

## ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра ЕОМ

## Метод нанесення цифрового водяного знаку на тривимірні об'єкти

Автор:

Задорожний О.В.  
ст. гр. СПм20-2

Керівник:

Мартовицький В.О.  
доцент. к.т.н.

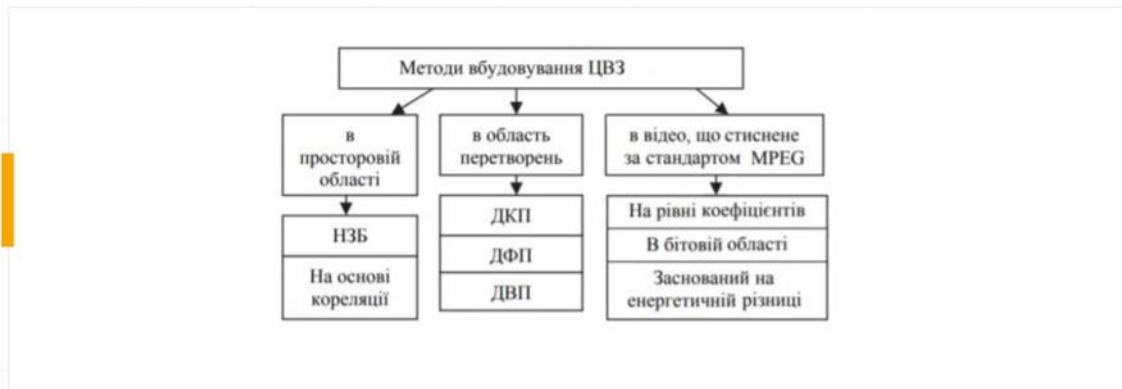
### Мета і задачі роботи

- Мета роботи – дослідження методу вставки цифрового водяного знаку в тривимірну геометричну модель методом спектрального розкладу.

Задачі:

- Аналіз існуючих методів спектрального розкладу геометричної моделі;
  - Пошук аспектів для покращення ефективності, непомітності, швидкодії;
  - Розробка програмного забезпечення.
-

## Методи вбудовування цифрового водяного знаку



## Розклад трикутної геометричної сітки

- Матриця Лапласа

$$L_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{if } i = j \\ -d_i^{-1} & \text{if } j \in \{i^*\} \text{ and } d_i \neq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

- Вектори спектру (псевдочастоти)

$$\begin{cases} P = BX \\ Q = BY \\ R = BZ \end{cases}$$

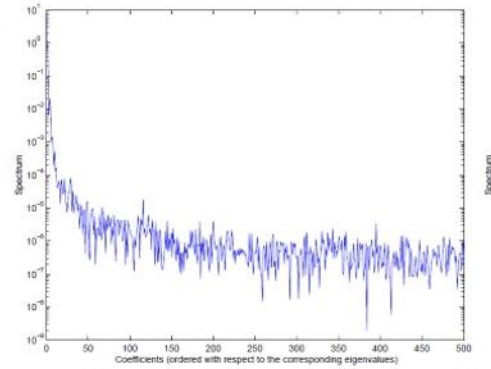
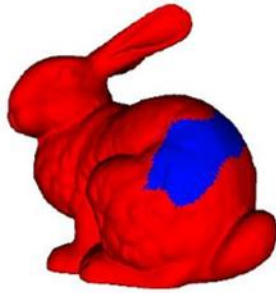
- Матриця власних значень

$$\begin{pmatrix} e_0 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ 0 & \ddots & \ddots & & \vdots \\ \vdots & \ddots & e_i & \ddots & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \dots & \dots & 0 & e_{N-1} \end{pmatrix} = B^{-1}LB$$

- Сума степеней сигналу трьох псевдочастот

$$S_i = \|P_i\|^2 + \|Q_i\|^2 + \|R_i\|^2, \quad 0 \leq i \leq N-1$$

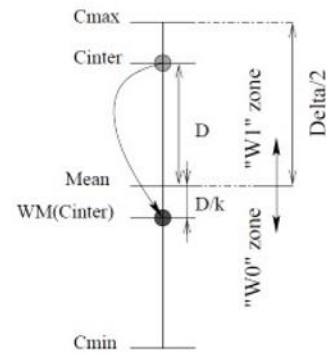
## Спектр на прикладі частини моделі кролика



