

А.Л. Яловець

МЕТОДИ РОЗПІЗНАВАННЯ АГЕНТОМ НЕВІДОМОГО НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Викладено методи, що використовуються агентом для розпізнавання невідомого навколишнього середовища, в тому числі: метод визначення відстані до найближчого видимого об'єкта та координат перетину з цим об'єктом променя (як модельованого напрямку зору агента), направленою від агента; метод динамічної зміни градації кута променя, який направляється агентом у навколишнє середовище; метод побудови множини точок, що належать видимим з точки поточного розташування агента оточуючим об'єктам навколишнього середовища; метод узагальнення агентом множини точок з побудовою фрагментів семантичної мапи невідомого навколишнього середовища; методи розпізнавання кутів приміщень у навколишньому середовищі.

Ключові слова: агент, невідоме навколишнє середовище, семантична мапа.

Вступ

В роботі [1] виконано постановку задачі розпізнавання невідомого навколишнього середовища, яка, зокрема, включає до свого складу задачу побудови агентом мапи цього середовища. Слід зауважити, що виконана постановка задачі за своїм змістом передбачала побудову «семантичної мапи» навколишнього середовища, під якою розуміється [2] мапа, яка додатково до просторової інформації про навколишнє середовище також містить семантичні властивості, зіставлені сутностям відомих класів, розташованим на мапі. Такі семантичні властивості дозволяють розрізнити, зокрема, як типи приміщень (наприклад, кімнату від коридору), так і об'єкти, що розташовані у приміщеннях (наприклад, столи від стільців). Виходячи з цього, відповідно до переліку задач досліджень, сформульованих в [1], в даній статті викладено методи розпізнавання агентом невідомого навколишнього середовища, на основі яких агент буде семантичну мапу цього середовища. До таких методів, зокрема, належать: метод визначення агентом відстані до найближчого до нього видимого об'єкта та координат перетину з цим об'єктом променя (як модельованого напрямку зору агента), направленою від агента; метод динамічної зміни агентом градації кута променя, який ним направляється в навколишнє середовище; метод побудови агентом множини точок, що належать видимим з точки поточного розташування агента оточуючим об'єктам навколишньо-

го середовища, отриманих в результаті направлення ним в навколишнє середовище променів з визначеним змінним кутом; метод узагальнення агентом множини точок з побудовою фрагментів семантичної мапи невідомого навколишнього середовища; методи розпізнавання кутів приміщень у навколишньому середовищі.

1. Метод визначення відстані до найближчого видимого об'єкта

Припустимо, що рухомому агенту необхідно розпізнати видимі об'єкти, що його оточують. Для цього він у кожний момент часу свого руху сканує оточуюче його середовище, послідовно направляючи відносно себе промені з певним кроком кутів. Розглянемо довільну ситуацію, коли агент у деякий момент часу розташований у точці A і з метою розпізнавання оточуючих його об'єктів сформував промінь AB для визначення відстані (довжини прямої AE) до найближчого об'єкта та координат x_E, y_E точки перетину променя з цим об'єктом точки E (рис. 1).

Також припустимо, що на даному рисунку нам відомі тільки координати трьох точок (A, C, D) та кут α_{AB} напрямку променя щодо поточного розташування агента (точки A) в Декартовій системі координат та координата x_B «глибини» сканування навколишнього середовища («глибина» сканування визначається на початковому етапі розпізнавання), де C, D –

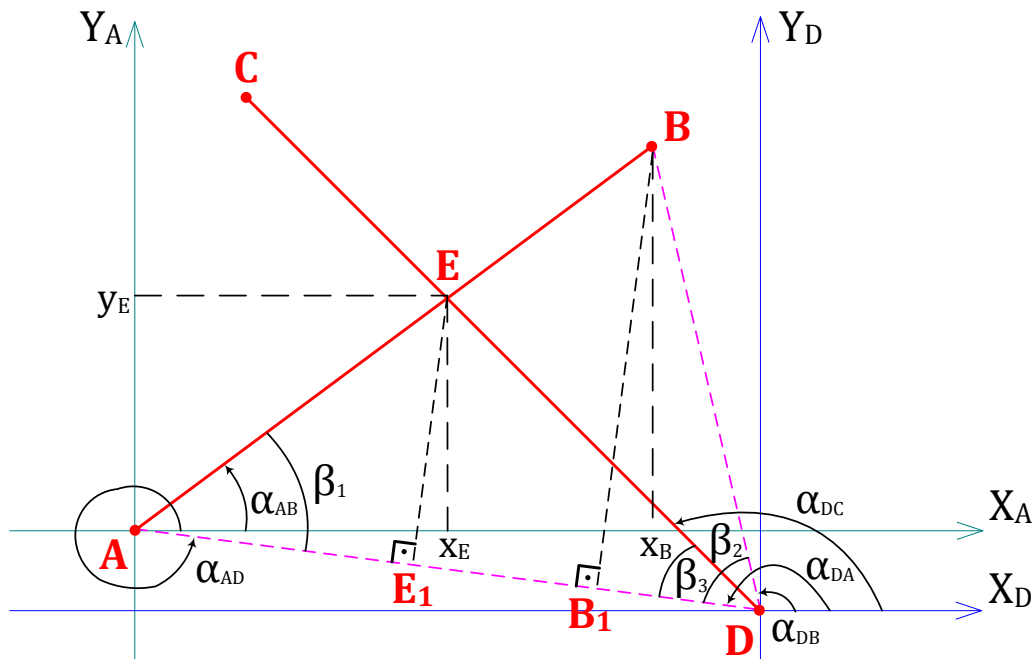


Рис. 1. Схема розташування агента щодо об'єкта, що потребує розпізнавання

координати меж деякого лінійного об'єкта, що потребує розпізнавання (які зберігаються у БД опису навколишнього середовища).

