

DOI 10.36074/grail-of-science.07.05.2021.041

# ВИКОРИСТАННЯ ГРАФОВИХ МОДЕЛЕЙ КІНЦЕВИХ АВТОМАТІВ У СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦІЇ СКЛАДНИХ НЕСТАЦІОНАРНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

НАУКОВО-ДОСЛІДНА ГРУПА:

**Білецький Микола Сергійович**

аспірант кафедри автоматизації та комп'ютерних  
технологій систем управління

*Національний університет харчових технологій, Україна*

**Крищенко Дмитро Олександрович**

аспірант кафедри автоматизації та комп'ютерних  
технологій систем управління

*Національний університет харчових технологій, Україна*

**Ладанюк Анатолій Петрович**

д-р техн. наук, професор, професор кафедри  
автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

*Національний університет харчових технологій, Україна*

**Кишенько Василь Дмитрович**

канд. техн. наук, професор кафедри автоматизації  
та комп'ютерних технологій систем управління

*Національний університет харчових технологій, Україна*

**Анотація.** *Управління нестационарними системами являється нетривіальною задачею. Однією з умов ефективного управління являється необхідність зміни та налаштування алгоритмів управління при динамічних умовах функціонування автоматизованих систем. В роботі розглядаються питання побудови системи управління на основі моделей теорії графів. В якості об'єктів дослідження виступають підходи та методи управління складними нестационарними системами. Розглядається підхід, заснований на класифікації факторів впливу на об'єкти управління. Розглядається управління при значних динамічних факторах зовнішнього середовища. В якості методів досліджень використовувалось імітаційне і комп'ютерне моделювання, які дозволили оцінити ефективність запропонованих підходів і методів управління. Також застосовувались методи системного аналізу та сучасні алгоритми на графах. Представлений підхід надає змогу проаналізувати динамічну поведінку нестационарного об'єкта управління, коли відомо, що деякі характеристики та фактори зовнішнього середовища, можуть впливати на управління об'єктами. Механізм кінцевого автомата дозволяє здійснювати автоматичне переключення алгоритмів*

управління в залежності від ситуації. Дослідження показали доцільність використання запропонованого підходу для управління складними нестационарними системами автоматизації. В роботі розглядаються основні принципи, по яким правила та алгоритми можуть та повинні змінюватися: зміна цілей управління та обмежень, зміна структури та характеристик технологічного об'єкта управління в процесі експлуатації сушарки зерна та брагоректифікаційної колони, зношення та руйнування технологічних вузлів об'єкта управління, модернізація, реконструкція та ремонт технологічного об'єкта управління, зміна властивостей та якості перероблюваних технологічними об'єктами матеріалів, зміна властивостей сигналів вимірнувальної інформації та даних, які формуються людьми. В роботі розглядаються умови, в яких алгоритм управління повинен переключатись, підлаштовуватись під зміни в умовах функціонування об'єктів, якщо відома інформація або прогнози експертів, коли ці зміни відбуваються. Автори статті являються прибічниками еволюційного підходу, який заснований на додатковому дослідженні об'єктів в процесі експлуатації, та нестационарних нелінійних динамічних умов.

**Ключові слова:** нестационарність; нелінійність; динамічність; граф; модель; брагоректифікація; сушарка.

Теорія автоматичного управління та окремі розділи кібернетики, які присвячені автоматизованим системам, описують відомі факти про те, що характер і структура зовнішніх збурень відносно постійних на інтервалі (1)

$$\{t-T, t\} \quad (1)$$

можуть різко або плавно змінюватися на іншому інтервалі часу. При цьому недостатня увага приділяється питанням створення уніфікованих підходів до синтезу управляючих приладів, функціонуючих в умовах нестационарних автоматизованих об'єктів управління. Велике значення також мають питання технічної реалізації приладів управління.

