

МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ

Semko V.V., Buryachok V.L. Model of functioning of system of intellectual management object.

Determined to solve the problem of conflict interaction of objects within the constraints and uncertainties. A basic cellular structure of intelligent control system solution to the conflict. The main elements of intelligent control systems are intelligent converter and base management system. Based on the mathematical model of intelligent inverter multi-level mathematical model proposed solution to the conflict, which defines the essence of intelligent control system design. The mathematical model involves the use of semiotic and semantic models of language processing intellectual object management structures and internal events descriptions defines the rules and relationships for a semiotic model description. The proposed mathematical model is fundamental when using a polynomial-time algorithms in the synthesis solutions and choice of guaranteed control object.

Keywords: conflict, object management, object monitoring, intelligent control system, mathematical model, intelligent converter.

Семко В.В., Бурячок В.Л. Модель функціонування системи інтелектуального управління об'єктом.

Визначені проблеми рішення конфлікту взаємодії об'єктів в умовах обмежень та невизначеності. Розглянуто підхід до рішення конфлікту з використанням багаторівневої математичної моделі, яка визначає сутність системи інтелектуального управління об'єктом. Запропонована математична модель є заснованою для використання алгоритмів з поліноміальним часом при синтезі рішень і виборі гарантованого управління об'єктом.

Ключові слова: конфлікт, об'єкт управління, об'єкт спостереження, система інтелектуального управління, математична модель, інтелектуальний перетворювач.

Семко В.В., Бурячок В.Л. Модель функционирования системы интеллектуального управления объектом.

Определены проблемы решения конфликта взаимодействия объектов в условиях ограничений и неопределенности. Рассмотрен подход к решению конфликта с использованием многоуровневой математической модели, которая определяет сущность системы интеллектуального управления объектом. Предложенная математическая модель является основополагающей при использовании алгоритмов с полиномиальным временем при синтезе решений и выборе гарантированного управления объектом.

Ключевые слова: конфликт, объект управления, объект наблюдения, система интеллектуального управления, математическая модель, интеллектуальный преобразователь.

Вступ

Постановка задачі. Поняття конфлікту є засадничим поняттям теорії технічних систем. Без вирішення конфлікту саме існування технічних систем (ТС) та технічних ергатичних систем (ТЕС) було б неможливим.

Трактування конфлікту вказує на факт тісного взаємозв'язку з проблемою цілеспрямованості та ціледосяжності.

Актуальність проблеми вирішення конфліктів взаємодії конфліктуючих систем є очевидною для транспортних, кібернетичних, інформаційних, соціальних та інших систем.

Аналіз літературних джерел. На дослідженні методів рішення конфлікту взаємодії елементів ТС та ТЕС зосереджені зусилля багатьох як вітчизняних, так і зарубіжних вчених [1-7].

Тим не менш, напрацювання основних положень, які дозволили б сформувати комплексне рішення щодо запобігання конфлікту в складних ТС та ТЕС шляхом синтезу їх цілісного ціледосягаючого управління за умов невизначеності процесів функціонування цих систем нині знаходиться на початковій стадії і має ряд методологічних недоліків (“ефект доміно”, “прокляття розмірності”, “випадкова природа неконтрольованих збурень”).

Методи штучного інтелекту дозволяють визначити шлях вирішення зазначених проблеми шляхом інтегрального врахування конфліктуючих факторів та вибору гарантованого управління щодо попередження та рішення конфлікту [8-11].

Мета та задачі дослідження. Розробка та обґрунтування множинної моделі (ММ) представлення конфлікту взаємодії об'єкту управління (ОУ) з варіативною множиною об'єктів спостереження (ОС) в умовах обмежень та невизначеності. ММ є основою методології синтезу стратегій управління (траєкторій переміщення) ОУ в просторі рішення (ПР) за умов наявності гарантованого управління. Застосування ММ дозволяє забезпечити поліноміальний час рішення конфлікту [12-15].

