

УДК 519.816

В.А. Савченко

Національний університет оборони України, Київ

## МОДЕЛЬ ПОШУКОВОГО АГЕНТА СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПОШУКОВО-РЯТУВАЛЬНИХ СЛУЖБ

Визначено проблематику та запропоновано загальний підхід до побудови системи підтримки прийняття рішень для пошуково-рятувальних служб на основі використання мультиагентних технологій з використанням BDI-архітектури агентів з “виваженою” стратегією пошуку.

**Ключові слова:** система підтримки прийняття рішень, інтелектуальний агент, мультиагентна система.

### Вступ

Особливістю систем управління оперативного призначення (військових, МВС, МНС та ін.) є чітка ієрархічна організація їх структури, оскільки саме така побудова дозволяє реалізувати основні принципи ефективного управління: централізацію, оперативність, гнучкість та якість. Проте процеси управління в організаційно-технічних системах на сьогоднішній день є настільки складними, що постійно виникає необхідність залучення додаткових інтелектуальних пристроїв – систем підтримки прийняття рішень (СППР), які допомагають людині у аналізі інформації і, тим самим, полегшують та прискорюють процес управління. В концепціях побудови СППР реального часу дедалі ширше використовуються агентні технології, які передбачають залучення спеціальних програмних об'єктів – інтелектуальних агентів. Поодинокі агенти, які можуть взаємодіяти між собою, об'єднуються у команди агентів з розподілом функцій між членами команди, утворюючи тим самим мультиагентну систему (МАС).

**Постановка проблеми.** Теорія та практика побудови МАС у системах управління знаходиться у стадії постійного удосконалення. Велика кількість джерел присвячується різноманітним аспектам синтезу та взаємодії агентів, визначення їх функцій, порядку одержання, передачі та обробки інформації. Разом з тим, особливості побудови та застосування МАС реального часу, для яких фактор оперативності є вкрай критичним у науковій літературі розглянуті ще дуже мало.

**Аналіз публікацій.** На сьогоднішній день можна виділити три базові класи архітектури агентних систем і відповідних їм моделей інтелектуальних агентів: деліберативні, реактивні та гібридні [1 – 4].

Деліберативну архітектуру прийнято визначати як архітектуру агентів, що містять точну символічну модель світу і які приймають рішення на основі логічного виведення. Реактивна модель базується на тому припущенні, що у реальному світі інтелект не є експертною системою або машиною логічного виведення, а інтелектуальна поведінка виникає як результат вза-

ємодії агента з середовищем. Гібридні моделі, як правило, є комбінацією двох попередніх підходів.

Разом з тим для роботи у системах управління пошуково-рятувальним забезпеченням (ПРЗ), середовище яких відрізняється наявністю як визначених так і невизначених факторів та умов є необхідним розробка агентів та їх співтовариств зі специфічною архітектурою за багаторівневою схемою, яка найбільш повно відповідатиме структурі самої системи управління.

Тому, метою статті є запропонувати загальну модель пошукового агента СППР, яка б враховувала специфіку предметної області ПРЗ.

### Загальний опис системи

Структура підрозділу ПРЗ (рис. 1) включає два рівні: рівень керівництва підрозділу  $B_0$  і рівень виконавців  $B_1...B_n$ . Кожному з виконавців  $B_0...B_n$  у системі автоматизованого управління та зв'язку поставлено у відповідність інтелектуального агента  $A_0...A_n$ , який функціонує в інтересах свого власника.

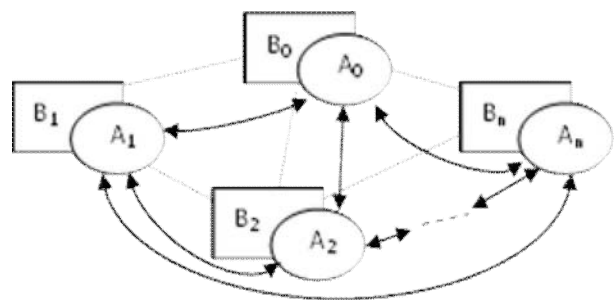


Рис. 1. Мультиагентна система управління:  
 $B_0...B_n$  – виконавці,  $A_0...A_n$  – агенти

Підрозділу визначено район пошуку, який розбито на квадрати загальною кількістю  $n_i \times n_j$ . Завданням підрозділу є відшукування у визначеному районі деякого об'єкта, при цьому на території пошуку є небезпечні квадрати, потрапляння до яких може призвести до загибелі членів команди. Навколо таких квадратів спостерігаються квадрати з ознаками небезпеки. Виконавці нижчого рівня  $B_1...B_n$  досліджують