В умовах виконання принципів налаштування алгоритмів, алгоритм управління повинен переключатись, підлаштовуватись під динамічні умови функціонування об'єкта, якщо доступні дані або прогнози, коли ці зміни відбуваються.

Дослідження реальних об'єктів показують, що будь які технічні системи з плином часу ускладнюються, стають дедалі дорогими в обслуговуванні. В таких системах управління може змінюватися при виникненні нової, нестационарної ситуації. Можна стверджувати, що одного алгоритму управління недостатньо, адже для управління складною системою необхідні бібліотеки алгоритмів, коли в залежності від ситуації відбувається вибір певного рішення. Приклади складних нестационарних технологічних об'єктів:

- Сушарка зерна;
- Сушарка солоду;
- Брагоректифікаційна колона;
- Епюраційна колона.

Підходи до створення наявних систем управління на сьогодні - це оригінальні розробки у області перешкодо захищених систем, систем зі змінною структурою, систем зі структурною невизначеністю, адаптивних систем. Тим не менше, в більшості публікацій не приділяється достатньої уваги побудові уніфікованих систем управління нестационарними автоматизованими об'єктами. Ряд публікацій розглядає окремі випадки нестационарності та прикладні рішення, які обмежені вузькими рамками.

Сумісне використання методик із різних наукових галузей в кінцевому проміжку дозволяє створювати найкращі у своєму класі системи. Одним із основних способів описання автоматизованих систем на уніфікованій мові моделювання являється діаграма (граф) кінцевих автоматів. Цей формалізм довів ефективність та якість отриманих рішень на багатьох проектах за останні роки. Діаграма кінцевих автоматів описує управляєме програмою проходження деяких стадій функціонування технічної системи при настанні певних подій, або при виконанні деяких тригерів. Вона достатньо легко апаратно і програмно реалізується, що дозволяє знизити затрати на випуск серійної продукції.

Класична теорія автоматичного управління передбачає, що окремі канали управління можна описати диференціальними рівняннями, при цьому модель об'єкта незмінна на протязі тривалого часового періоду (1). Цей підхід не працює на складних реальних системах. Будь який об'єкт постійно змінюється, що підтверджується на практиці. Таким чином, в більшості систем управління обмежене і неефективне. Передбачається концепція ситуаційного динамічного управління для нестационарних систем з використанням прикладного інструментарію теорії графів та відомого формалізму кінцевого автомата. Найважливішим елементом даної концепції являється можливість і простота її апаратно-програмної реалізації. В основу роботи управляючого механізму закладається модифікація відомого, широко-використовуваного в області операційних систем алгоритму Round Robin, який використовується для планування задач в операційних системах, здебільшого багатозадачних. Пропонується модифікація даного алгоритму з використанням декількох аспектів обходу кінцевих автоматів, що не виділяється явно в класичному алгоритмі. Кінцеві автомати складаються з декількох рівнів, де внутрішні рівні описують фактори, які значною мірою впливають на нестационарність (клімат, якість сировини, і тд.), зовнішні рівні відносяться до менш суттєвих факторів. Слід відмітити, що фактори, які впливають на стаціонарність, відрізняються один від одного в різних системах. Для одних систем це може бути якість вхідної сировини, а для інших – температура зовнішнього середовища, а для третіх – все разом.

Розглянемо ефективний, широко-використовуваний в ІТ, принцип класифікації. Кожен фактор представляє собою відокремлення кінцевого автомата (внутрішня, зовнішня), де розподіл факторів відбувається за принципом значимості. Більшість окремих станів може відноситися до єдиної групи факторів, куди входить:

- Історія. Дані про функціонування системи, прецеденти та час вектор **H**.

- Матеріальні та інформаційні потоки **X**. Доцільно виділення великих груп по якості потоків, наприклад: погане, хороше, відмінне.

