

4. *Поспелов Г. С.* Ситуационное управление. – М.: Наука, 1986. – 288 с.

5. *Сікора Л. С.* Когнітивні моделі та логіка оперативного управління в ієрархічних інтегрованих системах в умовах ризику / Л. С. Сікора. – Львів: ЦСД «ЕБТЕС», 2009. – 432 с.: схеми, табл.

6 *Человек и вычислительная техника / ред. В. М. Глушков* – К.: Наук. думка, 1971. – 290 с.

*Поступила 28.02.2013р.*

УДК 681.307

К.В. Харченко, НТУУ КПІ, м. Київ

## **ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ОПТИЧНОГО ПОТОКУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ І ОЦІНКИ ВІДСТАНІ ДО ПЕРЕШКОД В ТРАНСПОРТНИХ ЗАСТОСУВАННЯХ**

**Анотація.** Описано можливе використання методу оптичного потоку для застосування в системах комп'ютерного зору в транспортних засобах. Описано застосування методу Фарнебека для оцінки відстані та виявлення перешкод до об'єктів попереду транспортного засобу, що рухається.

**Abstract.** The paper describes the possible use of optical flow method for use in computer vision systems for vehicles. It describes the application of the Farneback method to measure the distance to objects and identifies obstacles in front of the vehicle that moves.

**Ключові слова:** комп'ютерний зір, OpenCV, аналіз перешкод, вимірювання дистанції.

**Keywords:** computer vision, OpenCV, obstacle analysis, measurement of distance.

### **Вступ.**

У багатьох сучасних роботах в галузі комп'ютерного зору пропонуються різноманітні методи виявлення перешкод перед транспортними засобами, що рухаються, і методи оцінки відстаней до перешкоди. Це одне з найбільш важливих завдань в галузі комп'ютерного зору для транспортних застосувань, робототехніки, авіаційних систем. Існує багато апаратних виконань з радарними системами, які вже доступні на ринку, як, наприклад, на транспортних засобах найдорожчого сегменту. Зараз розвиваються два головних напрямки виявлення перешкод перед транспортом, що рухається: 3D стерео-зір і аналіз оптичного потоку.

Підхід з використанням 3D стерео-зору для цієї області все ще має деякі проблеми з реалізацією, вимагає більше обчислювальних потужностей і є дорогим методом через використання двох камер. З іншого боку, методи 3D

стерео-зору можуть забезпечити точніший результат оцінки відстані до найближчого об'єкту попереду транспортного засобу.

Оскільки багато джерел показують, що 25% усіх інцидентів на дорогах трапляються у варіанті фронтального зіткнення з транспортним засобом, що рухається попереду, задача виявлення перешкод перед транспортним засобом може вирішити цю проблему.

Користуючись ефективними методами для виявлення перешкод і їх комбінаціями з іншими сенсорами, створення дешевої системи сигналізації зближення стало можливим для її практичного здійснення у вигляді автономної системи, яку можливо встановити в кожному транспортному засобі з простою інструкцією для калібрування.

### Проекція камери фронтального виду.

Як описано в [2, 3] багато застосувань у робототехніці і системах зору у транспортних засобах використовують проекцію фронтального виду камери до виду зверху. Це дозволяє спростити аналіз дорожньої поверхні і представляє вид зверху на перешкоди перед транспортним засобом. Існує багато методів, що дозволяють використовувати трансформацію перспективи, і найпростіший ефективний метод з використанням бібліотеки OpenCV описано в [3], де запропоновано простий шлях калібрування перетворення перспективи. Цей метод оснований на виборі чотирьох точок трапеції на відео з камери фронтального виду.

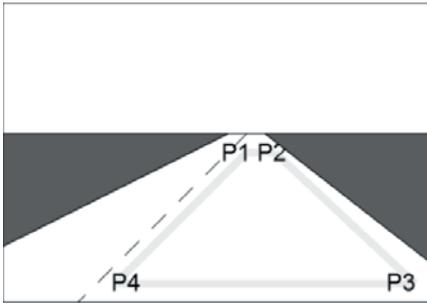


Рис. 1. Початкові точки трапеції для трансформації перспективи на базі функцій OpenCV

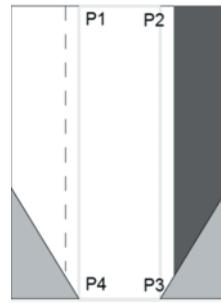


Рис. 2. Відповідна проекція фронтального вигляду, яка обчислена за допомогою OpenCV.

