

УДК 621.865.8

## АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИЯВЛЕННЯ ПЕРЕШКОД ПРИ АВТОНОМНІЙ НАВІГАЦІЇ МОБІЛЬНИХ РОБОТИЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ

**Юнак Д.А.,**

бакалавр кафедри технічних та програмних засобів автоматизації,  
Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, м. Київ

**Коваленко О.В.,**

аспірант кафедри технічних та програмних засобів автоматизації,  
Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, м. Київ

**Сазонов А.Ю.**

кандидат технічних наук, доцент  
доцент кафедри технічних та програмних засобів автоматизації,  
Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, м. Київ

[a.sazonov@kpi.ua](mailto:a.sazonov@kpi.ua)

Мобільний роботизований комплекс (МРК) – це автономний рухомий пристрій, що здатний вільно пересуватися у навколишньому середовищі. Мобільна робототехніка зазвичай вважається підрозділом робототехніки та програмної інженерії. Важливою особливістю будь-якого МРК є здатність орієнтуватися у навколишньому просторі, що може бути структурованим, напівструктурованим та неструктурованим. Під *структурованим* простором розуміють навколишнє середовище, що має чітко визначені положення об'єктів із фіксованими координатами та геометричними розмірами. У *напівструктурованому* просторі, окрім нерухомого обладнання, передбачається також імовірність появи інших рухомих об'єктів, наприклад інших МРК, рухомого обладнання, людини тощо. Неструктурований простір передбачає стохастичність появи рухомих об'єктів та відсутність інформації про склад простору. Задача навігації МРК умовно може бути розподілена на 2 складові: *локалізація*, здатність визначати власне положення у певній системі відліку координат та *планування* – розроблення маршруту до місця кінцевої точки траєкторії. Для надійної навігації МРК у навколишньому середовищі необхідно мати карту на яких наносяться опорні точки (маркери),

Навігацію можна визначити як поєднання трьох основних умов: самолокалізація, планування траєкторії, складання та інтерпретація карт

Деякі навігаційні системи роботів використовують одночасну локалізацію та картографування (SLAM) для створення 3D-сцени оточення навколишнього середовища.

Побудова карти може відбуватися як у формі метричної карти, так і у формі будь-якого позначення, що описує місця в системі відліку МРК.

1. При *ручному дистанційному керуванні* МРК повністю контролюється оператором за допомогою джойстика або іншого пристрою керування. МРК із *захищеним дистанційним керуванням* має можливість детектувати та уникати перешкоди, але в іншому випадку буде керуватися оператором, як звичайний дистанційно-керований пристрій.

2. Деякі з *автоматично керованих транспортних засобів* (Automated Guided Vehicle – AGV) були лінійними мобільними роботами. Вони можуть слідувати за візуальною лінією, намальованою або вбудованою в підлогу чи стелю, або електричним проводом у підлозі.

