УДК 519.5

ДЕГТЯРЬОВ В.О., *Миколаївський державний гуманітарний університет ім. П. Могили*

Дегтярьов Віктор Олександрович – аспірант Миколаївського державного гуманітарного університету ім. П. Могили. Коло наукових інтересів: сучасні інтелектуальні технології, СППР.

ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМУ А* ДЛЯ ЗНАХОДЖЕННЯ НАЙКОРОТШОГО ШЛЯХУ В ПРОСТОРІ З ОБМЕЖЕННЯМИ

Дана стаття присвячена вивченню можливості застосування алгоритму А для вирішення задачі знаходження найкоротшого шляху в процесі трасування комунікацій. Реалізований алгоритм має здатність до огинання перешкод, універсальність щодо розмірності робочого простору, більшу швидкість роботи в порівнянні з класичними аналогами.*

The article is devoted to investigating the possibility of using A algorithm for shortest path task solving for communications routing purposes. The implemented algorithm can be performed in multidimensional working space, have a capability to avoid obstacles, may solve the task in a shorter time, comparing with classic analogs.*

Вступ

Для вирішення задач трасування комунікацій для складних технічних об’єктів виділяють три групи алгоритмів [1]

1) алгоритми знаходження найкоротшого шляху
2) алгоритми знаходження мінімального остовного дерева на графі
3) алгоритми вирішення задачі Штейнера

Часова складність деяких з них не дозволяє вирішити задачу великої розмірності за поліноміальний час, оскільки задачі є NP повними [2]. Тому, для їх вирішення використовують евристичні методи, які дозволяють суттєво зменшити час розрахунків, але в загальному випадку не дають 100% результату.

Мета статті

Метою роботи є дослідження можливості використання евристичного алгоритму А* для вирішення задачі знаходження найкоротшого шляху в просторі з обмеженнями.

Постановка задачі

Початкова та кінцева точки трасування задані координатами в декартовому тривимірному просторі. Деякі частини простору заборонені для трасування (наявні перешкоди). Необхідно знайти найкоротший шлях від початкової до кінцевої точки.

Робочий простір задачі дискретизовано відповідно до одного з методів дискретизації [3]; перешкоди представлені у вигляді скінченної кількості дискретних об'ємів. Рух від початкової точки може здійснюватися в одному з n^3 напрямів, де n – кількість вимірів робочого простору.

Таким чином формується математична модель робочого простору у вигляді графу пошуку. Для вирішення задачі знаходження найкоротшого шляху до графу застосовують одну з існуючих стратегій пошуку.

Виклад основного матеріалу

Під час роботи для створення його моделі було використано простий кубічний метод дискретизації, що полягає у розподілі робочого простору задачі на рівномірні дискретні об'єми у вигляді кубів(рис.1). Таким чином, була сформована координатна сітка, вузли якої є вершинами (терміналами), що використовуються в процесі роботи алгоритму.

Конструктивні обмеження ДРП реалізовано у вигляді заборонених частин простору (дискретних елементів). Вершини прилеглі до таких частин маркуються як заборонені для процесу трасування комунікацій.

На основі робот [4-6] було вивчено часові оцінки складності алгоритмів, що використовуються для вирішення задачі трасування комунікацій в просторі з обмеженнями і вирішено розробити модифікований алгоритм A* з наступними вимогами:

1. Алгоритм повинен враховувати напрям просування до цілі
2. Забезпечити врахування наявності обмежень робочого простору та їх огинання в процесі трасування
3. Мати більшу швидкість роботи, порівняно з класичними аналогами
4. Бути інваріантним до кількості вимірів робочого простору задачі.

Кожний евристичний алгоритм залежить від вибору функції оцінки поточного стану в просторі рішень. Евристична оцінювальна функція є головною частиною алгоритму A* і дозволяє оцінити поточний стан в процесі пошуку і визначити напрям подальшого руху.

Загальний вигляд евристичної оцінювальної функції, представлений в роботі [7] наведено в рівнянні 1

$$f(n) = g(n) + h(n) \qquad (1),$$

де $f(n)$ – оцінка поточного стану в процесі пошуку;
$g(n)$ – класична складова оцінки;
$h(n)$ – евристична складова оцінки.

Класичні алгоритми мають лише евристичну складову оцінювальної функції та дозволяють знайти оптимальне рішення для 100% задач (в тому числі з обмеженнями). Натомість, швидкість вирішення задачі є значно меншою, порівняно з евристичними методами, оскільки пошук йде в усіх напрямах від початкової вершини, незважаючи на розташування цілі.

