

УДК 004:658.5:664.1

NETWORK STRUCTURES FOR MANAGING COMPLEX ORGANIZATIONAL-TECHNICAL (TECHNOLOGICAL) SYSTEMS

R. Boyko, S. Hrybkov*National University of Food Technologies*

Key words:

network structures,
decision support system,
fuzzy situational networks,
organizational and technical
(technological) systems

Article history:

Received 17.03.2019

Received in revised form
16.04.2019

Accepted 08.05.2019

Corresponding author:

sergio_nuft@i.ua

ABSTRACT

The article presents and substantiates the structure of the fuzzy situational network for the decision support system taking into account the weakly structured or unstructured problems and the lack of precise models for describing problem situations, improving the management efficiency of organizational and technological (technological) systems, for example, sugar mill operating on significant time intervals.

The structure of the fuzzy situational network provides an ability to describe the set of states of the control system in the form of nodes of the network and the ways of transition between it, which correspond to an effective management decisions. The structure uses clear states, which are considered as partial, but fuzzy as generalized. The states of the system are represented by sets of fuzzy values of the system's characteristics, which can be used for situation's analysis, and the fuzzy state describes at once and a certain set of possible distinct states.

The main purpose of the fuzzy situational network is to enable, in a limited set of situations, to analyze any state of the system and generate control strategies that translate the system from initial to final (aim), the fuzzy situational network is served in the form of a fuzzy oriented graph of transitions in reference fuzzy situations, and a set of management solutions that translate the system from one state to another (from one situation to another) is a management strategy. Then the strategy of management — the sequence of transitions between fuzzy situations in the situational network.

In the proposed structure of the fuzzy situational network, management solutions are evaluated through the assessment of the nodes to which it leads, collapsed in accordance with the chosen decision-making strategy.

The proposed structure of the fuzzy situational network as part of the decision support system allows, in the conditions of considerable uncertainty, characteristic of most real complex objects, to increase the efficiency of management of organizational and technical systems.

DOI: 10.24263/2225-2916-2019-25-17

МЕРЕЖЕВІ СТРУКТУРИ ПРИ КЕРУВАННІ СКЛАДНИМИ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИМИ (ТЕХНОЛОГІЧНИМИ) СИСТЕМАМИ

Р. О. Бойко, канд. техн. наук

С. В. Грибков, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

У статті запропоновано та обґрунтовано структуру нечіткої ситуаційної мережі для системи підтримки прийняття рішень з урахуванням слабкоструктурованих або неструктурованих проблем і відсутністю точних моделей для опису проблемних ситуацій підвищення ефективності керування організаційно-технічними (технологічними) системами на прикладі цукрового заводу, що працює на значних часових інтервалах.

Ключові слова: мережеві структури, система підтримки прийняття рішень, нечіткі ситуаційні мережі, організаційно-технічні (технологічні) системи.

Постановка проблеми. Одним із напрямів підвищення ефективності керування організаційно-технічними (технологічними) системами (ОТС) є створення систем підтримки прийняття рішень (СППР) з урахуванням слабо-структурованих або неструктурованих проблем і відсутністю точних моделей для опису проблемних ситуацій. Сучасні системи підтримки прийняття рішень є гібридом стаціонарних і web-орієнтованих інформаційних систем, систем управління баз та сховищ даних, систем інтелектуального аналізу даних, що максимально направлені до підтримки управлінської діяльності [1].

Використання продукційних правил, фреймових моделей, когнітивних карт потребує урахування:

- високих вимог до оперативності управління в умовах дефіциту часу;
- значної кількості факторів, які неможливо формалізувати в аналітичній формі;
- неповноти, неточності, нечіткості інформації для отримання ефективних рішень;
- якісного характеру опису ситуацій та управлінських рішень;
- змінюваних цілей управління;
- розвитку нештатних ситуацій тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У технічній літературі описано ряд методів, які реалізують ситуаційний підхід: формування штучної мови опису ситуацій і відношень між об'єктами, що призводить до громіздких конструкцій; представлення ситуацій у вигляді сукупності значень фіксованого набору ознак. Використовуються також класичні моделі — семантичні ситуаційні мережі, дискретні ситуаційні мережі, висновки на основі аналогій (прецедентів).

Достатньо розвиненим є підхід, коли використовується сукупність ситуаційних методів і нечіткої логіки (нечіткий ситуаційний підхід). В той же час для складних ОТС, насамперед для технологічних комплексів (ТК), необхідно не лише ідентифікувати ситуацію, а й привести її у відповідність множини ефективних рішень з керування й оцінити можливі напрями розвитку подій. Розвиток цього підходу відобразився в створенні нечітких ситуаційних мереж (НСМ), однак для цих мереж не розроблено способів зменшення розмірності простору

ознак, а в класичних постановках моделей «ситуація — дія» і «ситуація — стратегія керування — дія» недостатньо уваги приділяється оцінці застосування рішень.

