

МОДЕЛЬ ТА АЛГОРИТМ ПАТРУЛЮВАННЯ МІСЦЕВОСТІ З ПЕРЕШКОДАМИ ДЛЯ ОГЛЯДУ

В. І. Медведенко^а, С. А. Смирнов^б

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
Фізико-технічний інститут*

Анотація

В даній роботі розглядається побудова алгоритму, що базується на використанні роботів для патрулювання місцевості. Алгоритм використовує неперервну модель місцевості, на якій певним чином розташовані перешкоди. Використовуючи розрахунки для даної моделі, агент (або робот) може динамічно адаптуватися до охоронної території.

Вступ

В сучасному світі люди прагнуть якомога краще захистити свою власність, особливо це стосується великих компаній та військових частин. Адже для перших це означає зберегти свій продукт, а для других – залишити в секреті технічні таємниці. Незалежно від того, які завдання вирішує захист власності, залишається питання оптимальної організації охоронного процесу. На сьогоднішній день більшість підприємств залучають для охорони організації, що використовують людські ресурси. Але прогрес не стоїть на місці, тому до організації охоронного процесу можливо залучати роботів. При цьому важливо точно визначити модель місцевості, що охороняється, та алгоритм, за яким робот (агент) рухається по даному об'єкту.

В дослідженні проводиться побудова алгоритму, який націлений на вирішення задач патрулювання, використовуючи неперервну модель місцевості.

1. Побудова моделі місцевості для алгоритму патрулювання

В рамках даного дослідження для моделі місцевості використовується неперервна модель на площині, що має певні перешкоди для руху.

Для того, щоб краще зрозуміти, за якими саме принципами може рухатися та оцінювати простір агент, використаємо модель поширення світла та принцип Гюгенса.

Перед цим потрібно визначити мету та умови патрулювання. Метою є оглянути більшу частину охоронної території за виділений час. Умовами для даного процесу є використання робота, оснащеного відеокамерою, яка має повний кут огляду. Окрім цього агент має вбудовану пам'ять, в якій знаходиться карта місцевості та процесор для визначення траєкторії руху.

Отже, агент може рухатися всіх напрямках, де немає перешкод, при цьому для кожного моменту часу визначається нове положення на карті та перераховується траєкторія направлення.

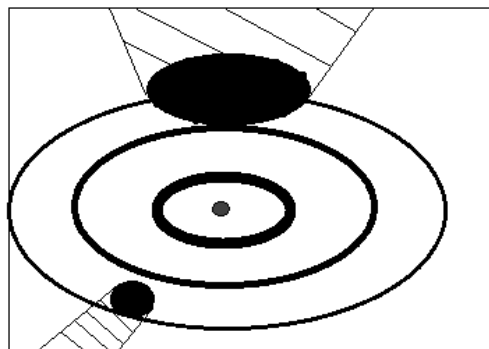


Рис. 1. Визначення видимості на території з перешкодами.

Розглянемо рис. 1. На ньому видно, що через перешкоду, а також простір за перешкодою агент не може бачити. Можлива видимість на місцевості схожа на модель поширення світла, сформульованому в екстремальному принципі Ферма, який говорить, що світло поширюється з одної точки в іншу за найкоротший час [1]. Але в наведеній моделі агенту потрібно дістатися не в найближчу точку, а в «найменше та найдавніше проглянуту». Також потрібно враховувати, що видимість простору неоднакова в кожній точці, – вона спадає по мірі віддаленості від агента. Цей принцип має аналогію в геометричній оптиці, сформульованому в теоремі Гюгенса про поширення хвильового фронту [1].

Для того, щоб більш якісно проглядати охоронну місцевість, потрібно рухатися в тих напрямках, в яких агент зможе найшвидше обігнути перешкоду. Це можна реалізувати за допомогою методів градієнтного спуску (за необхідності – методів проекції градієнту), що використовують в теорії катастроф [2].

^аmedvika@ukr.net

^бsergsmr@gmail.com

Окрім цього, бажано враховувати те, що для забезпечення повторних оглядів місцевості через деякий час потрібно застосувати деякий «механізм забування» історії руху, щоб патрульний «притягувався» в ті області, де він був вже давно.

2. Алгоритм патрулювання

Для вищенаведеної моделі охоронної території розроблено алгоритм патрулювання, що використовує для визначення видимості принцип поширення світла. Як зазначалося раніше, агент має камеру, карту та процесор для обрахунків.

Визначимо термінологію. Будемо використовувати $\varphi(x, y, t)$ для позначення функції, що визначає, наскільки добре можна проглянути ту чи іншу частину місцевості. Для кожної точки, в якій немає перешкод, функція приймає деяке значення, а для перешкод та областей за ними значення функції дорівнює нулю.

