

УДК 358.1 : 623.55

Д.П. Варіводін

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ВИКОРИСТАННЯ АГЕНТНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕСУВАННЯ БОЙОВИХ ОДИНИЦЬ У СКЛАДІ БОЙОВИХ ПОРЯДКІВ

В статті наведені варіанти реалізації правил та процедур розрахунку поточних координат та взаємного положення у просторімоделей бойових одиниць при їх пересуванні у складі груп. Викладені процедури та правила можуть бути застосовані при побудові імітаційних моделей бойових дій для імітації процесів пересування на місцевості, поодинокому та у складі груп.

модельювання бойових дій, агентне модельювання, процеси пересування

Вступ

Постановка проблеми. Одним із завдань при створенні систем підтримки прийняття рішень на застосування частин та підрозділів Повітряних Сил є створення моделей процесів, що відбуваються в ході бойових дій, у тому числі процесів пересування бойових одиниць, що моделюються.

Одним з підходів до побудови моделей бойових дій, що знаходить все більшого поширення є агентний підхід, при використанні якого кожна бойова одини-

ця моделюється як окремий математичний об'єкт – агент. Цей підхід забезпечує велику наочність як процесу моделювання так і аналіз причинно-наслідних зв'язків між параметрами управління, що введені до моделі, та результати що отримані. Однак застосування цього підходу вимагає від користувачів систем підтримки прийняття рішення визначення великої кількості параметрів, що визначають напрямок руху, швидкість, взаємні дистанції між агентами. Потреба у визначенні та введенні початкових даних, що визначають означенні параметри призводить до значних

часових витрат та відказу від використання СППР у подальшому.

Таким чином постає проблема пошуку підходів та формалізованих правил, що дозволяють обчислювати параметри керування та добуток координат моделей бойових одиниць в ході моделювання процесів переміщення, що відбувається при проведенні оперативно-тактичних розрахунків з використанням агентних імітаційних моделей бойових дій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Опис моделей пересування, що використовується при побудові моделей бойових дій викладені у [1 – 3], викладені моделі передбачають різні, в залежності від типу транспортного засобу системи рівнянь, що описують приріст координат одиниць. Однак використання цих моделей з метою вирішення означеної задачі потребує вирішення великої (по кількості бойових одиниць) рівнянь, що визначають можливості зіткнення, та інші параметри керування, що визначають траєкторію руху.

Іншим підходом, щодо визначення параметрів керування, є підходи що мають можливість вирішення цього завдання за рахунок використання методів паралельних розрахунків, що викладені у [4 – 6]. У вказаних джерелах, взаємодія об'єктів, що моделюється відбувається з використанням методів суперпозиції впливів, що обумовлені наявністю інших об'єктів, з якими взаємодіє об'єкт, що розглядається.

Використання зазначених методів при використанні у агентних моделях отримує значне спрощення алгоритмічної реалізації та не потребує вирішення великої кількості задач щодо пошуку точок зіткнення, та маневрів розведення агентів (бойових одиниць). Також їх використання надає можливість по отриманню рішень завдань вищого рівня (обхід перешкод, слідування у визначеному коридорі, об'єднання агентів у групи).

При вирішенні задач визначення траєкторій руху у (Бойдс) визначено три ієрархічних рівня: вибір дії (стратегія, мета, планування), поточне визначення параметрів руху, здійснення руху. Але основна увага приділяється тільки питанню поточного визначення параметрів руху. Визначена узагальнена модель агента, як транспортного засобу, визначена система правил, що дозволяє проводити розрахунок параметрів руху. Вирішення завдання пошуку маршруту розглядається як окрема задача.

В зазначених джерелах не приділяється уваги питанням визначення кількісних показників що застосовуються в процедурах поточного розрахунку параметрів руху, та їх зв'язку з динамічними параметрами рухомих засобів.

Мета статті. Викласти формалізовані процедури, що дозволяють провести розрахунок поточних параметрів руху бойових одиниць при моделюванні процесів пересування з урахуванням їх динамічних властивостей.

