

## АНАЛІЗ МЕТОДИКИ ПРОКЛАДЕННЯ ШЛЯХУ МОБІЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ В НЕВИЗНАЧЕНОМУ ПРОСТОРИ

асистент Теслюк С.І., студентка Мамонько Д.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки,  
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматики і мехатроніки,  
E-mail: dasha.mamonko@nure.ua

**Abstract.** In this article the analysis of methods of laying of the way of the mobile platform in undefined space is carried out. The method of determining the position in space is based on the sequential calculation of the robot movement based on images from the camera.

**Актуальність роботи.** При впровадженні у виробництво концепції Industry 4.0 особливе значення має використання мобільних роботів для поєднання промислового обладнання в один цілісний виробничий процес.

Задача сумісного використання роботів та людини є дуже складною. По-перше, треба забезпечити прокладення шляху переміщення мобільних транспортних засобів серед об'єктів, положення яких динамічно змінюються. По-друге, треба забезпечити безпеку персоналу, що обслуговує обладнання за рахунок використання інтелектуальних сенсорів.

Актуальність цієї теми обумовлена необхідністю оптимізації траєкторії пересування мобільних транспортних роботів при перевезенні корисного навантаження (деталей, складальних одиниць) у виробничому цеху серед неоднорідних перешкод між промисловим обладнанням, з однієї ділянки на іншу, або між робочими місцями.

**Основна частина.** Системи позиціонування забезпечують визначення місцезнаходження мобільної платформи з прив'язкою до карти місцевості або об'єкту. Існують системи абсолютного (глобального) і відносного (локального) позиціонування.

Абсолютне позиціонування має на увазі отримання кожного разу нових координат, за допомогою супутникової навігації, незалежно від попереднього місця розташування.

Системи локального позиціонування знаходять широке застосування в сільськогосподарських і промислових галузях, що обумовлено їх високою точністю визначення координат об'єктів (1-3 м) і можливістю забезпечення безперервного відстежування місця розташування об'єктів як зовні, так і усередині будівель.

Системи локального позиціонування можуть бути двох видів:

– автономними – повна незалежність методики визначення координат від наявності зовнішніх випромінюваних сигналів;

– неавтономні – призначений для користувача пристрій вимірює затримку сигналу, що приходить від розташованих навколо базових станцій.

Найбільш поширені системи навігації використовують дані с сенсорів, що встановлені на роботі, для визначення відносного положення пристрою в локальному просторі. Таким сенсорами можуть бути:

- оптичні одометри – оптичні датчики, що розташовані на вісі колеса робота та видають певну кількість імпульсів за одне обертання;
- цифрові камери, лазерні сканери – оптичні пристрої на основі ПЗЗ-матриці, що дозволяють отримати інформацію про певну ділянку простору (оптична одометрія).

На рисунку 1 показано принцип встановлення камери на роботі для отримання візуальних даних про середовище попереду мобільного пристрою.

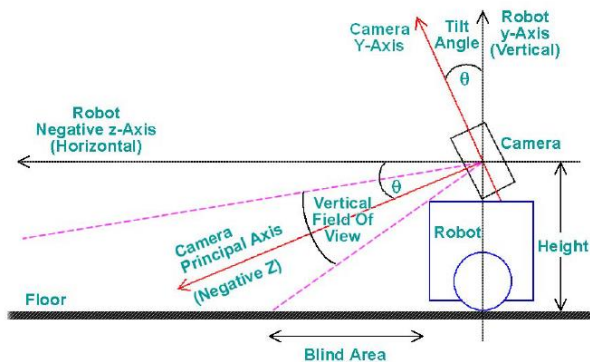


Рисунок 1 – Принцип встановлення камери на роботі для отримання візуальних даних про середовище попереду мобільного пристрою

У робототехніці візуальна одометрія – процес визначення позиції і орієнтації робота шляхом аналізу послідовних зображень отриманих за допомогою камери.

У навігації, одометрія це процес використання даних про навколишнє середовище і датчиків руху для визначення змін позиції робота, для цього використовуються такі пристрої як датчики кута повороту для виміру оборотів коліс.

Візуальна одометрія є процесом визначення подібної інформації для оцінки відстані переміщення на основі послідовних зображень отриманих з камери. Візуальна одометрія дозволяє підвищити точність навігаційних приладів в роботах або транспортних засобах, які використовують будь-який спосіб пересування відносно поверхні.

Цей метод визначення положення в просторі оснований на послідовному обчисленні переміщення робота на основі зображень з камери. Обчислення проводяться між новими і попередніми кадрами і об'єднані ці переміщення для отримання траєкторії руху об'єкту в реальному часі.

Альтернативою методу виділення ознак являється "прямий" метод, який мінімізує помилку напряму в просторі зображення без попереднього пошуку ознак і їх порівняння.

Інший метод, визначає площинні переміщення і повороти між зображеннями використовуючи метод фазової кореляції замість виділення ознак.