Якщо при налаштуванні обрано  $X$  і  $Y$  координати для верхніх двох точок  $P1$ ,  $P2$  фронтального вигляду дорожнього полотна і дві нижні точки  $P3$ ,  $P4$  так, як це показано на Рис. 1, тоді проекція вигляду зверху буде уявляти собою прямокутник, як це показано на Рис. 2. Це дозволяє перетворити початкове зображення фронтальної камери з чотирма точками з  $P_i(X, Y)$  координатами, які користувач вибирає при калібрації пристрою на рівній ділянці дороги. Дві функції бібліотеки OpenCV використані для досягнення

високої швидкості перетворення з початкового зображення до плоского представлення фронтального виду дороги: трансформація `cvGetPerspectiveTransform()` і функція перспективи `cvWarpPerspective()`. Частина коду програми для відповідного функціоналу OpenCV показана на Лістингу 1.

Такий метод дозволяє:

- вибрати праву або ліву частину дороги (для країн з лівостороннім рухом);
- простим методом калібрувати вид зверху для створення прямокутника згідно з маркерами смуги дорожнього полотна;
- відсутність параметра висоти камери, що полегшує процес калібрації, як це було запропоновано в оригінальному коді в [2, 3], оскільки вертикальна відстань між точками P1, P2 і P3, P4 автоматично бере цей параметр до уваги;
- якщо камера не скоректована абсолютно точно на транспортному засобі, то Y координата точок P1 і P2 буде відмінна, також як і Y координати для точок P3, P4, тобто верхня сторона і нижня сторона трапеції не будуть паралельні до горизонталі. Але в результаті, перспективне перетворення буде майже точно розраховувати проекцію дорожнього полотна з паралельними лініями і правильною пропорцією (Рис. 4).

*Лістинг 1. Частина коду для перспективного перетворення зображення дорожнього полотна.*

```
srcQuad[0].x = points[0].x; // src Top left selected by mouse
srcQuad[0].y = points[0].y;
srcQuad[1].x = points[1].x; // src Top right selected by mouse
srcQuad[1].y = points[1].y;
srcQuad[2].x = points[3].x; // src Bottom left selected by mouse
srcQuad[2].y = points[3].y;
srcQuad[3].x = points[2].x; // src Bottom right selected by mouse
srcQuad[3].y = points[2].y;
dstQuad[0].x = width/2-lane; // dst Top left
dstQuad[0].y = 0;
dstQuad[1].x = width/2+lane; // dst Top right
dstQuad[1].y = 0;
dstQuad[2].x = width/2-lane; // dst Bottom left
dstQuad[2].y = height-1;
dstQuad[3].x = width/2+lane; // dst Bottom right
dstQuad[3].y = height-1;
cvGetPerspectiveTransform(srcQuad,dstQuad,warp_matrix);
cvWarpPerspective(source_image, destination_image, warp_matrix,
CV_INTER_LINEAR | CV_WARP_FILL_OUTLIERS,cvScalar(0,0,0,0));
```

**Застосування функції Фарнебека для детектування перешкод на проекції відео-потoku “вид зверху”**

В роботі Гуннара Фарнебека [4] описаний швидкий та ефективний алгоритм для обчислення щільного оптичного потоку, який реалізовано в бібліотеці OpenCV. Реалізація обчислення оптичного потоку в OpenCV є достатньою для використання на комп'ютерах середньої потужності [3].

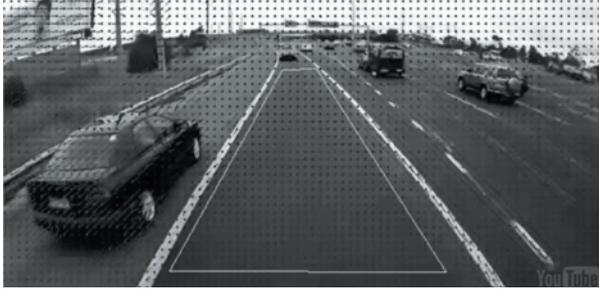


Рис. 3. Обчислення оптичного потоку в режимі фронтального виду. Всі вектори виходять радіально з точки сходу. Паралельні лінії розмітки створюють не паралельні напрямки векторів оптичного потоку на зображенні.



Рис. 4. Оригінальний вид зображення камери фронтального виду з відзначеним положенням трапеції для створення проекції “виду зверху”.

