

## ФОРМАЛЬНИЙ ОПИС ПРОСТОРУ ПОШУКУ ПРИ СИНТЕЗІ РІШЕНЬ

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору  
НАН України

*Розглянуто питання формального опису простору пошуку при синтезі рішень в топологічному просторі. Досліджені математичні засади синтезу рішень як ланцюжків. Для опису процесів в просторі спостережень запропоновано використати формальні граматики, за якими функціонує цифровий автомат синтезу рішень в сформованому просторі рішень для об'єкта управління*

### Вступ

Управління зближенням однієї системи (пошукової) з іншою системою (об'єктом пошуку) за умов неповної апріорної інформації відноситься до задач пошуку. При цьому розуміється, що метою пошуку є виявлення об'єкту пошуку (ОП) як задовільнення певних термінальних умов.

Методи теорії пошуку [1] можуть бути застосовані при дослідженні проблеми пошуку рухомих об'єктів (РО) в ортонормованому базисі евклідового простору.

Разом з тим при створенні сучасних автоматизованих засобів і систем управління виходять з двох наукових напрямків: теорії перетворення інформації і теорії побудови різного роду перетворювачів інформації.

Перший напрям включає загальну теорію алгоритмів, абстрактну теорію автоматів. У ньому розглядаються загальні питання формалізації процесів обробки інформації, а саме деякі підходи щодо формального опису множини положень (станів) об'єктів, які утворюють деяку кінцеву область в просторі пошуку.

Другий напрям включає елементи математичної логіки, абстрактну та структурну теорію автоматів. В ньому розглядаються принципи і методи побудови автоматів, які реалізують алгоритми обробки інформації, отримані на етапі їх абстрактного синтезу.

### Актуальність

Умовно всі роботи з вирішення задач пошуку поділяються на три групи: дискретний пошук, безперервний пошук, ігрові задачі пошуку.

Методи дискретного пошуку використовуються стосовно об'єктів з кінцевою або рахунковою множиною станів.

Безперервний пошук має місце щодо об'єктів множина положень (станів) яких утворює деяку кінцеву або нескінчену область на площині або в просторі пошуку.

Дискретний та безперервний пошук здійснюється щодо об'єктів, які не протидіють пошуковій системі.

Методи вирішення ігрових задач пошуку використовуються щодо об'єктів, які протидіють пошуковій системі.

Принциповою відмінністю задач пошуку та переслідування є те, що при їх вирішенні використовується поточна інформація. Якщо така інформація надходить в дискретні моменти часу з великими інтервалами, синтез алгоритмів переслідування може здійснюватись з використанням методів теорії дискретного пошуку.

В такому разі значний інтерес являє застосування теоретико-автоматних методів при створенні систем синтезу та прийняття рішень, що є новітнім для вирішення задач пошуку та переслідування і не потребує складних обчислювальних процедур численного рішення систем диференціальних і трансцендентних рівнянь.

Тобто синтез оптимального рішення при розв'язанні задач пошуку та переслідування у вигляді ланцюжка дій здійснюється з використанням інформаційних

множин опису стану об'єкта управління та простору пошуку в умовах повної чи неповної інформації.

### **Мета**

Вирішення задач пошуку та переслідування в просторі пошуку та просторі станів є актуальними задачами штучного інтелекту.

Важливим питанням при рішенні задач пошуку та переслідування є розробка та дослідження новітніх підходів до синтезу рішень для автоматичних та автоматизованих (ергачичних) систем управління в фізичному та віртуальному (кібернетичному) просторі.

Застосування теоретико-автоматних методів при вирішенні задач пошуку та переслідування дозволяє перейти від ігрових до мінімально-перебірних процедур синтезу рішень, як багатокрокових процесів, а система обмежень може бути доповнена вилученнями з простору пошуку, які не можуть бути визначені в явному вигляді, як аналітичне рішення [1].

В такому разі простір пошуку перетворюється в простір рішень або простір гарантованих рішень, в якому рішення задачі пошуку або переслідування існує та збігається незалежно від кількості та взаємного розміщення ОП. Слід зауважити, що в такому разі система обмежень буде врахована в просторі рішень, а час вирішення задачі пошуку або переслідування практично не залежить від кількості ОП.

Таким чином, метою є дослідження способу опису простору рішення, як підпростору простору пошуку, а також застосування теоретико-автоматних методів при синтезі рішень в задачах пошуку та переслідування в вигляді ланцюжків часткових рішень.