Чисто евристичні алгоритми мають тільки евристичну складову в оцінювальній функції поточного стану. На кожному кроці роботи визначається потенційно більш вигідний напрям руху, який би дозволив дійти до цілі за найменшу кількість кроків. Нажаль, даний підхід не враховує наявність обмежень в ДРП і при додаванні складних перешкод шлях, знайдений алгоритмом спотворюється.

Саме тому найбільш оптимальним варіантом евристичної оцінювальної функції є комбінація класичного та чисто евристичного підходів. Одним з алгоритмів, що реалізує даний підхід є алгоритм A*.

Як відомо, для визначення відстані між двома точками в просторі, що задані декартовими координатами, визначається рівнянням

$$d(A,B)=\sqrt{(A_x-B_x)^2+(A_y-B_y)^2+(A_z-B_z)^2} \quad (2),$$

де $A(A_x,A_y,A_z)$ та $B(B_x,B_y,B_z)$ – точки та їх декартові координати відповідно.

Тобто для даної задачі використовується Евклідівська метрика, хоча для інших груп задач проектування просторових комунікацій відомі використання інших метрик (Манхетенської, мінімаксної).

Для визначення класичної складової евристичної оцінювальної функції використовується накопичена відстань від поточної вершини робочого простору до початкової, що складається з суми відстані від поточної вершини до попередньої та класичної складової оцінки попередньої вершини. Таким чином дане рекурсивне визначення представляється наступним рівнянням

$$g(n)=g(n-1)+d(P(n),P(n-1)) \quad (3),$$

де *g(n)* – класична складова оцінки даного стану;
g(n-1) - класична складова оцінки попереднього стану;
P(n) – поточна вершина;
P(n-1) – попередня вершина.

Для розрахунку евристичної складової оцінювальної функції визначається відстань від поточної вершини робочого простору до цільової. Значення евристичної складової набуває вигляду

$$h(n)=d(P(n),Lp) \quad (4),$$

де *h(n)* – евристична складова оцінки поточного стану;
P(n) – поточна вершина;
Lp – цільова вершина.

Таким чином евристична оцінювальна функція, що використовується в алгоритмі знаходження найкоротшого шляху для оцінки поточного стану набуває вигляду

$$f(n)=g(n-1)+d(P(n),P(n-1))+d(P(n),Lp) \quad (5)$$

Цілком можливо ввести додаткові взаємнопов'язані коефіцієнти для кожної з складових, але для даної задачі це не є принциповим.

Блок – схему алгоритму A*, що використовує комбіновану функцію оцінки поточного стану представлено на (рис 1).

Алгоритм складається з двох етапів:

1. Прямий прохід – розрахунок оцінки кожного стану під час просування від початкової вершини до цільової та формування ланцюгів переходів між вершинами.
2. Зворотній прохід – відображення знайденого найкоротшого шляху.

На першому етапі (зображено в лівій частині блок-схеми) задаються початкові умови для вирішення задачі. Початкова вершина призначається поточною. Списки фронтальних вершин (Alist) та розритих вершин (Elist) очищаються. Визначаються усі можливі напрями руху з початкового стану. За допомогою евристичної оцінювальної функції проводиться оцінка усіх суміжних станів. Поточна вершина призначається попередньою

для її суміжних нащадків. Таким чином формуються ланцюги переходів між вершинами на графі пошуку. Суміжні вершини додаються до фронтального списку вершин, а поточна вершина переходить з фронтального списку до списку розкритих вершин. Зі списку фронтальних вершин обирається вершина з найменшою оцінкою і призначається поточною. Процес триває доти, доки поточна вершина не стає цільовою.