Основні задачі дослідження:

- 1) Розроблення теоретико-множинної моделі взаємодії ОУ з варіативною множиною ОС в просторі спостереження (ПС).
- 2) Розроблення семіотичної моделі взаємодії ОУ з множиною ОС.
- 3) Розроблення семантичної моделі аналізу опису стану взаємодії об'єктів в ПС.

Виклад основного матеріалу дослідження

Структура та функції системи інтелектуального управління (СІУ) ОУ при розв'язанні конфлікту пов'язана в першу чергу з побудовою моделі системи, в якій мають бути визначені як традиційні елементи системи управління (СУ), так і моделі обробки даних та знань, що використовуються ТС або ТЕС. На відміну від традиційної СУ в СІУ усі інтелектуальні перетворення здійснюються підсистемами, які реалізують функції штучного інтелекту (експертні системи, бази знань, синтезу рішень, асоціативної пам'яті, нечіткої логіки, семіотичні мережі, управління структурною динамікою, тощо).

Визначальними елементами СІУ ОУ є інтелектуальний перетворювач (ІП) і базова система управління (рис. 1). При взаємодії з зовнішнім середовищем СІУ отримує необхідну інформацію, формує мету, аналізує зовнішні впливи (фізичні і інформаційні) та синтезує управління. Елементом інтелектуального перетворювача в ТЕС може бути людина-оператор (ЛО), який впливає на базову автоматичну систему через обчислювальні системи чи керуючі пристрої.



Рис. 1. Структурна схема базової системи інтелектуального управління

В якості ІІ, який використовує системи штучного інтелекту (СШІ), застосовуються експертні системи, технології ситуаційного управління, управління структурною динамікою складних технологічних та інших інтелектуальних системи та їх елементів.

При використанні в СІУ ІІ, який використовує експертну систему або систему ситуаційного управління (ССУ) об'єктом, до складу СУ входять два функціональні набори модулів, які об'єднані в блоки синтезу та реалізації мети (рис. 2).