Кінцева мета процесу розпізнавання навколишнього середовища агентом полягає у формуванні ним власної БД опису навколишнього середовища.

Виконаємо необхідні побудови. Прокладемо осі координат щодо точок A і D (вважаємо, що агент функціонує в декартовій системі координат).

З'єднаємо точки A , D та B , D прямими, а з точок E і B проведемо перпендикуляри на пряму AD . Очевидно, що утворені при цьому трикутники AEE_1 та ABB_1 є подібними і для них справедливе співвідношення:

$$\frac{AB}{AE} = \frac{BB_1}{EE_1},$$

(так як $\sin \beta_1 = \frac{EE_1}{AE}$ та $\sin \beta_1 = \frac{BB_1}{AB}$).

Звідси маємо шукану довжину AE :

$$AE = \frac{AB \cdot EE_1}{BB_1}. \quad (1)$$

Знаючи AE , легко визначити шукані координати x_E та y_E ($x_E = AE \cdot \cos \alpha_{AB}$; $y_E = AE \cdot \sin \alpha_{AB}$).

У виразі (1) нам невідомі EE_1 та BB_1 .

Для визначення BB_1 розглянемо прямокутний трикутник DBB_1 , в якому нам відомі гіпотенуза BD та кут β_2 (де $\beta_2 = \alpha_{DA} - \alpha_{DB}$). Звідси $BB_1 = BD \cdot \sin \beta_2$.

Для визначення EE_1 розглянемо два прямокутних трикутника AEE_1 та DEE_1 , у яких є загальний катет EE_1 . Кути β_1 ($\beta_1 = \alpha_{AB} + \alpha_{AD}$) та β_3 ($\beta_3 = \alpha_{DA} - \alpha_{DC}$) відомі.

Враховуючи, що $AE_1 + E_1D = AD$, та приймаючи $AE_1 = x$, маємо: $x \cdot \operatorname{tg} \beta_1 = (AD - x) \cdot \operatorname{tg} \beta_3$.

$$\text{Звідси } x = AD \cdot \frac{\operatorname{tg} \beta_3}{\operatorname{tg} \beta_1 + \operatorname{tg} \beta_3}.$$

Враховуючи, що $EE_1 = AE_1 \cdot \operatorname{tg} \beta_1$, маємо:

$$EE_1 = AD \cdot \frac{\operatorname{tg} \beta_1 \cdot \operatorname{tg} \beta_3}{\operatorname{tg} \beta_1 + \operatorname{tg} \beta_3},$$

або, після перетворень:

$$EE_1 = AD \cdot \frac{\sin \beta_1 \cdot \sin \beta_3}{\sin(\beta_1 + \beta_3)}.$$

Перетворюючи вираз (1), остаточно маємо:

$$AE = AB \cdot \frac{AD}{BD} \cdot \frac{\sin \beta_1 \cdot \sin \beta_3}{\sin \beta_2 \cdot \sin(\beta_1 + \beta_3)}. \quad (2)$$

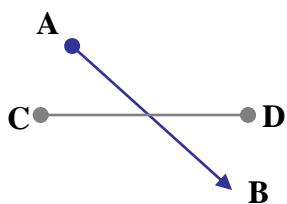
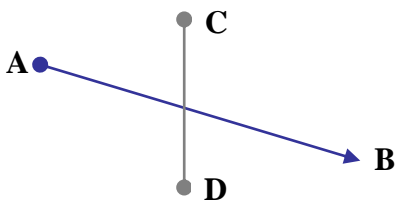
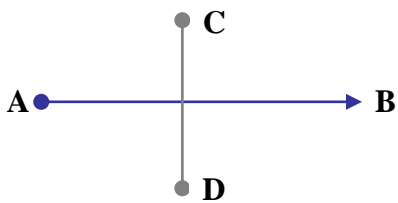
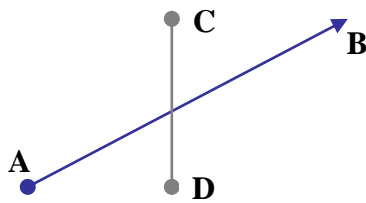
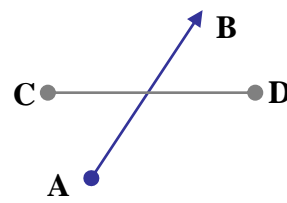
Тоді

$$x_E = AB \cdot \frac{AD}{BD} \cdot \frac{\cos \alpha_{AB} \cdot \sin \beta_1 \cdot \sin \beta_3}{\sin \beta_2 \cdot \sin(\beta_1 + \beta_3)}, \quad (3)$$

$$y_E = AB \cdot \frac{AD}{BD} \cdot \frac{\sin \alpha_{AB} \cdot \sin \beta_1 \cdot \sin \beta_3}{\sin \beta_2 \cdot \sin(\beta_1 + \beta_3)}.$$

Оскільки агент може рухатись у різних напрямках і об'єкти, що потребують розпізнавання, можуть розташовуватись з різних сторін від нього, то формули визначення кутів $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ будуть різними у кожному окремому випадку (таблиця).