територію, роблячи відповідні позначки на електронній карті, що дає змогу їх агентам  $A_1 \dots A_n$  робити висновок про ступінь небезпеки у даному квадраті та про досягнення чи недосягнення мети пошуку. Агент пропонує своєму власнику найбільш доцільний у поточній ситуації напрямок руху. Усі агенти автоматизовано спілкуються між собою, передаючи та приймаючи відповідні повідомлення. Людина-оператор може відступати від запропонованого агентом напрямку руху і діяти на власний розсуд. Таким є загальний опис дворівневої СППР ПРЗ, завданням якої на нижчому рівні є вибір доцільного маршруту руху, а на вищому – управління об'єктами нижчого рівня.

**Постановка задачі.** У загальному вигляді для агентів пошуку задача може бути поставлена наступним чином: визначити координати об'єкта пошуку

$$\{i, j\} = \text{Index}(O_{i,j} = O^*), \quad (1)$$

не потрапивши при цьому до небезпечної зони  $\{i, j\} \neq \text{Index}(Z_{i,j} \in \{Z\})$ , де  $\text{Index}(\bullet)$  – індекси змінних. Координати  $\{i, j\}$  є координатами квадрата, у якому знаходиться об'єкт пошуку чи зона небезпеки.

### Модель агента пошуку

На теперішній час найбільш поширеною архітектурою інтелектуального агента є BDI (Beliefs – Desires – Intensions) структура, яка передбачає наявність у агента переконань (Beliefs), бажань (Desires) та намірів (Intensions). *Бажанням* агента пошуку є загальне завдання, сформоване розробником на основі знання цільового призначення агента. Оскільки у даній статті розглядається саме агент пошуку, то, відповідно, його бажанням буде визначення координат  $\{i, j\}$  на основі вирішення задачі (1).

*Переконання* агента пошуку реалізуються через модель світу, тобто агент сприймає світ таким, яким його відображає його оператор, а також з повідомлень інших агентів. Для формування переконань агента вводиться матриця світосприйняття:

$$\text{Belag} = \{\text{Belag}_{[i, j]}\}, i = 1 \dots n_i, j = 1 \dots n_j; \quad (2)$$

де  $n_i, n_j$  – розмір району пошуку в кількості квадратів (по вертикалі та горизонталі відповідно).

Елементами матриці є закодовані символи стану кожного квадрата: “не досліджено”, “чисто”, “ознаки небезпеки”, “небезпека”, “об'єкт пошуку”, про які агент може дізнатися, лише побувавши у відповідному квадраті. Тому на початку пошуку елементам матриці  $\text{Belag}$  присвоюються значення  $\emptyset$ . Визначаються початкові координати агента  $\{i_0, j_0\}$ . З самого початку кожен агент має статус “живий”.

Функціонування агента починається з визначення стану квадрата поточного перебування (починаючи з  $\{i_0, j_0\}$ ). Виконавши огляд квадрата виконавець вводить відповідну позначку на електронну карту, при цьому елементу матриці  $\text{Belag}_{[i, j]}$  агента присвоюється значення відповідного стану квадрата.

Якщо код стану квадрата є “небезпека”, то з деякою ймовірністю  $\beta$  агент може перейти набути статусу “неживий” – такий перехід доцільно застосовувати з метою моделювання поведінки системи.

Після визначення стану квадрата, агент формує повідомлення іншим агентам:  $\text{Send} = \{i, j, \text{Belag}_{[i, j]}\}$ . Також агент приймає аналогічні повідомлення від інших агентів. З метою моделювання доцільно встановити залежність ймовірності факту отримання повідомлення від відстані між агентами:  $P_{\text{mes}} = f(\text{dist}(\varphi, \psi))$ , де  $\varphi, \psi$  – агенти системи.

Прийнявши повідомлення, агент заносить значення стану квадрата, отримані від інших агентів до своєї матриці світосприйняття:

$$\text{Belag}_{[\text{Send}\varphi_{[1]}, \text{Send}\psi_{[2]}]} = \text{Send}_{\varphi_{[3]}} \quad (3)$$

Таким чином, покроково, формуються переконання агента про стан середовища, які є основою для прийняття рішення про подальші кроки.