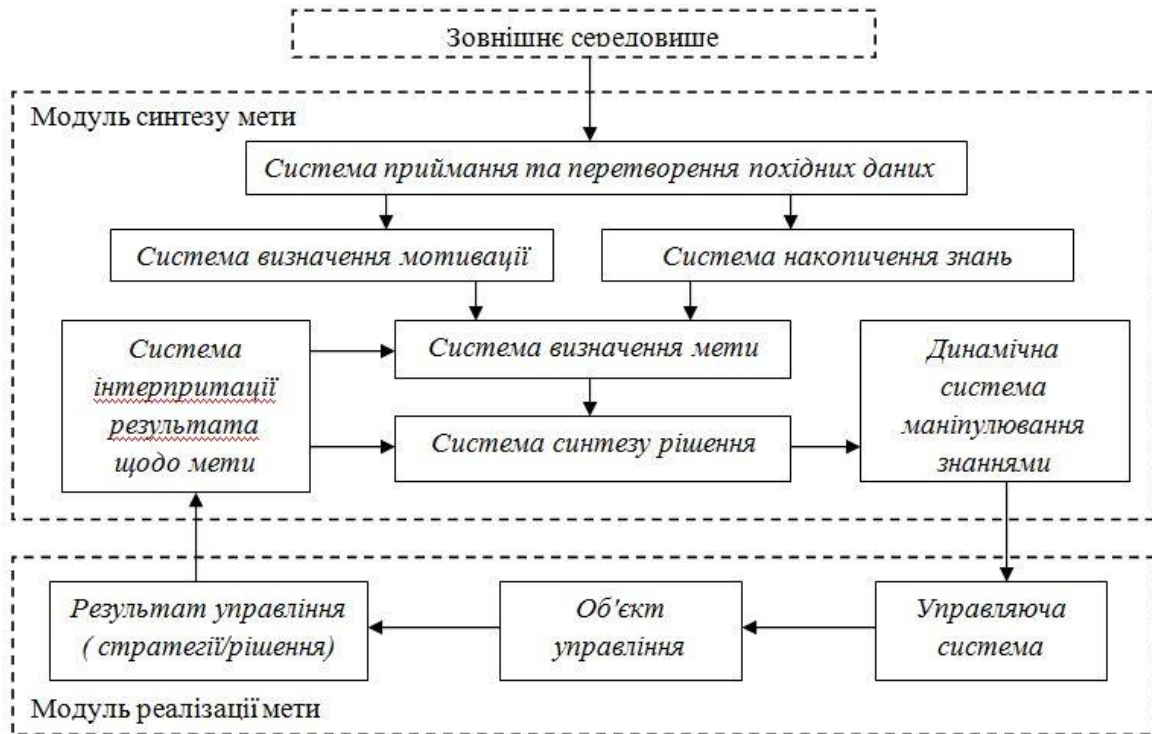


Рис. 2. Структурна схема маніпулювання знаннями

В такому разі модель СУ складається з трьох частин: ІІ (експертна система або ССУ); ОУ; пристрої управління СУ (обчислювальні, перетворюючі та виконавчі пристрої).

ІІ є логіко-перетворюючим пристроєм, який перетворює інформацію про стан зовнішнього середовища і параметри функціонування ОУ, трансформує в сигнали для пристрою управління СУ [5].

Визначимо математичну модель ІІ в операторній формі

$$Y = F(x, u, w, p, z), \quad (1)$$

де $F(\cdot)$ - деякий оператор інтелектуального перетворення, який характеризує структуру та роботу ІІ; x - вектор стану СУ; u - вектор управління; w - вектор впливу зовнішнього середовища; p - вектор сигналів мети (цілі); z - вектор параметрів ОУ.

В загальному випадку ОУ описується системою рівнянь

$$\begin{cases} x = f(x, u, w, t) \\ y = C(x) \\ x(t_0) = x_0 \\ t \geq t_0 \end{cases}, \quad (2)$$

де $f(\cdot)$ - вектор-функція, яка описує властивості ОУ; $C(\cdot)$ - задана функція вихідних сигналів; t - координата часу; y - вихідний вектор (вектор вимірів).

В такому разі обчислювальні та перетворюючі пристрої формують вектор управління u для ОУ з множини його можливих значень згідно задачі управління для досягнення мети, сформованої ІІ на підставі похідних даних згідно співвідношень (1) і (2).

В разі побудови ІІ на основі методів ситуаційного управління використовуються семіотичні моделі, які ґрунтуються на формальній теоретико-моделі, що задається четвіркою

$$M = \langle T, P, A, \Pi \rangle, \quad (3)$$

де T - множина базових елементів; P - синтаксичні правила; A - система аксіом; Π - семантичні правила.

Крім моделі M відповідно співвідношенню (3) задається формальна модель, яка може бути інтерпретована і визначає правила і відношення для семіотичної моделі (СМ)

$$L = \langle Z, D, H, V \rangle, \quad (4)$$

де Z - множина значень, які інтерпретуються, D - правила відображення, які надають відображення $T \rightarrow Z$ та зворотнє $Z \rightarrow T$, тобто приписує кожному відображенню T деяке відображення, що його інтерпретує; H - правила відображення; V - правила інтерпретації, які дозволяють приписувати деяке інтерпретуюче значення до будь-якої синтаксично правильної сукупності базових елементів.

Тоді семіотична модель (СМ) $C(.)$ з врахуванням (3) і (4) можна визначити, як

$$C = \langle M, \chi_T, \chi_P, \chi_A, \chi_\Pi \rangle, \quad (5)$$

де $\chi_T, \chi_P, \chi_A, \chi_\Pi$ відповідно є правилами зміни T, P, A, Π .

Використання СМ $C(.)$ відповідно співвідношення (5) на відміну від формальних моделей дозволяє змінювати усі елементи моделі M , яка визначена співвідношенням (3), в процесі ситуаційного управління, що дозволяє будувати моделі, які відповідають діяльності людини, для поточних ситуацій.