Збіжність та стійкість синтезованих таким чином рішень забезпечується за умови попереднього формування множини простору пошуку, який враховує множини керованих та напівкерованих станів об'єкту управління (ОУ).

### **Постановка задач**

В задачах пошуку та переслідування використовується поточна інформація, яка надходить в дискретні моменти часу. В такому разі при синтезі рішень необхідно визначити інформаційний образ простору рішень, в якому ОУ може вирішувати задачі пошуку та переслідування з довільною кількістю ОП. Оновлення інформації щодо всіх ОП здійснюється з дискретними інтервалами часу. Таким чином, простір рішень буде перетворюватись в дискретні моменти часу, а синтезовані рішення, які за своєю сутністю можуть здійснюватись як комбіновані управління ОУ, є засобом переведення ОУ з однієї точки простору рішень в іншу до досягнення цільової точки переміщення. Тобто стратегія управління ОУ складається з окремих рішень, здійснення яких в певній послідовності призводить до переміщення ОУ з початкової точки реалізації стратегії управління ОУ в точку ціледосягання.

Для формування простору рішень, як не пустої підмножини простору пошуку, застосуємо теоретико-автоматні методи синтезу стратегій для прийняття рішень щодо управління ОУ. В такому разі можна використовувати поняття цифрового автомата, яким буде об'єкт (пристрій, алгоритм, програма, тощо), призначений для перетворення похідної інформації в інформацію (ланцюжок дій), які призводять до переміщення ОУ з початкової в кінцеву точку простору рішень.

Використання цифрових автоматів як об'єктів (алгоритмів) систем пошуку та переслідування приймемо за основу для подальших міркувань.

Результати досліджень дозволяють сформулювати загальний підхід до вирішення задач пошуку та переслідування як в фізичному, так і в кібернетичному просторі.

### **Розв'язання задач**

Надалі будемо мати на увазі, що використовується евклідова зв'язана система координат, центр якої розміщено в точковому об'єкті, а вісь ординат співпадає з будівельною віссю ОУ.

Взагалі площина пошуку має деяку систему обмежень. Наприклад, для двомірного евклідового простору простір (площина) пошуку має вигляд, наведений на Рисунку. При формуванні простору рішень за важливе маємо визначення приналежності точки (цільової точки, ОП) простору пошуку.

Розглянемо спосіб визначення приналежності точки простору пошуку для наведеного прикладу та визначимо загальний вигляд предиката приналежності точки простору пошуку на прикладі двомірного евклідового простору.

Маємо дві ламані лінії  $L_1L_2L_3L_4$  та  $R_1R_2R_3R_4$ .

З'єднаємо точку  $L_1$  з  $R_1$  та  $L_4$  та  $R_4$ . Отримаємо багатокутник  $L_1L_2L_3L_4R_4R_3R_2R_1$ , який обмежує частину площини пошуку. Назвемо обмежену багатокутником частину площини пошуку простором спостереження Q.

Сформулюємо правило приналежності будь-якої точки площини пошуку простору спостереження.

З'єднаємо довільно обрані по відношенню до площини пошуку внутрішню точку  $A_1$  та зовнішню  $A_2$  з вершинами багатокутника  $L_1L_2L_3L_4R_4R_3R_2R_1$ .

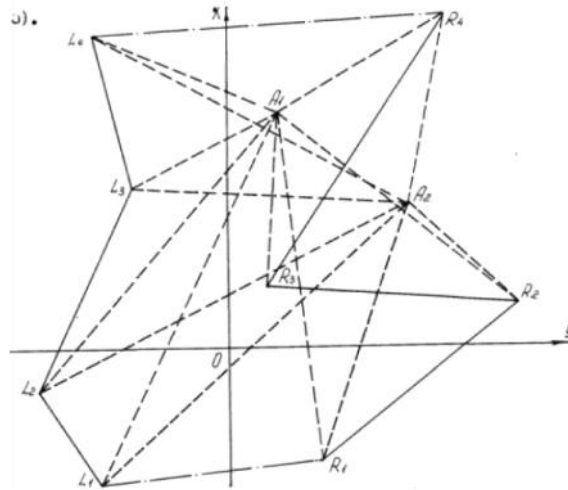


Рис. 1. Обмеження площини пошуку

Для точки  $A_1$  маємо:

$$\angle L_1A_1L_2 + \angle L_2A_1L_3 + \angle L_3A_1L_4 + \angle L_4A_1R_1 + \angle R_1A_1R_2 + \angle R_2A_1R_3 + \angle R_3A_1R_4 + \angle R_4A_1L_1 = 2\pi \quad (1)$$

