

УДК 681.596

Кадук Б.Г., д.т.н.;  
Присяжнюк В.К., д.т.н.;  
Міляєв Ю.П., к.т.н.

## ДЕЯКІ ПИТАННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ СКЛАДНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ.

*Розглядаються сучасні методи для аналізу і синтезу автоматизованих систем управління технологічними процесами і об'єктами.*

*Показані шляхи вирішення багатовимірних задач, застосуванням дискретних перетворень Фур-е, штучних нейронних мереж і т.д. наводяться основні математичні вирази для аналізу та синтезу поставлених завдань.*

*Рассматриваются современные методы для анализа и синтеза автоматизированных систем управления технологическими процессами и объектами. Показаны пути решения многомерных задач, применением дискретных преобразований Фур-е, искусственных нейронных сетей и т.д. приводятся основные математические выражения для анализа и синтеза поставленных задач.*

*Reviews current methods for analysis and synthesis of automated process control systems and facilities. The ways of solving multidimensional problems, the use of discrete transformations Fuhr's, artificial neural networks, etc. provides basic mathematical expressions for analysis and synthesis tasks*

Теорія автоматичного регулювання складних систем і технологічних процесів з однією змінною була розроблена в минулому сторіччі [1,2,3].

Уже в той час були запропоновані нові методи вирішення питань варіаційного числення, вирішенні окремі задачі синтезу замкнених нелінійних систем управління.

В той же час з'ясувалось, що в складних системах і технологічних процесах практично неможливе формування стабільної незмінної математичної моделі оскільки зовнішні і внутрішні збурення контролюються неповністю, вектор стану об'єкту багатовимірний (число координат може досягати декількох тисяч), фізичні і хімічні процеси досить складні.

Подальший процес в автоматизації одновимірних складних систем і технологічних процесів досягався за рахунок більш глибокого вивчення можливостей інтегральних перетворень, які при цьому застосовувались. В

першу чергу це стосується таких інтегральних перетворень як перетворення Фур'є, Каринена – Лоява, Уолша.

Були розроблені нові більш ефективні різновиди інтегральних перетворень, зокрема дискретне перетворення Фур'є – FFT, швидке перетворення Фур'є –FFT, вейвлет перетворення, перетворення Пономарьової – Цепнова з адаптивним секвентним базисом[4,5,6].

Але на шляхи автоматизації складних систем і технологічних процесів залишаються суттєві і технологічних процесів залишаються суттєві математичні і технічні труднощі.

Зокрема ці труднощі пов'язані з невирішеністю проблем апроксимації багатовимірних функцій, відсутністю суттєвих результатів в розробці багатовимірних інтегральних перетворень, відсутністю метода виділення тренда і оцінки випадкових складових для багатовимірних сигналів.

В деяких окремих випадках завдання ідентифікації багатовимірного об'єкту, тобто оцінка його вектору стану можливі, особливо в тому разі, коли здійснюється зниження розмірності (ущільнення координат) [7]

Наприклад, за допомогою факторного аналізу параметрів об'єкту встановлюється рівень кореляції між цими параметрами. Далі один із кореляційно зв'язаних параметрів виключається, його вплив враховується при нормуванні параметра, що залишився.

Застосування штучних нейронних мереж (зокрема авто асоціативних) дозволяє зменшити розмірність вхідних сигналів.

Так, класифікація в різних шарах нейронної мережі дозволяє ідентифікувати на виході мережі об'єкт автоматизації.

Розроблені програмні процедури класифікації MLP, KFM, ART та інші, що забезпечують класифікацію об'єктів з більш ніж 10 параметрами.

При цьому, класифікація розглядається як послідовний багатоступеневий розрахунок ознак. Незважаючи на несхожість ознак в різних ієрархічних структурах (відповідних шарах нейронної мережі), вони мають багато спільного, зокрема фронтальну побудову і властивості [8]

Так, для системи «верстат з програмним керуванням - дільниця – цех – підприємство – галузь - міністерство» можна запропонувати шестишарову нейромережу.