Загальний алгоритм візуальної одометрії з виглядає так:

– підготовка даних (фреймів RGB і глибини), далі, коли згадується поточний фрейм – мається на увазі дані з кадру глибини і RGB-фрейма, отримані на поточній ітерації;

– пошук характерних особливостей на поточному кадрі (FAST) – характерні особливості це, наприклад, кути;

– сегментація – зображення розбивається на прямокутні ділянки, в кожному з яких відбирається задане число самих яскраво виражених характерних особливостей;

– визначаємо зміщення поточного фрейма відносно попереднього;

– на основі знайденого зміщення здійснюємо пошук і порівняння характерних особливостей не відразу в усьому зображенні, а по ділянках, що відповідають другу-другу, для порівняння і вирівнювання використовується декілька методів:

а) значення SAD (sum of absolute difference) – абсолютна сума відмінностей між двома особливостями + вирівнювання на основі методу найменших квадратів

б) будується граф, де кожна вершина відповідає парі особливостей, що співпала. Ребра проводяться між вершинами у випадку якщо відстань між особливостями не перевершує заданого порогового значення, упродовж аналізу усієї послідовності. (Якщо на двох кадрах ми знайшли декілька особливостей – наприклад кути будівлі – відстань Евкліда між ними буде постійною від кадру до кадру). У цьому графові шукається максимальний зв'язний підграф – тобто усі вершини якого сполучені ребрами;

– фінальне вирівнювання результатів:

а) мінімізації дистанції Евкліда між особливостями, що співпали;

б) мінімізації помилки проектування (з попереднього кадру на поточний і навпаки);

в) мінімізація масштабного відхилення за допомогою ключових кадрів;

– доповнення загальної сцени даними з поточного сцени.

В результаті кроків 1-7 ми отримуємо фінальну ізометрію, досить точну для подальшого конструювання глобальної сцени і позиціонування камери в ній.

На рисунку 2 показано принцип отримання зображення з моно-камери.

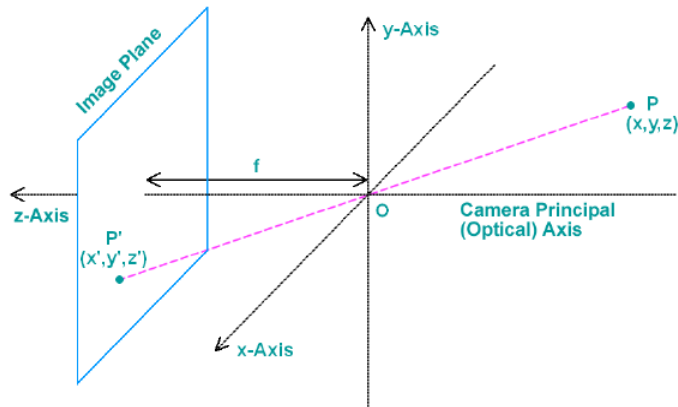


Рисунок 2 – Принцип отримання зображення з моно-камери

На рисунку 2.2 об'єктив камери знаходиться у початку системи координат камери, позначеної  $O$ . Світловий промінь із точки в реальному світі.  $P(x, y, z)$ . проходить крізь отвір і потрапляє в площину зображення в точці  $P'(x', y', z')$ .

Зображення створюється на площині під прямим кутом до головної (оптичної) осі камери. Щоб підтримувати правильну систему координат, ось  $z$  спрямована від отвору камери (початку координат) до площини зображення. Тому відстань вздовж осі  $z$  до площини зображення залишається постійною і відображається як  $f$  на діаграмі.

Рівняння, за допомогою якого виконується проекція координати  $P'$  до  $P$ , можна отримати за допомогою відомих геометричних перетворювань:

$$\frac{x'}{f} = \frac{x}{z}, \quad (1)$$

$$\frac{y'}{f} = \frac{y}{z}. \quad (2)$$

Якщо об'єктив у камері ідеальний, то застосовуються ті самі рівняння. Однак справжні лінзи не є ідеальними, тому виникає певна кількість спотворень, що ускладнює рівняння. У комп'ютерному зорі компенсація спотворення зображення у вигляді перспективи визначається як проектне відображення точок однієї площини на іншу.

**Висновки.** У роботі розглянуто методи визначення траєкторії переміщення мобільного робота по площині серед перешкод. Згідно з цим роботи повинні уміти переміщатися по певних траєкторіях в автоматичному режимі. Оскільки реальне середовище, в якому знаходиться робот, зазвичай містить рухливі перешкоди (люди, інші мобільні роботи), рух в ній по заздалегідь заданій траєкторії практично неможливий. Тому для необхідно використовувати навігаційну систему, яка визначає власні координати робота, планує траєкторію у нинішній момент часу та управляє його рухом.

#### Список використаних джерел.

1. Мамонько Д.В. Аналіз методів керування роботизованою платформою на основі даних візуальної одометрії / Збірник студентських наукових статей «Automation and Developed of Electronic Devices» ADED-2019. – 2019. – № 1. – С. 114-117.