Для точки  $A_2$  маємо:

$$\angle L_1A_2L_2 + \angle L_2A_2L_3 + \angle L_3A_2L_4 + \angle L_4A_2R_1 + \angle R_1A_2R_2 + \angle R_2A_2R_3 + \angle R_3A_2R_4 + \angle R_4A_2L_1 = 0 \quad (2)$$

Виходячи з співвідношень (1) та (2), визначимо предикат приналежності точки простору спостереження в вигляді

$$\begin{cases} \theta_j = 0, \forall \sum_{i=1}^m \zeta_j^i = 0 \\ \theta_j = 1, \forall \sum_{i=1}^m \zeta_j^i = 2\pi \end{cases} \quad (3)$$

де  $\theta_j$  - значення, яке приймає предикат приналежності точки  $A_j$  простору спостереження Q за умови обмеження зазначеного простору m-кутником;  $\zeta_j^i$  - кут повороту вектору-вказівника при його пере-

міщенні від початку в кінець j-ї границі простору спостереження Q по часовій стрілці.

В загальному вигляді границя простору спостереження Q задається неявною

функцією  $\Gamma_{\text{гр}}(Q) = 0$ , яка є безперервною та неопуклою.

Співвідношення (3) є загальним для довільного багатомірного евклідового простору.

Надалі для ОП, які належать простору спостережень, визначимо спосіб формування простору рішень, як підпростору простору спостережень.

Введемо для  $i$ -го ОП співвідношення, яке описує його властивості

$$F^i(f_x^i, f_c^i, d^i), \quad (4)$$

де  $f_x^i$  - згладжені координати  $i$ -го ОП в просторі спостереження  $Q$ ,  $f_c^i$  - згладжені значення вектору швидкості (першої похідної)  $i$ -го ОП в просторі спостереження  $Q$ ,  $d^i$  - припустиме значення дистанції зближення ОУ з  $i$ -м ОП в просторі спостереження  $Q$ .

Слід зауважити, що в співвідношенні (4) значення  $d^i$  визначається вимогами безпеки взаємодії об'єктів в просторі спостереження  $Q$  та невизначеністю переміщення ОП.

В загальному вигляді для  $i$ -го ОП значення  $d^i$  може бути визначено як

$$d^i = d_{\text{зад}}^i + \Delta d^i, \quad (5)$$

де  $d_{\text{зад}}^i$  - припустиме значення зближення ОУ з  $i$ -м ОП,  $\Delta d^i$  - невизначеність, яка враховує динамічність  $i$ -го ОП.

В загальному вигляді значення  $\Delta d^i$  для  $k$  - мірного простору визначається співвідношенням

$$\Delta d^i = \sqrt{\sum_{j=1}^k (\dot{x}_j^i)^2 \frac{\Delta t^2}{2}}, \quad (6)$$

де  $\dot{x}_j^i$  - друга похідна відповідної координати  $j$  вектору швидкості  $f_c^i$   $i$ -го ОП,  $\Delta t$  - інтервал вимірювання.

З метою врахування невизначеності для різних за фізичною сутністю просторів пошуку (фізичний, віртуальний, тощо) доцільним є врахування невизначеності у вигляді

$$\Delta x_i^j = \frac{p}{2m \Delta \dot{x}_i^j}, \quad (7)$$

де  $\dot{x}_j^i$  - перша похідна відповідної координати  $j$  вектору швидкості  $f_c^i$   $i$ -го ОП,  $\Delta x_i^j$  - відповідна координата  $j$  вектору  $f_x^i$   $i$ -го ОП,  $m$  - маса  $i$ -го ОП,  $p$  - коефіцієнт, який визначається сутністю простору пошуку та  $i$ -го ОП.

Таким чином, співвідношення (5) - (7) дозволяють визначити вектор  $f_x^i$  для  $i$ -го ОП.

Слід зазначити, що в квантовій механіці за ознакою невизначеності Гейзенберга  $p = \frac{\hbar}{\lambda}$ , де  $\hbar$  - стала Планка.

Визначимо узагальнений формальний опис простору рішень.