*Наміри* агента – це конкретні кроки, які він здійснює з метою реалізації своїх бажань на основі відповідного світосприйняття. В основі намірів лежить рішення агента щодо подальшого кроку, яке він і пропонує своєму власнику.

### Формування рішення агентом пошуку

Основне рішення, яке повинен прийняти агент пошуку, – це визначити наступний крок свого власника з точки зору безпеки та досягнення мети пошуку. При цьому рішення формується в умовах протиріччя: з одного боку з позицій безпеки агент повинен триматися якомога далі небезпечних місць, з іншого, відповідно до логіки задачі пошуку, агент повинен дослідити в першу чергу найбільш небезпечні місця. Для визначення наступного кроку агента формується поле його зору. Встановлюється початкове значення деякої змінної  $k = 2$ , яка визначає радіус огляду території навколо агента (в квадратах). Так при  $k = 2$  навколо агента формується матриця розміром  $3 \times 3$  за наступним правилом:

$$\text{Obs}_{[i_0, j_0]} = \begin{cases} \emptyset, & \text{якщо } i - k + i_0 < 1 \vee j - k + j_0 < 1; \\ \text{Belag}_{[i - k + i_0, j - k + j_0]}, & \text{у решті випадків;} \\ i_0 = 1 \dots 2k - 1, j_0 = 1 \dots 2k - 1. \end{cases} \quad (4)$$

Вибір наступного кроку здійснюється на основі використання логічних правил, які становлять базу знань агента. Якщо агент знаходиться у квадраті з кодом стану  $\text{Obs}_{[k, k]} = \text{“чисто”}$ , він може зробити будь-який крок до квадрату з кодом стану “не досліджено”, при цьому координати наступного квадрата у системі координат поля зору можуть бути визначені, як

$$R_{\text{pnt}} = \text{Position}[\text{Obs}, \quad (5)$$

“не досліджено”] $_{[\text{Random}[\text{Obs}, \text{“не досліджено”}]}$ ,

де Position[•] – оператор визначення індексів матриці Obs, елементи якої набувають значень “не досліджено”, Random[•] – оператор випадкового вибору.

У випадку, якщо агент знаходиться у квадраті зі станом  $Obs_{[k,k]}$  = “ознаки небезпеки”, логіка його

дій у системі координат поля зору описується такими правилами:

1.  $Obs_{[1,2]} = \text{"чисто"} \wedge Obs_{[1,1]} = \text{"не досліджено"} \Rightarrow R_{pont} = \{1, 1\}$  ;
2.  $Obs_{[1,2]} = \text{"чисто"} \wedge Obs_{[1,3]} = \text{"не досліджено"} \Rightarrow R_{pont} = \{1, 3\}$  ;
3.  $Obs_{[3,2]} = \text{"чисто"} \wedge Obs_{[3,1]} = \text{"не досліджено"} \Rightarrow R_{pont} = \{3, 1\}$  ;
4.  $Obs_{[3,2]} = \text{"чисто"} \wedge Obs_{[3,3]} = \text{"не досліджено"} \Rightarrow R_{pont} = \{3, 3\}$  ;
5.  $Obs_{[2,1]} = \text{"чисто"} \wedge Obs_{[1,1]} = \text{"не досліджено"} \Rightarrow R_{pont} = \{1, 1\}$  ;
6.  $Obs_{[2,1]} = \text{"чисто"} \wedge Obs_{[3,1]} = \text{"не досліджено"} \Rightarrow R_{pont} = \{3, 1\}$  ;
7.  $Obs_{[2,3]} = \text{"чисто"} \wedge Obs_{[1,3]} = \text{"не досліджено"} \Rightarrow R_{pont} = \{1, 3\}$  ;
8.  $Obs_{[2,3]} = \text{"чисто"} \wedge Obs_{[3,3]} = \text{"не досліджено"} \Rightarrow R_{pont} = \{3, 3\}$  ;
9.  $Obs_{[1,1]} = \text{"чисто"} \wedge Obs_{[1,2]} = \text{"не досліджено"} \Rightarrow R_{pont} = \{1, 2\}$  ;
10.  $Obs_{[1,1]} = \text{"чисто"} \wedge Obs_{[2,1]} = \text{"не досліджено"} \Rightarrow R_{pont} = \{2, 1\}$  ;
11.  $Obs_{[1,3]} = \text{"чисто"} \wedge Obs_{[1,2]} = \text{"не досліджено"} \Rightarrow R_{pont} = \{1, 2\}$  ;
12.  $Obs_{[1,3]} = \text{"чисто"} \wedge Obs_{[2,3]} = \text{"не досліджено"} \Rightarrow R_{pont} = \{2, 3\}$  ;
13.  $Obs_{[3,3]} = \text{"чисто"} \wedge Obs_{[2,3]} = \text{"не досліджено"} \Rightarrow R_{pont} = \{2, 3\}$  ;
14.  $Obs_{[3,3]} = \text{"чисто"} \wedge Obs_{[3,2]} = \text{"не досліджено"} \Rightarrow R_{pont} = \{3, 2\}$  ;
15.  $Obs_{[3,1]} = \text{"чисто"} \wedge Obs_{[2,1]} = \text{"не досліджено"} \Rightarrow R_{pont} = \{2, 1\}$  ;
16.  $Obs_{[3,1]} = \text{"чисто"} \wedge Obs_{[3,2]} = \text{"не досліджено"} \Rightarrow R_{pont} = \{3, 2\}$  ;
17.  $Obs_{[1,2]} = \text{"ознаки небезпеки"} \wedge Obs_{[3,2]} = \text{"ознаки небезпеки"} \Rightarrow R_{pont} = \{3, 2\}$  ;
18.  $Obs_{[2,1]} = \text{"ознаки небезпеки"} \wedge Obs_{[2,3]} = \text{"ознаки небезпеки"} \Rightarrow R_{pont} = \{2, 3\}$  ;
19.  $Obs_{[1,1]} = \text{"ознаки небезпеки"} \wedge Obs_{[3,3]} = \text{"ознаки небезпеки"} \Rightarrow R_{pont} = \{3, 3\}$  ;
20.  $Obs_{[1,3]} = \text{"ознаки небезпеки"} \wedge Obs_{[3,1]} = \text{"ознаки небезпеки"} \Rightarrow R_{pont} = \{3, 1\}$  ;
21.  $Obs_{[1,2]} = \text{"ознаки небезпеки"} \wedge Obs_{[3,2]} = \text{"не досліджено"} \wedge Obs_{[3,1]} = \text{"чисто"} \Rightarrow R_{pont} = \{3, 2\}$  ;
22.  $Obs_{[1,2]} = \text{"ознаки небезпеки"} \wedge Obs_{[3,2]} = \text{"не досліджено"} \wedge Obs_{[3,3]} = \text{"чисто"} \Rightarrow R_{pont} = \{3, 2\}$  ;
23.  $Obs_{[2,1]} = \text{"ознаки небезпеки"} \wedge Obs_{[2,3]} = \text{"не досліджено"} \wedge Obs_{[1,3]} = \text{"чисто"} \Rightarrow R_{pont} = \{2, 3\}$  ;
24.  $Obs_{[2,1]} = \text{"ознаки небезпеки"} \wedge Obs_{[2,3]} = \text{"не досліджено"} \wedge Obs_{[3,3]} = \text{"чисто"} \Rightarrow R_{pont} = \{2, 3\}$  ;
25.  $Obs_{[3,2]} = \text{"ознаки небезпеки"} \wedge Obs_{[1,2]} = \text{"не досліджено"} \wedge Obs_{[1,1]} = \text{"чисто"} \Rightarrow R_{pont} = \{1, 2\}$  ;
26.  $Obs_{[3,2]} = \text{"ознаки небезпеки"} \wedge Obs_{[1,2]} = \text{"не досліджено"} \wedge Obs_{[1,3]} = \text{"чисто"} \Rightarrow R_{pont} = \{1, 2\}$  ;
27.  $Obs_{[2,3]} = \text{"ознаки небезпеки"} \wedge Obs_{[2,1]} = \text{"не досліджено"} \wedge Obs_{[1,1]} = \text{"чисто"} \Rightarrow R_{pont} = \{2, 1\}$  ;
28.  $Obs_{[2,3]} = \text{"ознаки небезпеки"} \wedge Obs_{[2,1]} = \text{"не досліджено"} \wedge Obs_{[3,1]} = \text{"чисто"} \Rightarrow R_{pont} = \{2, 1\}$  .

Таким чином задається більшість ситуацій, в яких агенту визначено доцільний план дій стосовно подальших кроків з урахуванням як поточного стану у квадраті, так і інформації від інших агентів.