Найголовнішу вагомість представляє єдина та спільна схема уніфікації роботи управляючого механізму, яка повинна підтримувати виконання різних сценаріїв управління на одному пристрої. Така схема повинна бути з однієї сторони гнучкою, щоб вона дозволяла враховувати гібридні сценарії управління, з іншої – простою, щоб вона дозволяла різним комерційним фірмам реалізовувати готові прикладні рішення з мінімальною вартістю.

Розглянемо кінцевий автомат керуючого пристрою для сценарію, коли значний вплив на нестационарність об'єкта управління здійснює клімат. Інші

фактори при цьому відсутні. Таке припущення може бути логічним та справедливим для багатьох фізичних систем, характеристики яких суттєво змінюються при динаміці кліматичних умов. Необхідно відмітити, що на більшість реальних систем окрім кліматичних також діє комплекс інших факторів.

Припустимо, що необхідно використовувати варіативне управління для різних пір року, приклад кінцевого автомата зображено на (рис. 1):

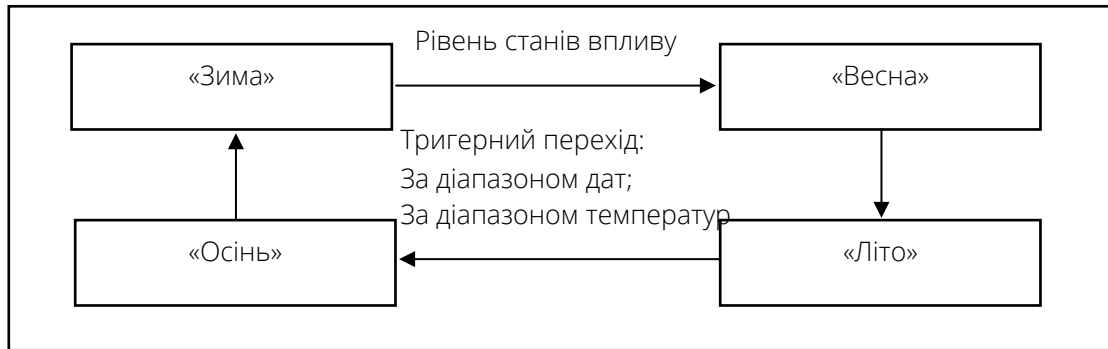


Рис. 1. Найпростіший кінцевий автомат одного фактору нестаціонарності

Представимо, що необхідно використати варіативне управління для двохфакторного сценарію, коли більш суттєвим фактором являється вплив клімату, а менш суттєвим – якість вхідних матеріальних потоків. Детальна класифікація матеріальних потоків призводить до додаткових затримок в процесі, тому вигідно використовувати зрощені групи якості. Простий приклад кінцевого автомата для двох факторного сценарію представлений на (Рис.2):