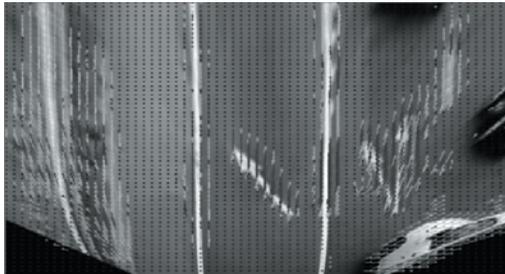


Рис. 5. Оптичний потік для камери “вид зверху”. Довші вектори позначають перешкоди та дорожню розмітку. Паралельні лінії розмітки створюють паралельні напрямки векторів оптичного потоку на зображенні.

Пропонується застосувати функцію обчислення оптичного потоку [4] для обробки проекції дорожнього полотна “вид зверху”, який порівняно з [2] буде більш ефективно детектувати перешкоди на шляху. Такий підхід має переваги застосування порівняно з безпосереднім методом обробки відео-потоку в режимі фронтального виду (Рис. 3). Перш за все, всі вектори зміщення точок в оптичному потоку в режимі “вид зверху” направлені паралельно та відповідають протилежному напрямку руху транспортного засобу (Рис. 4). Реалізація функції обчислення оптичного потоку в OpenCV зі застосуванням стандартних параметрів налаштування дає можливість відокремлювати з оптичного потоку тільки ті об'єкти, які відрізняються від кольору дорожнього покриття. Принцип відокремлення об'єктів від дорожнього полотна полягає у тому, що довжина вектору оптичного потоку є значно більшою (Рис. 5), порівняно з векторами для точок, що відповідають дорогам з твердим покриттям. При цьому, такий метод надає певні суттєві можливості, як:

- відокремлення з відео-потоку рухомих та нерухомих об'єктів у напрямку руху транспортного засобу;
- незалежність роботи від кольору дорожнього полотна;
- можливість виявляти невеликі та великі об'єкти;
- можливість виявляти дорожню розмітку;
- виявляти дефекти дорожнього полотна або перешкоди на маршруті при русі по дорогам без твердого покриття;
- виявляти транспортні засоби, що рухаються в однаковому напрямку за допомогою знаходження множини векторів, які направлені в протилежному боці до руху дорожнього полотна.

### **Обчислення дистанції до об'єкта перед транспортним засобом**

В роботі [2] запропонований ефективний метод визначення дистанції до найближчого об'єкту попереду транспортного засобу. Цей метод полягає у аналізі кольору пікселів R, G, B каналів безпосередньо перед транспортним засобом та пікселями з кольором, що відрізняється від них. На відміну від [2] пропонується знаходити відстань до перешкод перед транспортним засобом за допомогою визначення значення довжини векторів оптичного потоку. Це дає перевагу для більш стабільного визначення дистанції до перешкод, тому що використовується аналіз довжини векторів оптичного потоку замість аналізу кольору пікселів попереду транспортного засобу.

Спочатку розраховуємо значення  $F(y)$  для кожної координати  $Y$  пікселів як суму довжин  $L$  всіх векторів між  $X_1$  та  $X_2$ , як показано на Рис. 6. Тоді з рівняння (1) можливо знайти відстань до перешкоди як мінімальне значення  $Y$  координати, для яких  $F(y) - \epsilon > 0$ , тоді значення  $Y$  буде пропорційно відповідати відстані  $d$ , як показано у рівнянні (2), де  $\epsilon$  - порогове значення довжини вектору оптичного потоку.

$$F(Y) = \sum v(x_i, y_j), \quad (1)$$

де  $i = i_1..i_2, j = j_1..j_2$

$i_1, i_2$  – індекси  $x$  та,  $j_1, j_2$  – індекси  $y$  координат для прямокутника розрахунку суми векторів