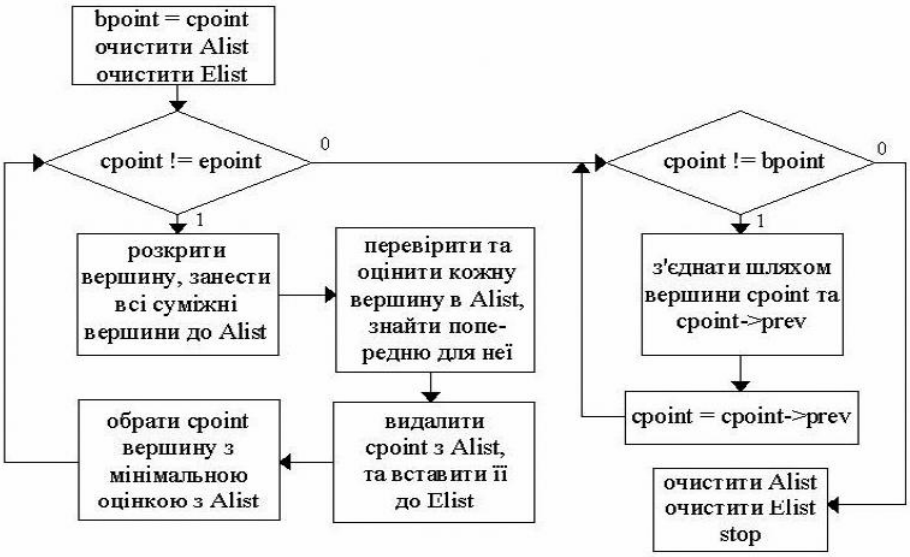

Рис. 1. Блок–схема алгоритму А*

На початку другого етапу поточною вершиною є цільова. В процесі роботи відбувається циклічне відображення фрагменту комунікацій між поточною вершиною та її попередником (відповідно до ланцюга звя'зків). Поточною вершиною призначається вершина, попередня до поточної. Процес триває доти, доки поточною вершиною не стане початкова.

Даний комбінований алгоритм має наступні переваги, порівняно з аналогами:

1. Більшу швидкість роботи, та меншу часову складність.
2. Здатність до огинання перешкод.
3. Універсальність щодо кількості вимірів робочого простору.

Дані ознаки проілюстровано наступними рисунками та поясненнями.

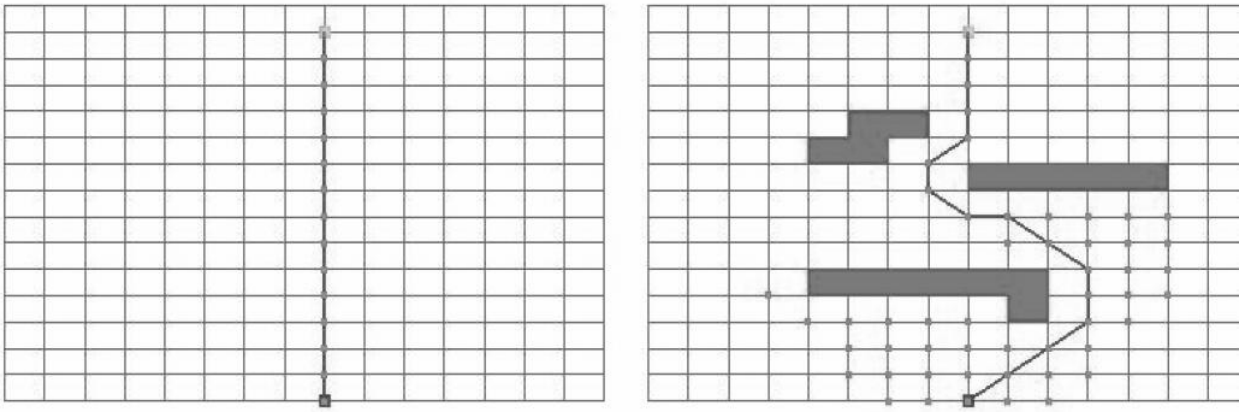

Рис. 2. Приклад роботи алгоритму для двовимірного простору

На рис. 2а представлено частковий випадок задачі знаходження найкоротшого шляху для робочого простору без перешкод. Світлими крапками позначено вершини робочого простору, розглянуті в процесі пошуку. Як видно, кількість розглянутих вершин пропорційна до відстані між початковою та кінцевими вершинами d. При застосуванні алгоритму класичного аналогу – алгоритму Дейкстри будуть розглянуті всі вершини, що знаходяться всередині кола з центром в початковій вершині і радіусом d. Так як кількість розрахунків пропорційна до кількості розкритих вершин, то час, який потрібен для вирішення задачі алгоритмом Дейкстри буде приблизно в $0.5\ \pi d^2$ разів більше за алгоритм A*. Зрозуміло, що для демонстрації переваги представлений ідеальний варіант початкових умов, але проведені дослідження підтверджують, що і в загальному випадку кількість вершин, оброблена алгоритмом A* для вирішення задачі буде меншою за аналогічну кількість вершин для алгоритму Дейкстри (рис. 2б).