Нечітка ситуаційна мережа — це структура, яка описує можливу сукупність станів системи керування у вигляді вузлів мережі та шляхів переходу між ними, які відповідають ефективним рішенням керування. Доцільно виділити деякі основні поняття: *стан системи* (набір нечітких значень характеристик системи, які можна використовувати для аналізу ситуацій; нечіткий стан описує одразу і деяку множину можливих чітких станів). При цьому чіткі стани розглядаються як частинні, а нечіткі — як узагальнені. Використовуються різні типи ситуаційних мереж, застосування яких визначається особливостями предметної області (складністю структури, складом характеристик, особливостями рішень управління) та вимогами до мережі як складової частини, системи підтримки прийняття рішень.

У загальному випадку для побудови НСМ необхідно визначити еталонні ситуації як групи узагальнених станів, які об'єднуються набором системних характеристик для отримання рішень. Еталонні ситуації узагальнюють близькі стани системи, які характерні для різних типових ситуацій прийняття рішення. Варто зауважити, що при описі еталонних ситуацій використовують лінгвістичні змінні, які утворюють множину ситуаційних ознак.

Узагальнений стан, який збігається за набором системних характеристик і форматом представлення з еталонними ситуаціями, які є в мережі, подається для порівняння з еталонними ситуаціями та утворює вхідну ситуацію. В деяких випадках [2] розглядаються мережі, в яких вузлами є узагальнені стани, які збігаються за форматом з еталонними ситуаціями. Це ускладнює можливості збігу еталонних ситуацій та узагальненого стану.

Метою дослідження є розробка та використання такого типу мереж, у яких еталонні ситуації та вузли відрізняються за форматом з урахуванням усіх зазначених.

Матеріали і методи. Під час дослідження використано методи теоретичного узагальнення, наукової індукції та дедукції, математичного та структурного аналізів, праці зарубіжних і вітчизняних вчених, у яких вивчаються особливості використання нечітких ситуаційних мереж для системи підтримки прийняття рішень.

Результати досліджень. У технічній літературі використовують таку класифікацію мереж щодо форматів еталонних ситуацій і вузлів мереж [3]:

1. Явні мережі (мережі ситуацій) та непрямі, посередні (мережі станів). В явних мережах як вузли використовуються еталонні ситуації. В посередніх мережах (мережах станів) як вузли використовуються узагальнені стани, які не збігаються з еталонними ситуаціями за складом або способом представлення системних характеристик.

2. Статичні та динамічні мережі. Статична мережа — це граф для визначення значень системних характеристик, початкових даних для конкретної задачі прийняття рішень. При побудові динамічної мережі використовується частина графової структури, початковим вузлом якої є вузол, який асоціюється з вхідними даними.

3. Ситуаційні мережі з жорстким та гнучким способами отримання значень ситуаційних ознак (за способом адаптації). Мережі з жорстким способом отримання ситуаційних ознак базуються на незмінному списку об'єктів та їх харак-

теристик, тобто структура систем не змінюється. В мережах з гнучким способом отримання значень ситуаційних ознак адаптація існуючої мережі до нових умов не змінює існуючу структуру груп еталонних ситуацій

4. Мережі з повністю керованими переходами та ймовірнісні (стохастичні) мережі. У ймовірнісних (стохастичних) мережах у переходах, крім керованої, наявна також випадкова складова, а результати застосування керувальних рішень мають подійний характер.

5. Прості (неієрархічні) та ієрархічні мережі. Ієрархічні мережі залежно від числа ситуаційних груп верхнього рівня поділяють на: одноаспектні (керувальні рішення асоціюються з однією групою еталонних ситуацій верхнього рівня ієрархії, при цьому результати аналізу груп нижнього рівня використовуються групами верхнього рівня) та багатоаспектні (керувальні рішення асоціюються з кількома ситуаційними групами верхнього рівня ієрархії, ефективно використовуються, коли можна виділити відносно незалежні аспекти функціонування керованої системи).

Основні вимоги до побудови НСМ формуються, виходячи з жорсткого списку рішень, які повинні оперативно прийматись при управлінні ОТС. При організації підсистем підтримки прийняття рішень враховуються такі властивості задачі:

- наявність типових сценаріїв розвитку ситуацій;
- можливість опису типових ситуацій прийняття рішень у вигляді подій обстановки;
- якісний характер описів подій;
- можливості нечіткого ситуаційного підходу.

Практично неможливо передбачити всі типові ситуації при прийнятті рішень і відобразити їх у вигляді структури статичної НСМ, саме це призводить до необхідності використання динамічної НСМ. Не існує адекватних механізмів взаємного відображення типових ситуацій на прийняття рішень, тому частіше використовується непряма мережа з розділенням вузлів мережі та набору еталонних ситуацій.

