lacus, rutrum a consectetur non, sodales vel nisi. Curabitur scelerisque diam libero, ac facilisis felis tristique nec. Praesent a facilisis tellus, ac tristique tortor. In gravida elementum libero, vel lacinia leo fringilla quis. Sed pharetra, erat et ultrices vehicula, eros nisi sollicitudin purus, a volutpat neque lac in arcu. Phasellus vitae justo erat. Nunc viverra erat justo, nec vehicula massa tristique sit amet. Suspendisse potenti. Morbi portitor ac ligula nec sollicitudin.

Vivamus finibus lorem sed tellus faucibus, ut feugiat mi feugiat. Donec tempor orci nec metus sagittis, a fringilla ex varius. Aliquam varius dui a viverra dapibus. Phasellus eleifend nisl ornare risus vehicula, non pretium eros elementum. Nulla a laoreet ligula, eget tristique tortor. Quisque commodo metus ut egestas, id molestie massa pretium. Cras sit amet risus sit amet felis luctus vehicula id non leo. Donec molestie diam eu purus ornare faucibus. Phasellus massa diam, pretium eget ornare at, faucibus id diam. Phasellus faucibus quis mauris eu pretium. Aliquam tempus lacus et erat auctor, at fermentum eros rutrum. Sed et nisl in sapien tempus euismod non fermentum tortor. Praesent semper arcu a felis laculis imperdiet. Aenean ut dapibus turpis. Sed facilisis dolor at ultrices imperdiet. Sed tempor dignissim ante at consequat.

Nulla vitae leo eu sapien, aliquet aliquet commodo. In hac habitasse platea dictumst. Curabitur vestibulum laoreet purus nec scelerisque. Nullam vestibulum nisi, lobortis facilisis, lorem porta nibh, urna, at finibus lorem risus ac sem. Sed vel maximus orci. Aenean vulputate vestibulum lobortis nec tristique. Nunc elit orci, pharetra ut ante id, mollis tempus neque. Quisque et lorem ultrices, fermentum orci vitae, suscipit ligula. Aliquam sagittis, justo vitae fringilla lobortis, dolor velit consequat est, et suscipit urna urna ut mauris. Suspendisse maximus neque arcu, et pharetra arcu vulputate sed. Morbi ac maximus velit, in porttitor erat. Mauris a mauris at libero dictum volutpat ac eget tortor. Vestibulum nisl velit, eleifend eleifend urna vel, tempus ullamcorper ipsum.



Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In ultricies pellentesque consequat. Aenean feugiat pellentesque venenatis. Pellentesque tempus velit et dui consectetur commodo. In hac habitasse platea dictumst. Integer leo enim, dictum sed quam eget, posuere congue dolor. Cras aliquam lorem metus, in viverra lacus blandit in. Donec et augue id turpis interdum maximus in eu magna.

Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Nulla blandit lectus a tellus euismod sollicitudin. Proin venenatis efficitur venenatis. In egestas, nisi vel euismod volutpat, metus lorem consectetur est, non mattis lacus turpis ut elit. In porttitor scelerisque nisi, non pretium lorem laoreet vitae. Ut efficitur odio ornare elementum ornare. Maecenas vitae placerat est, ut laculis leo. Aliquam ex odio, volutpat id mauris vehicula, lobortis laoreet ante. Praesent in turpis augue. Donec blandit mauris lacus, sed dignissim ex, aliquet non. Cras dapibus arcu in orci malesuada, et pulvinar quam viverra.

Nunc et pretium nisi. Aenean et ipsum diam. Praesent maximus nisi sed turpis sodales suscipit. Etiam consectetur venenatis enim, a dapibus dui fermentum eu. Quisque lacinia fringilla dui in interdum. Curabitur lorem dolor, sagittis et tempor sit amet, efficitur in arcu. Aliquam at consectetur velit. Nam pellentesque vehicula ornare. Phasellus ultricies neque at ex ultrices efficitur. Etiam sollicitudin imperdiet mauris, ac condimentum ipsum. Duis sed gravida metus. Proin quis ex eu augue pharetra pretium vitae quis felis. Vivamus in consequat odio. Maecenas porta, nibh at commodo congue, metus lacus vehicula tortor, at dignissim metus metus ut lectus.