Для  $i$ -го ОП визнається базис, для якого задано співвідношення (4) у вигляді

$$B^i = (X^i, Y^i, A^i), \quad (8)$$

де  $X^i$  - потенційні місця знаходження  $i$ -го ОП, множина  $Y^i$  визначаються характеристиками переміщення  $i$ -го ОП в просторі керуємих і напівкеруємих станів у відповідності з припущенням  $A^i$ , яке враховує прогноз і динаміку переміщення  $i$ -го ОП.

Враховуючи співвідношення (8), узагальнену модель  $i$ -го ОП можна задати співвідношенням

$$M^i = (B^i, F^i, \Gamma_{\text{пр}}^i), \quad (9)$$

де  $\Gamma_{\text{пр}}^i$  - граматики та правила утворення співвідношень при взаємодії ОУ та  $i$ -го ОП.

Тобто в загальному випадку можна за співвідношенням (9) ввести поняття мови для формального опису процесів, пов'язаних з вирішенням задачі пошуку та переслідування.

В загальному випадку мова є нескінченною множиною, а нескінченні об'єкти важко задати, наприклад, простим перерахуванням елементів [3, 4]. Будь-який кінцевий механізм задавання мови є граматиною. В виразі (9) це  $\Gamma_{\text{пр}}^i$ .

Формальна мова є безліччю ланцюжків в деякому кінцевому алфавіті. За моделлю (9) кінцевим алфавітом є співвідношення (4).

Для завдання опису формальної мови використовується алфавіт  $F^i$ , в якому сукупністю об'єктів, що називаються символами є множини  $(f_x^i, f_c^i, d^i)$ , кожен з яких можна відтворювати в необмеженій кількості екземплярів. В такому разі для  $i$ -го ОП можна задати формальна граматику мови, тобто правила  $P^i$ , за якими з символів будуються їх послідовності, які належать визначеній мові. За правилами  $P^i$  утворюються так звані правильні ланцюжки. Такими ланцюжками є описані в термінах мови рішення, як алгоритми для цифрового автомату [5, 6].

Правила формальної граматики  $P^i$  можна розглядати як продукції (правила виведення), тобто елементарні операції.

В такому разі граматику  $\Gamma_{\text{пр}}^i$  визначимо як граматику загального виду  $\Gamma_{\text{пр}}^i = (F^i, T^i, P^i, C^i \subset Q)$ , (10) де  $F^i$  - множина нетермінальних позицій,  $T^i$  - множина термінальних (кінцевих) позицій,  $P^i$  - кінцева множина правил (продукцій), яка вміщує хоча б одну нетермінальну позицію,  $C^i$  - початкова нетермінальна позиція  $i$ -го ОП.

Множина термінальних позицій має належати простору пошуку, тобто

$$T^i \cap Q \neq \emptyset \quad (11)$$

Таким чином, згідно (10)  $\Gamma_{\text{пр}}^i$  регламентує індивідуальну стратегію поведінки (переміщення)  $i$ -го ОП, виходячи, наприклад, з вимог політики безпеки (для інформаційно-телекомунікаційних систем), нормативних документів (на транспорті), цілі переміщення в просторі спостереження, тощо.

Для множини початкових нетермінальних позицій  $i$ -го ОП обов'язковою є вимога приналежності його цілі переміщення  $C^i$  простору спостережень  $Q$ , тобто  $C^i \subset Q$ .

При вирішенні задач пошуку та переслідування слід враховувати модель ОУ  $M^0 = \langle B^0, F^0, \Gamma_{\text{пр}}^0 \rangle$ , (12)

де базис ОУ

$$B^0 = (X^0, Y^0, A^0), \quad (13)$$

$$F^0(f_x^0, f_c^0, d^0), \quad (14)$$

а також співвідношення (11).

Слід зазначити, що співвідношення (14) для ОУ є аналогічним співвідношенням (4) для  $i$ -го ОП. Координати  $f_x^{0i}$  зв'язані з центром мас, а сама система координат є зв'язаною з ОУ. Тобто вісь ординат зв'язаної системи координат ОУ співпадає з будівельною віссю ОУ в широкому сенсі, що дозволяє зробити узагальнення щодо фізичних і кібернетичних об'єктів в фізичному та віртуальному просторі пошуку та переслідування. Вектор швидкості  $f_c^0$  має мірність простору спостереження, а його елементами є значення згладжені координати вектору швидкості (першої похідної) в ОУ в просторі спостереження  $Q$ . Значення  $d^i$  відображає припустиму значення дистанції зближення ОУ з  $i$ -м ОП в просторі спостереження  $Q$ .

