

УДК 681.5(042.3)

Семко В. В., канд. техн. наук (Тел.: +380 50 330 26 30. E-mail: semko_viktor@mail.ru)
(Державний університет телекомунікацій, м. Київ)

ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ КОНФЛІКТУ ЗА МЕТОДОМ ІНТЕГРАЛЬНОГО УСІКАННЯ ВАРІАНТІВ

Семко В. В. Вирішення задачі конфлікту за методом інтегрального усікання варіантів. Запропоновано та досліджено алгоритми розрахунку простору рішення, простору реалізації комбінованого управління об'єктом управління та синтезу ланцюжків стратегії рішення задачі конфлікту взаємодії об'єкту управління з відкритою множиною об'єктів спостереження з невизначеною поведінкою за методом інтегрального усікання варіантів. В результаті імітаційного експерименту розглянуто процес синтезу ланцюжків управління об'єктом управління за методом інтегрального усікання варіантів при рішення задачі конфлікту в «малому».

Ключові слова: простір спостереження та пошуку, простір рішень, об'єкт спостереження, об'єкт управління, модель, рішення конфлікту, відкрита множина, обмеження простору спостереження

Семко В. В. Решение задачи конфликта по методу інтегрального усечення варіантів. Предложены и исследованы алгоритмы расчета пространства решения, пространства реализации комбинированного управления объектом управления и синтеза цепочек стратегии решения задачи конфликта взаимодействия объекта управления с открытым множеством объектов наблюдения с неопределенным поведением по методу интегрального усечення вариантов. В результате имитационного эксперимента рассмотрен процесс синтеза цепочек управления объектом управления по методу интегрального усечення вариантов при решении задачи конфликта в «малом».

Ключевые слова: пространство наблюдения и поиска, пространство решений, объект наблюдения, объект управления, модель, решение конфликта, открытое множество, ограничения пространства наблюдения

Вступ. Існуючі методи розв'язання конфліктів [1...3] мають методичні проблеми, а саме такі, як “прокляття розмірності”, “ефект доміно”, неможливість прийняття гіпотези про випадковий характер процесів, наявність відкритої множини об'єктів спостереження (ОС) в просторі спостереження та пошуку (ПСП), наявність неопуклої та незамкненої системи обмежень простору рішень (ПР) $G_{\text{рiш}}^*$, тощо.

В якості методу рішення конфлікту запропоновано метод інтегрального усікання варіантів [4...7], який методологічно дозволяє знаходити рішення задачі конфлікту в “малому” та в “великому” на множині гарантовано існуючих рішень з використанням мінімально-перебірних процедур.

Для формального опису ПР використовуються моделі [5, 7], які дозволяють врахувати невизначеність поведінки (переміщення) відкритої множини ОС в ПСП, а також визначити інформаційні множини стану ПР задачі конфлікту з врахуванням його неопуклості та незамкненості. В такому разі для об'єкту управління (ОУ), який знаходиться в стані конфлікту, забезпечуються вимоги цілісності та ціледосяжності його поведінки з використанням методів ситуаційного управління.

Постановка задачі. Виходячи з структурної схеми системи інтелектуального управління (СІУ) ОУ [7], синтез стратегій управління при вирішенні конфлікту взаємодії ОУ та ОС в ПСП вміщує два основних етапи: синтез моделі опису ПСП та синтез формального опису простору реалізації комбінованого управління (ПРКУ) ОУ згідно моделі та формального опису стану конфлікту взаємодії ОУ з відкритою множиною ОС [4...7].

В такому разі задача вирішення конфлікту за методом інтегрального усікання варіантів розглядається як варіаційна, а екстремальний елемент за критерієм вибору стратегій рішення є припустимим, незважаючи на можливу стрибкоподібну зміну вектора стану формального середовища опису конфлікту.

Актуальним є синтез алгоритмів розрахунку та формального відображення інформаційної множини ПР, ПРКУ та методу синтезу стратегій оптимального управління в “малому” ОУ за певним критерієм при вирішенні задачі конфлікту взаємодії з відкритою множиною ОС за умов невизначеності їх поведінки та довільної системи обмежень ПСП.

Критерій оптимального управління враховує принципи гомеостатичності функціонування технічної ергатичної системи, якою є ОУ. В такому разі підхід до розв'язання конфлікту за методом інтегрального усікання варіантів, пов'язаний з побудовою мінімізуючої послідовності траєкторій (стратегій, ланцюжків) у ПР, відображає принцип оптимальності при синтезі та виборі стратегії рішення конфлікту.

Метою дослідження є опис алгоритмів розрахунку та формального відображення інформаційної множини ПРКУ, ПР та методу синтезу стратегій вирішення конфлікту при взаємодії ОУ з відкритою множиною ОС в умовах невизначеності та обмежень вирішення довільної задачі синтезу стратегій управління ОУ. При цьому враховуються особливості стану і поведінки суб'єктів та об'єктів конфлікту. Саме ці особливості є визначальними при синтезі та виборі стратегії управління ОУ в ПР при вирішенні конфлікту.

Розв'язання задач. Для опису конфлікту взаємодії ОУ з відкритою множиною ОС в ПСП застосуємо модель, описану в [4].