Таблиця. Класифікація ситуацій розпізнавання агентом оточуючих об'єктів

№ сит.	Напрямок променя / розташування стіни	Примітки	
		3	4
1		Промінь у IV октанті; стіна горизонтальна	$\beta_1 = \alpha_{AD} - \alpha_{AB}$ $\beta_2 = \alpha_{DB} - \alpha_{DA}$ $\beta_3 = 180^\circ - \alpha_{DA}$
2		Промінь у IV октанті; стіна вертикальна	$\beta_1 = \alpha_{AB} - \alpha_{AD}$ $\beta_2 = \alpha_{DA} - \alpha_{DB}$ $\beta_3 = \alpha_{DA} - \alpha_{DC}$
3		Промінь на стику I і IV октантів; стіна вертикальна	$\beta_1 = 360^\circ - \alpha_{AD}$ $\beta_2 = \alpha_{DA} - \alpha_{DB}$ $\beta_3 = \alpha_{DA} - 90^\circ$
4		Промінь у I октанті; стіна вертикальна	$\beta_1 = (360^\circ - \alpha_{AD}) + \alpha_{AB}$ $\beta_2 = \alpha_{DA} - \alpha_{DB}$ $\beta_3 = \alpha_{DA} - 90^\circ$
5		Промінь у I октанті; стіна горизонтальна	$\beta_1 = \alpha_{AB} - \alpha_{AD}$ $\beta_2 = \alpha_{DA} - \alpha_{DB}$ $\beta_3 = \alpha_{DA} - 180^\circ$

1	2	3	4
6		Промінь на стику I і II октантів; стіна горизонтальна	$\beta_1 = 90^\circ - \alpha_{AD}$ $\beta_2 = \alpha_{DA} - \alpha_{DB}$ $\beta_3 = \alpha_{DA} - 180^\circ$
7		Промінь у II октанті; стіна горизонтальна	$\beta_1 = \alpha_{AB} - \alpha_{AD}$ $\beta_2 = \alpha_{DA} - \alpha_{DB}$ $\beta_3 = \alpha_{DA} - 180^\circ$
8		Промінь у II октанті; стіна вертикальна	$\beta_1 = \alpha_{AD} - \alpha_{AB}$ $\beta_2 = \alpha_{DB} - \alpha_{DA}$ $\beta_3 = 90^\circ - \alpha_{DA}$
9		Промінь на стику II і III октантів; стіна вертикальна	$\beta_1 = \alpha_{AD} - 180^\circ$ $\beta_2 = \alpha_{DB} - \alpha_{DA}$ $\beta_3 = 90^\circ - \alpha_{DA}$
10		Промінь у III октанті; стіна вертикальна	$\beta_1 = \alpha_{AD} - \alpha_{AB}$ $\beta_2 = \alpha_{DB} - \alpha_{DA}$ $\beta_3 = 90^\circ - \alpha_{DA}$
11		Промінь у III октанті; стіна горизонтальна	$\beta_1 = \alpha_{AD} - \alpha_{AB}$ $\beta_2 = \alpha_{DB} - \alpha_{DA}$ $\beta_3 = 180^\circ - \alpha_{DA}$
12		Промінь на стику III і IV октантів; стіна горизонтальна	$\beta_1 = \alpha_{AD} - 270^\circ$ $\beta_2 = \alpha_{DB} - \alpha_{DA}$ $\beta_3 = 180^\circ - \alpha_{DA}$

Отже, в результаті виконання класифікації виявлено дванадцять унікальних ситуацій розпізнавання агентом об'єктів спостережуваного навколишнього середовища.

2. Метод динамічної зміни агентом градації кута променя, який ним направляється в навколишнє середовище

Метод ґрунтується на поєднанні ідей, що лежать в основі кліткової декомпозиції та обробки графу огляду [1]. У випадку, коли градація кута променя є постійною, агент може втрачати інформацію [1]. Як наслідок, для забезпечення потрібної якості формування інформації агентом про навколишнє середовище необхідно, щоб ця градація динамічно змінювалась у залежності від відстані до об'єкта, що спостерігається агентом. При цьому, як зауважено в [1], за постановкою задач досліджень навколишнім середовищем для агента є будівлі ортогональної конфігурації в 2D проекції з довільною кількістю стін та отворів. Відомо, що для таких будівель властива певна модульність геометричних розмірів їх складових (як стін, так і отворів). Для вирішення задачі динамічної зміни агентом градації кута променя доцільно ввести поняття модуля (де розміри стін та отворів будуть кратними його значенню), який буде використовуватись для розбиття простору, що відповідає навколишньому середовищу агента, на клітинки, де розмір кожної її сторони буде відповідати значенню модуля (очевидно, що цей підхід подібний за своєю ідеєю сутності підходу кліткової декомпозиції). Отже, на рис. 2 показано, що агенту необхідно визначити градацію кута

$\Delta\alpha$ як $\arctan\left(\frac{H}{X}\right)$, де H – розмір сторони клітинки (значення модуля), X – максимальне значення по осі X відстані до найближчого об'єкта, видимого з точки поточного розташування агента (в загальному випадку – це максимальне значення різниці між координатами X (або Y) точки перетину променя з таким об'єктом та координатами розташування агента).

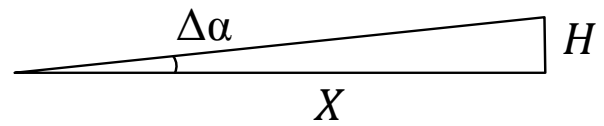


Рис. 2. Приклад визначення значення градації кута огляду агента

3. Метод побудови агентом множини точок, що належать видимим агенту оточуючим об'єктам навколишнього середовища

Метод ґрунтується на тому, що агент *послідовно* направляє промені проти часової стрілки, кожного разу змінюючи кут на обчислюване значення $\Delta\alpha$, та визначаючи (за допомогою виразів (3)) координати точок перетину променів з найближчими видимими об'єктами. Як наслідок, у агента формується множина координат таких точок, що є упорядкованою (як і у випадку обробки графу огляду), і тому дозволяє стверджувати, що подальший послідовний аналіз таких точок дозволить згенерувати семантичну мапу навколишнього середовища. На рис. 3 показано процес формування агентом множини точок, що належать видимим агенту об'єктам навколишнього середовища, виконуваний засобами мультиагентної системи (МАС) САГА, призначеної для моделювання поведінки агентів (у тому числі побудови семантичної мапи) у невідомому навколишньому середовищі. Як видно з цього рисунку, градація кута огляду агента є змінною.