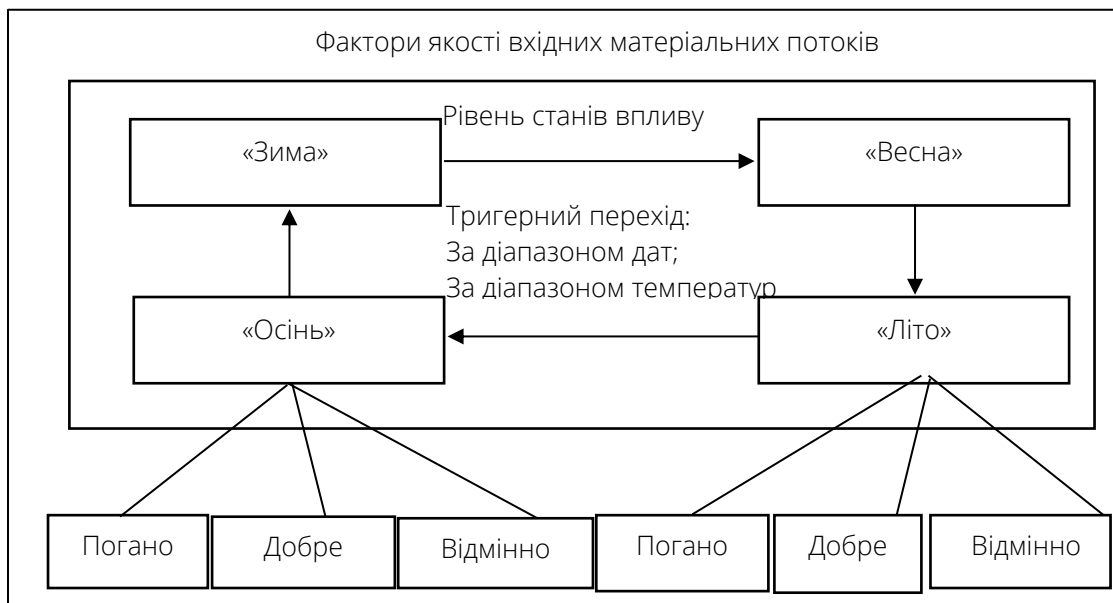


Рис. 2 Простий кінцевий автомат для двох факторів нестаціонарності

На (рис. 2) представлено граф станів приладу управління, де використовується ідентифікатори опису станів. Ідентифікатори станів впливу

описують пори року, ідентифікатори зовнішнього впливу описують якість вхідних матеріальних потоків. Із кожним станом асоціюється додаткова інформація, можливі декілька варіантів реалізації:

- Алгоритм управління, його параметри прив'язуються до конкретних вершин графа;
- Вершини графа асоціюються з таблицями нечіткої логіки «правило – дія» при виборі конкретного управління.

Запропонована система управління нестационарними об'єктами відрізняється від відомих розробок підходом до управління, коли алгоритм управління вибирається в залежності від ситуації. Ситуація описується підмножиною типових станів деякого багатовимірного вектору, якій в свою чергу може бути реалізованим у вигляді багатофакторного кінцевого автомата безпосередньо в управляючому пристрої. Це дозволяє міняти алгоритм управління у відповідності з динамічним сценарієм, який може бути досить складним для побудови органічно-інтелектуальних систем управління технологічними об'єктами. Таким чином, з'являється можливість опису цифрового портрета окремої ситуації для нестационарної системи, тобто інформаційного портрета для групи схожих ситуативних явищ, з вибором відповідного алгоритму управління.

Таким чином, робота запропонованої системи ґрунтується на еволюційному підході, коли еталонна модель об'єкта управління, отримана відомими методами ідентифікації на етапі початку експлуатації, може бути скоригована в майбутньому, з вибором відповідного управління. Запропонований підхід має перспективи практичного використання в умовах складних нестационарних технологічних систем. В додаток до запропонованої системи можуть реалізовуватися підсистеми ідентифікації, моніторингу та прогнозування, для уточнення моделі об'єкта управління а також для забезпечення подальших умов оптимального функціонування об'єкта.

В даній роботі було виконано аналіз проблеми управління складними нестационарними технологічними об'єктами. Запропоновано підхід до синтезу автоматизованих нестационарних систем управління на основі рівневої класифікації зовнішніх збурень та кінцевого автомата, який передбачає, що характеристики об'єкта управління в деяких кінцевих станах можуть сильно змінюватися. Знаючи ці стани, можна вибирати моменти, для переходу системи в інші стани. Таким чином реалізується варіативне управління для нестационарної системи при зміні факторів зовнішнього середовища.

#### **Список використаних джерел:**

- [1]. Маркін В. Є. (2006) Синтез алгоритмів і систем управління з варіативною структурою для об'єктів високого порядку. Ніка, 2006. №. Вилучено з: <https://cyberleninka.ru/article/n/sintez-algoritmov-i-sistem-upravleniya-s-peremennoy-strukturou-dlya-obektov-vysokogo-poryadka>
- [2]. Бобцов А.А. & Наговіцина А.Г. (2006) Адаптивне управління по виходу лінійними нестационарними об'єктами. Автоматика і телемеханіка, (12) 163-174.