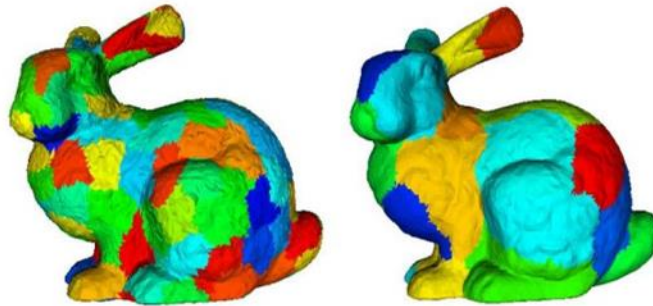
## Процес вбудови цифрового водяного знаку у разі вставки «0»

$$(P_i, Q_i, R_i) \rightarrow (C_{min}, C_{inter}, C_{max}) \text{ with } \begin{cases} C_{min} = \min(P_i, Q_i, R_i) \\ C_{max} = \max(P_i, Q_i, R_i) \\ C_{inter} \text{ being the remaining spectral coefficient} \end{cases}$$

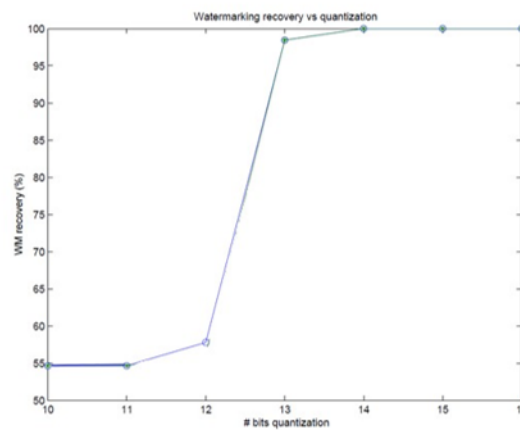
$$W_0 = [C_{min}; C_{max} + \Delta/2] \text{ та } W_1 = [C_{min} + \Delta/2; C_{max}].$$



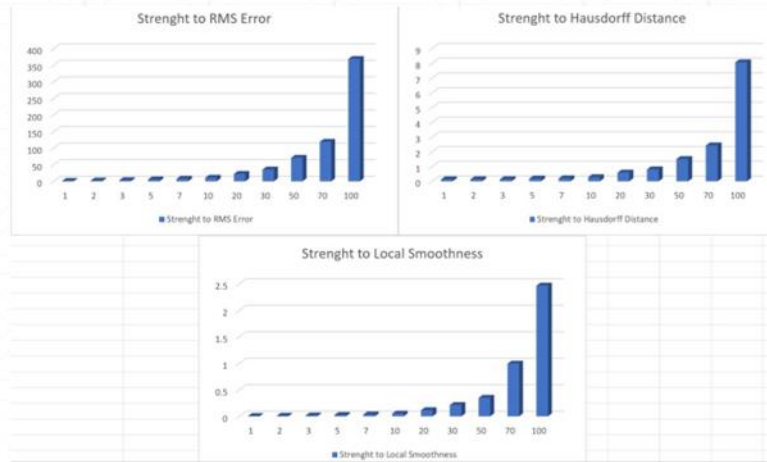
**Вставка водяного знаку з однаковим маркером інтенсивності,  
але поділеною на різну кількість частин**



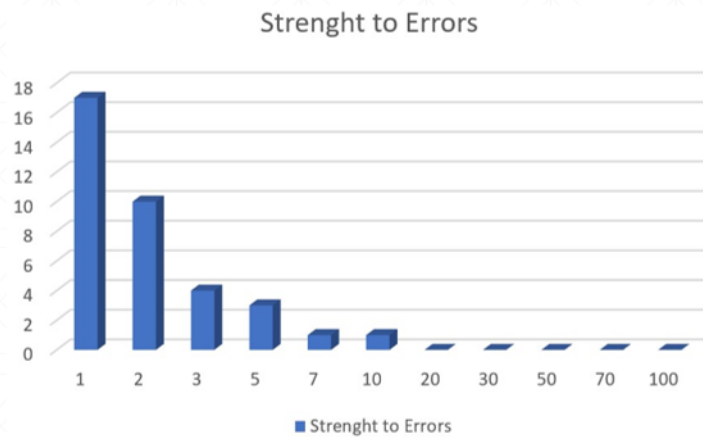
**Залежність відновлення цифрового водяного знаку від  
кількості бітів квантування спектру**