$$d := \min Y, \tag{2}$$

$y \ k$

$$\partial e k = \{ Y \in Z \mid F(Y) - \varepsilon > 0 \} \tag{3}$$

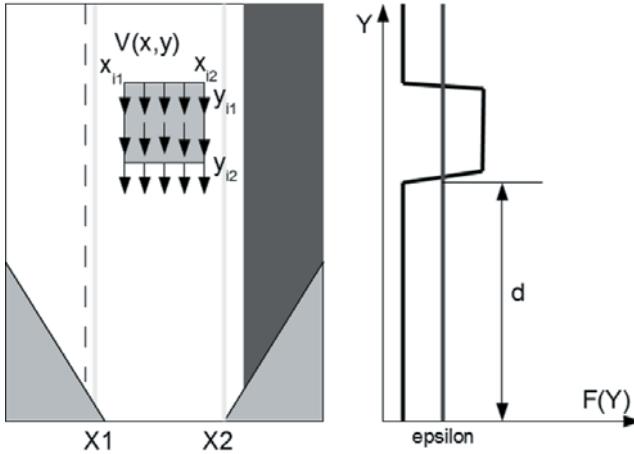


Рис. 6. Розрахунок значення відстані до перешкоди перед транспортним засобом за допомогою значень довжини векторів оптичного потоку.

### Застосування цифрового фільтру для розрахунку значення відстані до перешкоди

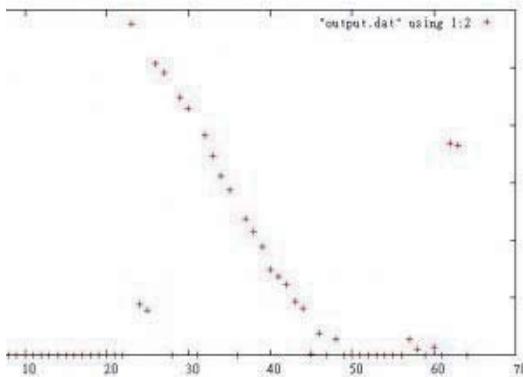


Рис. 7. Використання фільтру нижніх частот для розрахунку дистанції до перешкоди перед транспортним засобом ( $X$  – номер кадру в оптичному потоці,  $Y$  – пропорційне значення відстані до перешкоди перед транспортним засобом, що рухається).

За допомогою цифрового фільтра низьких частот можливо визначити більш стабільне значення відстані до перешкоди, як показано на Рис. 7. Попереднє значення відстані до перешкоди в реальному режимі часу можливо отримувати 10-20 раз за секунду, тому застосувавши фільтр низьких частот розрахунок відстані до об'єкта буде більш стабільним до тимчасових помилок в розрахунку довжин вектору оптичного потоку у певних кадрах.

## **Висновки**

Метод оцінки відстані до перешкод перед транспортним засобом, що рухається за допомогою оптичного потоку можливо ефективно застосовувати разом з системами стерео-зору та систем оцінки гомотетії. Серед недоліків методу можна зазначення помилкове виявлення тіні на дорожньому полотні як перешкоди. Запропонований метод має переваги у виявленні перешкод малого розміру та може працювати на системах з малою обчислювальною потужністю.

1. *Zhaoyi Wei , Zhaoyi Wei , James K. Archibald , Bryan S. Morse , Brent E. Nelson ,Doran K. Wilde , Brigham Young University , Dah-jye Lee , J. Wirthlin , Zhaoyi Wei.* REAL-TIME OPTICAL FLOW SENSOR DESIGN AND ITS APPLICATION ON OBSTACLE DETECTION (2009), [Електронний ресурс] - Режим доступа: <http://contentdm.lib.byu.edu/ETD/image/etd2916.pdf>
2. *S.Tuohy, D.O'Cualain, E. Jones, M.Glavin.* Distance Determination for an Automobile Environment using Inverse Perspective Mapping in OpenCV, Electrical & Electronic Engineering College of Engineering and Informatics, National University of Ireland, Galway. ISSC 2010, UCC, June 23-24 [Електронний ресурс] - Режим доступа: [http://www.eee.nuigalway.ie/Research/car/documents/docualain\\_issc10.pdf](http://www.eee.nuigalway.ie/Research/car/documents/docualain_issc10.pdf)
3. *Learning OpenCV, O'Reilly, Gary Bradsky, Adrian Kaehler,* ISBN:978-0-596-51613-0, 2008, 580p.
4. *G. Farneback.* "Two-Frame Motion Estimation Based on Polynomial Expansion" / Gunnar Farneback. // Proceedings of the 13th Scandinavian Conference on Image Analysis, 2003, Gothenburg, Sweden, pp.363 – 370. [Електронний ресурс] - Режим доступа: <http://lmi.bwh.harvard.edu/papers/papers/farnebackSCIA03.html>
5. *Jose Santos-Victor and Giulio Sandini.* Uncalibrated Obstacle Detection using Normal Flow. [Електронний ресурс] - Режим доступа: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.27.5843>

*Поступила 25.02.2013р.*