4. Метод узагальнення агентом множини точок з побудовою фрагментів семантичної мапи невідомого навколишнього середовища

Як зазначено у вступі, під «семантичною мапою» навколишнього середовища розуміється [2] мапа, яка додатково до просторової інформації про навколишнє середовище також містить семантичні властивості, зіставлені сутностям відомих класів, розташованим на мапі. Будемо вважати базовими сутностями, що

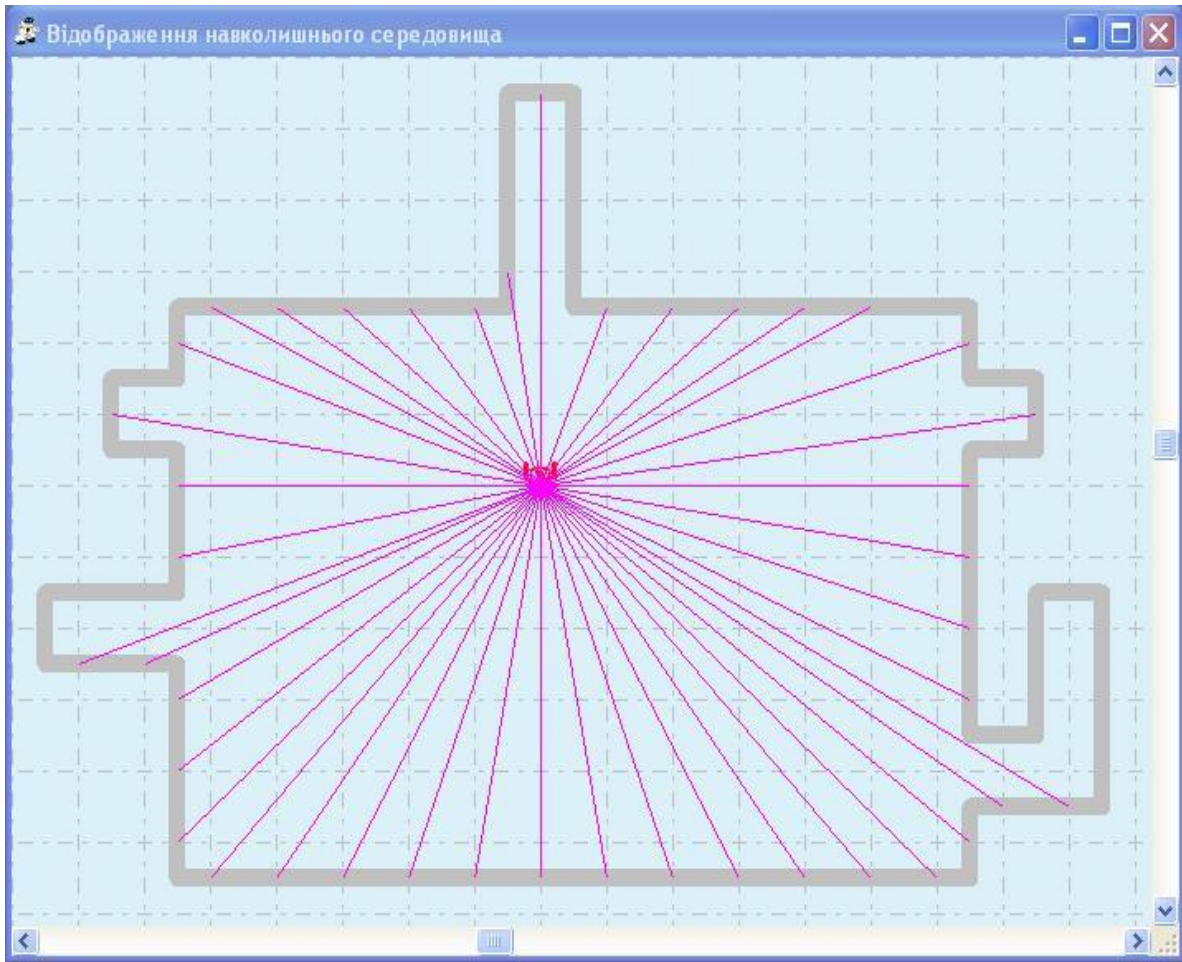


Рис. 3. Процес формування агентом множини точок

розташовані на мапі та необхідні для розпізнавання більш складних сутностей, стіни та отвори, які належать приміщенням, що розпізнаються. Тобто на початковому етапі процесу побудови семантичної мапи агенту необхідно сформувати фрагменти цієї мапи у вигляді стін та отворів, а далі, шляхом узагальнення цієї інформації, отримати більш загальну семантичну інформацію про навколишнє середовище (типи приміщень тощо).

На даному етапі будемо вважати, що процес створення семантичної мапи SM_a агентом a може бути поданий у вигляді кортежу (4):

$$SM_a = \langle P, R \rangle. \quad (4)$$

Тут P – множина точок, побудована агентом (див. п. 3 статті); R –

правила перетворення агентом множини P у фрагменти семантичної мапи (стіни та отвори).

Правила R можуть бути структуровані на три групи: правила розпізнавання «горизонтальних» стін (у яких збігається координата Y в декартовій системі координат); правила розпізнавання «вертикальних» стін (у яких, відповідно, збігається координата X); правила розпізнавання та обробки ситуацій зміни типу стіни («горизонтальної» або «вертикальної»), що «спостерігається» агентом, або геометрії стіни (ці правила відповідають ситуаціям розпізнавання різного роду кутів приміщень).