Виходячи з співвідношень, які є формальним описом стану i -го ОС, визначимо інформаційну множину ПРКУ [6, 7] співвідношенням

$$S = \bigcup_{N, \psi_{дон}} S^i(X^0, Y^0, f_c^0, f_c^i, X^i, Y^i, d^i, A^i, \Delta t), \quad (1)$$

де S^i – множина припустимих значень параметрів, які визначають характеристики переміщення та позицію i -го ОС в ПСП при його переміщенні за напрямком $\psi_{дон}$, який належить множині припустимих напрямків переміщення ОУ за умови дотримання значення припустимої дистанції зближення в ПСП d^i ;

Δt – інтервал часу вимірювань та розрахунків; X^0 – множини потенційно можливого знаходження ОУ; множина Y^0 визначається характеристиками переміщення ОУ;

X^i – множини потенційно можливого знаходження i -го ОС, які визначаються як множини (області) керованих та напівкерованих станів у відповідності з припущенням невизначеності та прогнозу переміщення i -го ОС;

множина Y^i визначається характеристиками переміщення i -го ОС в просторі керованих та напівкерованих станів (ресурси управління щодо зміни динамічних та кінематичних характеристик) у відповідності з припущенням A^i , яке враховує прогноз, невизначеність, динаміку та небезпечність переміщення i -го ОС щодо ОУ для співвідношення F^i в базисі B^i ;

f_c^0 – згладжені значення першої похідної (вектору швидкості зміни координат);

f_c^i – згладжені значення першої похідної (вектору швидкості зміни координат);

d^i – припустиме зближення ОУ з i -м ОС.

Розрахунок ПРКУ за співвідношенням (1) здійснюється за алгоритмом (Рис. 1).

Робота алгоритму розрахунку ПРКУ починається з обчислення відстані до ОС. В разі знаходження ОС в зоні надзвичайного зближення в ПСП на відстані, яка не більша припустимої для зближення ОУ та ОС.

В блоці 2 вирішується задача оцінки місця знаходження ОС та можливості зміни його параметрів



Рис. 1. Схема алгоритму розрахунку ПРКУ

переміщення (напрямку та швидкості). Аналіз та виділення ОС, з якими можливим є стан конфлікту взаємодії при переміщенні в ПСП здійснюється в блоці 3.

Аналіз приналежності ОС до ПР (простір Q) здійснюється в блоці 4. В блоці 5 здійснюється розрахунок параметрів, необхідних для обчислення ПРКУ, а саме діапазону можливих напрямків переміщення ОУ, кроку зміни напрямків переміщення, що аналізуються, діапазону можливих значень швидкості переміщення ОУ, кроку зміни значення швидкості переміщення ОУ. Необхідні розрахунки з використанням алго-ритму побудови ЛС для кожного ОС та розрахунку вихідної множини, яка утворюється при перетині ПРКУ за окремими ОС виконуються в блоці 6. Відображення розрахованої множини ПРКУ здійснюється в блоці 7.

Розглянемо приклад розрахунку ПРКУ в двомірному евклідовому просторі для трьох довільних ОС в двомірному евклідовому ПСП з ортогональним базисом, дані про які наведено в Табл. 1. В прикладі розрахунку ПРКУ для ПСП встановлена незамкнена границя простору (Табл. 2). За правилами замикання отримуємо границю $\Gamma_{cp}(Q)$ простору Q .

Характеристики ОУ, а також дані, необхідні для розрахунку ПРКУ наведені в Табл. 3.

Об'єкти спостереження

Табл. 1

Номер об'єкта	Координати	Вектор істинної швидкості	Вектор відносної швидкості	Припустиме зближення
1	(9.7, -5.6)	(-10.3, 4.8)	(-18.8, 13.3)	2.0
2	(11.7, -3.7)	(-15.0, 0.1)	(-23.5, 8.6)	2.0
3	(5.9, -5.9)	(-9.9, 9.9)	(-18.4, 18.4)	2.0

Обмеження простору спостереження та пошуку

Табл. 2

Вершини лівої границі обмежень		Вершини правої границі обмежень	
№ з/п	Координати	№ з/п	Координати
1	(-14.0, -4.0)	1	(-10.0, 12.0)
2	(14.0, 10.0)	2	(6.0, -2.0)
		3	(14.0, 6.0)

Об'єкт управління

Табл. 3

№ з/п	Показник	Значення
1	Найбільша швидкість ОУ	40 одиниць
2	Час запізнення на прийняття рішення	6 хвилин
3	Радіус зони оцінки ситуації	16 одиниць
4	Напрямок переміщення ОУ	315 градусів
5	Швидкість ОУ	12 одиниць/одиниця часу
6	Координати вектору власної швидкості	(8.5, -8.5)
7	Початок сектору перегляду ситуації (ПРКУ)	215 градусів
8	Кінець сектору перегляду ситуації (ПРКУ)	45 градусів
9	Крок перегляду ПРКУ	5 градусів

Дані, які наведені в Табл. 1...3 відображені на Рис 2. Ламана лінія правої границі обмежень простору Q позначена, як лінія $(R_1R_2R_3R_4R_5R_6)$. Ламана лінія лівої границі обмежень простору Q позначена, як лінія $(L_1L_2L_3L_4L_5L_6L_7)$. За правилом замикання простір Q обмежений відрізками (R_6L_7) та (R_1L_1) . ОС позначені як OC_1 , OC_2 , OC_3 . Відповідні вектори швидкості ОС позначені як \vec{V}_C^1 , \vec{V}_C^2 та \vec{V}_C^3 . Вектор швидкості ОУ позначено як \vec{V}_H .

