

Стаття про саме дослідження використовує аналогічний проект на WinForms (є на репозиторії [1]). Швидкість розпізнавання приблизно однакова в двох проектах.

Вибираємо тестовий набір даних

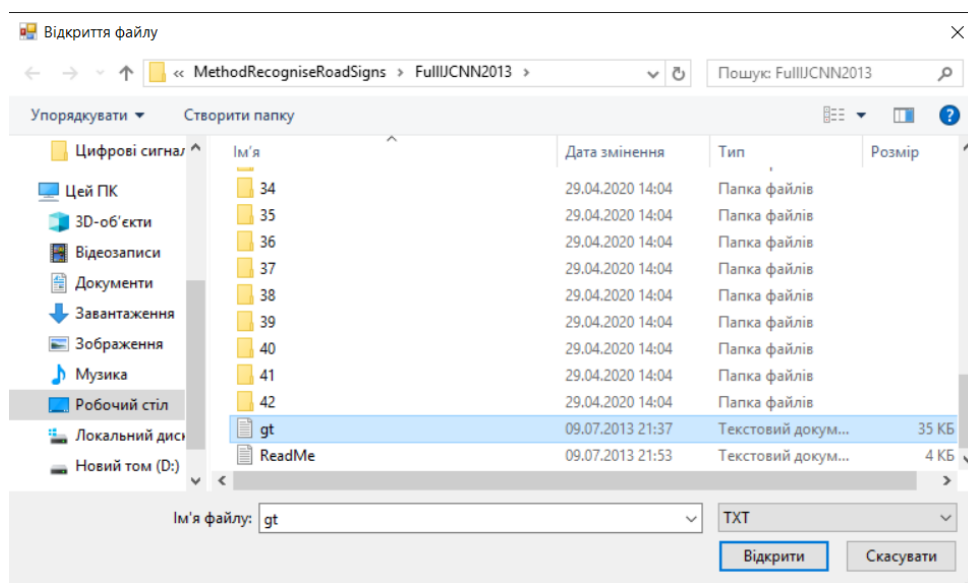


Рис. 1. Вибір тестового набору даних

1. Перший дослід

Перший дослід проведено з параметрами:



Рис. 1.1. Параметри каскаду

- 1) Вигляд pictureBox1 після вибору зображення та натискання на кнопку «Розпізнати»:

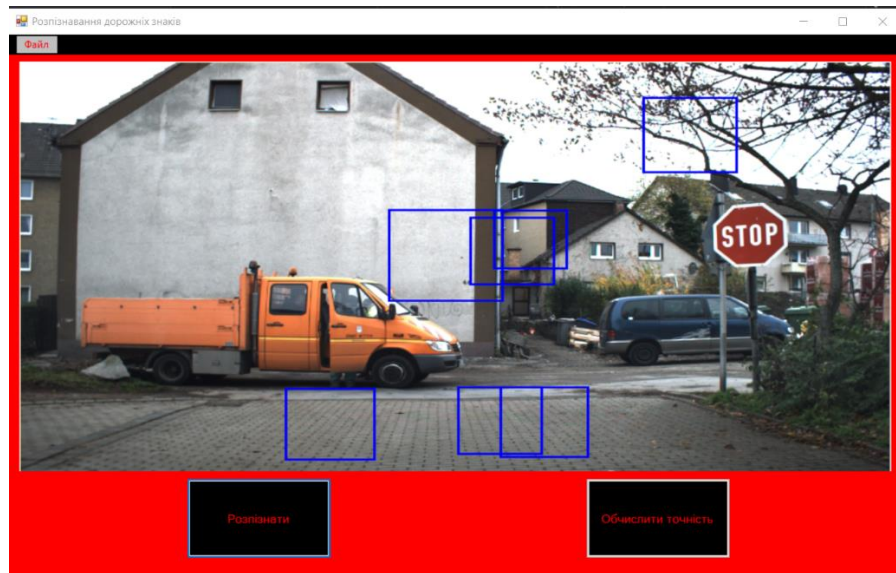


Рис. 1.2. Перше дослідне зображення

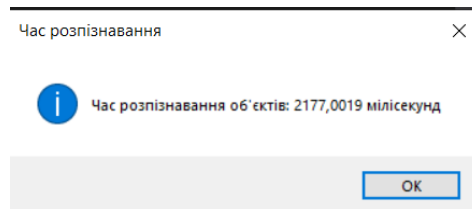


Рис. 1.3. Час виявлення об'єктів

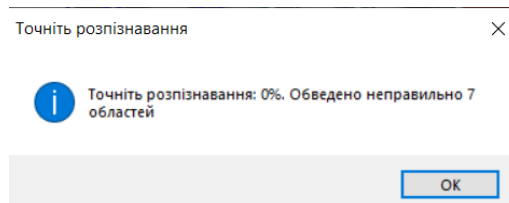


Рис. 1.4. Після натискання на кнопку «Обчислити точність»

- 2) Вигляд pictureBox1 після вибору зображення та натискання на кнопку «Розпізнати»:

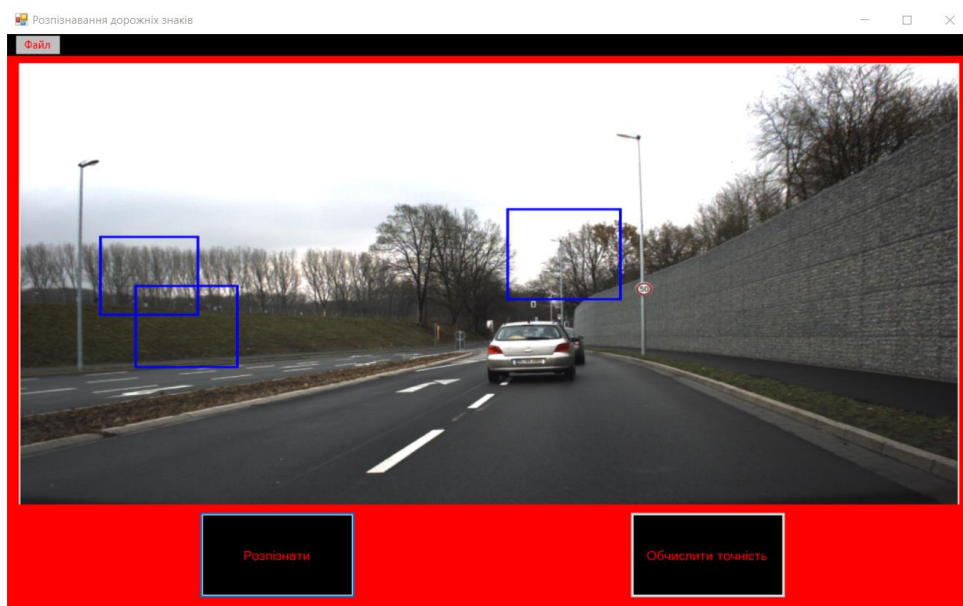


Рис. 1.5. Третє дослідне зображення

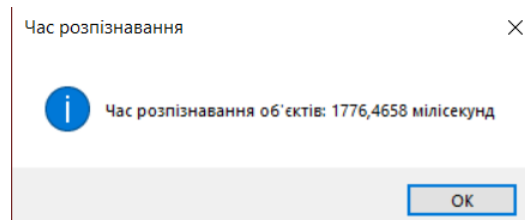


Рис. 1.6. Час виявлення об'єктів

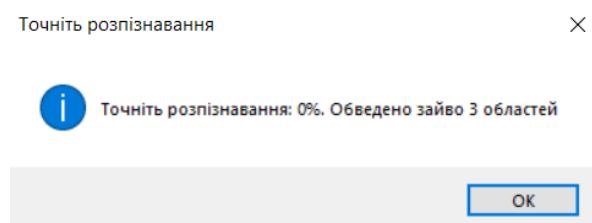


Рис. 1.7. Після натискання на кнопку «Обчислити точність»

2. Другий дослід

Другий дослід проведено з параметрами:



Рис. 2.1. Параметри каскаду

- 1) Вигляд pictureBox1 після вибору зображення та натискання на кнопку «Розпізнати»:

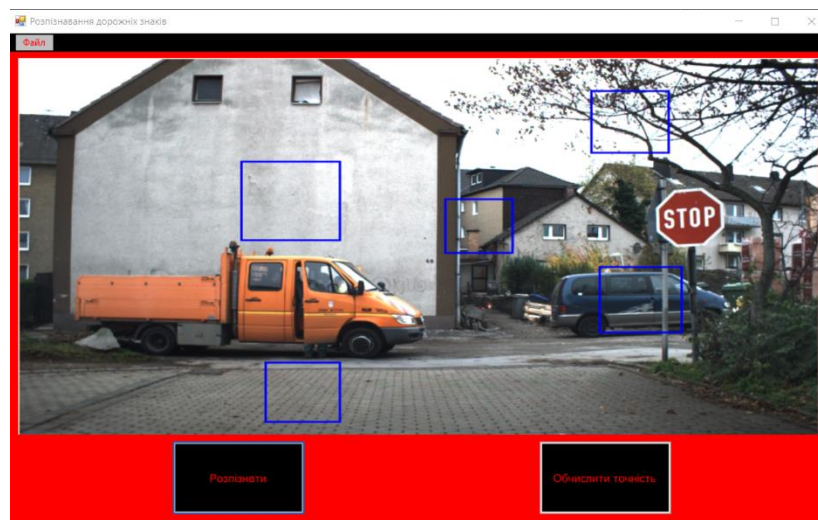


Рис. 2.2. Перше дослідне зображення

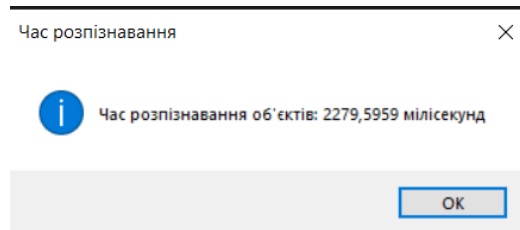


Рис. 2.3. Час виявлення об'єктів

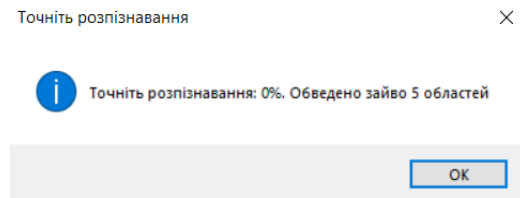


Рис. 2.4. Після натискання на кнопку «Обчислити точність»

- 2) Вигляд pictureBox1 після вибору зображення та натискання на кнопку «Розпізнати»:

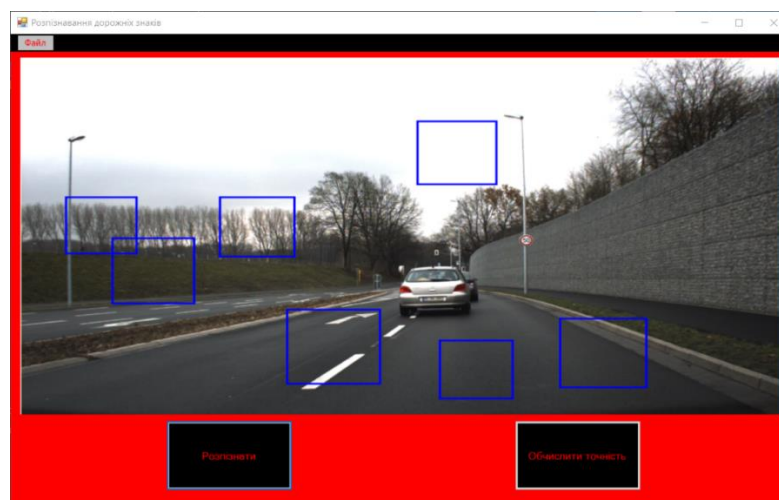


Рис. 2.5. Друге дослідне зображення

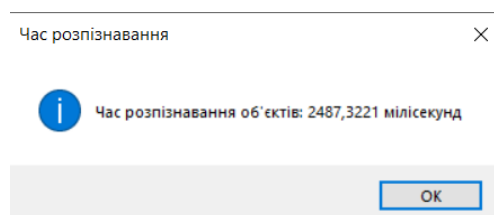


Рис. 2.6. Час виявлення об'єктів

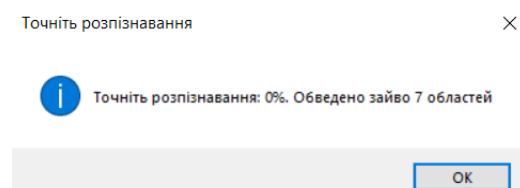


Рис. 2.7. Після натискання на кнопку «Обчислити точність»

3. Третій дослід

Третій дослід проведено з параметрами:



Рис. 3.1. Параметри каскаду

- 1) Вигляд pictureBox1 після вибору зображення та натискання на кнопку «Розпізнати»:

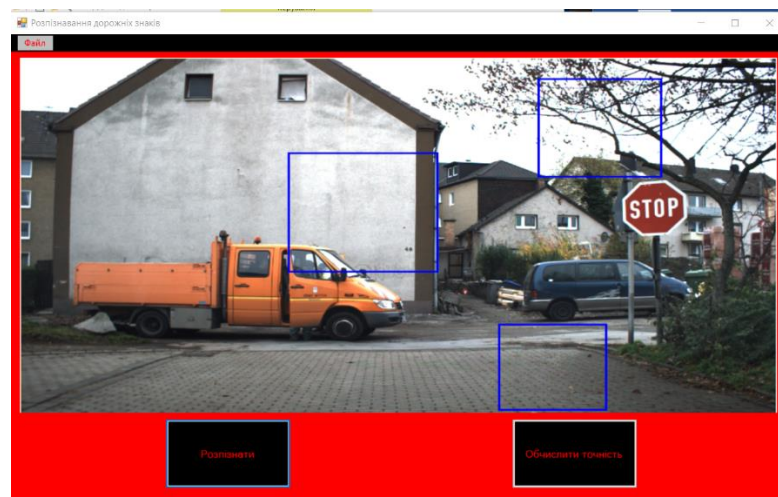


Рис. 3.2. Перше дослідне зображення

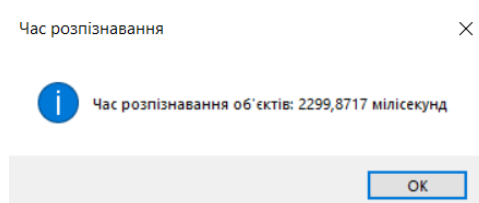


Рис. 3.3. Час виявлення об'єктів

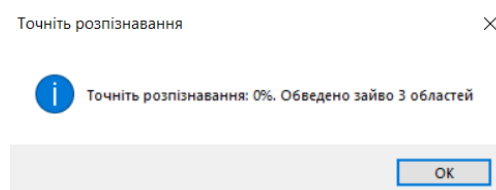


Рис. 3.4. Після натискання на кнопку «Обчислити точність»

- 2) Вигляд pictureBox1 після вибору зображення та натискання на кнопку «Розпізнати»:

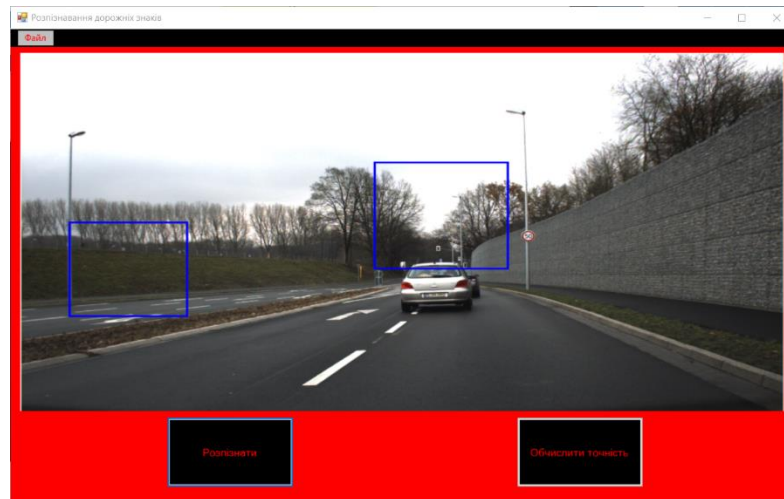


Рис. 3.5. Друге дослідне зображення

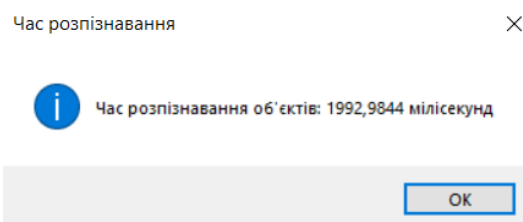


Рис. 3.6. Час виявлення об'єктів

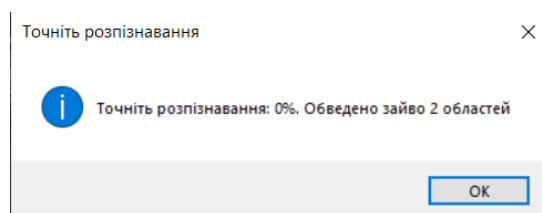


Рис. 3.7. Після натискання на кнопку «Обчислити точність»

4. Четвертий дослід

Четвертий дослід проведено з параметрами:

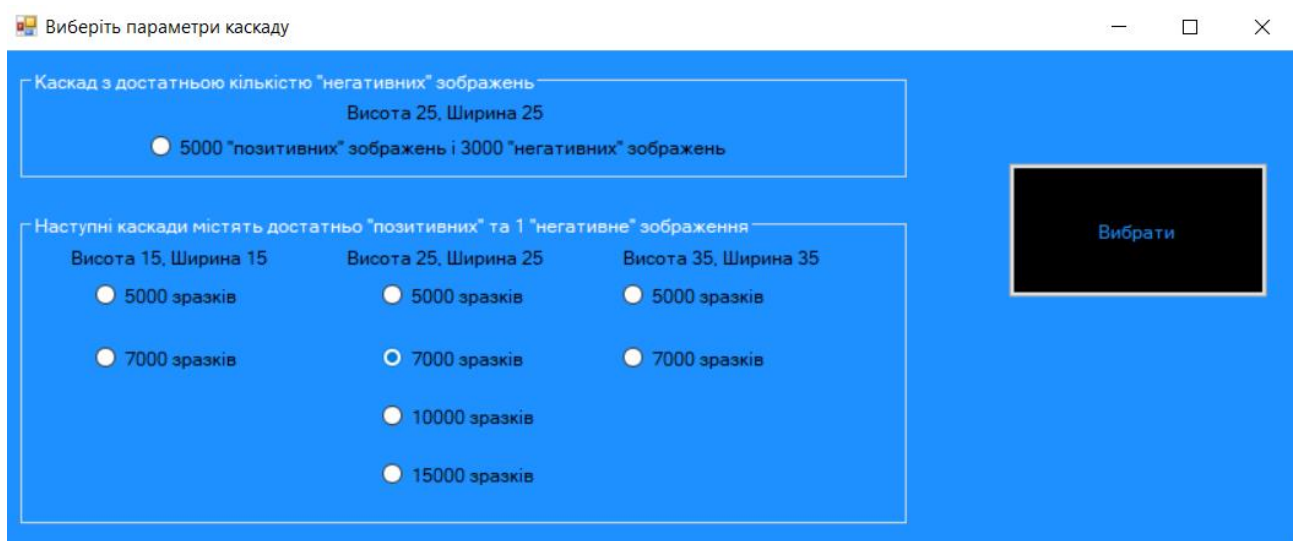


Рис. 4.1. Параметри каскаду

- 1) Вигляд pictureBox1 після вибору зображення та натискання на кнопку «Розпізнати»:

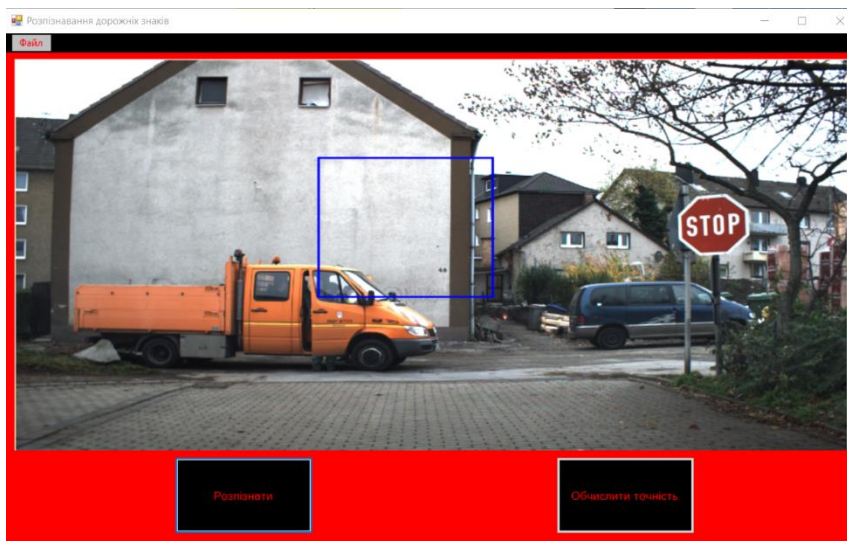


Рис. 4.2. Перше дослідне зображення

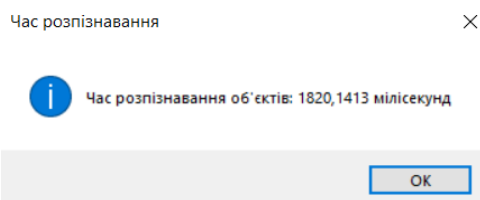


Рис. 4.3. Час виявлення об'єктів

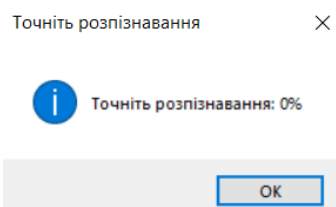


Рис. 4.4. Після натискання на кнопку «Обчислити точність»

- 2) Вигляд pictureBox1 після вибору зображення та натискання на кнопку «Розпізнати»:

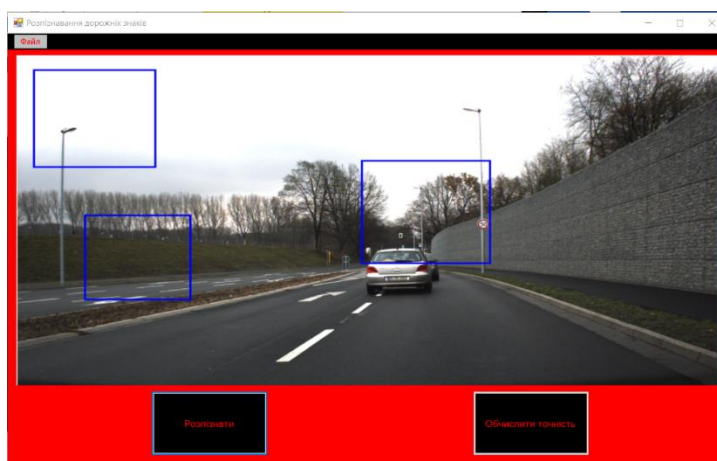


Рис. 4.5. Друге дослідне зображення

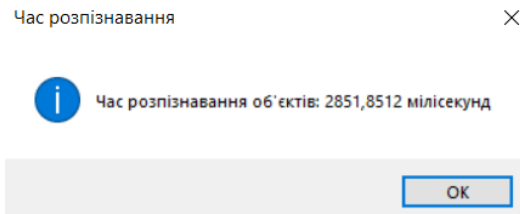


Рис. 4.6. Час виявлення об'єктів

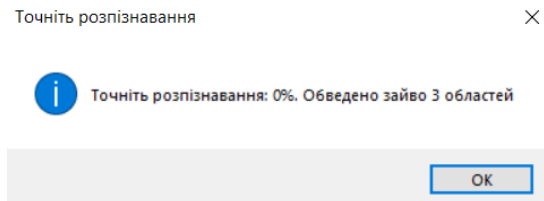


Рис. 4.7. Після натискання на кнопку «Обчислити точність»

5. П'ятий дослід

П'ятий дослід проведено з параметрами:

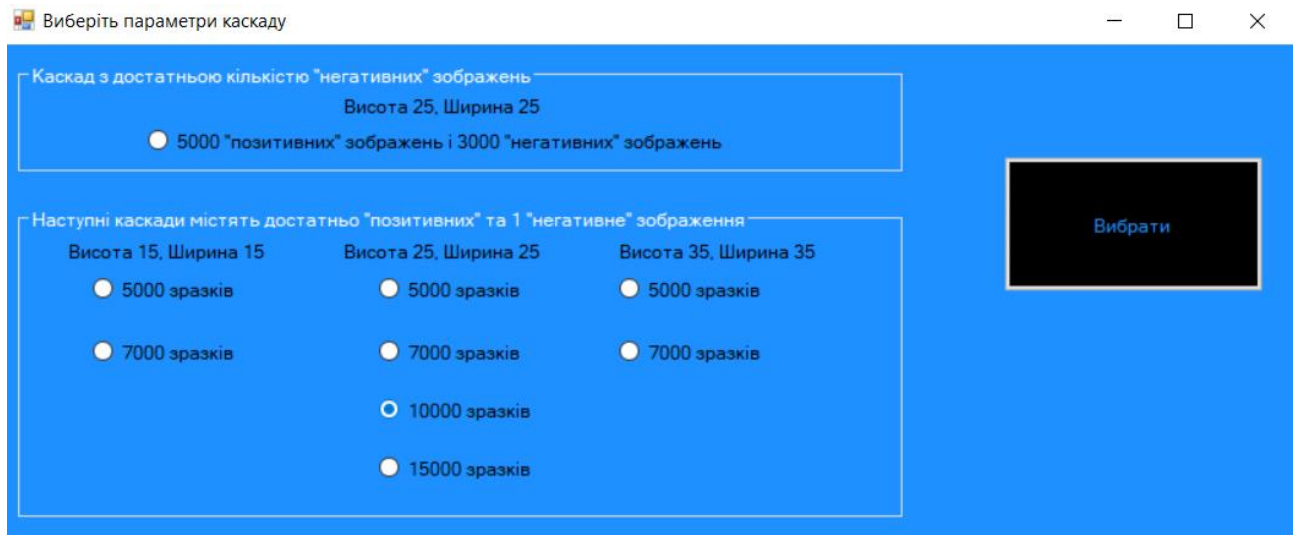


Рис. 5.1. Параметри каскаду

- 1) Вигляд pictureBox1 після вибору зображення та натискання на кнопку «Розпізнати»:

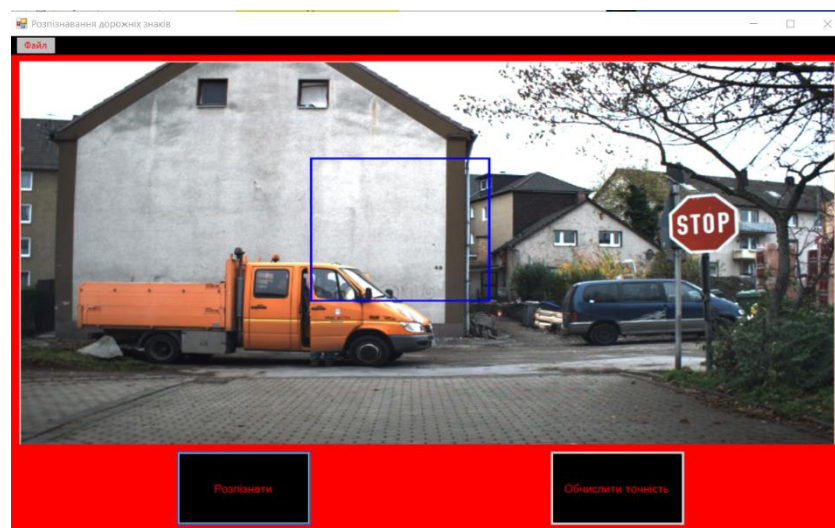


Рис. 5.2. Перше дослідне зображення

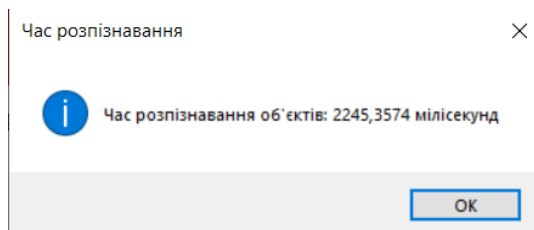


Рис. 5.3. Час виявлення об'єктів

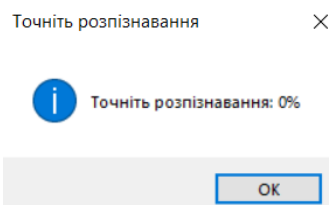


Рис. 5.4. Після натискання на кнопку «Обчислити точність»

- 2) Вигляд pictureBox1 після вибору зображення та натискання на кнопку «Розпізнати»:

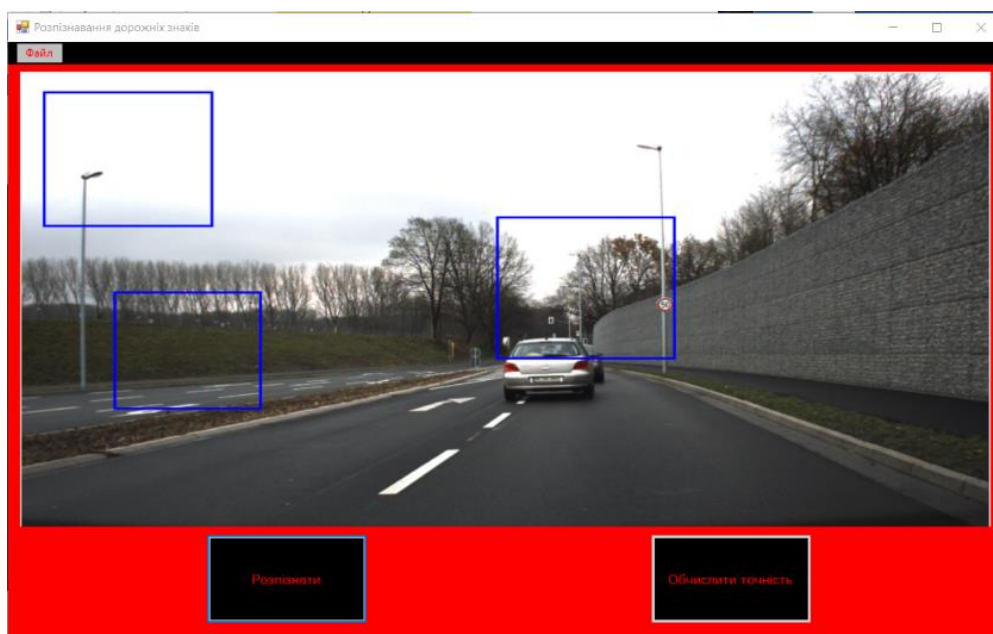


Рис. 5.5. Друге дослідне зображення

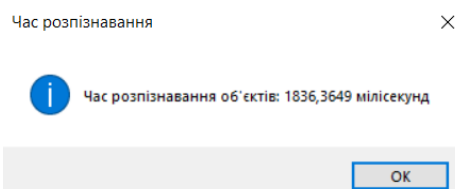


Рис. 5.6. Час виявлення об'єктів

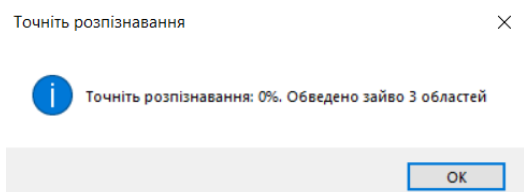


Рис. 5.7. Після натискання на кнопку «Обчислити точність»

6. Шостий дослід

Шостий дослід проведено з параметрами:

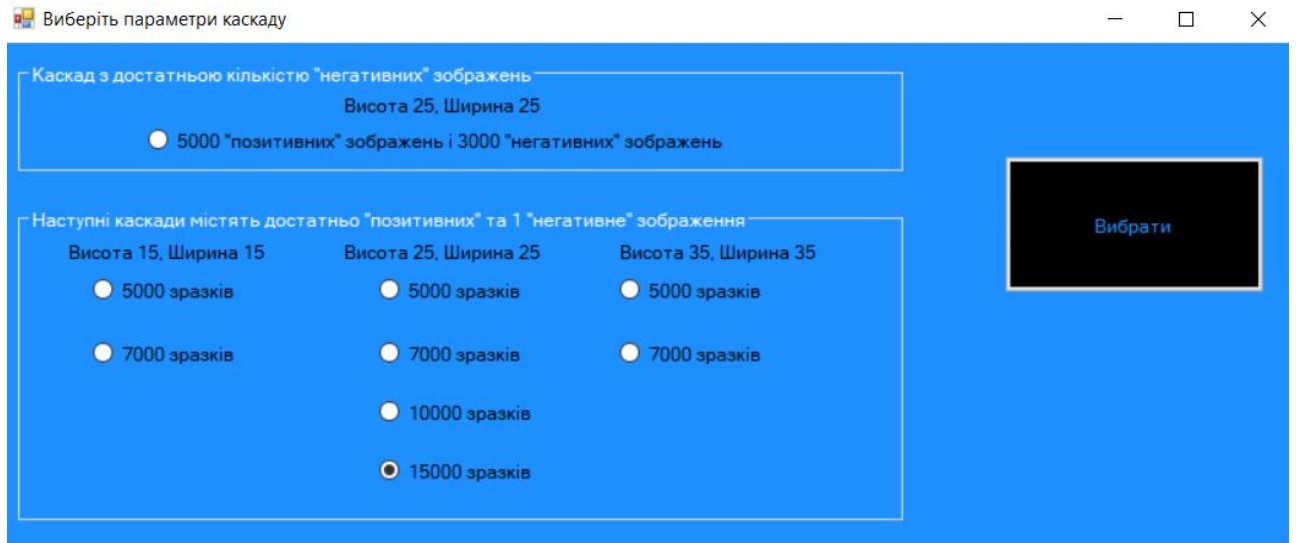


Рис. 6.1. Параметри каскаду

- 1) Вигляд pictureBox1 після вибору зображення та натискання на кнопку «Розпізнати»:

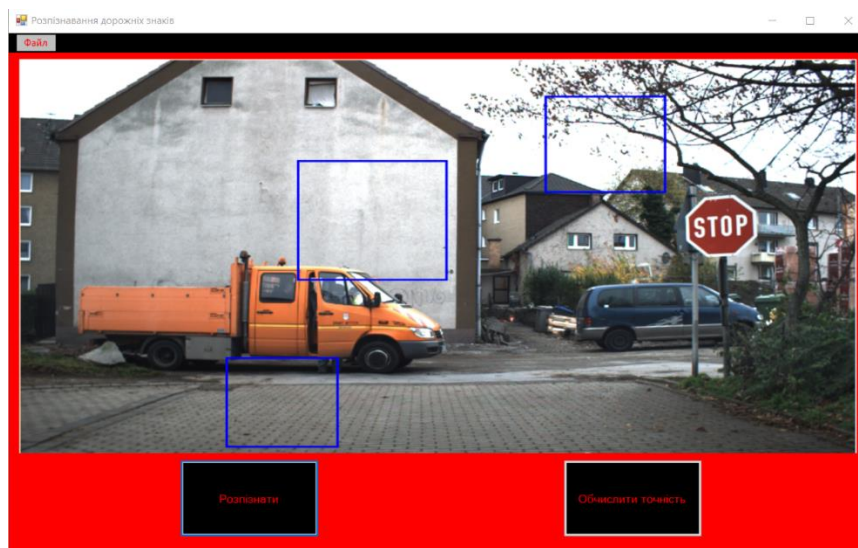


Рис. 6.2. Перше дослідне зображення

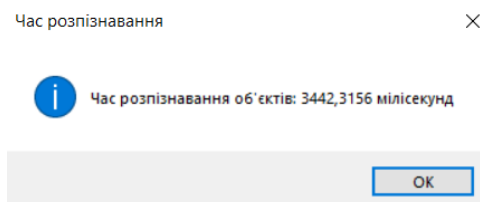


Рис. 6.3. Час виявлення об'єктів

Точність розпізнавання



Точність розпізнавання: 0%

OK

Рис. 6.4. Після натискання на кнопку «Обчислити точність»

- 2) Вигляд pictureBox1 після вибору зображення та натискання на кнопку «Розпізнати»:

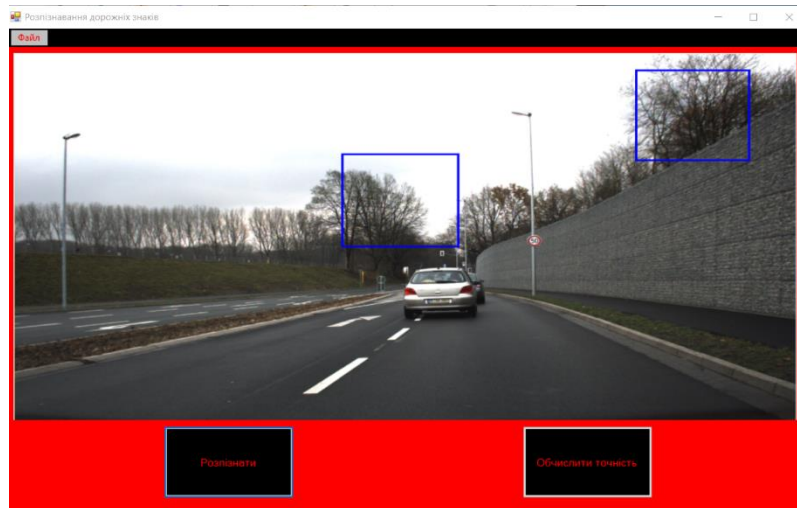


Рис. 6.5. Друге дослідне зображення

Час розпізнавання



Час розпізнавання об'єктів: 2811,5498 мілісекунд

OK

Рис. 6.6. Час виявлення об'єктів

Точність розпізнавання



Точність розпізнавання: 0%. Обведено зайво 2 областей

OK

Рис. 6.7. Після натискання на кнопку «Обчислити точність»

7. Сьомий дослід

Сьомий дослід проведено з параметрами:

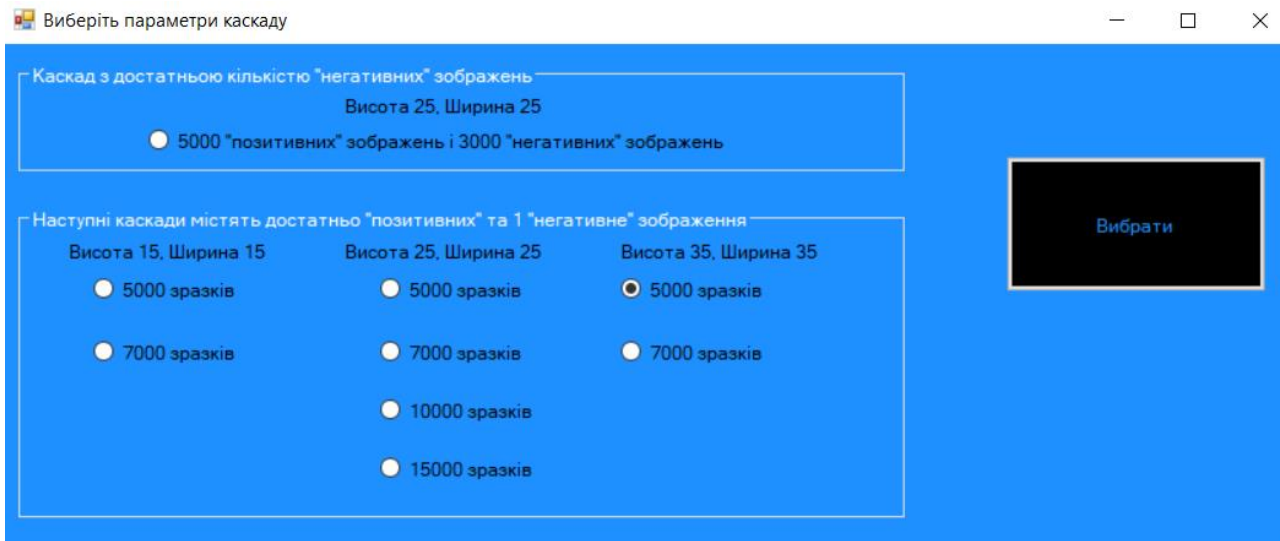


Рис. 7.1. Параметри каскаду

- 1) Вигляд pictureBox1 після вибору зображення та натискання на кнопку «Розпізнати»:



Рис. 7.2. Перше дослідне зображення

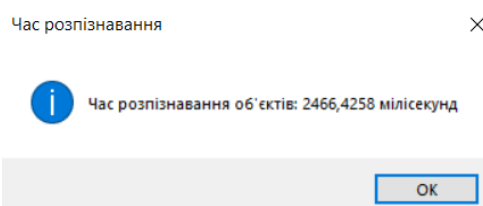


Рис. 7.3. Час виявлення об'єктів

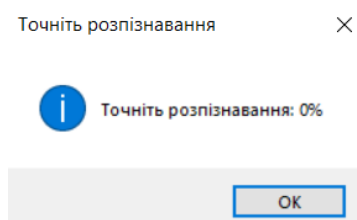


Рис. 7.4. Після натискання на кнопку «Обчислити точність»

2) Вигляд pictureBox1 після вибору зображення та натискання на кнопку «Розпізнати»:

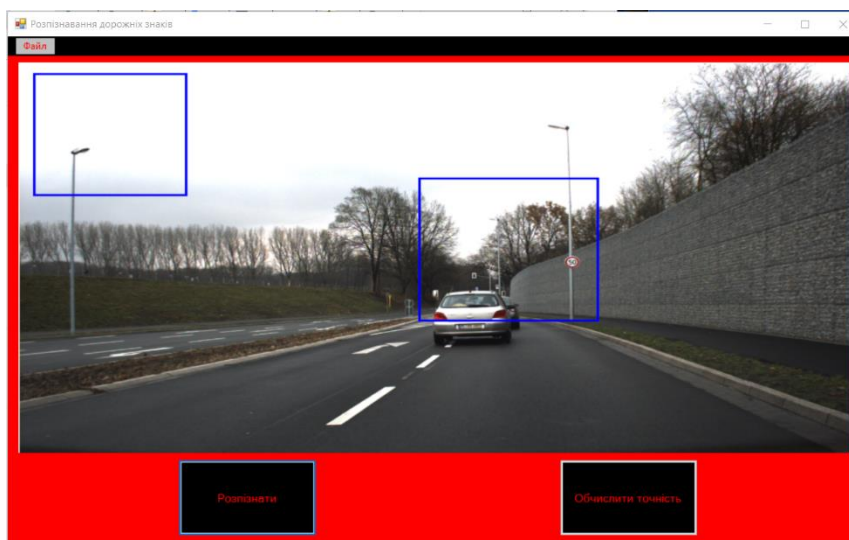


Рис. 7.5. Друге дослідне зображення

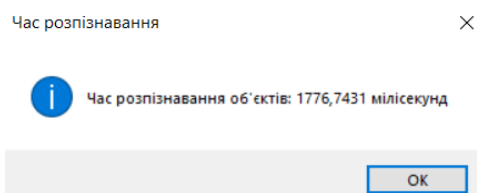


Рис. 7.6. Час виявлення об'єктів

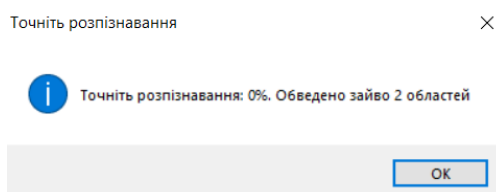


Рис. 7.7. Після натискання на кнопку «Обчислити точність»

8. Восьмий дослід

Восьмий дослід проведено з параметрами:



Рис. 8.1. Параметри каскаду

- 3) Вигляд pictureBox1 після вибору зображення та натискання на кнопку «Розпізнати»:

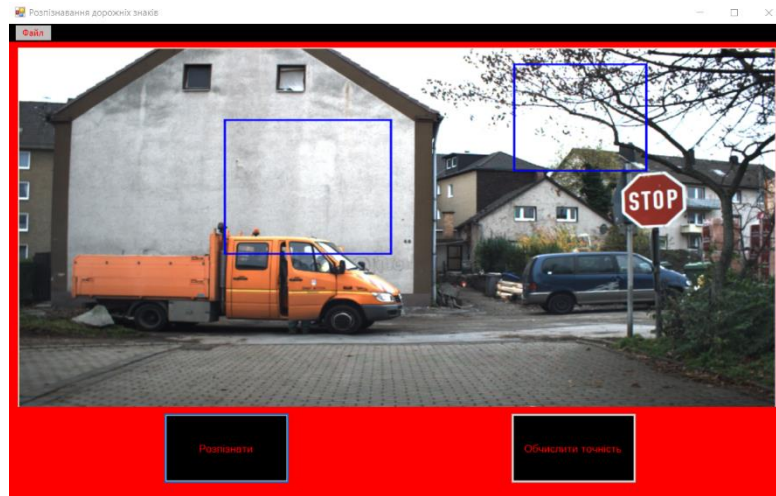


Рис. 8.2. Перше дослідне зображення

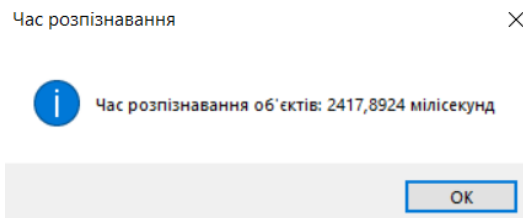


Рис. 8.3. Час виявлення об'єктів

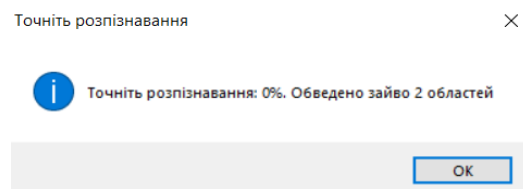


Рис. 8.4. Після натискання на кнопку «Обчислити точність»