Використання мови знаків робить ситуаційне управління ефективним. Оскільки людина оточена знаковими системами, вона дістає можливість домовлятися зі своїми партнерами про синтаксис, семантику і прагматику знаків.

Ситуаційне управління дозволяє описувати ряд конфліктних ситуацій, в яких вимагається приймати конкретні рішення. В той же час великий клас реальних задач по управлінню в умовах конфлікту використовують методи теорії ігор, яка припускає використання формальних моделей. Тому для успішного застосування методів ситуаційного управління при синтезі та прийнятті рішень в умовах конфлікту доцільним є використання також інструментарію методів теорії ігор та функціонального аналізу.

Найбільш загальною моделлю прийняття рішення в умовах конфлікту є модель динамічної СІУ на основі моделей теорії ігор [16] і сучасного апарату функціонального аналізу [17].

Теорія ігор як розділ математики нині став теорією математичних моделей.

При ігровому підході для опису конфлікту вводяться поняття:

- коаліцій дії R_D , яка об'єднує множину гравців (учасників конфлікту) за їх діями;
- коаліцій інтересів R_H яка об'єднує гравців за інтересами (спільністю мети);
- стратегій, що характеризують рішення коаліцій K (дій R_D і коаліцій інтересів R_H , які залежно від типу гри можуть мати одних і тих же гравців або утворюватися з різних гравців);
- стосунків переваги G , як абстрактного бінарного відношення на множині всіх стратегій (нерідко стосунки переваги задаються функцією виграшу W_K і тоді коаліція K , якщо вона віддає перевагу ситуації x до ситуації y , то означають через відношення переваги у вигляді $xG_K y$ або при використанні функції виграшу за умови якщо $W_K(x)W_K(y)$, то у вигляді $xW_K y$).

Тоді формальний опис конфлікту полягає в завданні системи

$$\Gamma = \langle R_D, S_{R_D}, S, R_{II}, G_{R_{II}} \rangle, \quad (6)$$

де R_D - множина, яка об'єднує гравців (учасників конфлікту) за їх діями; S_{R_D} - множина стратегій коаліції дій; S - множина стратегій поведінки (дій) об'єктів; R_{II} - множина, яка об'єднує гравців (учасників конфлікту) за інтересами (цілями); $G_{R_{II}}$ - множина відношень коаліції інтересів.

Тобто множина Γ згідно співвідношенню (6) є формальним описом конфлікту в залежності від його змісту.

Динамічна СМ складаються з об'єкту, що характеризується деякою множиною станів, регулятора, під яким розуміється математична модель, що складається з елементу, який забезпечує оцінку стану об'єкту, і елементу, що формує управління.

Для опису динамічного об'єкту або системи використовується математична модель [5] сукупності елементів (рис. 3), які задовольняють основним аксіомам.