На рис. 2б продемонстрована здатність алгоритму до огинання перешкод. Така здатність обумовлена наявністю ланцюгів зв'язку між вершинами, які динамічно оновлюються в процесі розрахунків на основі значень оцінки поточного стану системи в процесі пошуку. Після закінчення розрахунків (прямий прохід алгоритму) найкоротший шлях в робочому просторі з урахуванням перешкод знайдено і залишається лише відобразити його під час другого етапу роботи алгоритму.

Універсальність алгоритму пояснюється його інваріантністю до кількості вимірів робочого простору. Алгоритм знаходить оптимальний шлях за допомогою евристичної функції оцінки, видозмінивши яку, можна легко пристосувати алгоритм для вирішення типових задач трасування з іншою кількістю параметрів (вимірів) об'єкту дослідження для різноманітних галузей. Для прикладу на рис. 3 продемонстровано приклад роботи алгоритму для тривимірного робочого простору.

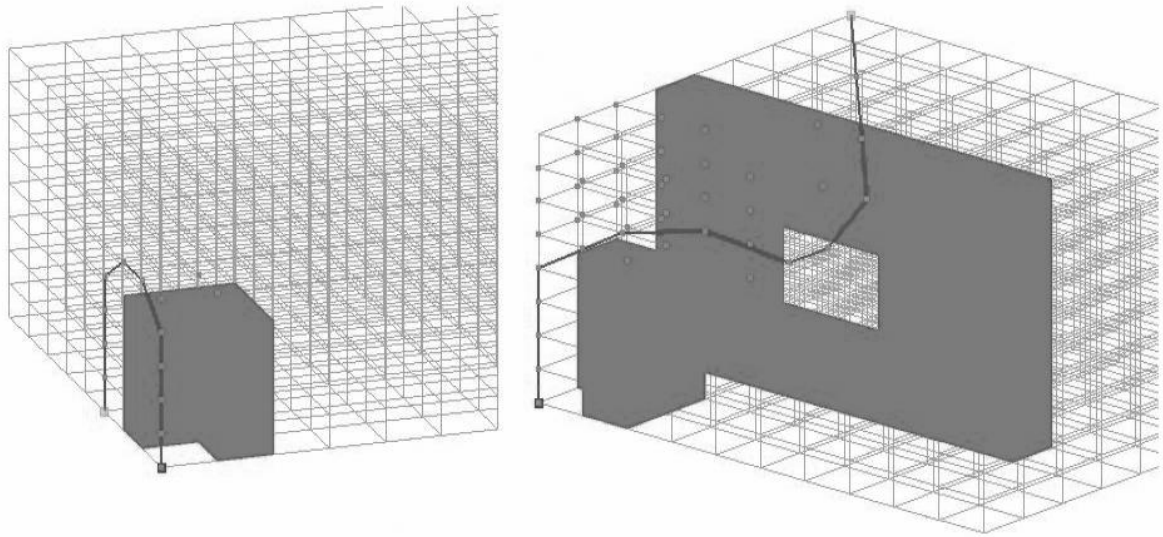

Рис. 3. Приклад роботи алгоритму для тривимірного робочого простору.

Висновки

В результаті виконання дослідження отримано евристичний алгоритм знаходження найкоротшого шляху в просторі з обмеженнями, який є універсальним щодо кількості вимірів

робочого простору; має меншу часову складність та більшу швидкість вирішення задачі; знаходить оптимальне рішення в умовах наявності перешкод. Розроблена евристична оцінювальна функція може бути модифікована і використана для виконання трасування в прикладних задачах для різноманітних систем автоматизованого проектування.

Література

1. Дегтярьов В.О., Гожий О.П. Аналіз та систематизація алгоритмів побудови комунікацій при автоматизованому проектуванні складних об'єктів. – Зб. Матеріалів III україно-польської конференції молодих вчених „Механіка та інформатика", Хмельницький, 2005. – С.117-121.
2. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. – М.: Мир, 1982. – 416 с.
3. Stout B. Pathfinding Algorithms. Proceedings of the AAAI 99 Spring Symposium on Artificial Intelligence, 1999.
4. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. – М.: Мир, 1978.
5. Алгоритмы и программы решения задач на графах и сетях / Нечепуренко М.И., Попков В.К., Майнагашев С.М. и др. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. – 515 с.
6. Свами М., Тхуласираман К. Графы, сети и алгоритмы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 455 с.
7. Люгер, Джордж, Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем, 4-е издание. :Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2003. – 864 с.