В співвідношенні (13) множина  $X^0$  вироджена в одну точку внаслідок того, що система координат, яка використовується для пошуку та переслідування, є зв'язаною з ОУ. Множина  $Y^0$  визначається характеристиками переміщення ОУ в просторі керуємих і напівкеруємих станів у відповідності з припущенням  $A^0$  та враховує динамічні можливості ОУ.

Значення  $d^0$  визначається людиною-оператором чи ергаматом з огляду на вимоги безпеки, нормативних та керівних документів або експертними знаннями.

В такому сенсі ОУ є керованою ергатичною системою в просторі пошуку  $Q$ .

Граматику  $\Gamma_{\text{пр}}^0$  з співвідношення (12) визначимо для ОУ як регулярну.

$$\Gamma_{\text{пр}}^0 = (F^0, T^0, P^0, C^0 \subset Q), \quad (15)$$

де  $F^0$  - множина нетермінальних позицій,  $T^0$  - множина термінальних (кінцевих) позицій,  $P^0$  - кінцева множина правил (продукцій), яка вміщує хоча б одну нетермінальну позицію,  $C^0$  - початкова нетермінальна позиція ОУ.



Тоді для переміщення ОУ в базисі, визначеному співвідношенням (13), можна задати  $n$  ланцюжків  $U_{jk}^0$ , які характеризуються переміщенням відображаємої точки ОУ в просторі спостереження  $Q$ , де координати точки, в яку переміщується ОУ  $X_{jk}^0 \in Q$ , а  $Y_{jk}^0$ , є обраними значеннями характеристик переміщення які визначаються динамічними та фізичними обмеженнями щодо можливих управлінь ОУ.

Тобто

$$\begin{cases} Y_{jk}^0 \subset Y_{j_0}^0 \\ f_{c_{jk}}^0 \subset Y_j^0 \\ f_{x_{jk}}^0 \subset X_j^0 \end{cases} \quad (16)$$

для кожного  $j$ -го ланцюжка  $k$ -го рішення.

Таким чином, система (16) визначає приналежність характеристик ОУ множині припустимих при вирішенні задачі пошуку та переслідування ОУ для всіх ОП.

Стратегія переміщення ОУ в просторі пошуку є конкатенацією ланцюжків переміщення, кількість яких обумовлена динамічними характеристиками ОУ, обмеженнями простору пошуку, динамічними характеристиками всіх ОП, обмеженнями політики безпеки для інформаційних об'єктів та суб'єктів, а також іншими вимогами, які є обов'язковими для всіх об'єктів в просторі пошуку.

Слід зазначити, що формальна граMATика  $\Gamma_{пр}^0$  з співвідношення (15) є продовжуючою і використовується для побудови "правильних" ланцюжків. При цьому послідовність правил  $P^0$  в процесі породження ланцюжка  $U_{jk}^0$  є його виводом.

Тобто

$$U_j^0 = \bigcup_{k=1}^n U_{jk}^0. \quad (17)$$

Критерій відбору при розрахунку і конкатенації ланцюжків  $U_{jk}^0$  за співвідношенням (17) може входити до правил  $P^0$  ОУ.

Граматики (10) та (15) за Хомським [4] відносяться до третього типу і є автоматними. Кінцевий автомат (алгоритм), побудований за такою граMATикою, має кінцеве число станів. Тобто мова зазначе-

них граMATик є регулярною, а синтезований за ними цифровий автомат має бути кінцевим автоматом.

Таким чином, виходячи з можливостей граMATик (10) і (15), можна запропонувати узагальнені автоматні моделі побудови ланцюжків при синтезі стратегій керування для прийняття рішень в разі довільної поведінки всіх ОП.

Розглянемо процес синтезу стратегій поведінки щодо ціледосягаючого керування ОУ в просторі пошуку  $Q$ .

Слід зазначити, що основні об'єкти моделі  $M^0$  є базовими елементами непустої множини  $B^0$ , які можна визначити як алфавіт.

Ланцюжки  $U_{jk}^0$  будемо вважати орієнтованими зліва направо. Довжиною ланцюжка буде кількість базових елементів множини  $B^0$ , які входять в цей ланцюжок.

Нехай

$$B^0 = \{b_1^0, \dots, b_r^0\}, \quad (18)$$

де  $b_i^0$  -  $i$ -та підмножина алфавіту, яка не є пустою.