Основний матеріал

Математична модель, що закладена до алгоритму функціонування агента – моделі бойової одиниці, та використовується для розрахунку поточних параметрів руху складає наступні характеристики (для тримірного руху): масу m , поточні координати x, y, z , поточні добутки координат $\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}$, максимальну прискорення a_{max} , максимальну швидкість v_{max} , орієнтацію одиничних векторів швидкості \vec{v} та прискорення \vec{a} у просторі руху. Застосовуючи метод Ейлера запишемо систему розрахунку поточних координат агента:

$$\begin{cases} \vec{F}_s = \max(\vec{F}_s, ma_{max}), \\ \vec{a}_s = \vec{F}_s/m, \\ v_x = v_x + \vec{a}_s \vec{a}_x, v_y = v_y + \vec{a}_s \vec{a}_y, v_z = v_z + \vec{a}_s \vec{a}_z, \\ \vec{v}_s = \max(\vec{v}_s + \vec{a}_s, v_{max}), \\ x = x + \vec{v}_s \vec{v}_x, y = y + \vec{v}_s \vec{v}_y, z = z + \vec{v}_s \vec{v}_z. \end{cases} \quad (1)$$

Для реалізації моделювання руху та маневрів агентів використаємо модель поточного керування у вигляді діаграми прискорення (рис. 1).



Рис. 1. Діаграма прискорення

Розрахунок параметрів керування рухом передбачає що він здійснюється в рамках представленої моделі транспортного засобу описаною вище та управляється тільки вектором сили \vec{F}_s . Тому управління описано в категоріях що визначають застосування прискорення, гальмування та ковзання, що спричиняють силу \vec{F}_s , и спосіб обчислення її векторного значення.

До таких категорій будемо відносити: пошук цілі, стремління втекти (рис. 2, 3).

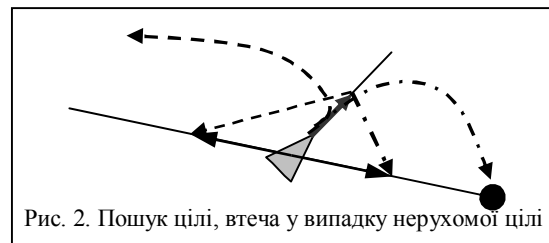


Рис. 2. Пошук цілі, втеча у випадку нерухомої цілі

Наступні категорії руху – прибуття на задалегідь задану позицію, відхилення від перешкод, блукання, слідування відповідно до фіксованого маршруту, рух за напрямом течії (рис. 4, а-д).

Наступними категоріями в яких можна проводити опис процедур розрахунку поточних параметрів руху можна віднести ті, що дозволяють проводити опис взаємодії агентів.