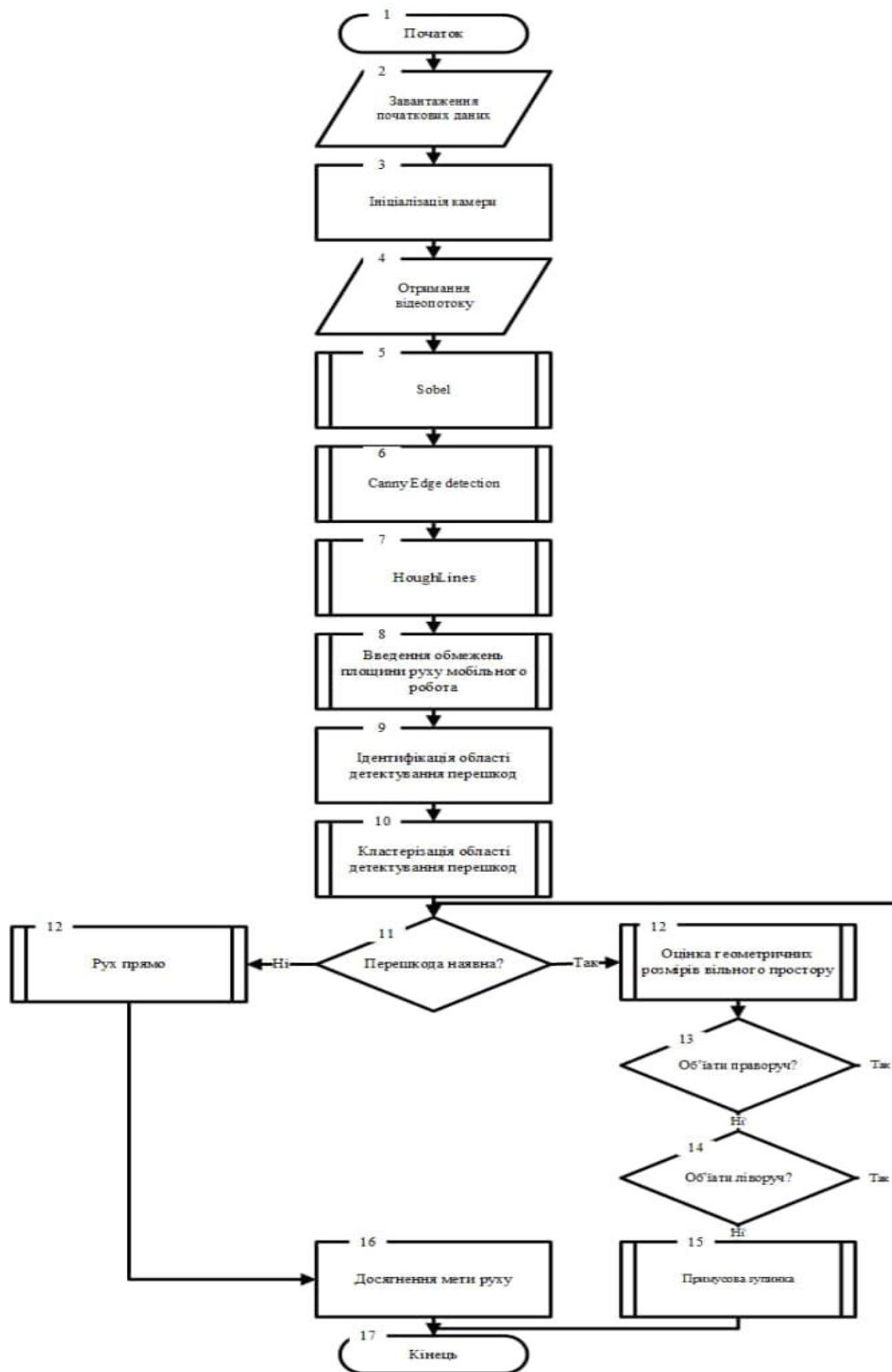


Рис. 1. Блок-схема алгоритму виявлення перешкод

3. Автономно рандомізовані роботи в основному обирають випадкову вільну траєкторію при зустрічі з перешкодою, незалежно від того, чи була вона детектована.

4. Автономно керовані роботи мають хоча б деяку інформацію про те, де вони знаходяться, та як досягти зазначених цілей або орієнтирів на їх шляху.

5. Більш складні роботи поєднують кілька рівнів навігації в системі, що називається *вибірковою автономією*.

В усіх випадках актуальним є питання виявлення перешкод при автономній навігації МРК. При цьому враховується метод отримання інформації, а саме сенсори, камери тощо.

Запропонований підхід до виявлення перешкод враховує особливості використання монокулярної камери, що суттєво здешевлює конструкції МРК та спрощує його виготовлення. Блок-схема алгоритму виявлення перешкод зображена на рис. 1.

Алгоритм реалізації методу детектування перешкод при автономній навігації починається із завантаження початкових даних (блок 2), що включає в себе габаритні розміри мобільної платформи. Після цього (блок 3) здійснюється ініціалізація монокулярної камери та отримання відеопотоку з її матриці (блок 4).

Для початку, проводиться обробка зображення з використанням функцій, які дозволяють там виявити границі певних об'єктів на зображенні, а саме, Canny edge detector (блок 6) який будується на основі Sobel operator (блок 5).

Переведення зображення у режим пошуку границь робить реалізацію виявлення Houghlines (блок 7) більш якісною. Для отримання ліній, які в подальшому будуть визначати межі нашої смуги руху, вводимо кутові обмеження, які відкидають всі лінії, які не відносяться до кутів площини пересування (блок 8).

Далі проводиться вибір певної області безпосередньо перед мобільною платформою, де проводиться кластеризація об'єктів для ідентифікування їх як перешкод (блок 10). За замовченням, робот рухається вперед(блок 12).

Якщо перешкода наявна(блок 11), комп'ютер вимірює відстань між межею руху та перешкодою справа(блок 12). Якщо габарити дозволяють провести вільний рух, мобільна платформа рухається прямо(блок 13). Якщо місця для вільного руху недостатньо, комп'ютер проводить вимірювання між перешкодою та межею руху ліворуч. Рух також відбувається при достатній кількості місця(блок 14). Якщо місця не вистачає з обох боків, робот примусово зупиняється(блок 15).

Таким чином, робот або рухається до контрольної точки(блок 16), або зупиняється перед перешкодою, яку неможливо об'їхати без зміни габаритів.

Працездатність запропонованого алгоритму проілюстровано на рис. 2.

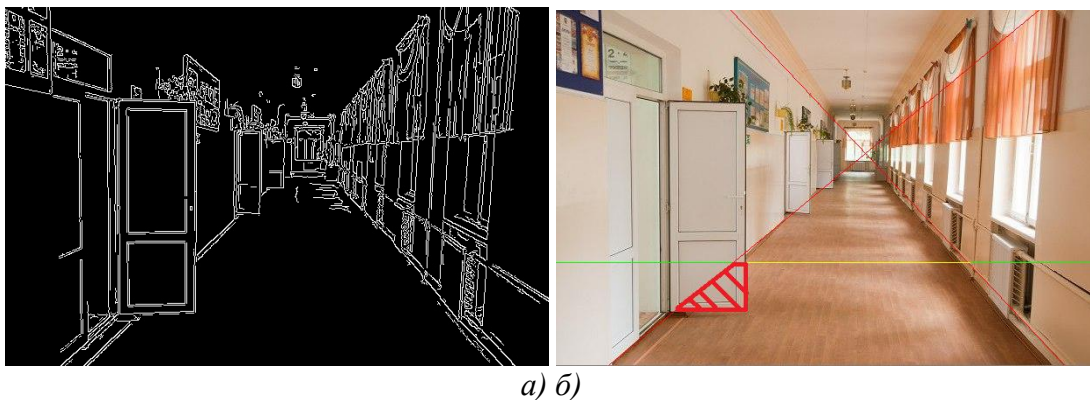


Рис. 2. Результат перевірки працездатності алгоритму виявлення перешкод  
а) результат роботи детектора границь Canny; б) результат виявлення перешкод

**Висновок:** використання вказаного алгоритму може бути корисним при навігації малогабаритних МРК, що функціонують у обмеженому, напівструктурованому просторі.