



# ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА РЕЄСТРАЦІЇ ТА ОБРОБКИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Розробив: Прокоф'єв О.В., ст. гр. ЛТО -16м, ФКСА

Керівник: Кожем'яко А.В., к. т. н., доцент

**Метою** даної роботи є розширення функціональних можливостей оптико-електронної інформаційної системи на базі нейромереж для розпізнавання геодезичних знаків на геоінформаційних зображеннях.

**Задачами**, необхідними для досягнення поставленої мети, є: забезпечення ефективного розпізнавання геодезичних знаків,

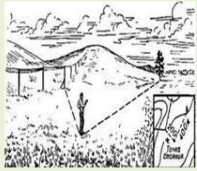
- аналітичний огляд нейромереж з орієнтацією на розпізнавання образів, моделювання штучної нейронної мережі для системи розпізнавання,
- розробка алгоритму обробки та розпізнавання символів на геоінформаційному зображенні,
- розробка програмної реалізації алгоритму у середовищі програмування

**Актуальність тематики роботи** обумовлена необхідністю вдосконалення та підвищення ефективності високопродуктивних засобів аналізу та класифікації інформації для систем автоматичної обробки геоінформаційних зображень.

- **Об'єктом** дослідження є системи розпізнавання географічних карт.
- **Предметом** дослідження є математичні методи та системи розпізнавання зображень.
- **Наукова новизна:** Вдосконалений метод розпізнавання геометричних об'єктів та порівняння їх з еталонами на базі моделі представлення географічних об'єктів, який відрізняється від існуючих застосуванням нейромережі для ідентифікації об'єктів в потоці візуальних даних без участі експериментатора, що дозволяє розширити його функціональні можливості.
- **Практична значимість** полягає в здатності обробляти зображення об'єктів інваріантним чином, забезпечуючи стійке розпізнавання в умовах різних кутів зору, а також різних видів візуального шуму (розмиття, оклюзія, часткове перекриття). Особливості запропонованих підходів дозволяють використовувати їх для рішення вузькоспецифічних завдань, таких як розпізнавання географічних карт.

# Способи зображення земної поверхні

Рисунок



Це зменшене зображення земної поверхні, на якому видно ліній горизонту

Аерофотознімок



Це фотографія місцевості, яку виконують з літака та іншого літального апарата за допомогою спеціального аерофотоапарата у відповідному масштабі

Космічний знімок



Це фотографія земної поверхні або всієї планети, яку виконують автоматичною апаратурою зі штучних супутників Землі

План місцевості



Це зменшене, узагальнене виконане за допомогою умовних знаків зображення невеликої ділянки земної поверхні

Карта

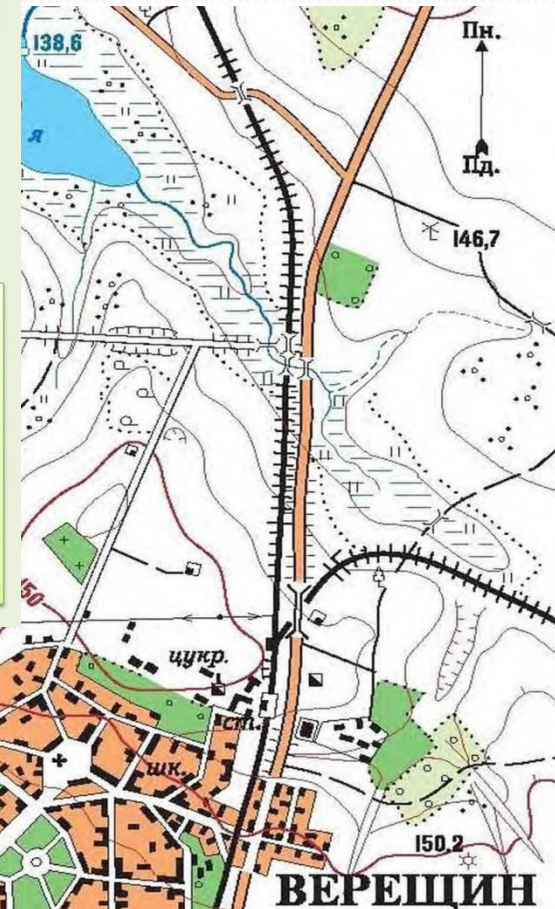


Це зменшене зображення земної поверхні, виконане з допомогою умовних знаків та побудоване в певній картографічній проекції

Глобус

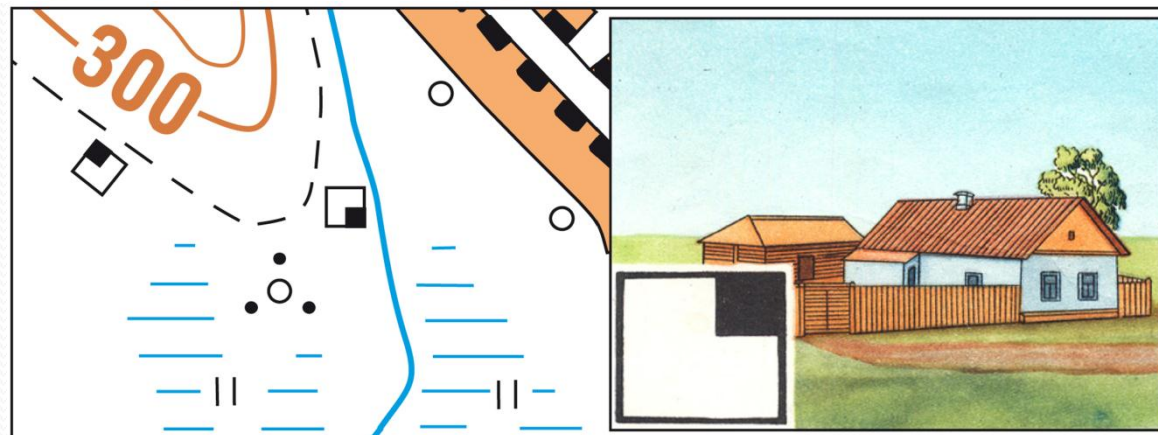
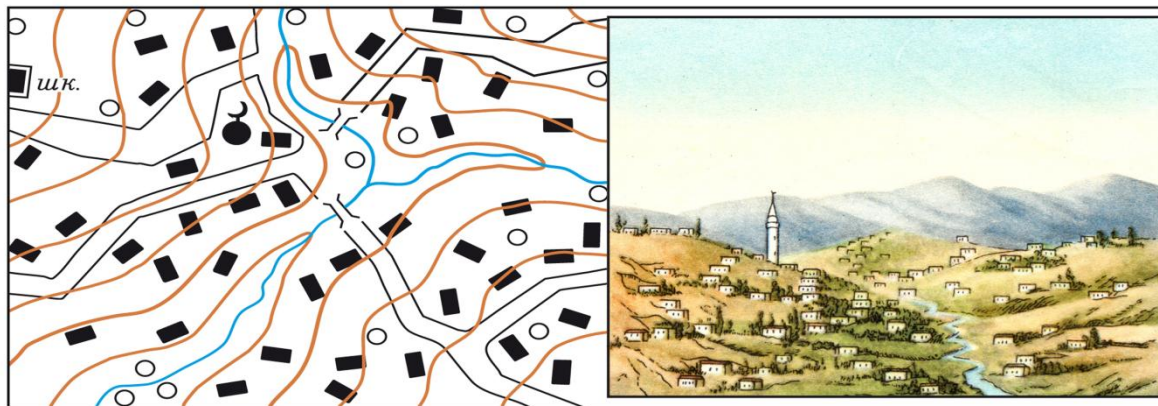