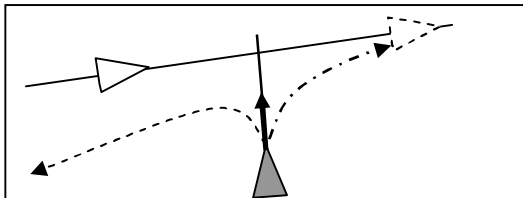


Рис. 3. Пошук цілі, втеча у випадку рухомої цілі

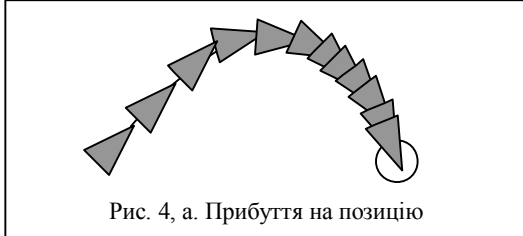


Рис. 4, а. Прибуття на позицію

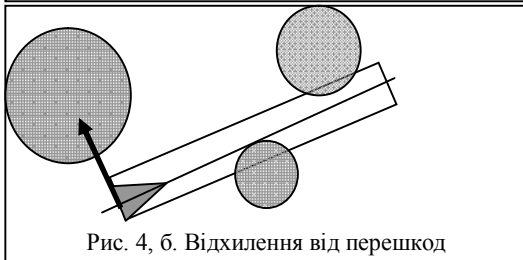


Рис. 4, б. Відхилення від перешкод

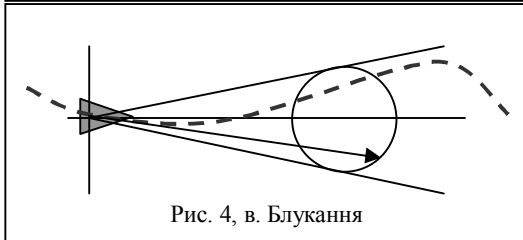


Рис. 4, в. Блукання

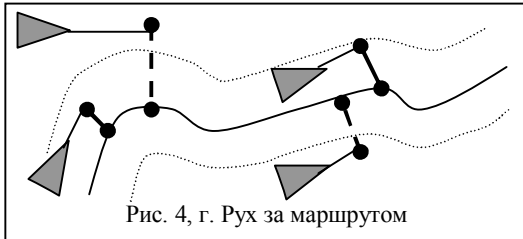


Рис. 4, г. Рух за маршрутом

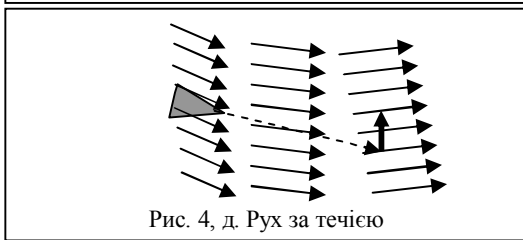


Рис. 4, д. Рух за течією

До цих категорій належать нелінійне відвернення зіткнень, сепарація, спаяність, вирівнювання.

Нелінійне відвернення зіткнень потребує для реалізації передбачення потенційних місць зіткнень. При появі таких місць стратегіями дії агентів можуть виступати прискорення, гальмування та уклоніння від цих місць.

Сепарація дозволяє агентам підтримувати визначену відстань між собою и протидіє їх зіткненню. Для обчислення сил сепарації агент має знати відстані до інших об'єктів, що розміщені в найближчій області з ним. Сила що задає відштовхування розраховується як суперпозиція сил відштовхування

від кожного з найближчих агентів до того, що розглядається.

Реалізація поведінки агента у відповідності до категорії спаяності відтворюється шляхом прикладення віртуальної сили, що діє на агента в напрямку, наприклад, точки що є центром тяжіння фігури, що створюють сусідні агенти, які знаходяться у безпосередній близькості від нього.

Категорія вирівнювання реалізується шляхом призначення агенту орієнтації та модулю швидкості, що отримуються при алгебраїчному усередненні цих параметрів сусідніх агентів.

До додаткової категорії можна віднести слідування за лідером, яке реалізується шляхом додавання сили, що є центром прикладання в точці поза лідером.

Схеми реалізацій перелічених категорій представлені на рис. 5, а-д.