- 4) Вигляд pictureBox1 після вибору зображення та натискання на кнопку «Розпізнати»:

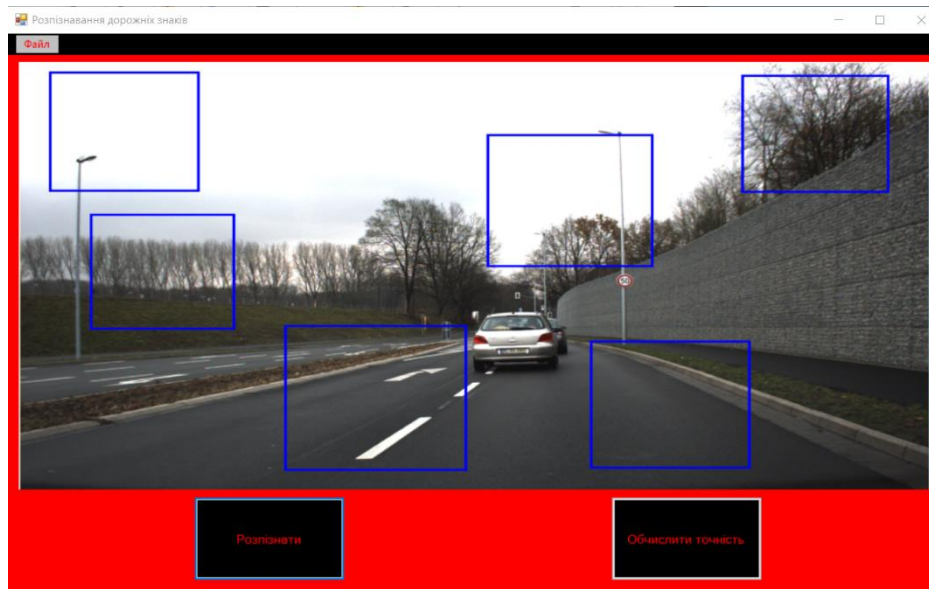


Рис. 8.5. Друге дослідне зображення

Час розпізнавання

Час розпізнавання об'єктів: 2505,0903 мілісекунд

OK

Рис. 8.6. Час виявлення об'єктів

Точність розпізнавання

Точність розпізнавання: 0%. Обведено зайво 6 областей

OK

Рис. 8.7. Після натискання на кнопку «Обчислити точність»

9. Дев'ятий дослід

Дев'ятий дослід проведено з параметрами:



Рис. 9.1. Параметри каскаду

- 1) Вигляд pictureBox1 після вибору зображення та натискання на кнопку «Розпізнати»:

Рис. 9.2. Перше дослідне зображення

Рис. 9.3. Час виявлення об'єктів

Рис. 9.4. Після натискання на кнопку «Обчислити точність»

- 2) Вигляд pictureBox1 після вибору зображення та натискання на кнопку «Розпізнати»:

Рис. 9.5. Друге дослідне зображення

Рис. 9.6. Час виявлення об'єктів

Рис. 9.7. Після натискання на кнопку «Обчислити точність»

10. Підсумки дослідів

Як бачимо зовсім неправильно всюди обведено дорожні знаки. Причини:

- розмірність зразків не відповідає істинним розмірностям об'єктів в файлі їхнього опису;
- занадто мала кількість «негативних» зображень. Зазвичай їх повинно бути 3000 [2]. Кількість негативних зразкових зображень не повинна бути настільки ж великою, як позитивні. Але більшу частину цих зображень потрібно підібрати до фону, на якому регулярно траплятиметься шуканий об'єкт. Тож якщо це дорожні знаки, то варто підбирати зображення дороги без присутніх об'єктів, які досліджуються, та в різних умовах: сніг, дощ, ніч, день тощо [3];
- важко вгадати, які потрібно задавати числа у параметри `scaleFactor` та `minNeighbors` у методі

```
public Rectangle[] DetectMultiScale(  
    Image<Gray, byte> image,  
    double scaleFactor,  
    int minNeighbors,  
    Size minSize,  
    Size maxSize),
```

оскільки, наприклад, якщо задати `scaleFactor` порядку 1.3, що рекомендується, то буде дуже велика к-сть прямокутників, тому з'явиться

необхідність задавати більше число у параметр minNeighbors, в результаті чого буде повертатись прямокутник у тих місця, де було ймовірно правильно виявлено шукані об'єкти, а оскільки каскад добре не вміє виявляти, що класифікувати не потрібно, бо негативних зображень немає, то прямокутники будуть з'являтися у зовсім непотрібних місцях.

Швидкість розпізнавання

Висота на ширину, $p_x \times p_y$	Кількість зразків	Час розпізнавання, с	Середня кількість прямокутників	Відносний час розпізнавання, с
15x15	5000	2,08	5,33	0,4
	7000	2,59	4,67	0,55
25x25	5000	2,01	2	1
	7000	2,16	1,67	1,29
	10000	2,03	1,67	1,21
	15000	3,1	2,66	1,17
35x35	5000	2,03	2	1
	7000	2,44	3,66	0,67

Тут можна спостерігати закономірність, що чим більша кількість зразків, тим довше розпізнається об'єкт.

Отже, без «негативних» зображень класифікація не приведе до успіху, які б параметри каскаду не було б задано. В теперішній час метод Віюлі-Джонса не є ефективним для такого роду задач через помалу швидкість та недостатньо велику точність розпізнавання. Найкращими вважаються методи, які базуються на використанні штучних нейронних мереж.

Джерела

1. Репозиторій проекту на WinForms:
<https://github.com/bob-byte/MethodViolaJonesWinForms>
2. Стаття про те, як створювати .xml-файл для каскадів:
<https://www.codeproject.com/Answers/132421/How-to-Create-HaarCascade-XML-file#answer5>
3. Tutorial: OpenCV haartraining (Rapid Object Detection With A Cascade of Boosted Classifiers Based on Haar-like Features):
<http://note.sonots.com/SciSoftware/haartraining.html>