Фрагмент лістингу формалізації правил розпізнавання «горизонтальних» стін за допомогою предикатів мови програмування Prolog показано на рис. 4.

```

f_wall(pnt(X1,Y1),pnt(X2,Y2),S,S1):-
% предикат f_wall перевіряє дві послідовні точки pnt (з множини точок) і, якщо координати Y у них збігаються, формує дані щодо
% «горизонтальної» стіни; S – стан стіни, що розпізнано останньою; S1 – стан стіни, що розпізнається в даний момент часу
Y1 = Y2,!, prov_SG(pnt(X1,Y1),pnt(X2,Y2),S,S1).

prov_SG(pnt(X1,Y),pnt(X2,Y),S,S1):-
% перший клоз предиката prov_SG аналізує випадок, коли відбувається зміна стану стіни (з невизначеної до горизонтальної)
S=" ",!, S1="gor", n_w(N), N1=N+1,
% перевизначення номеру стіни, що оброблюється
retract(n_w(_,envir_w),!, assert(n_w(N1),envir_w),
f_w3(N1,Y,X1,X2).

prov_SG(pnt(X1,Y),pnt(X2,Y),S,S1):-
% другий клоз предиката prov_SG аналізує випадок, коли стан стіни не змінюється
S="gor",!, S1=S, f_w4(Y,X1,X2).

prov_SG(PNT1,PNT2,S," "):-
% третій клоз предиката prov_SG аналізує випадок, коли відбувається зміна стану стіни (з горизонтальної до невизначеної)
f_w5(S,PNT1,PNT2),!.

f_w3(N,Y,X1,X2):-
X2>X1,!, X11 = X1 - step/2.0, X21 = X2 + step/2.0, % step – значення модулю
% збереження предикату БД work_w як робочого стану стіни, що оброблюється
assert(work_w(N,"Горизонтальна стіна",pnt(X11,Y),pnt(X21,Y)),envir_w).

f_w3(N,Y,X1,X2):-
X11 = X1 + step/2.0, X21 = X2 - step/2.0,
assert(work_w(N," Горизонтальна стіна ",pnt(X11,Y),pnt(X21,Y)),envir_w).

f_w4(Y,X1,X2):-
abs(X1-X2) = step,!, % стіна продовжується (без отвору)
f_w41(Y,X1,X2).

f_w4(Y,X1,X2):- % у межах стіни виявлено отвір
X2>X1,!, X11 = X1 + step/2.0, work_w(N,S,pnt(X0,Y),_),
% вилучення з БД предикату work_w робочого стану стіни та додавання предикату БД wall_r як опису розпізнаної стіни
retract(work_w(_,_,_),envir_w),!, assert(wall_r(N,S,pnt(X0,Y),pnt(X11,Y)),envir_r),
X21 = X2 - step/2.0, n_p(NP), NP1 = NP + 1,
retract(n_p(_,envir_w),!, assert(n_p(NP1),envir_w),
% додавання предикату БД pr_r як опису розпізнаного отвору
assert(pr_r(NP1,pnt(X11,Y),pnt(X21,Y)),envir_r), X22 = X21 + step, N1 = N+1,
retract(n_w(_,envir_w),!,
assert(n_w(N1),envir_w),
assert(work_w(N1,S,pnt(X21,Y),pnt(X22,Y)),envir_w).

```

Рис. 4. Фрагмент лістингу з формалізації розпізнавання агентом «горизонтальних» стін

На рис. 5 показано приклад розпізнавання приміщення агентом з формуванням ним фрагментів семантичної мапи (з окремої точки розташування агента).

На рис. 6 показано фрагмент БД опису навколишнього середовища, сформованого в середовищі МАС САГА вручну шляхом побудови приміщень з окремих семантично не інтерпретованих ліній (відповідає рис. 3). На рис. 7 показано БД опису цього ж навколишнього середовища як фрагментів семантичної мапи, сформованої агентом у середовищі МАС САГА

(відповідає стінам чорного кольору на рис. 5).

Слід підкреслити, що на відміну від БД стін, яка може створюватись з фрагментів ліній і не відповідати за змістом фактичній структурі окремої стіни, БД фрагменту семантичної мапи, як впливає з рис. 7, містить цілісне подання стін як семантично завершене.

В процесі руху агент постійно уточнює і добуває семантичну мапу (рис. 8, зліва направо).