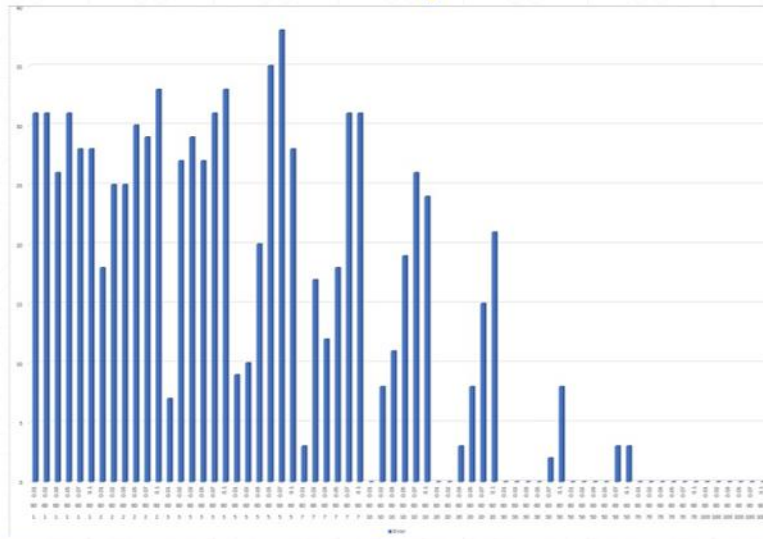
## Залежність візуального спотворення від маркеру інтенсивності



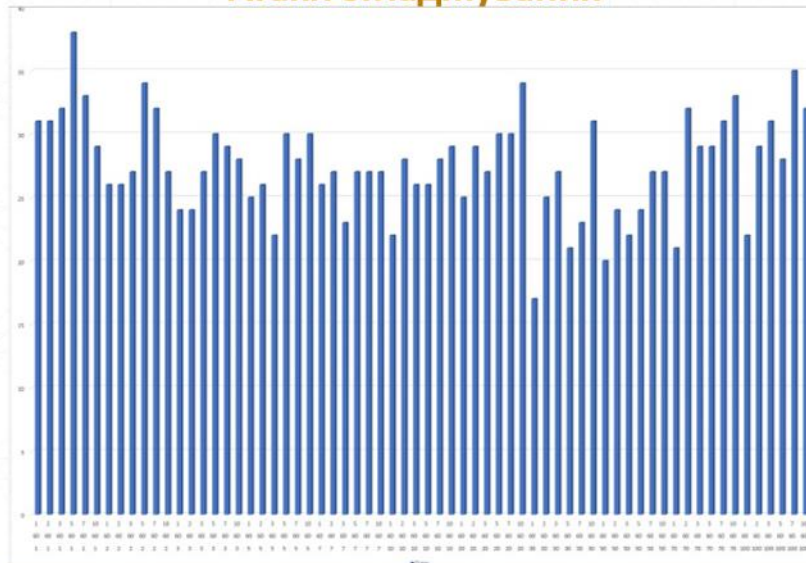
## Залежність кількості помилок при відтворенні ЦВЗ від маркеру інтенсивності



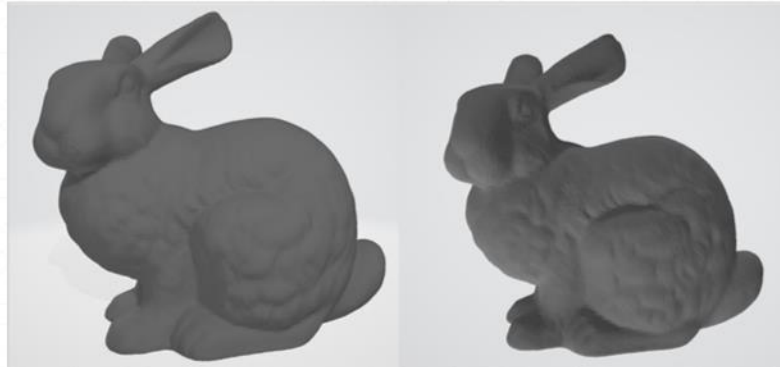
### Атаки шумом



### Атаки згладжування



**Порівняння оригінальної моделі (ліворуч) та моделі зі вставленою ЦВЗ із маркером інтенсивності 5, розподіл на 40 частин (праворуч)**



## **ВИСНОВКИ**

- Досліджено метод вбудови ЦВЗ у тривимірну модель методом спектрального розкладу;
- Запропоновані покращення існуючого алгоритму;
- Розроблений програмний додаток для вбудови ЦВЗ у тривимірну модель;
- Проаналізовано результати дослідження на прикладі моделі кролика.