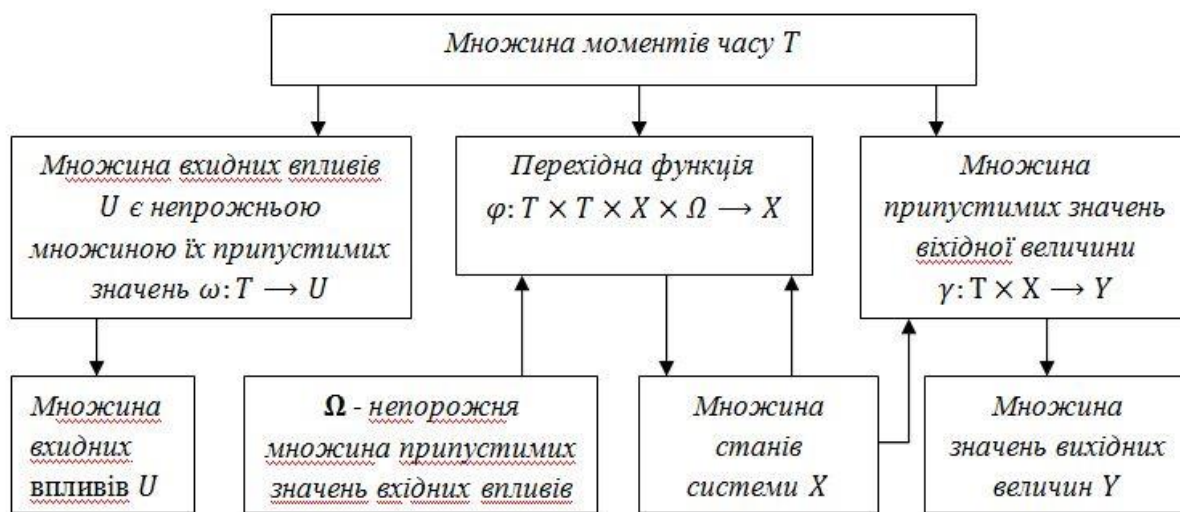


Рис. 3. Структурна схема математичної моделі сукупності елементів динамічного об'єкту або системи

Аксіома 1. Для заданої множини моментів часу T та множини станів системи X множина вхідних впливів U є непорожньою множиною їх припустимих значень.

Нехай $\Omega = \{\omega: T \rightarrow U\}$, тоді множина значень вихідних величин Y та множина їх припустимих значень

$$Y = \{\gamma: T \times X \rightarrow Y\}.$$

Аксіома 2. Множина T є деякою упорядкованою підмножиною множини дійсних чисел (напрямок часу).

Аксіома 3. Існує перехідна функція

$$\Phi = \{\varphi: T \times T \times X \times \Omega \rightarrow X\},$$

де стан системи $x(t) = \varphi[t, t_0, x(t_0), \omega] \in X$.

Аксіома 4. Задане вхідне відображення $Y = \{\gamma: T \times X \rightarrow Y\}$.

В такому разі стан системи $x(t)$ в момент часу t або пари елементів множини $T \times X$ буде являти подію (фазу) динамічної системи. Множина $T \times X$ є простором подій (фазовим простором, простором станів). Управляючі дії переводить систему з одного стану в деякий інший. При переводі системи з одного стану в інший за допомогою керуючих дій остання

знаходиться в стані руху, описуючи в просторі стану траєкторію, а динамічна система являє собою об'єкт управління (рис. 4).

Законом управління є відображення $k: T \times X \rightarrow U$, де значення $u(t) = k[t, x(t)]$ належить множині U .