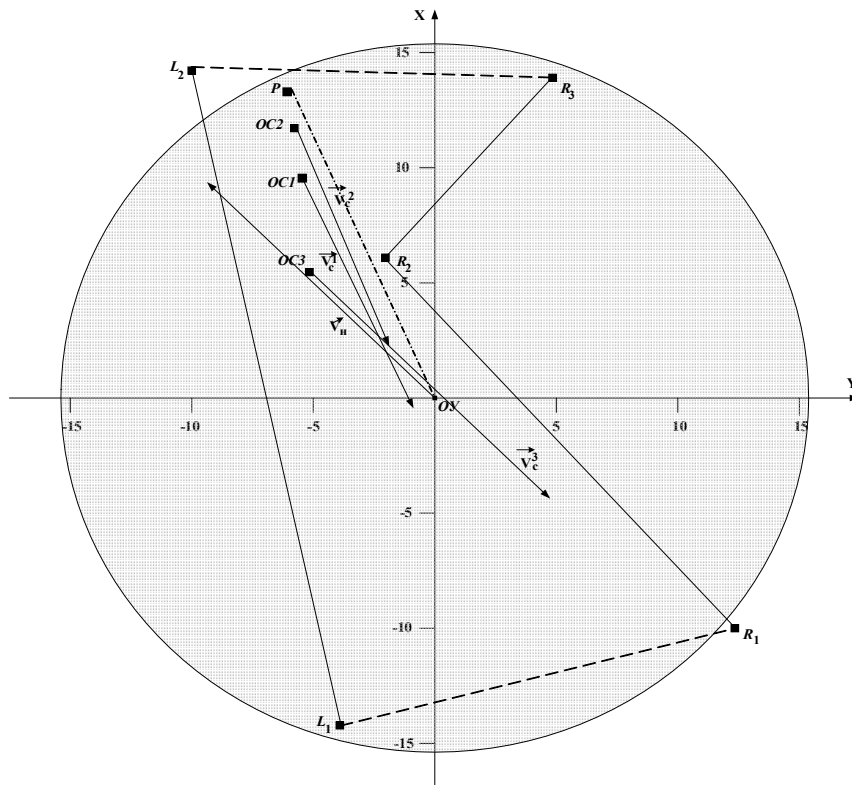


Рис. 2. Простір рішень для прикладу розрахунку ПРКУ

На Рис. 3 наведено відображення результату розрахунку ПРКУ за даними, які наведені в Табл. 1...3. В лівій частині відображені напрямки можливого переміщення ОУ. За кожним напрямком наведені відповідні до напрямку переміщення лінійки швидкостей (ЛШ). Розрахунки здійснені з врахуванням значення часу запізнення на прийняття рішення, який заданий в Табл. 3. Світло-сірим кольором позначені безпечні швидкості переміщення ОУ, а темно-сірим – небезпечні. Таким чином, для ОУ можна вибрати варіант безпечного комбінованого управління при синтезі та виборі рішень.

Синтез стратегій рішень щодо управління ОУ здійснюється за методом інтегрального усікання варіантів [7], алгоритм якого наведено на Рис. 4.

Аналогічно до алгоритму розрахунку ПРКУ цей алгоритм передбачає наявність інформації щодо ОС, ОУ, простору Q , мети

Напрямок переміщення ОУ (градуси)	Швидкість (одиниць година)			
	10	20	30	40
215	***	***	***	***
219	***	***	***	***
224	***	***	***	***
230	***	***	***	***
235	***	***	***	***
240	***	***	***	***
245	***	***	***	***
250	***	***	***	***
255	***	***	***	***
260	***	***	***	***
265	***	***	***	***
270	***	***	***	***
275	***	***	***	***
280	***	***	***	***
285	***	***	***	***
290	***	***	***	***
295	***	***	***	***
300	***	***	***	***
305	***	***	***	***
310	***	***	***	***
315	***	***	***	***
320	***	***	***	***
325	***	***	***	***
330	***	***	***	***
335	***	***	***	***
339	***	***	***	***
345	***	***	***	***
350	***	***	***	***
355	***	***	***	***
5	***	***	***	***
10	***	***	***	***
15	***	***	***	***
20	***	***	***	***
25	***	***	***	***
30	***	***	***	***
35	***	***	***	***
40	***	***	***	***

Рис. 3. Відображення результату розрахунку ПРКУ

переміщення ОУ, границі простору $\Gamma_{sp}(Q)$, значень припустимого зближення ОУ з ОС, тощо. Усі похідні дані мають вводитись модулем приймання та перетворення похідних даних СІУ ОУ [7].