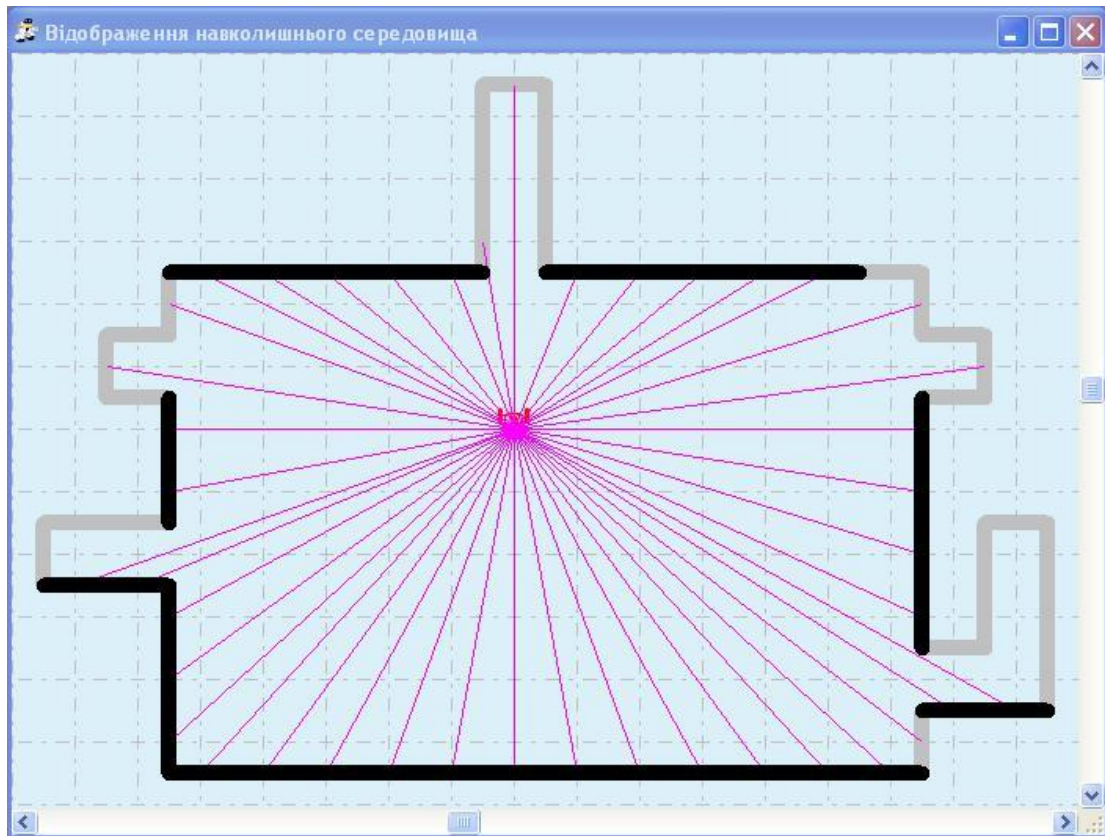


Рис. 5. Процес побудови фрагментів семантичної мапи

```
wall(1,pnt(8360,5080),pnt(8360,5200))
wall(2,pnt(8360,5200),pnt(8160,5200))
wall(4,pnt(8160,5400),pnt(8160,5520))
wall(5,pnt(8160,5520),pnt(8640,5520))
wall(6,pnt(8640,5520),pnt(8640,5480))
wall(7,pnt(8640,5440),pnt(8640,5280))
wall(8,pnt(8640,5240),pnt(8640,5200))
wall(11,pnt(8640,5200),pnt(8400,5200))
wall(12,pnt(8400,5200),pnt(8400,5080))
wall(13,pnt(8400,5080),pnt(8360,5080))
.....
wall(27,pnt(8160,5280),pnt(8120,5280))
wall(28,pnt(8120,5280),pnt(8120,5240))
wall(29,pnt(8120,5240),pnt(8160,5240))
```

Рис. 6. Фрагмент БД стін

```
wall_r(1,"Горизонтальна стіна",pnt(8160,5520),pnt(8640,5520))
wall_r(2,"Горизонтальна стіна",pnt(8640,5480),pnt(8720,5480))
wall_r(3,"Вертикальна стіна",pnt(8640,5440),pnt(8640,5280))
wall_r(4,"Горизонтальна стіна",pnt(8600,5200),pnt(8400,5200))
wall_r(5,"Горизонтальна стіна",pnt(8360,5200),pnt(8160,5200))
wall_r(6,"Вертикальна стіна",pnt(8160,5280),pnt(8160,5360))
wall_r(7,"Горизонтальна стіна",pnt(8080,5400),pnt(8160,5400))
wall_r(8,"Вертикальна стіна",pnt(8160,5400),pnt(8160,5520))
```

Рис. 7. БД фрагменту семантичної мапи

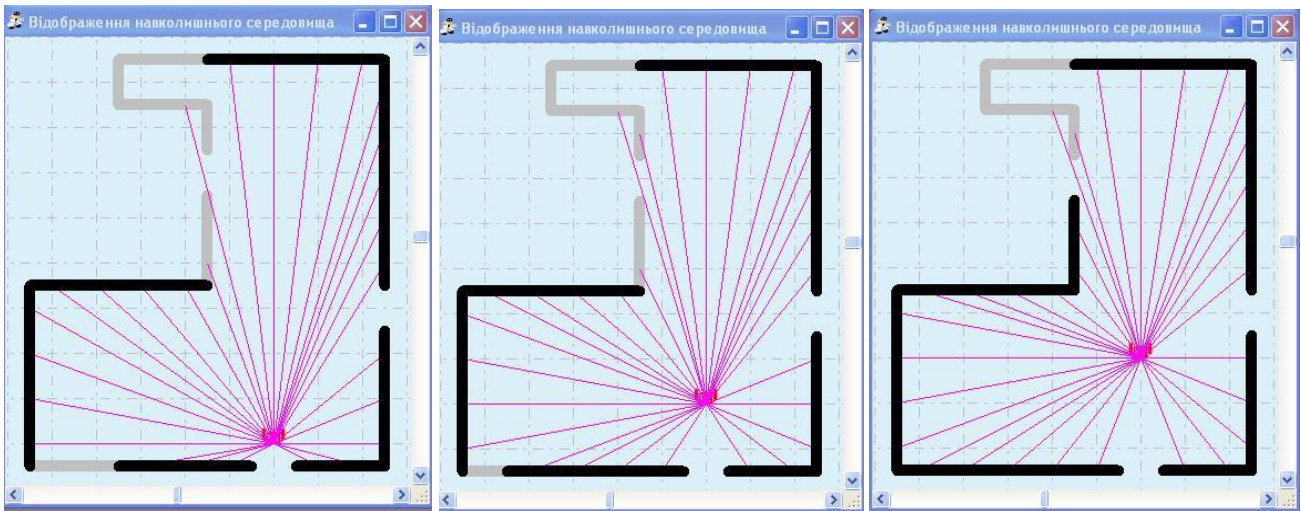


Рис. 8. Процес добудови семантичної мапи агентом у процесі його руху

Процес створення агентом семантичної мапи аналізованого приміщення завершується тоді, коли агент вже не може додати нової інформації до мапи. Зауважимо, що промені на рис. 3, 5 та 8 показано умовно, лише для ілюстрації особливостей процесу розпізнавання навколишнього середовища.