Є моделлю Землі, тобто зменшеною в десятки мільйонів разів копією Землі



1 : 10 000

# Приклади геодезичних карт та знаків



# Картографічні умовні знаки

**Контурні**

Рідкі чагарники, Луки, Фруктовий сад, Суцільні зарості чагарників, Ніва, Город

**Значкові**

Поліцейська доріжка: вказівні, виставні, Поліцейський куток, Ділячка: Ступінь, Місяць, Шпирь

**Лінійні**

Шосе: Лінія зв'язку, Поліцейська ґрунтова дорога: Обсадження, ґрунтова дорога, Дорожній міст, Польова і ясова доріжка, Лінія електропередачі

**Пояснювальні**

Железнодорожний путь: Станція, Выемка, Пристань: Паром, Колодець, Тропа

Мальовані, Головні точки, Графічні

Традиційні кольори: синій, коричневий, зелений, чорний

оз. Світіязь, р. Рось, р. Дніпро, 154.0, 135, ШК., кам.

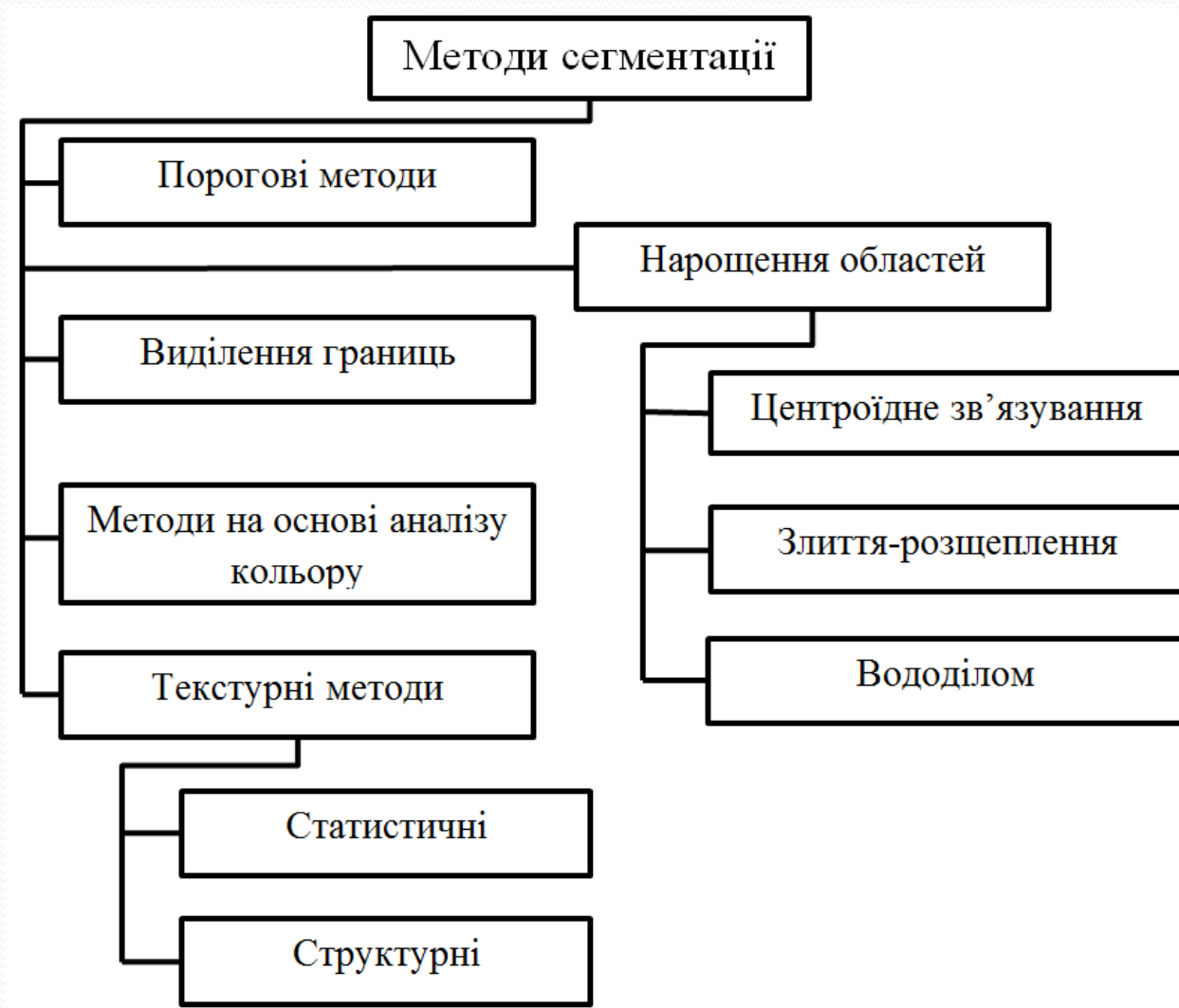
	геометричний центр фігури
	геометричний центр нижньої фігури
	середина основи знака
	вершина прямого кута основи знака

# Структура системи обробки та розпізнавання геодезичних знаків



Визначення об'єктів геодезичних карт має бути автоматизованим. Спочатку система отримує вхідне зображення та обробляє через екстрактор геодезичних знаків з видачею свого результату у сегментаційній частині. Сегментаційна частина відокремлює символи в індивідуальному порядку. І нарешті, розпізнавальна частина визначає символ і в результаті обробки за допомогою нейромережі видає відповідний топографічний знак.