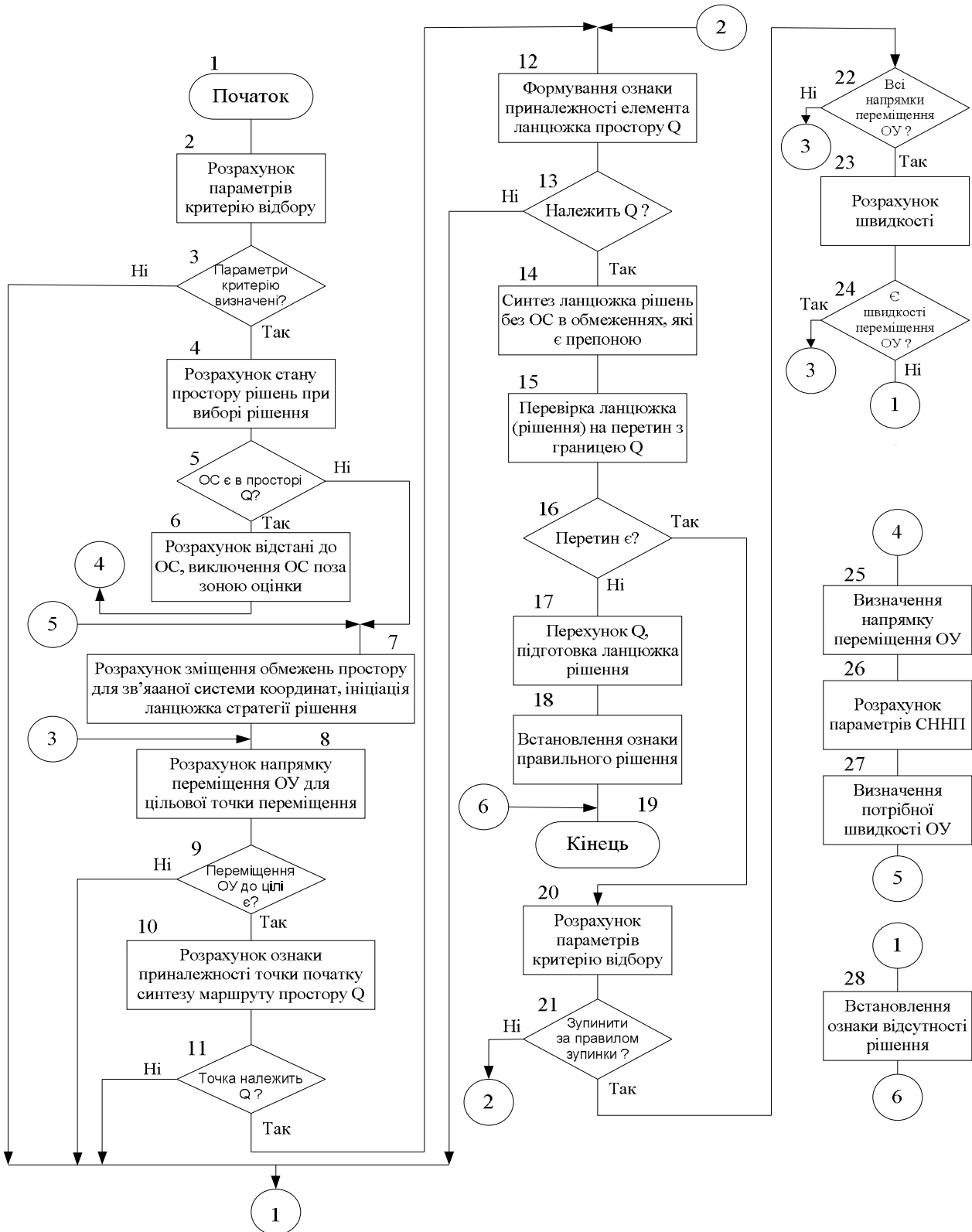


Рис. 4. Схема алгоритму методу інтегрального усікання варіантів та синтезу стратегій рішень

Робота алгоритму методу інтегрального усікання варіантів та синтезу стратегій рішень (Рис. 4) починається з визначення змінних та параметрів (блок 2), які необхідні для

функціонування алгоритму, а також контролю наявних даних, які необхідні для обчислення критерію відбору синтезованих стратегій рішення конфлікту при переміщенні ОУ в цільову точку простору рішень Q згідно згідно критерію Φ

$$\Phi = \sum_{i=1}^k C_i \lambda_i; \quad \lambda_i = \frac{\Delta u_i}{\sup |u_i|}, \quad \forall \lambda_i \in \lambda; \quad \sum_{i=1}^k C_i = 1. \quad (2)$$

Коефіцієнти C_i в співвідношенні (2) визначається для кожного виду конфліктів окремо. λ_i визначає "витрати на управління" параметром або функцією управління u_i .

В такому разі задачу синтезу управління можна сформулювати як конфлікт взаємодії об'єктів в просторі Q

$$K = \langle M, A, S, \Gamma_{np}, G_{piu}, \mu \rangle. \quad (3)$$

Для співвідношення (3) визначимо $A = \bigcup_{i=0}^N A_i$, де N – кількість ОС в просторі Q , а простір G_{piu} визначає геометричне місце точок ПСП, як лінійного евклідового простору, в якому значення параметру взаємного розміщення об'єктів (відстань, напрямок на об'єкт, тощо) не менший за значення співвідношення порівняння d^i для ОУ. Тобто в просторі G_{piu} управління ОУ є гарантованим, реалізуємим, безперевним та ціледосягаючим.

Процедуру синтезу стратегій керування μ на підставі принципу оптимальності χ , який реалізовує вимоги критерію (2) для конфлікту згідно співвідношення (3), можна представити у вигляді:

$$K = \langle M, A, S, \Gamma_{np}, G_{piu}, \mu \rangle; \quad \lambda K = \mu. \quad (4)$$

Вибір оптимальної стратегії μ^* з урахуванням правила зупинки $\Gamma_{зуп}$ для співвідношення (4) формулюється в вигляді:

$$\mu^* = \inf_{\chi, \Gamma_{зуп}} K. \quad (5)$$

Співвідношення (4) і (5) є постановкою задачі конфлікту взаємодії об'єктів в ПСП, який вирішується за методом інтегрального усікання варіантів.

На Рис. 4 наведено схему алгоритму рішення задачі конфлікту взаємодії ОУ з відкритою множиною ОС в умовах невизначеності та обмежень за методом інтегрального усікання варіантів.

Процедура аналізу ознаки визначеності параметрів для обчислення критерію відбору здійснюється в блоці 3. В разі наявності значень параметрів, які необхідні для обчислення значення критерію, управління передається блоку 4. В іншому випадку управління передається блоку 28 для формування ознаки помилки та завершення роботи алгоритму.