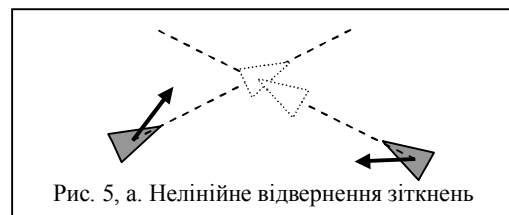


Рис. 5, а. Нелінійне відвернення зіткнень

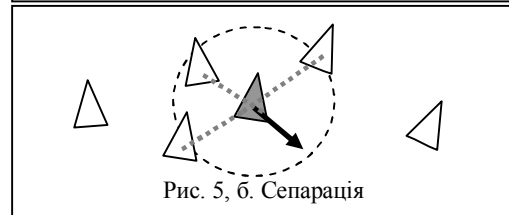


Рис. 5, б. Сепарація

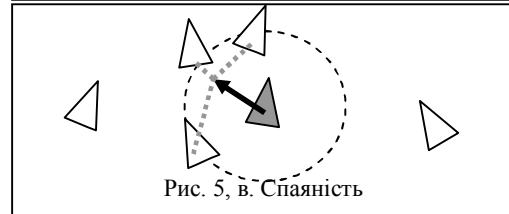


Рис. 5, в. Спаяність

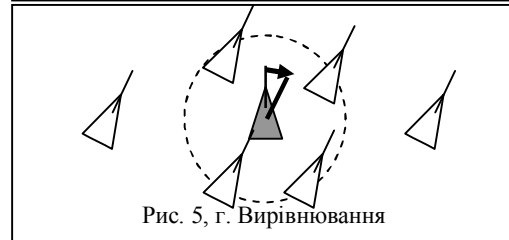


Рис. 5, г. Вирівнювання

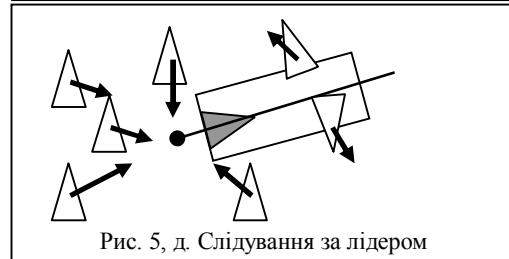


Рис. 5, д. Слідування за лідером

Таким чином, для розрахунку поточних параметрів руху агентів у складі групи, яке дозволяє реалізувати описані категорії поведінки, достатньо провести зважену суперпозицію сил, які відповідають кожній з категорій, наприклад за виразом:

$$\begin{cases} \vec{F}_s = \alpha \vec{F}_A + \beta \vec{F}_B + \gamma \vec{F}_X + \chi \vec{F}_D + \varepsilon \vec{F}_E; \\ 0 \leq \alpha \leq 1; 0 \leq \beta \leq 1; 0 \leq \gamma \leq 1; 0 \leq \chi \leq 1; \\ 0 \leq \varepsilon \leq 1. \end{cases} \quad (2)$$

де $\vec{F}_A, \vec{F}_B, \vec{F}_X, \vec{F}_D, \vec{F}_E$ – віртуальні аналоги сил, що відображують кожну з вказаних категорій руху.

Комбінуючи складові у виразі (2) можна отримати велику різноманітність форм колективної поведінки агентів, яка може відображувати групову динаміку руху притаманну реальним системам.

Для використання викладених прийомів для моделювання бойових порядків потрібно розширити перелік параметрів, що визначають поточні параметри руху агентів. До таких параметрів віднесемо: тип шиккування (коробка, клин, колона), кут пеленгу, інтервал, дистанція. Тип шиккування, при моделюванні бойових дій може бути заданий в залежності від тактичної ситуації, що складається. Кут пеленгу, також може бути визначений з тактичних міркувань.

Інтервал і дистанція, потрібні для визначення поточних параметрів руху, можуть бути задані виходячи не тільки з тактичних міркувань, а ще з міркувань пов'язаних з безпекою руху. Для обчислення значень інтервалу (дистанції) використаємо імовірнісний підхід. В якості критерію безпеки приймемо обмеження на нижче значення потрібної імовірності незіткнення P_0 . В якості вихідних даних для розрахунку приймемо наступні: m_1, σ_1 – математичне очікування та середнє квадратичне відхилення максимумів абсолютних значень бокових відхилень від лінії заданого шляху, m_s – відстань між максимумами функцій розподілу координат руху сусідніх агентів, S – довжина ділянки, де зберігаються напрям і параметри руху групи агентів, P_0 – задана гарантійна імовірність незіткнення.

