

# ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ РУХУ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Варволік В.В., студент, Сливканич М.В., студент, Ковбаса С.М., к.т.н., доцент

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу*

**Вступ.** На даному етапі розвитку систем автоматизації транспортних засобів широкого розповсюдження набувають безпілотні електромобілі. Безпілотний електромобіль здатний рухатись використовуючи різні системи і методи, такі як радар, GPS, одометри та комп'ютерний зір [1]. Сучасні системи керування здатні інтерпретувати інформацію з сенсорів для визначення правильного напрямку руху, а також ідентифікувати перешкоди та дорожню розмітку.

**Мета роботи.** Розробка концепції побудови системи керування безпілотним електромобілем на основі методів комп'ютерного зору на базі модульного комп'ютера NVIDIA Jetson TX2.

**Матеріали досліджень.** Сенсорна частина системи керування безпілотного електромобіля складається з двох основних модулів – модуль детектування перешкод та модуля детектування дорожньої розмітки.

*Модуль детектування перешкод.* Одним з найрозповсюдженіших способів детектування перешкод є використання системи комп'ютерного зору. Дана система потребує монтажу двох камер на електромобіль. За допомогою камер отримується два зображення з відео або фотографій, які в подальшому підлягають обробці.

Алгоритм детектування перешкод складається з декількох етапів:

1. Калібрування (здійснюється в режимі *offline*). Калібрування здійснюється для визначення внутрішніх параметрів камер (таких як фокусна відстань, центр зображення, параметри деформації лінз тощо), які також залежать від їх взаємного розташування [2].

Калібрування здійснюється шляхом отримання та обробки 10 різноманітних стереозображень заданого візерунка (як правило, шахової дошки).

2. Ректифікація зображення або вирівнювання. На даному етапі здійснюються трансформації, що дозволяють спроектувати два або більше зображень в одну спільну площину зображення.

На рис. 1.а показано зображення отримані з лівої та правої камер відповідно до ректифікації, а на рис. 1.б показано результати ректифікації. Видно, що після ректифікації епіполлярні лінії горизонтальні і це значно спрощує пошук спільних точок.

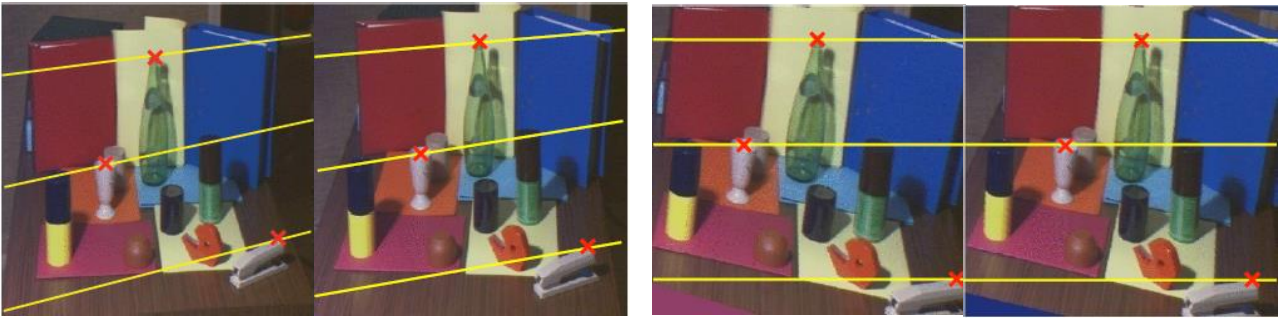


Рисунок 1 – Ректифікація стереозображення

3. Стерео аналіз. На даному етапі відбувається пошук подібних точок стереозображення та побудова карти невідповідності (disparity map). Для кожної точки зображення, що отримане з лівої камери здійснюється пошук парної їй точки на зображенні, що отримано з правої камери (рис. 2).

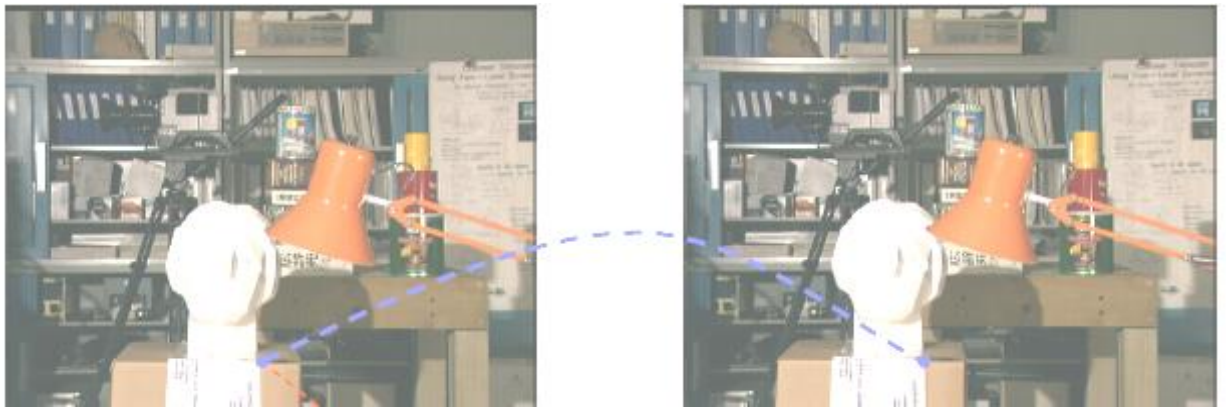


Рисунок 2 – Побудова карти невідповідності (disparity map)

4. Триангуляція. На даному етапі з огляду на карту невідповідності (disparity map), фокусну відстань та інші основні параметри камер (отримані при калібруванні) відбувається процес визначення точок в тривимірному просторі (реконструкція 3D сцени).