Розрахунки, які дозволяють визначити обчислювальну імітаційну модель простору рішень здійснюються в блоці 4. Крім того, слід враховувати зміни в просторі рішень Q , які обумовлені часом затримки, пов'язаним з обчислювальними процедурами та прийняттям рішення (особливо важливо для технічних ергатичних систем). Повторне обчислення значення координат границі $\Gamma_{zp}(Q)$, всіх ОС, цільової точки переміщення ОУ, а також похідні дані траєкторії переміщення ОУ, яка відображає геометричне місце положень ОУ в ПР для стратегії управління, яка обирається згідно синтезованому ланцюжку управління.

Перевірка наявності ОС в просторі рішень здійснюється в блоці 5. При наявності ОС в просторі Q управління передається блоку 6. В іншому випадку управління передається блоку 7.

Після перерозрахунку простору Q в блоці 6 оцінюється відношення ОУ до зони оцінки ситуації та реалізації стратегій рішення. ОС, які не входять до зазначених зон, не враховуються при вирішенні конфлікту. Для зони надзвичайного зближення, синтез стратегій управління, як правило, визначається відповідними інструкціями, настановами, правилами, тощо. Також здійснюється ініціація ланцюжка управління ОУ.

Після виконання алгоритмічної частини блоку 6 управління передається засобам блоку 25, в якому визначається напрями переміщення ОУ в просторі Q .

Процедури обчислення та оброблення даних щодо секторів небезпечних напрямів переміщення (СННП) ОУ щодо усіх ОС в просторі Q виконуються в блоці 26. Обчислення здійснюються згідно співвідношенню (1).

Після визначення напрямків переміщення ОУ (блок 25) та простору рішення з врахуванням усіх обмежень (блок 26) в блоці 27 визначаються швидкості переміщення ОУ при синтезі ланцюжків стратегій рішення конфлікту взаємодії з ОС в просторі рішень $G_{\text{ріш}}^*$ за умов обмежень та невизначеності.

Алгоритм розрахунку значень коефіцієнтів та параметрів для правила рішення у відповідності до співвідношення (2) здійснюється в блоці 27.

Після закінчення функціональних процедур блоку 28 управління передається блоку 7.

Процедури перерахунку простору $G_{\text{ріш}}$ для зв'язаної з ОУ системи координат, що спрощує подальші обчислення, а також здійснюється ініціація структури ланцюжка для стратегій управління, яки в подальшому будуть синтезовані для ОУ, виконується в блоці 7.

Розрахунок напрямку переміщення ОУ в цільове точку простору $G_{\text{ріш}}^*$, який враховує всі обмеження простору $G_{\text{ріш}}$. здійснюється в блоці 8.

Аналіз можливості переміщення ОУ здійснюється в блоці 9. При цьому визначається значення модуля вектору швидкості ОУ. Якщо ОУ не переміщується, управління передається блоку 28. В разі переміщення ОУ управління передається блоку 10.

Розрахунок ознаки приналежності точки початку переміщення синтезованому ланцюжку управління, а також траєкторії переміщення ОУ маршруту в просторі $G_{\text{ріш}}^*$ здійснюється в блоці 10. Алгоритми розрахунків блоку 10 аналогічні алгоритмам блоку 5.

Аналіз приналежності основних параметрів (координат) ланцюжка управління ОУ (траєкторії переміщення ОУ) в просторі $G_{\text{ріш}}^*$ здійснюється в блоці 11. При цьому визначаються точки початку та закінчення переміщення ОУ в просторі $G_{\text{ріш}}^*$ та координати точок зміни стратегії управління ОУ (точки конкатенації елементів ланцюжків рішень) в просторі $G_{\text{ріш}}^*$.

В разі приналежності точок конкатенації ланцюжків рішень (ламаної лінії траєкторії переміщення в перерізі ПР) з простором $G_{\text{ріш}}^*$ (перерізом простору) управління передається блоку 12. В іншому випадку управління передається блоку 28.

Ознаки приналежності синтезованих ланцюжків рішень простору $G_{\text{ріш}}^*$ для його перерізу площиною здійснюється в блоці 12.

Аналіз ознаки приналежності елемента ланцюжка синтезованого рішення (елемента ламаної лінії траєкторії) простору $G_{\text{ріш}}^*$ здійснюється в блоці 13. В разі приналежності елемента траєкторії переміщення ОУ простору $G_{\text{ріш}}^*$ управління передається блоку 14. В іншому випадку – блоку 28.

Синтез ланцюжка стратегії рішення для випадку, коли ОС не накладають обмеження на $G_{\text{ріш}}$, а саме $(G_{\text{ріш}} \cap G_{\text{ріш}}^*) \subset \emptyset$ здійснюється в блоці 14.

Перевірку ланцюжка стратегії управління (траєкторії переміщення) ОУ щодо перетину з границею ПСП $\Gamma_{\text{сп}}(Q)$ здійснюється в блоці 15. Основні алгоритми функціональних складових блоку 15 співпадають з основними алгоритмами блоків 12 та 14.

За сформованими в блоці 15 ознаками засоби блоку 16 здійснюють передачу управління блоку 17 в разі приналежності ланцюжка стратегій управління (траєкторії переміщення ОУ) за межі простору Q . В іншому разі управління передається блоку 20.

Засоби блоку 17 формують параметри ланцюжка стратегії рішення та здійснюють перерахунок параметрів простору Q з урахуванням переміщення ОУ за умов вибору синтезованої стратегії рішення.