Позначимо ланцюжок

$$V_{jk}^0 = U_{jk}^0 \circ U_{jk+1}^0, \quad (19)$$

де  $\circ$  - операція конкатенації символів (базової складової мови).

Тоді, виходячи з співвідношень (18) та (19), для операції конкатенації (об'єднання ланцюжків) будуть справедливими властивості замкненості

$$\circ : (U_o^0)^* * (U_o^0)^* \rightarrow (U_j^0)^*, \quad (20)$$

та асоціативності

$$\left[ \left[ \forall U_{jk}^0 \subset (U_j^0)^*, U_{jk+1}^0 \subset (U_j^0)^*, U_{jk}^0 \subset (U_j^0)^* \right] \left[ (U_{jk}^0 \circ U_{jk+1}^0) \circ U_j^0 = U_{jk}^0 \circ (U_{jk+1}^0 \circ U_j^0) \right] \right], \quad (21)$$

де  $(U_j^0)^*$  - множина усіх можливих ланцюжків, складених з кінцевої множини базових елементів  $U_{jk}^0$ , які включають пустий ланцюжок  $\varepsilon$ .

Тоді з урахуванням (20) та (21) можна зазначити, що множина  $V_{jk}^0$  є формальною мовою, яка визначена на алфавіті  $B^0$ .

Зазначимо, що мову  $V_j^0$  засновано на обмеженнях, які накладаються на систему напіввідношень (продукції)  $T_{ue}$  [3]. Тобто граматики  $\Gamma_{np}^0$  визначена як механізм породження ланцюжків  $U_{jk}^0$ .

Визначення формальної граматики  $\Gamma_{np}^0$  вимагає наявності ще одного алфавіта  $V^0 = \bigcup_{m=1}^N V_m^0$ , (22)

який за своєю сутністю є алфавітом опису простору рішень для ОУ, що обумовлює зручність алфавітного способу завдання інформації для ОУ.

З точки зору об'єкту, який сприймає інформацію, інформація є дискретною і алфавітною, а алфавітний спосіб надання (завдання) інформації в технічній або ергатичній системі за співвідношенням (22) можна вважати універсальним.

В такому разі ОУ (технічна або ергатична система) виконує функції перетворення інформації.

Виходячи з наведених міркувань, припустимо, що є деяке явище  $\alpha_j$  з деякого класу явищ  $U_j^0$  (17), яке призводить до появи деякого визначеного явища  $\beta_j$  з класу явищ  $U_j^0$ . В такому разі маємо справу з перетворенням інформації  $\alpha_j \rightarrow \beta_j = \varphi_j(U_j^0)$ . (23)

З абстрактної точки зору згідно (23) можна здійснити відображення  $\varphi_j(U_j^0)$  явища  $\alpha_j$  в явище  $\beta_j$  певним об'єктом (ОУ), який є перетворювачем інформації.

Перетворення  $\varphi_j$  є детермінованим та однозначним. В цьому разі вихідна інформація повністю визначає похідну. Наприклад, формування ознаки приналежності (3). При цьому еквівалентність перетворення  $\varphi_j$  не є обов'язковою і  $\varphi_j \subset \emptyset$ .

Тим самим синтез ланцюжків  $U_j^0$  є перетворенням похідної інформації з використанням двійкового кодування.

В такому разі синтез ланцюжків  $V_j^0$  є результатом функціонування детерміно-

ваного кінцевого автомату, який в загальному вигляді є п'ятіркою  $V^0 = (B^0, S^0, U^0, F^0, C^0 \subset Q)$ , (24)

де  $B^0$  - базис, в якому описано стан ОУ (алфавіт),  $S^0$  - алфавіт стану автомату,  $U^0$  - функція переходів для ОУ,  $F^0$  - початковий стан автомату,  $C^0 \subset Q$  - множина кінцевих станів автомату.

Функція переходів  $U^0$  в співвідношенні (24) є множиною кінцевих точок станів кінцевого автомату, яким є ОУ при його переміщенні в просторі пошуку  $Q$ .

Розглянемо формальний підхід щодо формування алфавіту стану ОУ.

Попередньо при вирішенні задачі пошуку та переслідування було сформовано простір пошуку  $Q$ , в якому згідно (3) ОУ згідно (3) мають ознаку приналежності  $\Theta_0$ .