Спеціально сформована функція видимості $\Phi(\gamma)$ визначає значення «непроглядності» місцевості у відповідному напрямку огляду. Для побудови траєкторії руху в кожен момент мінімізується функція $\Phi(\gamma)$.

Отже, розглянемо етапи алгоритму.

- 1) В початковий момент часу в точці, в якій знаходиться робот визначається функція φ :

$$\varphi(x_0, y_0, t = 0) = 1 \quad (1)$$

Для всіх інших точок φ розраховується так:

$$\varphi(x, y, t = 0) = \frac{\varphi(x_0, y_0, t = 0)}{1 + ((x - x_0)^2 + (y - y_0)^2)} \quad (2)$$

за виключенням точок в середині перешкод, де вона дорівнює нулю. Тут використана модель «освітленості», яка спадає за законом обернених квадратів, та визначає якість огляду.

- 2) Розраховуємо функцію видимості:

$$\Phi(\gamma) = - \int_0^S \varphi(x, y) ds \quad (3)$$

де γ – кут видимості, S – відстань від робота (агента) до межі охоронного об'єкту.

- 3) Для визначення напрямку знаходимо

$$\gamma_i = \min_{\gamma \in [0, 2\pi]} \Phi(\gamma) \quad (4)$$

- 4) Визначаємо для функції $\Phi(\gamma(x, y, t))$ антиградієнт. Можливі випадки:

- Якщо антиградієнт не має в цьому напрямку перешкод, то переходимо до пункту 5.
- Якщо має перешкоду, то визначається проекція на можливі напрямки та вибирається максимальна з них. Далі переходимо до пункту 5.

- 5) Рухаємося у визначеному напрямку протягом певної одиниці часу, позначимо її Δt . Робот рухається з певною швидкістю, яку спроектуюмо на базові напрямки та отримуємо нове положення за формулами:

$$x_i = x_{i-1} + v_x \Delta t \quad (5)$$

$$y_i = y_{i-1} + v_y \Delta t \quad (6)$$

- 6) Перераховується значення функції φ за формулою:

$$\varphi(x, y, t = \Delta t) = \varphi(x_0, y_0, t = 0) e^{-\alpha \Delta t} + \frac{1}{1 + ((x - x_{i-1})^2 + (y - y_{i-1})^2)} \quad (7)$$

де α – коефіцієнт згасання функції видимості (забування).

- 7) Алгоритм повторюється пунктами 2 – 6 до завершення часу патрулювання.

3. Приклад роботи алгоритму

Нехай маємо місцевість, визначену на рис. 1. В початковий момент часу в точці (x_0, y_0) , в якій знаходиться робот, значення φ визначається за формулою (1), а для інших – (2). Оскільки робот поки нікуди не рухався, то функція видимості розраховується лише для точок, в яких визначена функція $\varphi(x_0, y_0, t = 0)$. Тому всередині перешкод та за ними: $\Phi(\gamma) = 0$. Для інших точок функція видимості розраховується за формулою (3):

$$\begin{aligned} \Phi(\gamma) &= - \int_0^S \varphi(x, y) ds = \int_0^{2\pi} \int_0^{R(\gamma)} \frac{1}{1 + r^2} dr d\theta = \\ &= -2\pi t g(R(\gamma)) \end{aligned}$$

Тут $R(\gamma)$ – відстань від точки огляду до перешкоди чи границі охоронної місцевості у напрямі γ .

Далі для знаходження напрямку антиградієнту мінімізуємо $\Phi(\gamma)$ (4). Антиградієнт напрямлений в область за перешкодою, тому потрібно спроекувати його на можливий напрямок вздовж межі перешкоди. З двох можливих напрямків максимальний направлений праворуч. Рухаємося по дотичній до перешкоди протягом Δt . Далі вираховуємо нове положення за формулами (5 – 6), виконуємо перерахунок функції φ за формулою (7), і алгоритм починається знову.

Висновки

Представлений алгоритм має декілька переваг:

- 1) Легко адаптується під місцевість.
- 2) Враховує історію руху патрульного при визначенні подальшої траєкторії.
- 3) Завдяки динамічній зміні напрямів руху є слабо передбачуваним для злоумисників.

В ході дослідження побудовано неперервну модель для охоронної території та розроблено алгоритм патрулювання. Даний алгоритм легко адаптується до наявної території та може бути поширений на групу агентів, якщо розділити територію на частини. Неперервна модель дозволяє враховувати наявність та розташування перешкод і приймати до уваги дальність огляду.

Перелік використаних джерел

1. И. Арнольд В. Математические методы классической механики. — М. : УРСС, 2003. — 416 с.
2. И. Арнольд В. Теория катастроф. — М. : Наука, 1990. — 128 с.