Процедури формування ознаки наявності правильного рішення, визначення значення критерію відбору та виводу результатів розрахунку параметрів ланцюжка рішень здійснюється в блоці 18. Для ергатичної системи управління (СУ) передбачається індикація траєкторії та параметрів переміщення для особи, яка приймає рішення (ОПР). При наявності рішення, яке відповідає вимогам критерію відбору або правилам зупинки, процедура синтезу стратегій рішення завершується і управління передається блоку 19.

В блоці 19 виконуються процедури, пов'язані з завершенням процесу синтезу стратегій рішення та завершення функціонування алгоритму.

При передачі управління блоком 16 в блоці 20 здійснюється обчислення значення параметрів критерію згідно співвідношенню (2), а також обчислюється ознака зупинки процесу синтезу стратегій за правилом зупинки.

Аналіз наявності ознаки зупинки обчислень за правилом зупинки при аналізі можливості переміщення ОУ за певним напрямком в ПР забезпечується в блоці 21. За наявності ознаки зупинки управління передається блоку 22. В іншому разі управління передається блоку 12 для продовження процесу синтезу альтернативних стратегій рішення.

Аналіз можливості подальшого синтезу стратегій рішення в просторі $G_{\text{ріш}}^*$ здійснюється засобами блоку 22. В разі наявності можливості продовження процесу пошуку стратегій рішення за можливим напрямком переміщення в просторі $G_{\text{ріш}}^*$ управління передається блоку 8. В іншому випадку управління передається блоку 23.

Можливість зміни швидкості переміщення ОУ за напрямком, який аналізується, визначається блоком 23. В разі можливості зміни значення швидкості переміщення ОУ в ПР обчислюється значення швидкості та формується ознака наявності можливості зміни швидкості. В разі відсутності можливості зміни швидкості ОУ при переміщенні за аналізованим напрямком в ПР формується ознака неможливості зміни швидкості.

Аналіз ознаки зміни швидкості переміщення ОУ в ПР, яку було визначено в блоці 23, здійснюється в блоці 24. За ознакою можливості зміни швидкості ОУ в ПР управління передається блоку 8, в іншому випадку – блоку 28.

В разі відсутності синтезованих стратегій рішення в блоці 28 встановлюється ознака відсутності рішення та управління передається блоку 19.

Таким чином здійснюється синтез стратегій рішень за методом інтегрального усікання варіантів.

Для гіпотетичного прикладу розрахунку ланцюжків рішення задачі конфлікту взаємодії ОУ та ОС в двомірному евклідовому ПСП за методом інтегрального усікання варіантів в неопуклій системі обмежень при переміщенні ОУ в цільову точку ПСП. Дані для розрахунку наведені в Табл. 1.

В гіпотетичному прикладі визначаємо систему неопуклих обмежень ПСП (Табл. 2). Замкнення ПСП здійснено шляхом з'єднання початкових та кінцевих точок обмеження ПСП відповідно, що дозволяє визначити простір $G_{\text{обм}}$. В загальному випадку отримано переріз простору $G_{\text{обм}}$.

Дані щодо характеристик переміщення ОУ в просторі $G_{\text{обм}}$ наведено в Табл. 3.

Цільова точка переміщення P для гіпотетичного прикладу має координати $P(13.0-6.0)$.

Похідні дані для гіпотетичного прикладу, які наведені в Табл. 1 та Табл. 2 та відображені на Рис. 2.

Для гіпотетичного прикладу конфлікту взаємодії ОУ та ОС маємо опис поточної ситуації, який формується згідно даним Табл. 1...3 та відображений на Рис. 2.

При синтезі стратегій вирішення задачі конфлікту взаємодії ОУ з ОС в умовах обмежень та невизначеності згідно даним гіпотетичного прикладу умовах обмежень та невизначеності та обмежень було синтезовано стратегію вирішення конфлікту (Рис. 5) за алгоритмом методу інтегрального усікання варіантів.

При розрахунку стратегії управління ОУ для функції ціни, визначеної співвідношеннями (2) було обрано значення коефіцієнтів часткових критеріїв відбору

$$\bar{k}_1 = 0,1; \quad \bar{k}_2 = 0,2; \quad \bar{k}_3 = 0,3; \quad \bar{k}_4 = 0,4. \quad (6)$$

Значення зміни напрямку переміщення ОУ

$$|\Delta\Psi_1| = 3^\circ; \quad |\Delta\Psi_2| = 3^\circ. \quad (7)$$

При синтезі рішення визначимо значення часу затримки на прийняття рішення та виконання дій щодо управління ОУ $\tau = 0,1$ одиниці часу.

Визначимо максимальну кількість синтезованих варіантів рішень для кожного елементу траєкторії переміщення ОУ ($n = 15$).

За похідними даними, наведеними в Табл. 1...3, та функцією ціни проведено розрахунок параметрів управління ОУ щодо реалізації стратегій рішення задачі конфлікту взаємодії ОУ з ОС в умовах обмежень ПР та невизначеності за значеннями коефіцієнтів згідно (6) та параметру перебору (7) для співвідношення (2).

На Рис. 5 за функцією ціни синтезовано дві альтернативні траєкторії переміщення ОУ OM_1M_2P при значенні функції ціни $J = 0,244$ та OM_1M_2P при значенні функції ціни $J = 0,045$.