Nunc condimentum mi ullamcorper scelerisque finibus. Duis et ligula ex. Etiam mauris neque, luctus nec felis in, feugiat interdum diam. Donec accumsan lobortis ullamcorper. Integer ac consectetur nibh, vel porta libero. Pellentesque viverra ipsum sed commodo sollicitudin. Suspendisse finibus et felis sed laoreet. Nullam sollicitudin consequat nisi, ultrices bibendum nisi porttitor et.

Sed et placerat sapien, nec vehicula tortor. Proin lectus neque, ultrices a ipsum semper, egestas faucibus justo. Maecenas quis cursus nibh. Cras hendrerit fringilla diam vel maximus. Nulla facilis. Sed blandit imperdiet nulla non porttitor. Vivamus egestas sollicitudin purus, sit amet vulputate elit tristique non. Nam eros lacus, rutrum a consectetur non, sodales vel nisi. Curabitur scelerisque diam libero, ac facilisis felis tristique nec. Praesent a facilisis tellus, ac tristique tortor. In gravida elementum libero, vel lacinia leo fringilla quis. Sed pharetra, erat et ultrices vehicula, eros nisi sollicitudin purus, a volutpat neque lac in arcu. Phasellus vitae justo erat. Nunc viverra erat justo, nec vehicula massa tristique sit amet. Suspendisse potenti. Morbi portitor ac ligula nec sollicitudin.

at mi feugiat. Donec tempor orci nec metus sagittis, ipibus. Phasellus eleifend nisl ornare risus vehicula, a, eget tristique tortor. Quisque commodo metus ut i amet risus sit amet felis luctus vehicula id non leo. Phasellus massa diam, pretium eget ornare at, eu pretium. Aliquam tempus lacus et erat auctor, at us euismod non fermentum tortor. Praesent semper turpis. Sed facilisis dolor at ultrices imperdiet. Sed

ac habitasse platea dictumst. Curabitur vestibulum i, mauris eget lobortis facilisis, lorem urna posuere imus orci. Aenean vulputate vestibulum lorem nec ampus neque. Quisque et lorem ultrices, fermentum vitae fringilla lobortis, dolor velit consequat est, et is neque arcu, et pharetra arcu vulputate sed. Morbi : at libero dictum volutpat ac eget tortor. Vestibulum :orper ipsum.