Приклад отримання 3D сцени за допомогою триангуляції стереозображення, зображено на рис. 3.



Рисунок 3 – Отримання 3D сцени за допомогою триангуляції

5. Детектування перешкод та визначення відстані до перешкод.

*Модуль детектування дорожньої розмітки* на попередньо невивченій дорозі також передбачає використання системи комп'юторного зору [2].

Алгоритм детектування дорожньої розмітки та генерування траєкторії руху складається з декількох етапів:

1. Попередня обробка зображення. Зображення, отримане з камери трансформується з метою спрощення подальшого отримання інформації. Цей процес включає декілька перетворень:

- визначення регіону інтересу. Зображення обрізається для виключення непотрібної інформації (автомобілі, небо тощо) або для фокусування на визначеній області.

- перетворення кольорового зображення у відтінки сірого.

- бінарне перетворення зображення.

- фільтрація зображення для подавлення шуму.

2. Виділення геометричних особливостей. Зазвичай, використовується для виділення особливостей розмітки. Даний етап реалізується за допомогою трансформації Хафа [4]. Даний алгоритм здатний виявляти довільні форми. В детектуванні розмітки він виконується для знаходження домінантних ліній, тобто ліній, які відповідають лініям дорожньої розмітки.

3. Валідація геометричних особливостей. Суть даного етапу полягає в формуванні з виявлених геометричних особливостей плавного відображення шляху з використанням геометричних моделей. Згенерований шлях далі використовується для прийняття різних рішень і формування заданої траєкторії руху транспортного засобу. Одним з розповсюджених алгоритмів відслідковування ліній є фільтр Калмана, який дозволяє передбачити майбутнє положення ліній використовуючи інформацію про попередні.

4. Розрахунок траєкторії. Після проведення всіх етапів, розраховується бажана траєкторія руху. Точка сходу правої та переривчастої ліній зазвичай використовується для генерування траєкторії руху. Точка сходу лівої та переривчастої лінії також використовується, коли автомобілю необхідно змінити смугу руху для оминання перешкоди.

Приклад траєкторії руху автомобіля, яка повинна бути згенерована після виявлення координат розмітки, зображено на рис. 4.

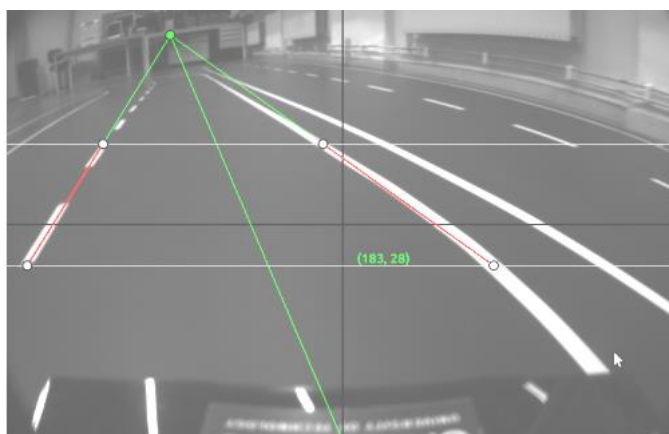


Рисунок 4 – Траєкторія руху автомобіля

Для практичної реалізації запропонованої концепції необхідно використовувати набір обладнання, яке забезпечує: запис відео з частотою не менш, ніж 30 FPS (frames per second), обробку зображення в режимі реального часу, передачу результатів обробки на контролер, що відповідає за генерування сигналів керування двигунами.

Використовуване в роботі обладнання має наступні характеристики:

1. Промислові камери типу DFK23UP1300, що забезпечують запис відео зі швидкістю до 95 FPS.

2. Jetson TX2:

- 64-розрядний 6-ядерний процесор ARMv8;
- 256-ядерний графічний процесор NVIDIA Pascal.

3. STM32F0407 з вбудованим процесором ARM Cortex-M4 з ядром FPU (floating point unit).

**Висновок.** Представлено концепцію побудови системи керування безпілотного електромобіля, яка базується на основі методів комп'ютерного зору і включає два основних модуля: модуль детектування перешкод та модуль детектування дорожньої розмітки. За допомогою використання двох камер та комп'ютера NVIDIA Jetson TX2, що містить графічний процесор, який забезпечує швидку обробку зображень, дана система дозволяє детектувати перешкоди та дорожню розмітку і забезпечує стабільний рух електромобіля на дорозі.

#### Перелік посилань

1. Naveen Appiah Obstacle detection using stereo vision for self-driving cars [Електронний ресурс] / Naveen Appiah // Stanford. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: [https://web.stanford.edu/class/ee368/Project\\_Autumn\\_1516/Reports/Appiah\\_Bandaru.pdf](https://web.stanford.edu/class/ee368/Project_Autumn_1516/Reports/Appiah_Bandaru.pdf)

2. Stefano Mattocchia. Stereo Vision: Algorithms and Applications [Електронний ресурс] / Stefano Mattocchia // Department of Computer Science (DISI) University of Bologna. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: <http://vision.deis.unibo.it/~smatt/Seminars/StereoVision.pdf>.

3. Karouach I. Lane detection and following approach in self-driving miniature vehicles [Електронний ресурс] / I. Karouach, S. Ivanov. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: [https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/44673/1/gupea\\_2077\\_44673\\_1.pdf](https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/44673/1/gupea_2077_44673_1.pdf)

4. Richard Duda and Peter Hart. Use of the hough transformation to detect lines and curves in pictures, 1972.