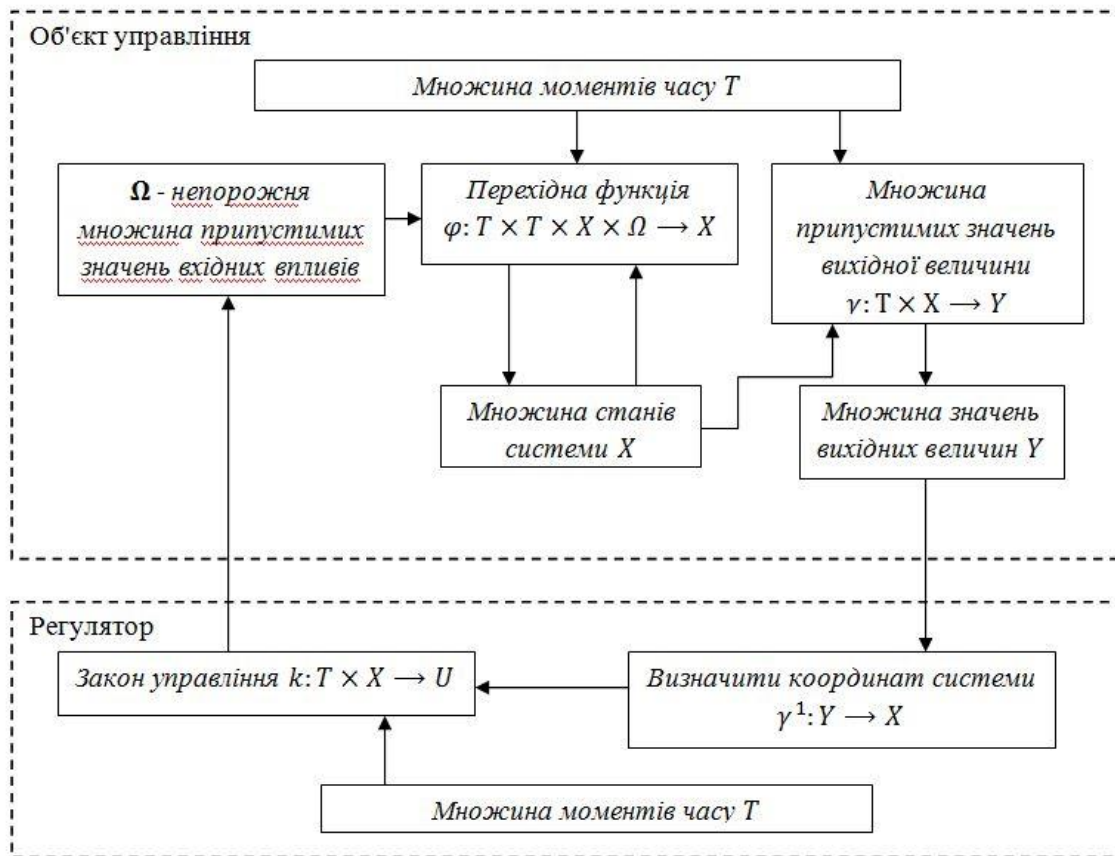


Рис. 4. Структурно-логічна схема блоку управління системи

Для реалізації управління необхідно мати значення змінних стану системи $x(t)$, що потребує здійснення операції зворотного відображення $\gamma^1: Y \rightarrow X$, що дозволяє визначити координати системи з умови $x(t) = \gamma^1[y(t)]$.

Для оцінки стану системи оцінюється точність визначення $x(t)$, тобто оцінюється стан $x_0(t)$.

Для врахування факторів взаємодії ОУ з зовнішнім середовищем та іншими учасниками конфлікту здійснюється аналіз їх взаємодії. При цьому чинники зовнішнього середовища і умов конфлікту розглядаються з позицій динамічної системи.

При прийнятті рішення в СІУ має сенс здійснити об'єднання ПІ, який вміщує блок прийняття рішення, з динамічною системою управління.

Стратегія вирішення конфлікту залежить від ресурсів ОУ та факторів, які утворюють ситуацію прийняття рішень в умовах конфлікту. Тим самим умови конфлікту породжують фактори (визначені та невизначені), які впливають на стратегію вирішення конфлікту, а саме на синтез та вибір керуючих впливів на ОУ, які здійснюються СІУ.

Математична модель синтезу та прийняття рішень формується з врахуванням всіх чинників і наявної інформації про них. Спрощена модель прийняття рішення в цьому випадку може бути описана системою

$$D_0 = \langle Y, G, U, J, \Omega \rangle, \quad (7)$$

де Y - множина результатів, G - модель переваг результатів (рішень, що приймаються); U - множина стратегій прийняття рішень; L - множина можливих значень невизначених чинників; J - функція, що визначає взаємозв'язок невизначеного чинника і результат, що отримується в результаті прийнятого рішення; Ω - вся інша інформація про рішення, що приймається, у формалізованому виді відомості про конфлікт (переваги інших учасників, які беруть участь в конфлікті, тощо).

Зручність використання моделі (7) в умовах конфлікту визначається тим положенням, що вона дозволяє просто і наочно зв'язати значення невизначених чинників і стратегій з управлінням, що реалізовується інтелектуальною системою.

Множини Y, G, U, L, Ω і функція J формально задають компоненти рішення, що приймається, і визначають зв'язок з системою управління через поняття критерію і показників ефективності системи (показників якості і критеріїв). Показником якості або ефективності системи управління W є міра відповідності реального результату управління Y необхідному Y^{mp} для досягнення мети управління ОУ при вирішенні конфлікту і отриманні оцінок або вимірів інтенсивності результатів рішення. Критерієм K [7-11] є правило, введене на основі певної концепції раціональної поведінки інтелектуальної системи (придатності, оптимізації, адаптивності, витрат ресурсів, надійності, безпеки, тощо).