5. Методи розпізнавання кутів приміщень в навколишньому середовищі

Як зазначено в [1], кути приміщень можна умовно розподілити на два види: внутрішні (відповідають так званим «глухим» кутам у приміщенні, головною ознакою яких є те, що вони унеможливають подальший рух агента в їх напрямку) та зовнішні (головною ознакою яких є те, що кожний з них є кутом деякого отвору, через який агент може перейти в інше приміщення або в іншу частину даного приміщення). Відповідно до цього розроблено методи розпізнавання цих двох видів кутів.

Для зручності викладення цих методів розглянемо приклад приміщення на рис. 9, в якому агент розташований у деякій точці А і «спостерігає» навколишнє середовище, направляючи в нього промені з певним змінним кроком.

Методи ґрунтуються на наступних правилах прийняття рішень агентом:

1. Агент розпізнає кут приміщення як **внутрішній**, якщо виконується наступна перевірка (рис. 9): $AE > AE_1$, $AE > AE_2$ (ці співвідношення також справедливі для всіх інших внутрішніх кутів О, L, Н).

2. Агент розпізнає кути приміщення як **зовнішні**, якщо виконується одна з наступних перевірок (рис. 9):

2.1. За умов повної видимості кута (наприклад, кута В), коли два відрізки при їх зведенні дають загальну координату (наприклад, BB_1 та B_2B дають координату В) та виконується наступна перевірка: $AB < AB_1$, $AB < AB_2$ (ці співвідношення також справедливі для кутів D, F, G, J, M, N, P).

2.2. За умов часткової видимості кута, коли два відрізки при їх зведенні не дають загальної координати, можливі два варіанти:

2.2.1. Коли точки перетинів належать прямим, що *перпендикулярні* одна одній (наприклад, точки C_1 та C_2 при визначенні отвору С – рис. 9), то виконується перевірка: $AC > AC_1$, $AC < AC_2$ (ці співвідношення також справедливі для кута К та кутів S, Т на рис. 10). Зауважимо, якщо є тільки дві точки (C, C_1) і третій промінь не дав точки перетину, то AC_2 приймається як нескінченність, і ця перевірка також виконується.

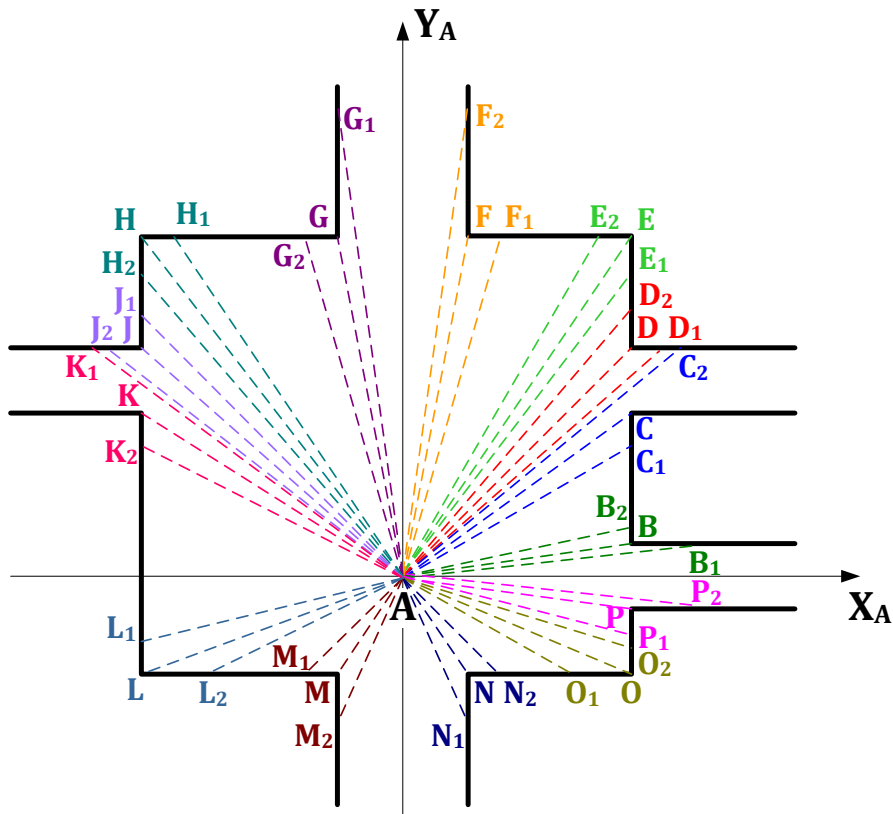


Рис. 9. Схема розпізнавання кутів приміщення агентом, розташованим у точці А

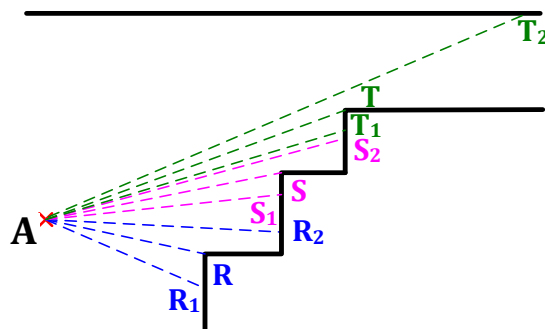


Рис. 10. Фрагмент схеми розпізнавання кутів агентом, розташованим у точці А

2.2.2. Коли точки перетинів належать прямим, що паралельні одна одній (наприклад, точки R_1 та R_2 при визначенні отвору R – рис. 10), то виконується перевірка $AR < AR_1$, $AR < AR_2$.

Висновки

Реалізація та використання запропонованих методів в МАС САГА показало досить високу їх ефективність для вирішення задачі розпізнавання агентом невідомого навколишнього середовища. Незважаючи на це, процедура розпізнавання

має певні недоліки, усунення яких потребує проведення додаткових досліджень.