Визначимо алфавіт  $S^0$  у вигляді  $S^0 = Q \cap (U_{N,\psi^0} S^i(B^0, B^i, F^0, F^i, t))$ , (25) де  $t$  - час,  $N$  - кількість ОП,  $\psi^0$  - припустимі для ОУ напрямки переміщення в просторі спостереження  $Q$ .

Фактично  $S^i(B^0, B^i, F^0, F^i, t)$  в співвідношенні (25) є автоматним відображенням підмножини станів  $i$ -го ОП на множину  $Q$ , а  $S^0$  є множиною автоматного відображення, яке задовольняє умовам повноти для ОУ.

Множина  $\psi^0$  визначає просторове автоматне відображення  $S^i$  в множину  $Q$ , включаючи пусті відображення  $\varepsilon$ .

Синтез ланцюжків для ОУ здійснюється в просторі  $S^0$ , який фактично є простором рішень. Синтезовані ланцюжки можуть бути побудовані тільки в просторі гарантованого існування реалізуємих управлень ОУ при вирішенні задачі ціледосяжності  $C^0 \subset Q$ .

При врахуванні  $\Gamma_{np}^0$  ланцюжки  $V_j^0$  визначаються за будь-яким методом пошуку (евристичним або з використанням нейронних мереж) за певним критерієм відбору та правилом зупинки.

Тим самим, задача синтезу ланцюжків перестає бути ігровою, а пошук відображення похідного алфавіту стає мінімально-переборною процедурою в просторі рішень  $S^0$  для ОУ.

При відображенні ланцюжків рішень для людини-оператора в технічній ергатичній системі реалізовується гарантоване керування ОУ за умови первинного аналізу мовних конструкцій похідного алфавіту. Тобто лексичний та семантичний аналіз мовних структур дозволяє визначити множину керованих станів ОУ.

### **Висновки**

Застосування теоретико-автоматних методів при вирішенні задач пошуку дозволяє перейти від ігрових до мінімально-перебірних процедур синтезу рішень, як багатокрокових процесів, а система обмежень може бути доповнена вилученнями з простору пошуку, які не можуть бути визначені в явному вигляді, як аналітичні рішення.

В такому разі простір пошуку перетворюється в простір рішень, в якому враховується система обмежень та властивості переміщення всіх об'єктів пошуку. Для спрощення процедури пошуку та переслідування синтез рішення має здійснюватись з врахуванням особливостей ОУ.

Задача пошуку та переслідування, оцінювання ситуації та синтезу стратегій ціледосягнення в просторі пошуку за своєю сутністю є задачею перетворення вхідної інформації в вихідну для автоматизованої чи автоматичної системи синтезу та прийняття рішень.

При вирішенні задачі пошуку та переслідування для об'єкта управління синтезується інформаційний клас (образ) у вигляді ланцюжків рішень, який є похідним щодо параметрів переміщення та властивостей об'єктів пошуку, які розпізнаються і аналізуються системою прийняття рішень.

За теоремою Кліні граматики об'єкту управління регламентує індивідуальну стратегію вирішення задачі пошуку та пе-

реслідування, виходячи, наприклад, з вимог політики безпеки (для інформаційно-телекомунікаційних систем), нормативних документів (на транспорті), цілі переміщення в просторі спостереження, тощо.

Отримані результати можуть бути використані при розробці алгоритмів пошуку та переслідування в фізичному та кібернетичному просторі, а також при створенні систем запобігання конфліктів на транспорті та в системах захисту об'єктів інформаційної діяльності.

### **Список літератури**

1. Ким Д.П. Методы поиска и преследования подвижных объектов / Д.П.Ким - М. : Наука. 1989. - 336с.
2. Семко В.В. Модель конфлікту взаємодії об'єктів кібернетичного простору //Проблеми управління та інформатизації: зб. наук. пр. - К.: НАУ, 2012. - №2(38). - С.88-92.
3. Гладкий А. В. Формальные грамматики и языки / А. В. Гладкий. - М. : Наука. 1973. - 368 с.
4. Душкин Р.В. Функциональное программирование на языке Haskell / Р. В. Душкин - М.: ДМК Пресс. 2007. - 608с.
5. Глушков В.М. Логическое проектирование дискретных устройств / В. М. Глушков, Ю. В. Капитонова, А. Т. Мищенко - К.: Наук. думка. 1987. - 264 с.
6. Глушков В. М. Синтез цифровых автоматов / В. М. Глушков - М. : Физматгиз. 1962. - 476 с.