Таким чином, можна визначити схему взаємодії моделей при описі стану взаємодії ОУ з варіативною множиною ОС в умовах конфлікту, обмежень та варіативної множини ОС (рис. 5).

Модель дозволяє спростити вирішення проблем використання інженерії знань при побудові моделей, призначених для прийняття ситуаційних рішень з управління станом ТС в штатних ситуаціях та в стані конфлікту.

Вирішення конфлікту в умовах невизначеності, довільних обмежень ПС та варіативної множини ОС здійснюється шляхом визначення потрібних базисів уявлення процесів, систем та їх складових в межах загальносистемного розгляду властивостей предметної області. Таким чином, при створенні СИУ необхідно представити загальносистемні вимоги складу, змісту та структури логічних взаємопов'язаних задач, які вирішуються в процесі функціонування СУ з максимальним ступенем декомпозиції та деталізації їх структури та семантичних відношень між ними.



Рис. 5. Схема взаємодії моделей

Властивості ситуаційних моделей, які використовуються в СУ, відображають властивості функціональних складових та структури ОУ. Для опису властивостей процесів прийняття ситуаційних рішень необхідно виявити та описати властивості загальносистемних закономірностей причинно-наслідкових процесів керуемого функціонування ОУ. При цьому визначаються правила представлення атрибутів СМ в множині значень параметрів, які відображають матеріальні процеси та які відбуваються під час функціонування ОУ, а також існуючі відношення між вжитими семантичними поняттями. Тобто відображаються взаємозв'язки між СМ та моделями процесів управління об'єктом в штатних і позаштатних ситуаціях та в умовах конфлікту.

При аналізі та синтезі систем управління об'єктом в системному плані враховується те, що принципово СІУ є динамічною системою, притому як чисто автоматичною так і ергатичною.

Особливо гостро постає проблема створення методів і алгоритмів синтезу стратегій рішень та гарантованого управління ОУ в стані конфлікту за умов невизначеності, обмежень та варіативної множини ОС для складних процесів, включаючи динамічні нелінійні та такі, на які впливають збурення.

Аналіз показав, що для вирішення проблеми аналізу та синтезу систем рішення конфлікту за умов невизначеності, обмежень та варіативної множини об'єктів спостереження необхідно: розробити методи модельного представлення систем з різним рівнем інтегрованості та розподіленості; розробити єдину системну методологію аналізу та синтезу стратегій рішення конфлікту для таких систем; провести дослідження методів побудови простору рішення конфлікту; провести дослідження розроблених методів синтезу рішень конфлікту та їх ефективності.

Висновки

За результатами проведеного аналізу методів опису взаємодії об'єктів в просторі спостереження за умов обмежень та невизначеності при дослідженні конфліктів в технічних системах запропоновано застосовувати методологію системно-структурного аналізу конфлікту. При дослідженні конфлікту запропонована загальна модель явища в цілому, яке складається з моделей, що забезпечують можливість системно-функціонального аналізу з метою визначення усіх основних взаємозв'язків елементів конфлікуючої системи із зовнішнім середовищем, в якому конфлікт розвивається, а також виявлення характеру і способів впливу одних елементів і підструктур конфлікту на інші (біфуркації).

При дослідженні використані інтегрально-топологічні методи аналізу складних систем, які базуються на використанні математичних моделей опису властивостей процесів, пов'язаних з об'єктами як системами. Такий підхід дозволяє отримати топологічні структури просторів спостереження і пошуку, синтезу рішень та вибору гарантованих управлінь об'єктом.

Запропоновано концептуальну структурну схему системи ситуаційного управління об'єктом при вирішенні задачі конфлікту.

Показано, що використання семіотичних і семантичних моделей є доцільним при вирішенні конфлікту взаємодії об'єктів в довільному просторі спостереження. та синтезі рішень за умов невизначеності та відкритої множини об'єктів спостереження.