# АНАЛІЗ МЕТОДІВ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ





# ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ МЕТОДІВ СЕГМЕНТАЦІЇ

Назва методу	Переваги	Недоліки
Пороговий метод	Висока швидкодія, невеликі обсяги використовуваної пам'яті	Сильна залежність від оброблюваних зображень, обов'язкова нормалізація гістограм
Метод центроїдного зв'язування	Висока швидкодія на зображеннях з об'єктами з однорідною яскравістю	Обов'язкова наявність оператора для вибору початку, не підходить для зображень з низьким контрастом
Метод злиття-розщеплення	Точне виділення складних однорідних об'єктів	Мала швидкодія, утворення зайвих областей, при наявності мілких деталей
Метод виділення границь	Висока швидкодія, зберігання однієї копії зображення	Утворення зайвих контурів в складних зображеннях
Метод Мозаїки Вороного	Висока точність в обробці текстурних зображень	Мала швидкодія, низька точність в реальних зображеннях
Матриці співпадінь	Не потрібно великих об'ємів пам'яті	Мала швидкодія, необхідність в шаблонах

# Обґрунтування вибору оператора

Для того, щоб визначити першу похідну одновимірної функції  $f(x)$  необхідно розрахувати різницю значень сусідніх елементів зображення:

$$\frac{df}{dx} = f(x+1) - f(x)$$

Друга ж похідна обчислюється тут як різниця між сусідніми значеннями першої похідної:

$$\frac{d^2 f}{dx^2} = f(x+1) + f(x-1) - 2f(x)$$

Обчислення першої похідної зображення засноване на дискретних наближеннях двовимірного градієнта. За визначенням, градієнт зображення  $f(x, y)$  в пікселі  $(x, y)$  - це вектор:

$$\Delta f = \begin{pmatrix} G_x \\ G_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} df/dx \\ df/dy \end{pmatrix}$$

загальновідомо, що траєкторія вектора градієнта збігається з траєкторією максимальної швидкості зміни функції  $f$  в пікселі  $(x, y)$ . Модуль цього вектора має головну роль при визначенні контурів на зображенні. Він позначається символом  $\nabla f$  і прирівнюється:

$$|\Delta f| = |\nabla f| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

Це штучне збільшення використовується для зменшення ефекту пом'якшення на результуючому зображенні. Маски, що застосовуються в методі Собеля розмірністю  $3 \times 3$ :

$$\begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Як було описано вище, за допомогою матриць можна розрахувати складові величини градієнта  $G_x$  і  $G_y$ . Щоб визначити саме значення градієнта цими складовими потрібно оперувати одночасно:

$$\Delta f \approx |G_x| + |G_y|$$

Переглянувши результати роботи трьох алгоритмів на практиці, можна зробити висновок, що при використанні географічних карт місцевості найякіснішим методом виявився метод пошуку границь Собела. Оскільки саме цей метод дозволив яскраво виділити границю, знизити інтенсивність фону зображення і якісно позначити всі елементи зображення.

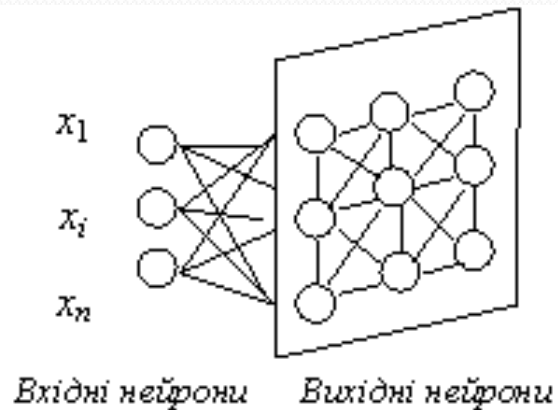
## Алгоритм навчання нейромережі виглядає наступним чином:

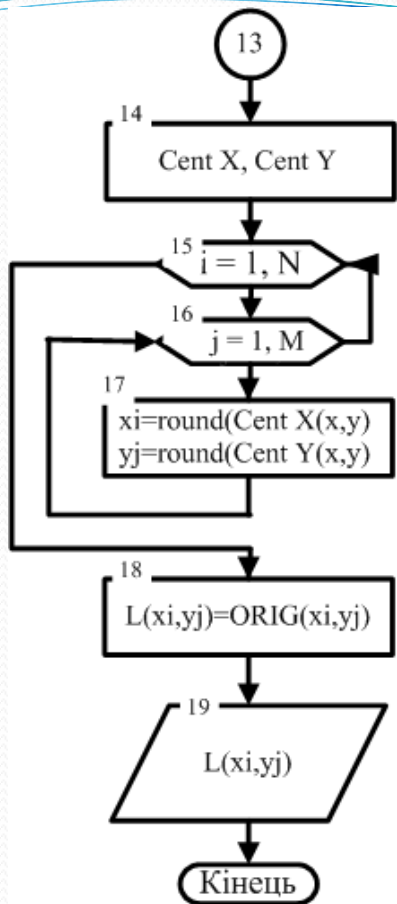
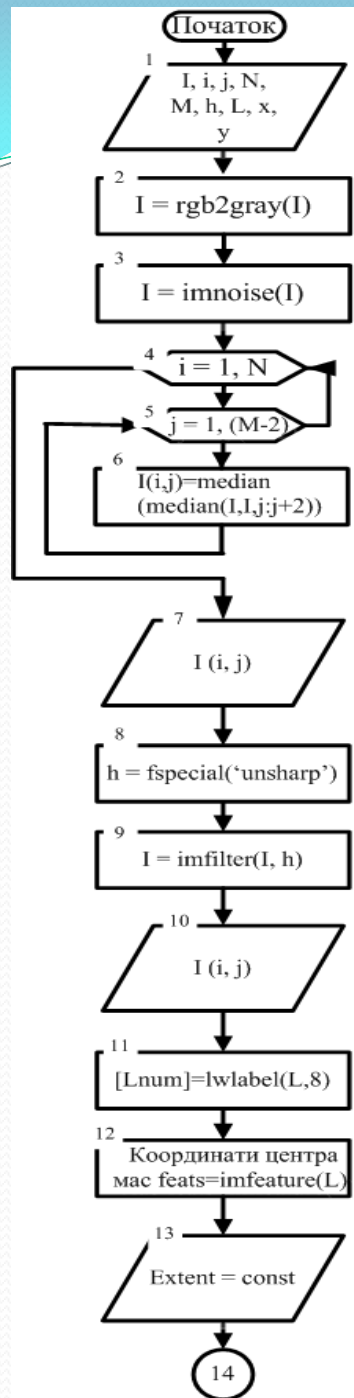
- Присвоєння ваговим коефіцієнтам деяких початкових значень. Загальноприйнятим при роботі із нейронними мережами вважається присвоєння вагам невеликих випадкових значень.
- Подати на вхід нейронної мережі вектор  $x_i$  з навчальної множини  $X$ .
- Розрахувати вихід шару  $i$  і визначити «нейрона-переможця»  $k$ , тобто нейрон з максимальним виходом.
- Провести корекцію ваг «нейрона-переможця» за наступною формулою:

$$\omega_k = \omega_k + \beta (x_i - \omega_k),$$

де  $\beta$  - коефіцієнт швидкості навчання.

Ваги коригуються так, що вектор ваг наближається до поточного вхідного вектора. Коефіцієнт швидкості навчання керує швидкістю наближення вектора ваг до вхідного вектора. Алгоритм виконується до тих пір, доки ваги не перестануть змінюватись.

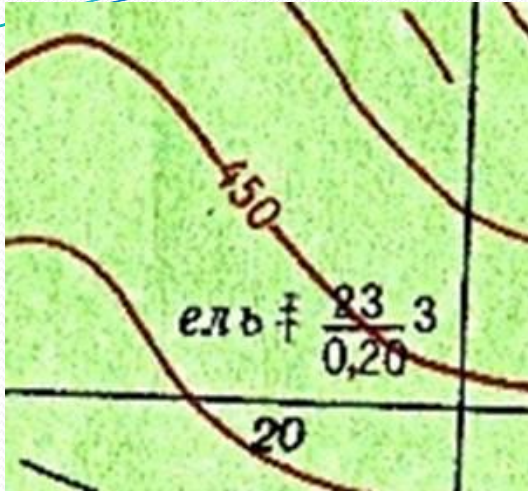




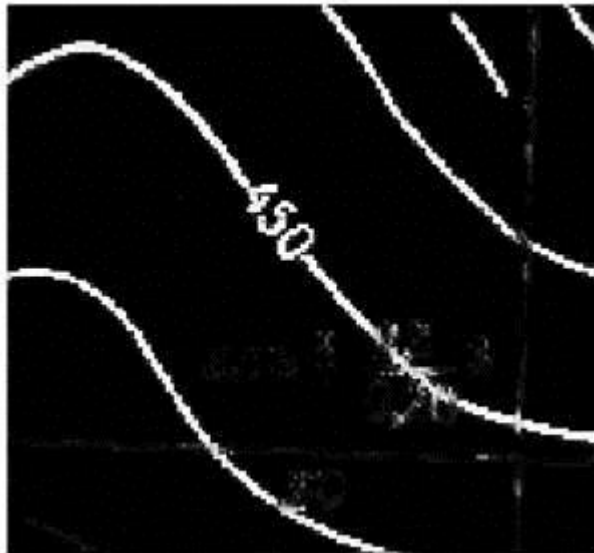
## Обробка зображення:

1. Формування зображення.
2. Перетворення кольорового вихідного зображення в напівтонове.
3. Попередня обробка зображення (усунення шуму і підвищення рівня контрастності).
4. Визначення розташування геодезичних знаків на зображенні та їх загальної кількості.
5. Виявлення ознак та типів об'єктів для розпізнавання.
6. Локалізація визначеного типу знаку на зображенні.
7. Розпізнавання порівнянням зі еталоном.

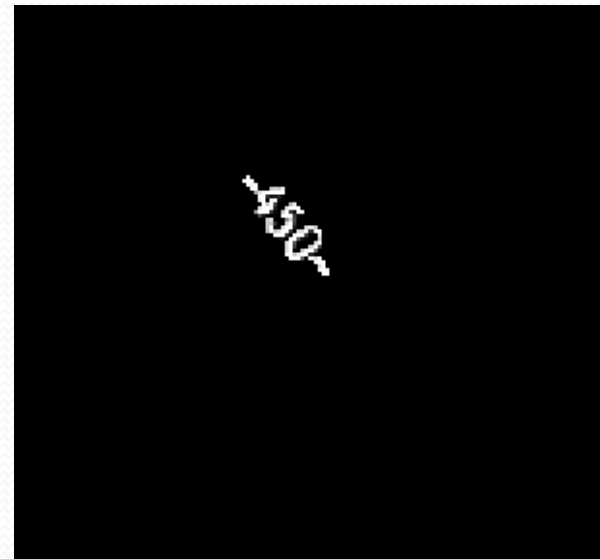
# Виділення геодезичних символів



а) область зі знаками



б) контрастне зображення



в) знаходження відмітки та її виділення

# Порівняння з шаблоном

Даний метод починається зі складання бази даних шаблонів зображень всіх можливих символів – літер, цифр, умовних знаків. В таку базу даних можуть бути включені зображення як для одного, так і для цілого ряду масштабів. Для розпізнавання чергового символу він приводиться до одного з допустимих розмірів і виконується його послідовне порівняння з кожним з наявних шаблонів. Мірою схожості є відстань Хаусдорфа між об'єктами  $A$  і  $B$ :

$$H(A, B) = \max(h(A, B), h(B, A)), \text{ де}$$

$$h(A, B) = \max \min \|a-b\|$$

Відстань Хаусдорфа можна обчислити за допомогою морфологічних операцій. Недоліками відстані Хаусдорфа є:

а) велика кількість обчислень, яка може бути зменшена за допомогою введення перетворення відстані  $D(B)$ ;

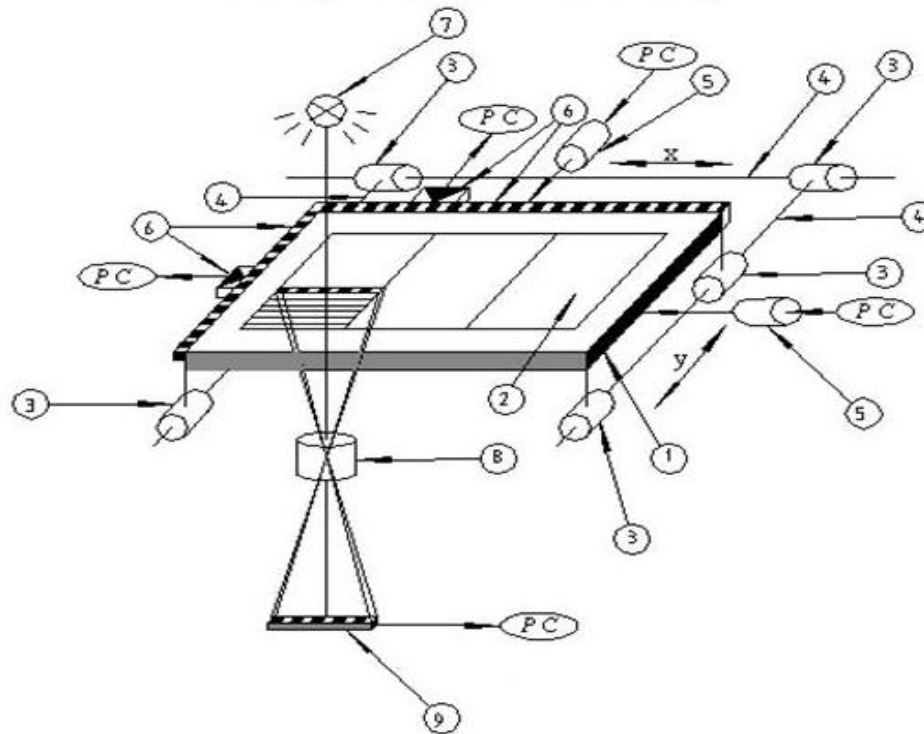
б) висока чутливість до шуму, що може бути усунутий за допомогою наступної модифікації:

$$MHD(A, B) = \max(mhd(A, B), mhd(B, A)), \text{ де}$$

$mhd(A, B)$  – середнє значення  $D(B)$  на множині  $A$ .

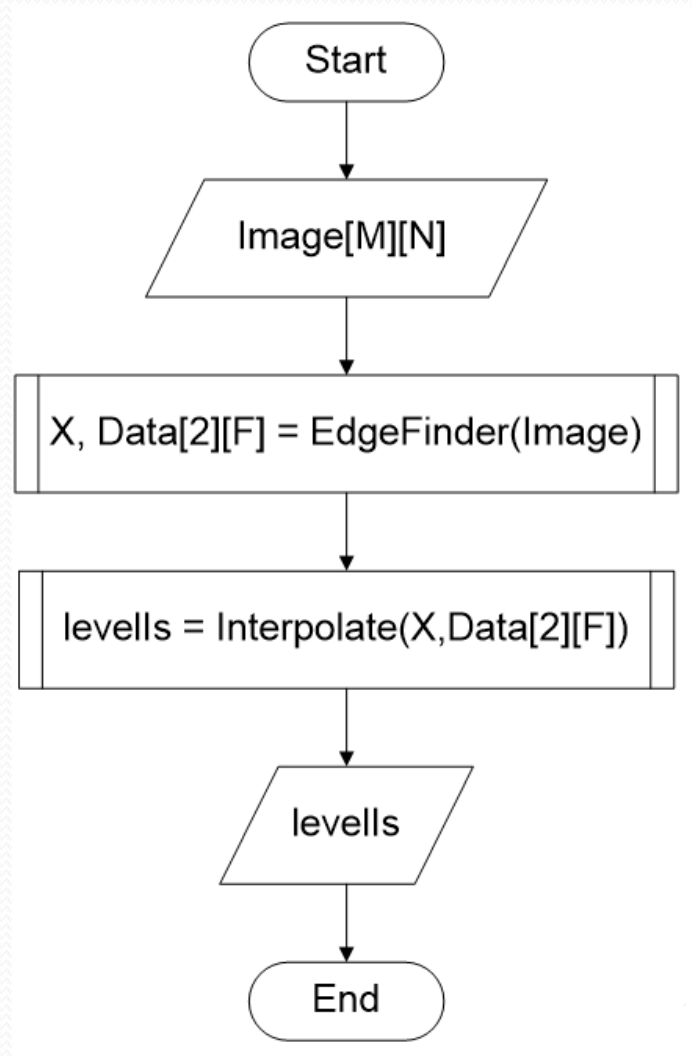
Таким чином, порівняння чергового геодезичного символу з наявними шаблонами виконується шляхом обчислення величини MHD.