Для людини – оператора опис стану може бути здійснений нейромережею з шарами, що відображають властивості структури «клітина – орган – вегетативна система – вища нервова система – психофізичні можливості»

Опис фронтальної нейромережі здійснюють за допомогою координат мережі Card  $A = (a_1, \dots, a_i, \dots, a_n)$ , де  $a_i$  – кількість нейронів в  $i$ -ому шарі, при цьому сама фрактальна нейромережа є рекурентним кортежем кардиналів кожного рівня.

У верхніх шарах нейромережі оперують інтегральними показниками, у середніх інформаційними характеристиками, у нижніх шарах – ефектом дії конкретного елемента.

Комбінація нейромереж, що використовують досягнення теорії нечітких множин і логіки, еволюційних і генетичних алгоритмів, нових систем числення, створює нові можливості зменшення розмірності на виході складних систем.

Наприклад О.Ю.Чунініним на основі багатовимірної системи числення і відповідно багатовимірних спектрів було запропоновано варіант ущільнення чорнобильних та напівтонованих зображень [9].

Інколи існує можливість застосувати прямий метод обробки багатовимірного вихідного сигналу системи автоматизації технологічного процесу. Розглянемо приклад контролю концентрації газових компонент  $C_1, \dots, C_i, \dots, C_n$  в газовій суміші.

Коли за допомогою оптичного інтерферометра можна виміряти відносні поглинання

$$I_1(\lambda_1), \dots, I_i(\lambda_1), \dots, I_n(\lambda_1), \dots, I_1(\lambda_i), \dots, I_i(\lambda_i), \dots, I_n(\lambda_i), \dots, I_1(\lambda_n), \dots, I_i(\lambda_n), \dots, I_n(\lambda_n),$$

що вносять газові компоненти на довжині хвиль  $\lambda_1, \dots, \lambda_i, \dots, \lambda_n$ , а також виміряти загальне поглинання на кожній цій хвилі  $I(\lambda_1), \dots, I(\lambda_i), \dots, I(\lambda_n)$  то можна скласти систему лінійних

$$\text{рівнянь} \begin{cases} I(\lambda_1) = I_1(\lambda_1)C_1 + \dots + I_i(\lambda_1)C_i + \dots + I_n(\lambda_1)C_n \\ \ddots \\ I(\lambda_i) = \ddot{I}_1(\lambda_i)C_1 + \dots + \ddot{I}_i(\lambda_i)C_i + \dots + \ddot{I}_n(\lambda_i)C_n \\ \ddots \\ I(\lambda_n) = \ddot{\ddot{I}}_1(\lambda_n)C_1 + \dots + \ddot{\ddot{I}}_i(\lambda_n)C_i + \dots + \ddot{\ddot{I}}_n(\lambda_n)C_n \end{cases}$$

детермінант  $D$  цієї системи рівнянь

$$D = \begin{vmatrix} I_1(\lambda_1) \dots I_i(\lambda_1) \dots I_n(\lambda_1) \\ \ddots \\ \ddot{\ddot{I}}_1(\lambda_i) \dots \ddot{\ddot{I}}_i(\lambda_i) \dots \ddot{\ddot{I}}_n(\lambda_i) \\ \ddots \\ \ddot{\ddot{\ddot{I}}}_1(\lambda_n) \dots \ddot{\ddot{\ddot{I}}}_i(\lambda_n) \dots \ddot{\ddot{\ddot{I}}}_n(\lambda_n) \end{vmatrix}$$

вираховується за звичайними правилами, а значення лівої частини рівнянь вимірюється, отже рівняння відносно концентрацій газових компонент  $C_1, \dots, C_i, \dots, C_n$  знаходяться за відомим алгоритмом.