Література

1. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика / Д.И.Поспелов . - М.: Наука, 1986. - 288 с.
2. Могилевский В.Д. Конфликтная ситуация: формализация и управление / В.Д.Могилевский // Препринт ИПМ им. М.В.Келдыша, АН СССР, № 118. – 30 с.
3. Макаров И. М. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления / И. М. Макаров, В. М. Лохин, С. В. Манько , М.П.Романов. – М.: Наука, 2006. – 333 с.

4. Пупков К.А., Коньков В.Г. Интеллектуальные системы. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана. 2003. – 348 с.
5. Яковлев А. И. Моделирование и оптимизация адаптивно-игровых систем. Научно-методические материалы. - М.: МО СССР, 1992. - 296 с.
6. Павлов В.В. Конфликты в технических системах / В.В.Павлов. - К: Вища школа, 1982. - 184 с.
7. Павлов В.В. Начала теории эргатических систем / В.В.Павлов - К.: Наук. думка, 1975. - 240 с.
8. Семко В.В., Павлов В.В. Применение метода интегрального усечения вариантов при синтезе стратегий управления подвижным объектом / В.В.Семко, В.В.Павлов //Кибернетика и вычислительная техника. - 1989. - Вып. 84. - С. 1-6.
9. Семко В.В., Модель конфлікту взаємодії об'єктів кібернетичного простору / В.В.Семко.//Проблеми інформатизації та управління. - 2012. - Вып. 2(38). - С. 88-92.
10. Семко В.В. Логіко-математична модель опису простору рішень /В.В.Семко //Вісник Чернігівського державного технологічного університету. - 2013. - № 2(65). - С. 147-155.
11. Семко В.В. Дослідження властивостей рішення задачі конфлікту за методом інтегрального усікання варіантів / В.В.Семко, О.В.Семко // Проблеми інформатизації та управління. - 2014. - Вип. 2(46). - С. 60-71.
12. Забейайло М.И. К вопросу достаточности оснований для принятия результатов интеллектуального анализа данных средствами ДСМ-метода / М.И.Забейайло //Научно-техническая информация. Сер. 2. Информационные процессы и системы. – 2015. - №1. – С. 1-9.
13. Журавлев Ю.И. Корректные алгебры над множествами некорректных (эвристических) алгоритмов. Часть I / Ю.И.Журавлев //Кибернетика. – 1977. - №4. – С.5 -17.
14. Журавлев Ю.И. Корректные алгебры над множествами некорректных (эвристических) алгоритмов. Часть II / Ю.И.Журавлев //Кибернетика. – 1977. - №6. – С. 21-27.
15. Журавлев Ю.И. Корректные алгебры над множествами некорректных (эвристических) алгоритмов. Часть III / Ю.И.Журавлев //Кибернетика. – 1978. - №2. – С. 35-43.
16. Воробьев Н.Н. Основы теории игр. Бескоалиционные игры / Н.Н.Воробьев. - М.: Наука, 1984. - 496 с.
17. Коньков В. Г. Интеллектуальные системы / В.Г.Коньков, К.А. Пупков. – М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. - 348 с.

Автори статті

Семко Віктор Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна. Тел. +38 050 330 26 30. E-mail: semko_viktor@mail.ru.

Бурячок Володимир Леонідович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна. Тел. +38 093 869 08 29. E-mail: ikb_dut@i.ua.

Authors of article

Semko Viktor Volodymyrovych – candidate of Science (technic), assistant professor, Professor of Department of Information and Cyber Security, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine. Tel.: +38 050 330 26 30. E-mail: semko_viktor@mail.ru.

Buryachok Volodymyr Leonidovych – science Doctor (technic), professor, Head of Department of Information and Cyber Security, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine. Tel.: +38 093 869 08 29. E-mail: ikb_dut@i.ua.

Дата надходження в редакцію: 23.08.2016 р. Рецензент: д.т.н., проф. В.В. Вишнівський