# СТРУКТУРА СИСТЕМИ ВВЕДЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ



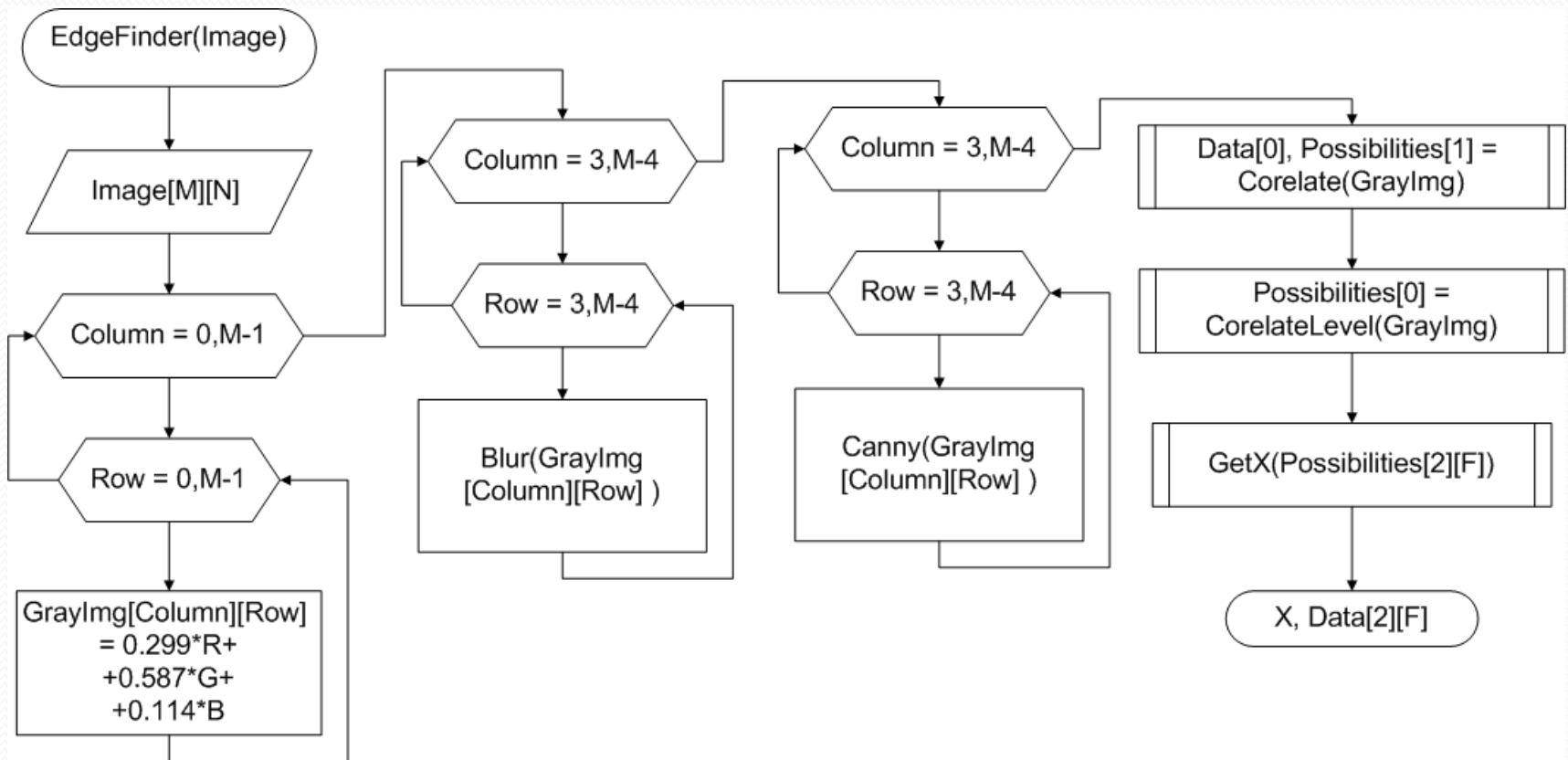
1 - картоутримувач, на якому встановлюється карта - 2. 3 - каретки, за допомогою яких карта він може переміщуватися по напрямках осей  $x$  і  $y$ . Сервоприводи - 5, керовані комп'ютером. Положення картоутримувача фіксується датчиками координат  $x$  і  $y$  - 6, які пов'язані за допомогою інтерфейсів з комп'ютером. Зображення частини карти освітлюється джерелом світла - 7, та фокусується за допомогою об'єктива - 8 на матрицю 9 світлоприймальних елементів (ПЗС-матрицю).

# МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ РОЗРОБЛЮВАНОЇ СИСТЕМИ

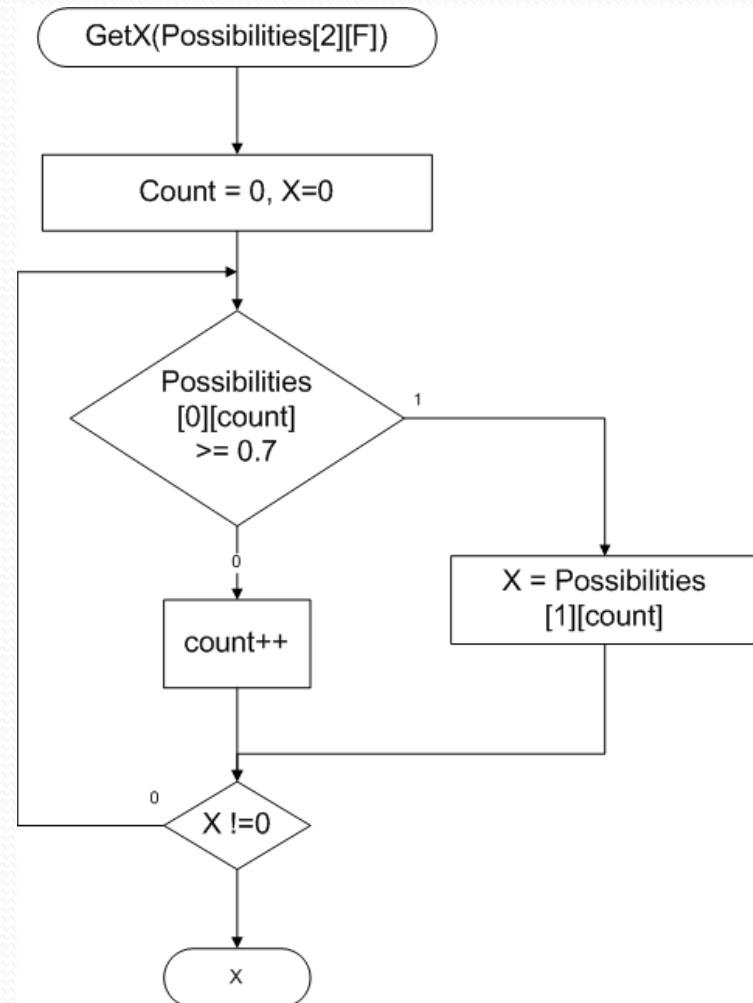
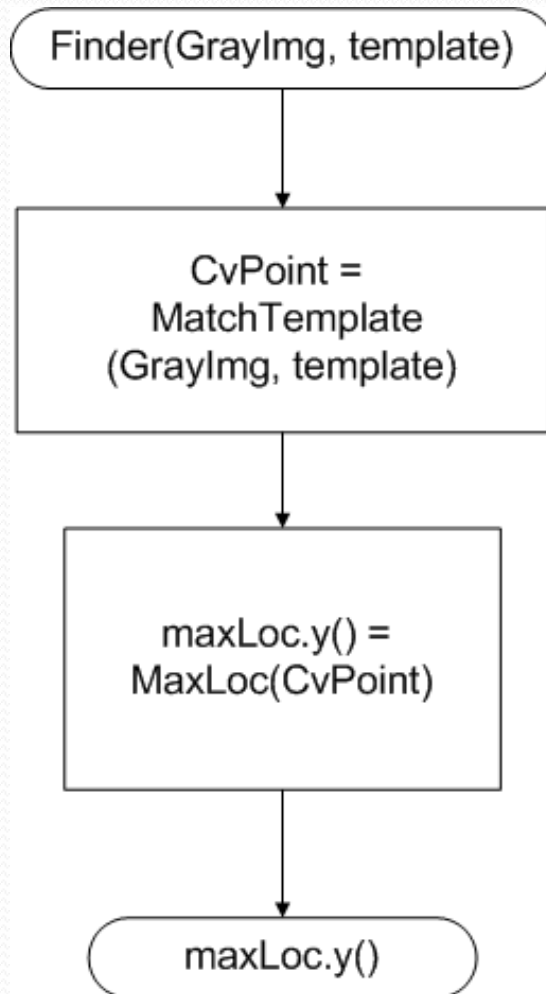