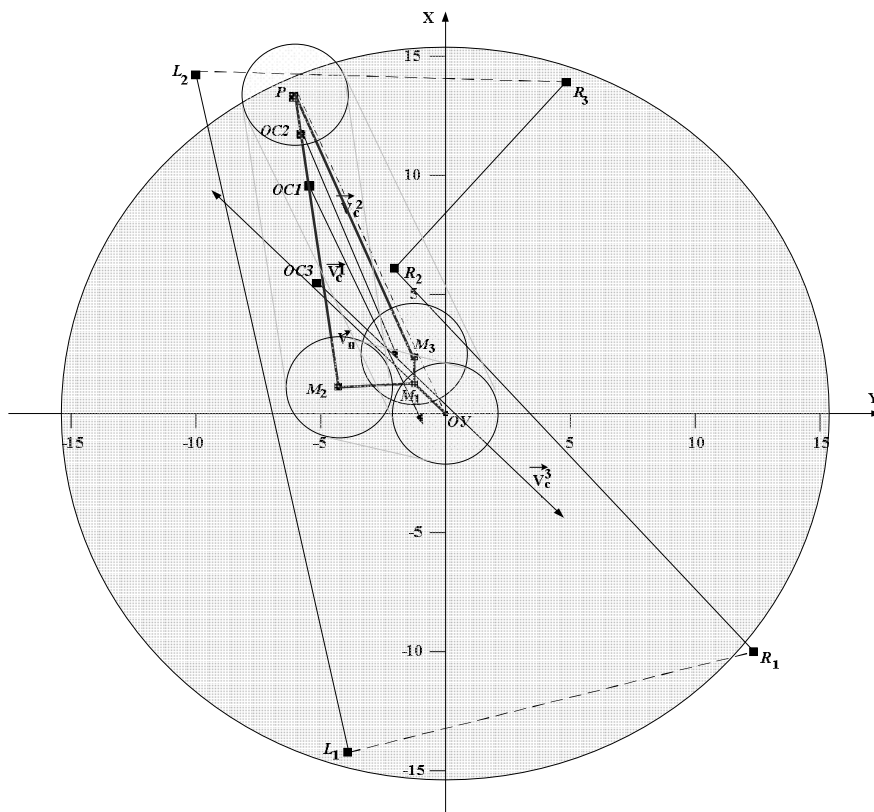


Рис. 5. Траєкторії рішення конфлікту взаємодії ОУ з ОС в перерізі ПР

За похідними даними, які наведені в Табл. 1...3 обчислено ПРКУ (Рис. 4) для точки O при початку переміщення за елементом траєкторії (OM_1). При переміщенні по елементу траєкторії (OM_1) обчислено ПРКУ для точки M_1 в уявленні збереження напрямку переміщення в точку P (Рис. 6).

При зміні напрямку переміщення в точці M_1 на точку M_3 після досягнення точки M_3 обчислений ПРКУ показує відсутність конфлікту взаємодії ОУ з ОС в умовах обмежень та невизначеності при подальшому переміщенню з точки M_3 в точку P (Рис. 7).