Смуга постійної ширини, що розміщена відносно лінії заданого шляху, за границі якої з гарантійною імовірністю P_0 агент не вийде за час руху по маршруту, що розглядається, визначимо значенням відстані її границь від ЛЗШ:

$$c = m_1 - \frac{\sqrt{2}}{\pi} \sigma_1 \left\{ 1 + \sqrt{3 \ln \left[-\ln \left(\frac{m_s}{S} \ln P_0 + 1 \right) \right]} \right\}. \quad (3)$$

При моделюванні руху різних груп агентів виникає потрібність визначення відстаней між ними. Що також забезпечують безпечні умови руху. У такому випадку мінімальне віддалення між ділянками маршруту, при якому з потрібною гарантійною імовірністю виключається попадання хоч би одного агенту з іншої групи визначається з виразу:

$$d = m_1 - \frac{\sqrt{2}}{\pi} \sigma_1 \times \left\{ 1 + \sqrt{3 \ln \left[-\ln \left(\frac{m_s}{S} \ln \left(\frac{2}{N} P_0 - 1 \right) + 1 \right) \right]} \right\}, \quad (4)$$

де N – загальна кількість агентів в обох групах.

Викладені категорії і підходи дозволяють провести їх алгоритмізацію, на рис. 6 представлено візуалізацію пересування строю агентів скрізь перешкоди.

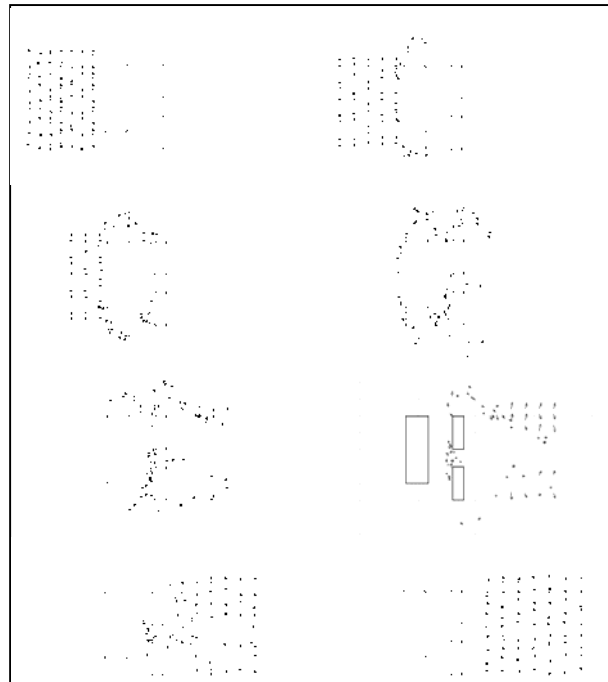


Рис. 6. Фази руху агентів при оминанні перешкоди

Висновки

Викладена інформаційна модель, що описує категорії та змінні які потрібні для опису та розрахунку поточних параметрів руху одиниць та підрозділів дозволяє проводити моделювання процесів пересування бойових одиниць.

Кількість категорій та змінних, що використовуються при моделюванні мають невелику кількість та використовують наочну фізичну модель.

Означені переваги обумовлюють можливість впровадження запропонованого підходу до реалізації у імітаційних моделях бойових дій, які створюються в рамках систем підтримки прийняття рішень.

Отримана модель дозволяє, на основі невеликої кількості змінних та правил, відтворювати складні форми руху.

Список літератури

1. Основы исследования операций в военной технике / Ю.В. Чуев, П.М. Мельников, С.И. Петухов, Г.Ф. Степанов, Я.Б. Шор. – М.: Сов. радио, 1965. – 340 с.
2. Математические модели боевых действий / П.Н. Ткаченко и др. – М.: Сов. радио, 1969. – 360 с.
3. Хокни Р. Иствуд Дж. Численное моделирование методом частиц: Пер. с англ. – М.: Мир, 1987. – 640 с.
4. Chikayama Takashi Simulation the collision avoidance behavior of pedestrians. – Tokio, 2000. – 63 p.
5. Craig W. Reynolds Steering behavior for autonomous characters. – Foster City, CA: Sonycomputer entertainment America, 2000. – 21 p.
6. Parent R. Computer animation. Algorithms and techniques. – San Diego, CA: Academic press, 2002. – 552 p.

Надійшла до редколегії 14.11.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.П. Лещенко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.