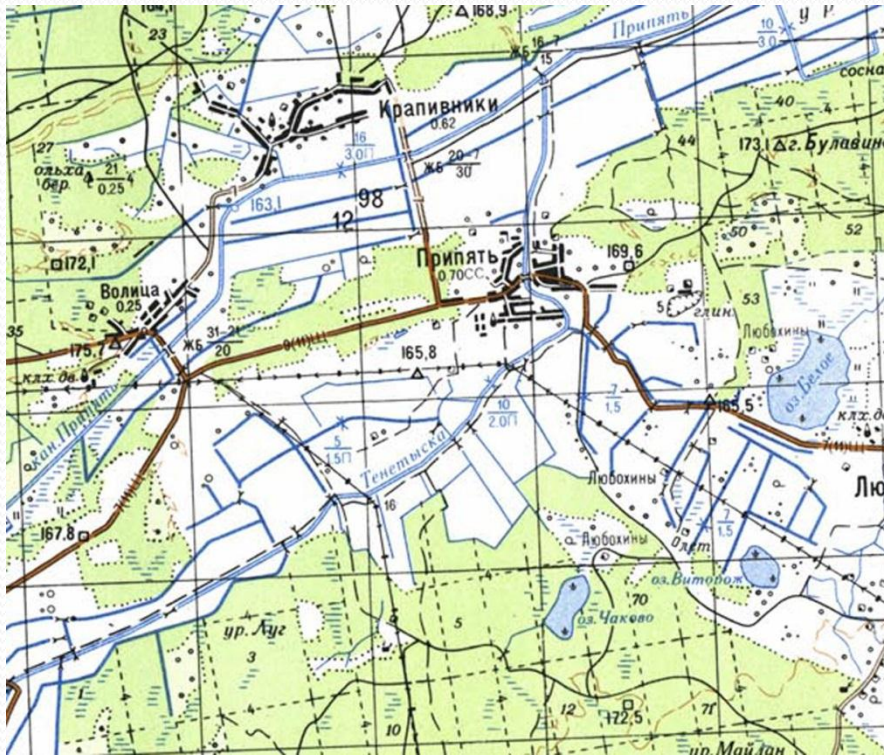
# МОДЕЛЮВАННЯ РОЗРОБЛЮВАНОЇ СИСТЕМИ ВИДІЛЕННЯ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ ЗНАКІВ



# МОДЕЛЮВАННЯ РОЗРОБЛЮВАНОЇ СИСТЕМИ ВИДІЛЕННЯ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ ЗНАКІВ

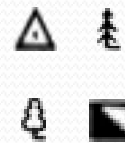


# Результати роботи програми



```
OpenCV version: 3.4.0
Image loaded: firstSample.jpg
Image binarization and thresholding
Start analyzing the image
Finished . . .
6 од. - геодезичний пункт
2 од. - область листяних дерев
0 од. - область хвойних дерев
19 од. - промислові споруди

Process finished with exit code 0
```