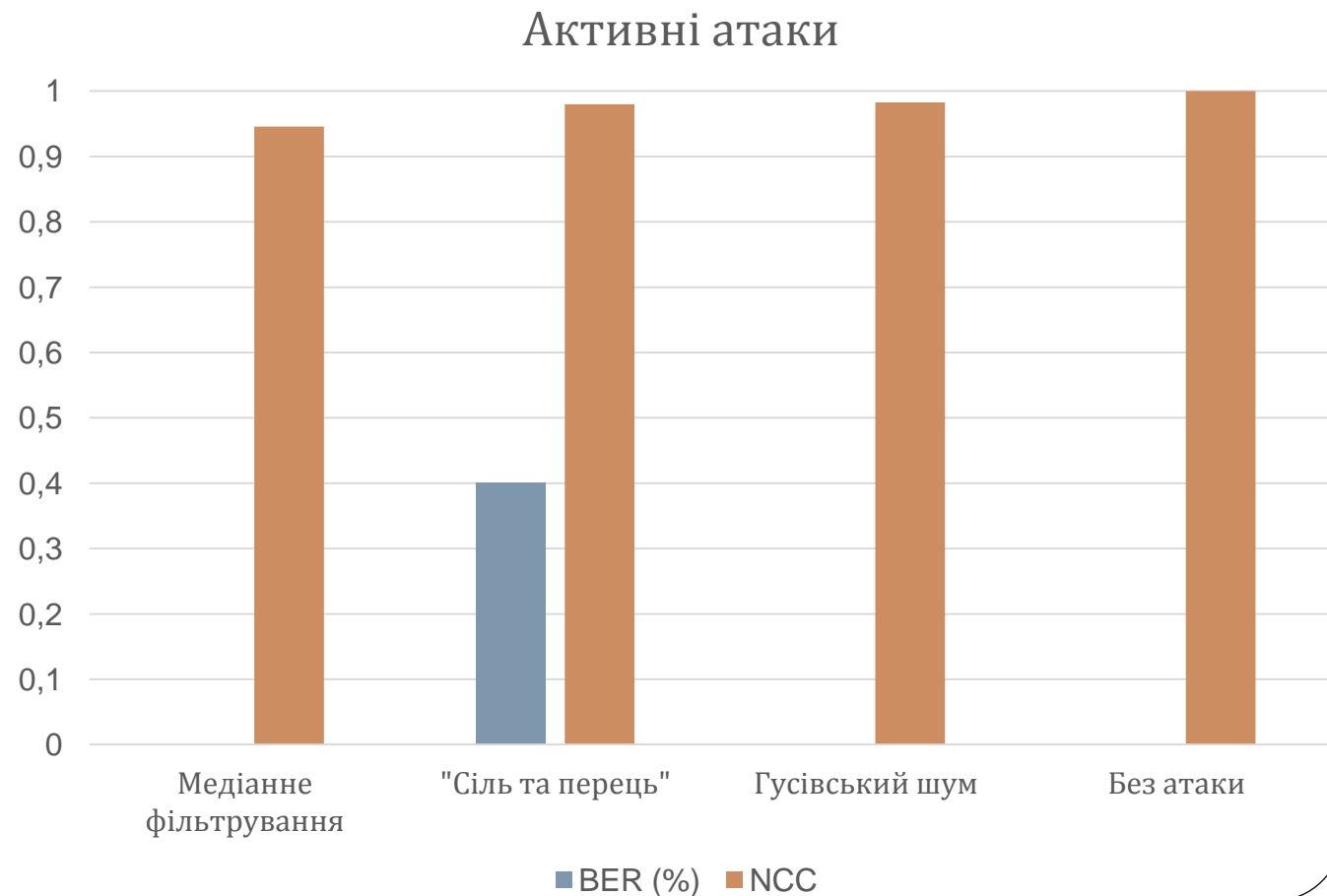


Значення НСС для атаки відсічення

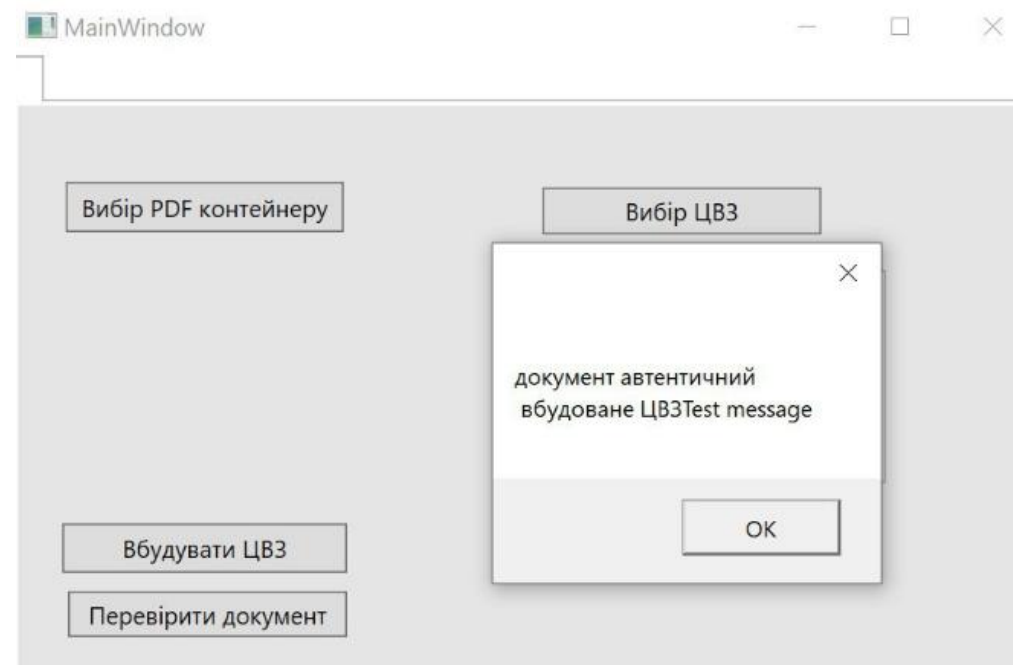
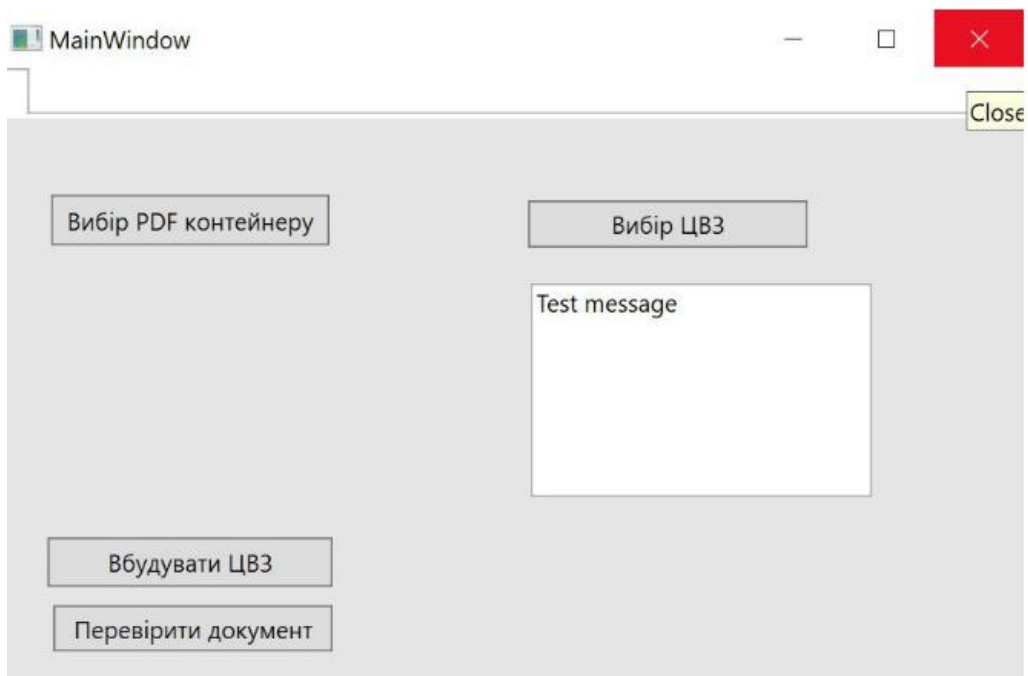
| Зображення | 25% лівого верхнього кута | 25% правого верхнього кута | 25% лівого нижнього кута | 25% правого нижнього кута |
|-------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Lorem Ipsum | 0.9000 | 0.9027 | 0.9000 | 0.8976 |
| Текст 1 | 0.9007 | 0.9043 | 0.9005 | 0.8993 |
| Текст 2 | 0.8987 | 0.9009 | 0.8993 | 0.8994 |

Аналіз стійкості методу до активних атак

| Характеристика | Медіанне фільтрування 3*3 | Шум сіль та перець (0.01) | Гаусівський шум (0.001) |
|----------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|
| BER(%) | 0 | 0,4 | 0 |
| NCC | 0.9458 | 0.98 | 0.983 |



Розроблений додаток



Висновки

- Вдосконалено метод вбудовування ЦВЗ у PDF файли шляхом квантування.
- Досліджено можливості вдосконалення методу.
- Вдосконалено стеганографічний алгоритм квантування кутових коефіцієнтів векторів за рахунок використання трансформації Арнольда та модифікації алгоритму вбудовування бітів ЦВЗ.
- Розроблено програмне забезпечення для реалізації вдосконаленого методу.
- Проаналізовано стійкість розробленого методу до атак.
- Розраховано економічну цінність розробки та доведено її доцільність.



Дякую за увагу!