При вирішенні задач автоматизації складних систем і технологічних процесів зустрічається випадки, коли серед змінних (параметрів) зустрічається лінгвістичні змінні.

До таких систем належать системи медичної діагностики, системи профвідбору операторів людино-машинних систем (авіадиспетчерів, чергових АЕС тощо). При цьому кількість змінних, в тому числі лінгвістичних може перевищувати десятки і сотні.

Для обробки такого багатовимірного сигналу розробляється експертна система, яка на базі правил, сконцентрованих у вузлах, вибирає найбільш вірогідне рішення [10].

Ця процедура може бути приставлена наступним чином.

Багатовимірний сигнал, що відповідає стану системи, складається з множини  $X$  координат вектори стану системи  $X_1, \dots, X_i, \dots, X_n$ ,  $X_1, \dots, X_i, \dots, X_n \in X$

Окремі кластери (під множини)  $A, B$  і т.д. цих параметрів відповідають характерним властивостям системи і вилучені в загальну множину  $X$

$$A \subseteq X$$

$$B \subseteq X$$

В деяких випадках можливе пересічення цих підмножин

$$A \cap B$$

Для того, щоб ідентифікувати ці підмножини і визначити пріоритети, кожного параметру  $x$ , ставиться у відповідність функції  $P(x_i)$  - умовна вірогідність того, що цей параметр належить підмножині  $A$  чи  $B$

$$P_A \xrightarrow{P} A$$

$$P_B \xrightarrow{P} B$$

З під множин  $P_A$  і  $P_B$  формуються показники визначеності підмножини  $A$  і  $B$ , вираховується їх пріоритетність.

Окрім таких експертних систем існують системи розпізнавання [11], в яких багатовимірний сигнал стану об'єкту автоматизації порівнюється еталонним.

Слід також зважити на те, що рівень сучасної комп'ютерної техніки забезпечує висоту швидкодії і великий об'єм пам'яті, дозволяє реалізувати самі складні алгоритми автоматизації.

*Використані джерела інформації:*

1. Фельдбаум А.А. Основа теории оптимальных автоматических систем М., 1966
2. Беллман Р. Процессы регулирования с адаптацией М., 1964
3. Понтрягин Л.С. Математическая теория оптимальных процессов М., 1969
4. Кадук Б.Г., Пономарьова І.Д., Серета В.В., Цепнов Г.В., Мученов Д.Г. Спентральний аналіз: класичні поліноми і адаптивні ортогональні базиси. Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2000р. №2, ст101-111
5. Кадук Б.Г., Пономарьова І.Д., Серета В.В., Цепнов Г.В., Мученов Д.Г. Спентральний аналіз: Швидкі методи Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2000р. №1 ст101-109
6. Кадук Б.Г., Поліванов В.І., Чуніхін О.Ю., Поривой О.В. наближення функції, важлива складова теорії вимірювання, обчислювальних процедур автоматизації. Автоматизація виробничих процесів Київ, 2004 №1(18) ст.14-17
7. Архангельський В.И., Богаянко И.Н., Грабовський Г.Н., Рюмшин Н.А. Нейронные сети в системах автоматизации. Киев «Техніка», 1999, -364с.
8. Кадук Б.Г., Чуніхін А.Ю. Фрактальные нейросетевые структуры в моделированных сложных систем организационного управления и производства. Автоматизація виробничих процесів Київ, 2005, №(21) с.142-145

9. Кадук Б.Г., Чунихин А.Ю. метод сжатия пространственно распределенных данных на основе номерных счислений. Автоматизация виробничих процесів Київ ,2006, №1(22)с.41-47
10. Нейпор К. как построить свою экспертную систему М.: Энергоатомиздат, 1991-286с. (11)
11. Франко Р.Т., Кадук Б.Г., Кравченко А.А. Газоаналитические системы и приборы .М.: машиностроение ,1983-128с.

*Рецензент: д.т.н. Асланян А.Е.*