Зокрема, виходячи з цієї процедури, агент спроможний розпізнати стіну, якщо має можливість проаналізувати хоча б дві послідовно розташовані точки, що їй належать. Водночас в реальних обставинах у нього такої можливості може не бути. Наприклад, на рис. 11 показано випадки (фрагменти мапи, обведені колами), коли агент, використовуючи запропоновану процедуру розпізнавання, ніколи не зможе завершити формування

семантичної мапи такого приміщення, оскільки (де б він не знаходився) в нього завжди буде не вистачати необхідної інформації для завершення процесу розпізнавання.

Крім того, процес розпізнавання отворів у приміщеннях, що засновується на методах розпізнавання кутів приміщення, теж може давати похибки. Наприклад (рис. 12), агент, користуючись пра-

вилами прийняття рішень, викладеними в п. 5 статті, не зможе коректно визначити кут Q , оскільки ця ситуація (коли точки перетинів належать прямим, що *перпендикулярні* одна одній) відповідає п. 2.2.1 правил, за яким має бути $AQ > AQ_1$, $AQ < AQ_2$, водночас як за фактом: $AQ < AQ_1$, $AQ < AQ_2$.

Отже, запропоновані методи потребують відповідних удосконалень.

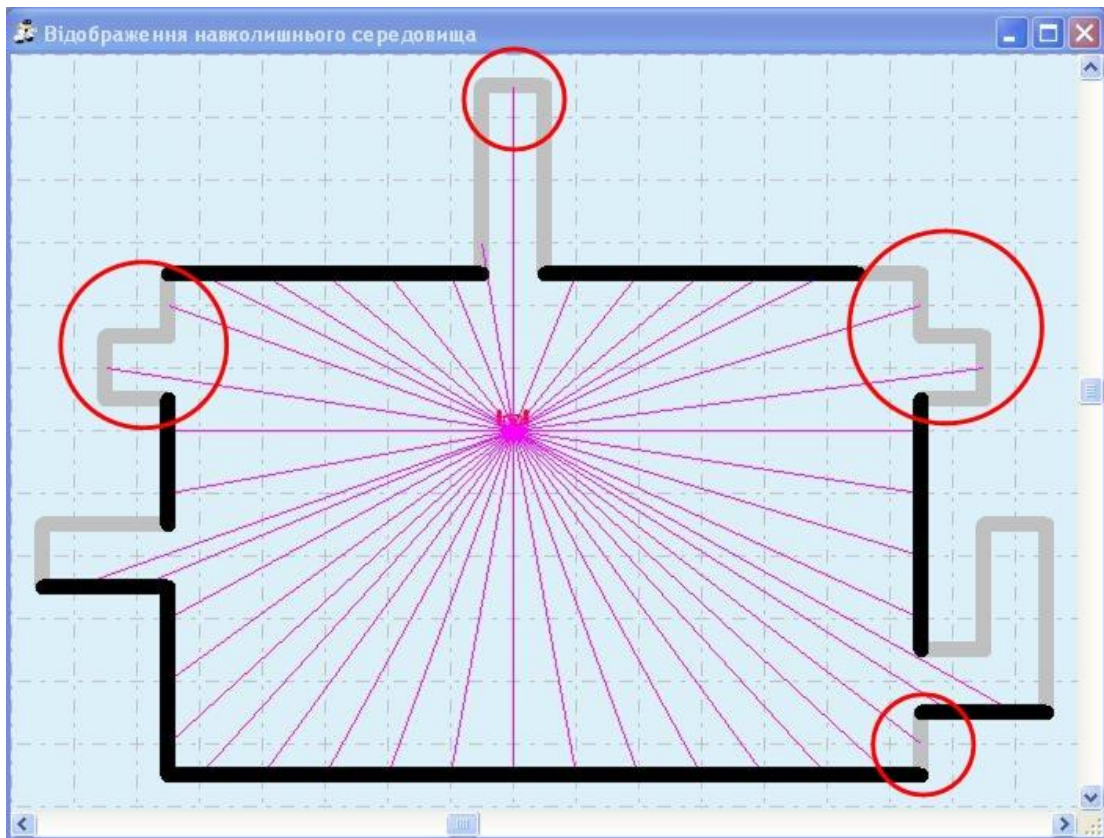


Рис. 11. Приклади відсутності інформації, необхідної для успішного розпізнавання

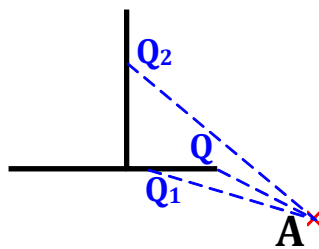


Рис. 12. Фрагмент схеми розпізнавання кута агентом, розташованим у точці А

Література

1. Яловець А.Л. До постановки задачі розпізнавання невідомого оточуючого середовища, навігації та планування шляхів агента в ньому. *Проблеми програмування*. 2018. № 1. С. 113–127.
2. Nüchter A., Hertzberg J. Towards semantic maps for mobile robots. *Robotics and Autonomous Systems*. 2008. Vol. 56, N 11. P. 915–926.

References

1. Yalovets A.L. Statement of problem of unknown environment recognizing, navigating and path planning by agent. *Problems in programming*. 2018. N 1. P. 113–127 (in Ukrainian).
2. Nüchter A., Hertzberg J. Towards semantic maps for mobile robots. *Robotics and Autonomous Systems*. 2008. Vol. 56, N 11. P. 915–926.

Про автора:

Яловець Андрій Леонідович,
доктор технічних наук,
заступник директора інституту.
Кількість наукових публікацій в
українських виданнях – понад 100.
Кількість наукових публікацій в
зарубіжних виданнях – 10.
<http://orcid.org/0000-0001-6542-3483>.

Місце роботи автора:

Інститут програмних систем
НАН України.
03187, Київ-187,
проспект Академіка Глушкова, 40.

Тел.: (044) 526 15 38.
E-mail: yal@isofts.kiev.ua

Одержано 11.02.2019