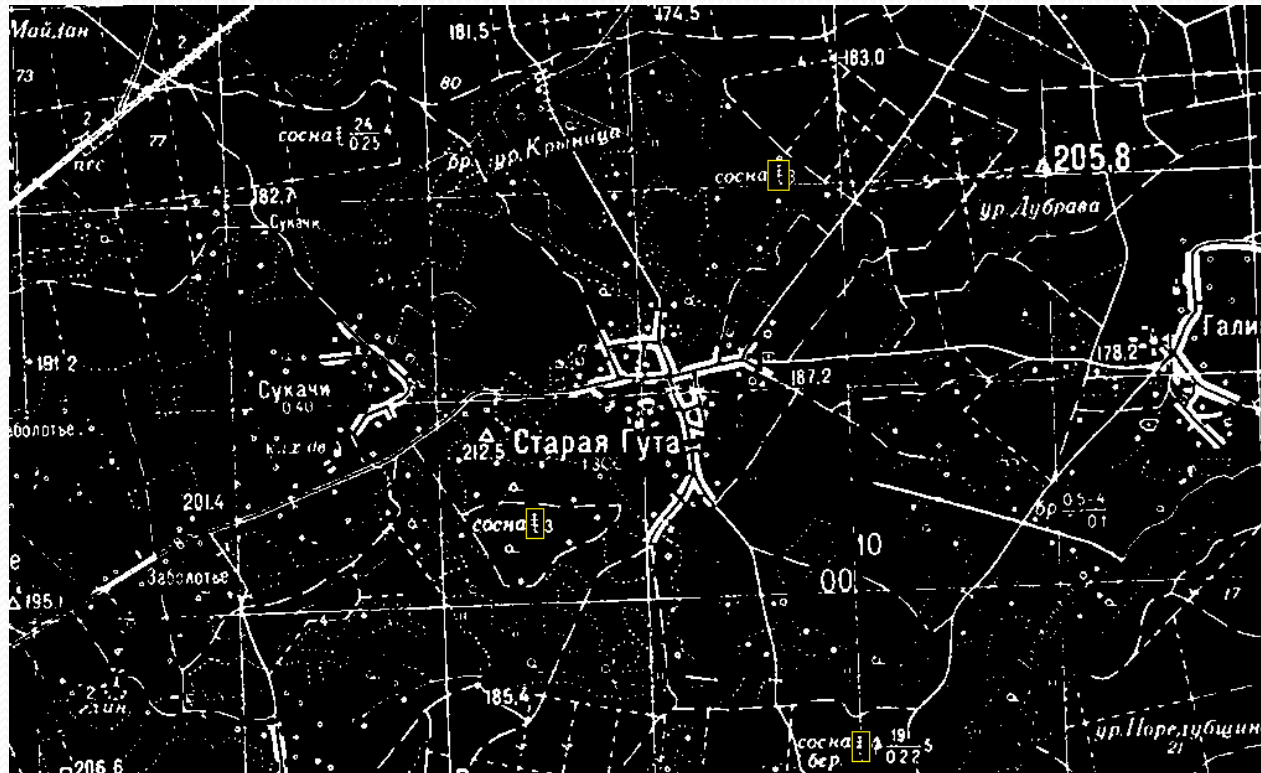
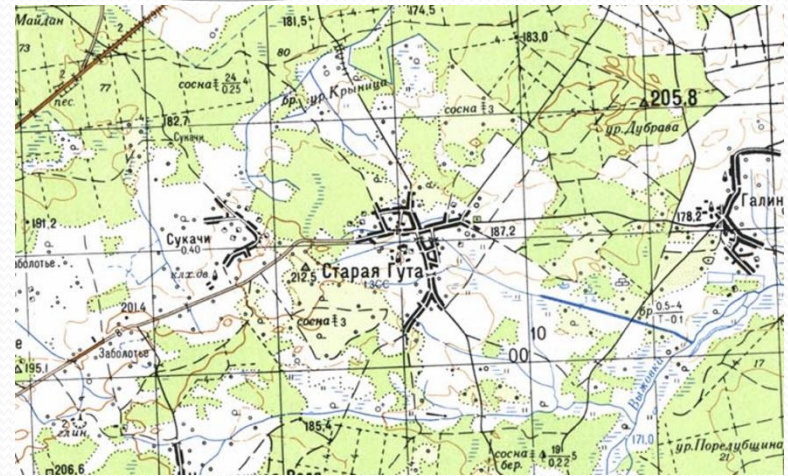


Еталони геодезичних знаків  
на топографічній карті

# Результати роботи програми

```
OpenCV version: 3.4.0
Image loaded: secondSample.jpg
Image binarization and thresholding
Start analyzing the image
Finished . . .
5 од. - геодезичний пункт
1 од. - область листяних дерев
3 од. - область хвойних дерев
5 од. - промислові споруди

Process finished with exit code 0
```



# Порівняльні характеристики методів розпізнавання

Image loaded: firstSample.jpg 0.0639998912811 seconds	Image loaded: firstSample.jpg 0.0620000362396 seconds
Image binarization and thresholding 5.70700001717 seconds	Image binarization and thresholding 5.64100003242 seconds
Start analyzing the image 6 од. - геодезичний пункт 6.64099993706 seconds	Start analyzing the image 6 од. - геодезичний пункт
2 од. - область листяних дерев 6.01400008202 seconds	2 од. - область листяних дерев
1 од. - область хвойних дерев 6.87799992561 seconds	0 од. - область хвойних дерев
17 од. - промислові споруди 6.43600001335 seconds	19 од. - промислові споруди 7.93799986839 seconds
Overall 31.8589998245 seconds	Overall 13.7439998627 seconds

Image loaded: secondSample.jpg 0.039999961853 seconds	Image loaded: secondSample.jpg 0.0390000343323 seconds
Image binarization and thresholding 3.12699985504 seconds	Image binarization and thresholding 3.04399991035 seconds
Start analyzing the image 7 од. - геодезичний пункт 4.22300019264 seconds	Start analyzing the image 5 од. - геодезичний пункт
1 од. - область листяних дерев 3.98200001717 seconds	1 од. - область листяних дерев
4 од. - область хвойних дерев 3.94499983788 seconds	3 од. - область хвойних дерев
8 од. - промислові споруди 3.96900000572 seconds	5 од. - промислові споруди 4.20700016022 seconds
Overall 19.3619998455 seconds	Overall 7.35499992371 seconds

## ВИСНОВКИ

- У роботі проведено удосконалення оптико-електронної інформаційної системи на базі нейронної для обробки та розпізнавання геодезичних знаків. Розроблено структурну схему системи обробки та введення геодезичних знаків засобів.
- Проведено техніко-економічне обґрунтування доцільності удосконалення оптико-електронної системи обробки та розпізнавання топографічних знаків на базі нейромережі. Проаналізовано відомі нейронні мережі з орієнтацією на розпізнавання образів. Проведено математичне моделювання штучної нейронної мережі для системи обробки та розпізнавання.
- Проведено основні розрахунки енергетичних та оптичних характеристик системи обробки та розпізнавання, а саме розрахунок глибини різкості камер відеоспостереження для оптико-електронної системи розпізнавання. Здійснено класифікацію процедур обробки, аналізу, розпізнавання зображень, а також класифікацію структурної організації системи розпізнавання образів.
- Здійснено комп'ютерне моделювання нейромережі, функцій бінарізації та сегментації, а також моделювання обробки та розпізнавання топографічних символів на картах з допомогою мови програмування високого рівня.
- У шостому розділі розраховано кошторис витрат на розробку та вдосконалення оптико-електронної системи обробки та розпізнавання знаків, виробничу собівартість та ціну реалізації одиниці продукції, чистий прибуток виробника, термін окупності витрат та величину експлуатаційних витрат.
- Завдяки нечіткій логіці, що використовується в нейромережі та алгоритмах на її основі, розроблена система дозволить досягти більш точного результату, у той час, коли алгоритми, засновані на чіткій відповідності, можуть не дати результату через недолік інформації, або її перекручування (наприклад, частина топографічного знаку перекрита лініями інших шарів).

Дякую за увагу!