Координати наступного кроку визначаються:

$$\{i_+, j_+\} = \{i - k + R_{pont[1]}, j - k + R_{pont[2]}\}. \quad (6)$$

У випадку, якщо агент знаходиться у квадраті, найближче оточення якого вже оглянуто, тобто  $Obs_{[i,j]} \neq \text{"не досліджено"}$  при  $i = 2k - 1, j = 2k - 1$ , то тоді значення  $k$  збільшується  $k = k + 1$  (поле зору агента розширюється), агент переходить у квадрат, який є

найближчим до недосліджених квадратів району і процес вибору подальшого кроку повторюється. Таким чином реалізуються наміри агента, щодо просування по території.

Моделювання дій агентів відповідно до запропонованої моделі поведінки свідчить про реалізацію ними “виваженої” стратегії пошуку, коли, зіткнувшись з ознаками небезпеки, агент досліджує спочатку зазначені місця не заходячи у зони небезпеки, після чого продовжує пошук у квадратах, що залишилися (рис. 2).

## Висновки

Отже визначено, що у рамках формування моделі агента пошуку за BDI-архітектурою найбільш складним та відповідальним елементом є реалізація намірів агента, оскільки для агента пошуку його на-

міри, як конкретні дії в умовах обстановки, яка складалася є основою для формування рішення відповідного виконавця. Агенти, побудовані за запропонованою моделлю, використовують “виважену” стратегію, уникаючи небезпечних місць, докладаючи основних зусиль лише для вирішення головних завдань.

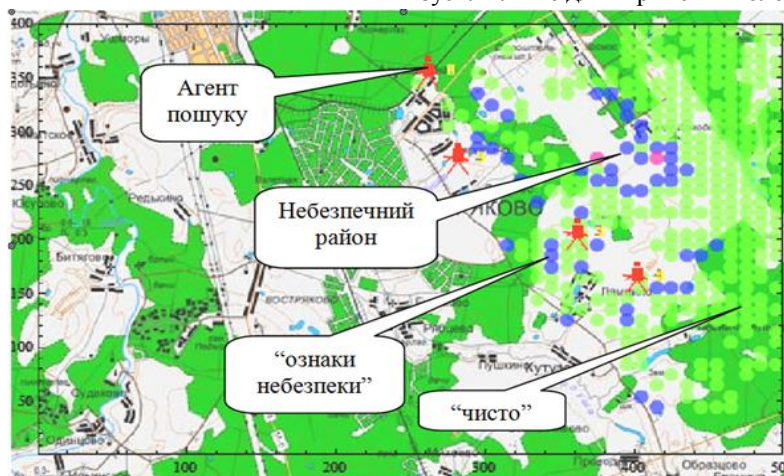


Рис. 2. Моделювання функціонування агентів пошуку

Напрямок подальших досліджень у сфері побудови мультиагентних систем управління для ПРЗ є моделювання колективної міжрівневої взаємодії агентів на основі застосування різноманітних стратегій пошуку.

## Список літератури

1. Поспелов Д.А. Многоагентные системы – настоящее и будущее / Д.А. Поспелов // Информационные технологии и вычислительные системы. – 1998. – № 1. – С. 14-21.

2. Швецов А.Н. Мультиагентные системы: от формальных моделей к промышленным приложениям / А.Н. Швецов. – Вологда: ВГТУ, 2008. – 101 с.

3. Wooldridge M. Introduction to MultiAgent Systems / M. Wooldridge // Wiley, 2002. – 270 p.

4. Рассел С. Искусственный интеллект. Современный подход / С. Рассел, П. Норвиг // – М.: Вильямс, 2007. – 386 с.

Надійшла до редколегії 1.02.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Барабаш, Національний авіаційний університет, Київ.

### МОДЕЛЬ ПОИСКОВОГО АГЕНТА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫХ СЛУЖБ

В.А. Савченко

Определена проблематика и предложен общий подход к построению системы поддержки принятия решений для поисково-спасательных служб на основе использования мультиагентных технологий с использованием BDI-архитектуры агентов со “сдержанной” стратегией поиска.

**Ключевые слова:** система поддержки принятия решений, интеллектуальный агент, мультиагентная система.

**THE SEARCHING AGENT MODEL FOR DECISION SUPPORT SYSTEM OF SEARCH AND RESCUE SERVICES**

V.A. Savchenko

The article highlights the problems and offers the general going for construction of decision support systems for searching-rescue services on the basis of the multiagent technologies usage with BDI-architecture of agents with “middle” search strategy.

**Key words:** decision support system, intelligent agent, multiagent system.