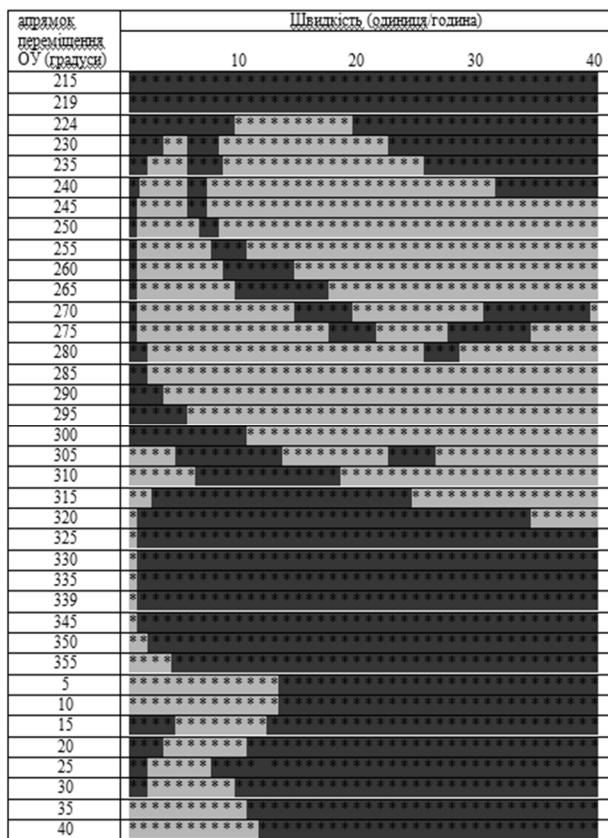


Рис. 6. Відображення результату розрахунку ПРКУ в точці M_1

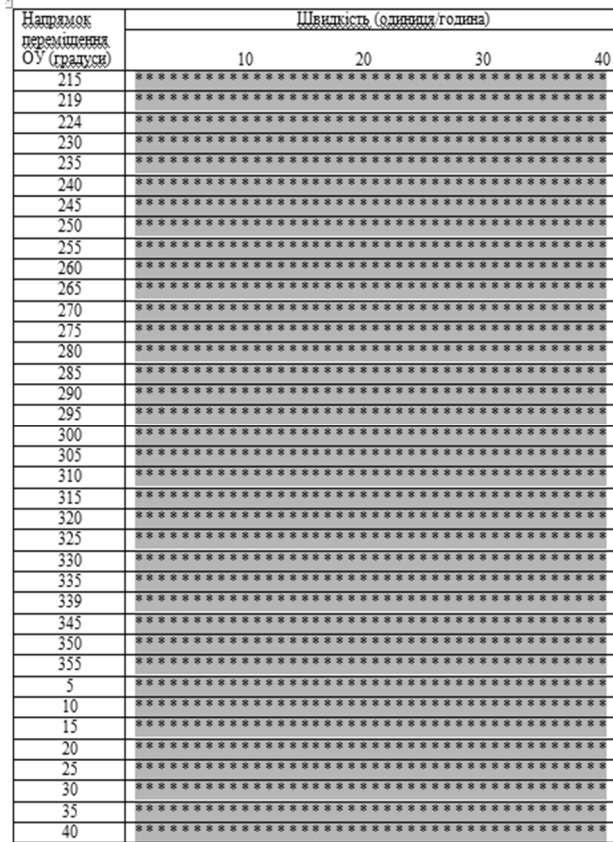


Рис. 7. Відображення результату розрахунку ПРКУ в точці M_3

На Рис. 4, Рис. 6 та Рис. 7. при відображенні ПРКУ світло-сірим кольором відмічені значення швидкості та напрямку переміщення ОУ, при яких немає зближення з i -м ОС на відстань меншу d^i . Значення швидкості та напрямку переміщення, при яких ОУ має зблизитись з i -м ОС на відстань меншу d^i , відмічені темно-сірим кольором.

Відображення ПРКУ при синтезі ланцюжка оптимальної стратегії управління ОУ дозволяє зробити висновок про те, що стратегія забезпечує безконфліктну взаємодію ОУ з ОС в ПСП за умов обмежень ПР та невизначеності.

Параметри переміщення ОУ за синтезованими стратегіями (ланцюжки синтезованого управління) для траєкторії OM_1M_3P наведені в Табл.4, а для траєкторії OM_1M_2P – в Табл. 5.

Табл. 4

Елемент траєкторії	Напрямок переміщення (градуси)	Швидкість (одиниця/одиниця часу)	Час переміщення (одиниця часу)
OM_1	315	12	0,083
M_1M_3	268	12	0,233
M_3P	349	12	1

Табл. 5

Елемент траєкторії	Напрямок переміщення (градуси)	Швидкість (одиниця/одиниця часу)	Час переміщення (одиниця часу)
OM_1	315	12	0,083
M_1M_2	1	12	0,267
M_2P	328	12	0,85

Синтезована траєкторія OM_1M_3P переміщення ОУ не є оптимальною за значенням функції ціни, але є непророкующею ("обережною"). Синтезована траєкторія OM_1M_2P переміщення ОУ є оптимальною за значенням функції ціни.

Коефіцієнти функції ціни за співвідношенням (2) визначають вимоги до синтезованого ланцюжка управління ОУ при вирішенні задачі конфлікту взаємодії з ОС в умовах обмежень та невизначеності, що дозволяє обирати варіант управління, який забезпечує сталість швидкості переміщення ОУ в ПР.

Обчислені значення функціоналу ціни визначеного співвідношеннями (2) та значенням коефіцієнтів часткових критеріїв відбору, визначених співвідношеннями (6) та (7), при синтезі ланцюжка рішень щодо управління ОУ згідно похідним даним (Табл. 1...3) наведені в Табл. 6.

Табл. 6

Ітерація	4	21	23	34	37	52	60	63	80	110	114	162	180	200	220	240
Функція ціни	0,31	0,35	0,4	0,35	0,41	0,38	0,62	0,64	0,432	0,49	0,518	0,47	0,244	0,244	0,244	0,244

Застосування семіотичних систем виявилось плідним для вирішення завдань управління не тільки динамічними об'єктами, але і неklasичними, наприклад, кібернетичними.

Висновки. Метод інтегрального усікання варіантів дозволяє вирішувати конфлікти в малому для динамічних, кінематичних та віртуальних об'єктів спостереження.

Застосування методу інтегрального усікання варіантів при рішенні задач конфлікту в багатомірних просторах спостереження та пошуку в неопуклому та небезперевному просторі рішень за умов невизначеності при відкритій множині об'єктів спостереження є ефективним.

Використання методу інтегрального усікання варіантів дозволяє запропонувати шлях вирішення задачі управління конфліктом за рахунок множини правил, які описують поведінку об'єкту управління в умовах неопуклої системи обмежень, відкритої множини об'єктів спостереження та невизначеності. Метод інтегрального усікання варіантів дозволяє синтезувати управління об'єктом тільки на множині гарантованих управлінь.

Література

1. Касьянов В. А. Субъективный анализ : монография / В. А. Касьянов. – Київ : НАУ, 2007. – 512 с.
2. Берж К. Общая теория игр нескольких лиц / К. Берж. – Москва : Физматгиз, 1961. – 126 с.
3. Павлов В. В. Конфликты в технических системах / В. В. Павлов. – Київ : Вища школа, 1982. – 184с.
4. Семко В. В. Модель конфлікту взаємодії об'єктів кібернетичного простору / В. В. Семко // Проблеми інформатизації та управління. – 2012. – Вип. 2(38). – С. 88-92.
5. Семко В. В. Формальний опис простору пошуку при синтезі рішень / В. В.Семко // Проблеми інформатизації та управління. – 2013. – Вип. 2(42). – С. 104-111.
6. Семко В. В. Дослідження властивостей рішення задачі конфлікту за методом інтегрального усікання варіантів / В. В.Семко, О. В.Семко // Проблеми інформатизації та управління. – 2013. – Вип. 2(46). – С. 60-71.
7. Семко В. В. Використання методу інтегрального усікання варіантів при вирішенні задач конфлікту взаємодії об'єктів в просторі спостереження / В. В. Семко // Інформаційні та телекомунікаційні технології. – 2015. – Вип. № 1. – С. 59-66.

Дата надходження в редакцію: 16.04.2015 р.

Рецензент: д.т.н., доц. В. Л. Бурячок