Необхідно враховувати також ряд інших особливостей задач прийняття рішень: залежність ситуацій від поведінки суміжних об'єктів (систем) й унікальність конкретних умов розв'язання задач; наявність невизначеностей і необхідність урахування наслідків рішень тощо.

Тож для оперативного управління ТК в класі ОТС необхідно створити найбільш досконалу ситуаційну мережу: нечітку, непряму, динамічну, ймовірнісну з використанням багатoverшинної ієрархії еталонних ситуацій.

Ситуація розглядається як набір ознак, які описують стан об'єкта в певний момент часу. Всі можливі стани об'єкта описуються набором типових ситуацій, кожна з яких є сукупністю лінгвістичних значень ознак.

Головне призначення нечіткої ситуаційної мережі полягає у можливості на обмеженому наборі ситуацій аналізувати будь-які стани системи та генерувати керувальні стратегії, які переводять систему з початкового стану в кінцевий (цільовий). Фактично нечітка ситуаційна мережа подається у вигляді нечіткого орієнтованого графа переходів за еталонними нечіткими ситуаціями, а набір керувальних рішень, які переводять систему з одного стану в інший (з однієї ситуації в іншу), є стратегією керування. Тоді стратегія керування — послідовність переходів між нечіткими ситуаціями в ситуаційній мережі. Перехід

здійснюється на основі, як правило, нечіткої продукційної моделі або безпосередньо у мережі.

Задача ситуаційного управління формалізується так:

$$S_0 \xrightarrow{R^*, S} S^*, \quad (1)$$

де: S_0 — поточний стан, S^* — кінцевий (цільовий) стан, $R^* = \{R_j\}$ — послідовність керувальних рішень (керувальної стратегії), які застосовуються на основі нечіткої ситуаційної мережі S . Послідовність R^* визначається як відношення суми переваг $\{R_j\}$ дуг, які входять у маршрут на графі мережі, до кількості дуг.

У загальному випадку задача нечіткого ситуаційного керування передбачає виконання етапів:

- формалізації типових (еталонних) нечітких ситуацій;
- побудови нечіткої ситуаційної мережі;
- вибору міри близькості нечітких ситуацій;
- побудови, при необхідності, матриці керувальних рішень;
- визначення степені переваг керувальних дій;
- реалізації алгоритму стратегії управління.

Застосування ситуаційного управління для різних підсистем потребує аналізу ситуацій з різними наборами факторів (ознак), тому використовується ієрархічна структура, яка об'єднує нечіткі ситуаційні мережі для керування підсистемами [4].

Нечітка ситуаційна мережа S подається у вигляді трьох рівнів. На ситуаційному рівні відображаються типи можливих ситуацій $\{S^1, \dots, S^k\}$, кожен з яких характеризується певним набором чинників (ознак) $\{y_1, \dots, y_m\}$.

На мережевому рівні розташовуються графічні зображення нечітких ситуаційних мереж. Види ситуацій зображуються колами, які з'єднанні стрілками, вага яких показує ступінь нечіткого включення однієї типової нечіткої ситуації в іншу. Рівень чинників вказує той набір чинників, який визначає тип нечітких ситуацій. Стрілками показується належність підмножини ознак до типів ситуацій.

На прикладі випарної установки ТК цукрового заводу виділимо такі нечіткі ситуації:

S^I — низький вміст сухих речовин у сиропі;

S^{II} — підвищений вміст сухих речовин у сиропі;

S^{III} — підвищене забарвлення сиропу.

На рис. 1 показані лише типові нечіткі ситуації S^I та S^{III} . Для простоти графічного зображення обрано лише дві лінгвістичні змінні для ситуацій:

1-й рівень: S_{11} — суттєве зниження вмісту сухих речовин у сиропі; S_{12} — мале зниження вмісту сухих речовин у сиропі — $CP_{\text{сир}}$;

2-й рівень: S_{21} , S_{22} — суттєве та мале зниження тиску гріючої пари першого корпусу (P_{I1});

3-й рівень: S_{31} , S_{32} — суттєве та мале зниження температури в корпусах, крім останнього (Т);

4-й рівень: S_{41} , S_{42} — суттєве та незначне відхилення від графіку роботи вакуум-апаратів (ВА);

5-й рівень: S_{51} , S_{52} — суттєве та мале відхилення від оптимальних значень рівнів за корпусами (Н);

6-й рівень: S_{61} , S_{62} — суттєве та незначне зниження вмісту сухих речовин у соку, який поступає на перший корпус ($CP_{сик}$);

7-й рівень: S_{71} , S_{72} — незначне відхилення від норми, норма (CP).

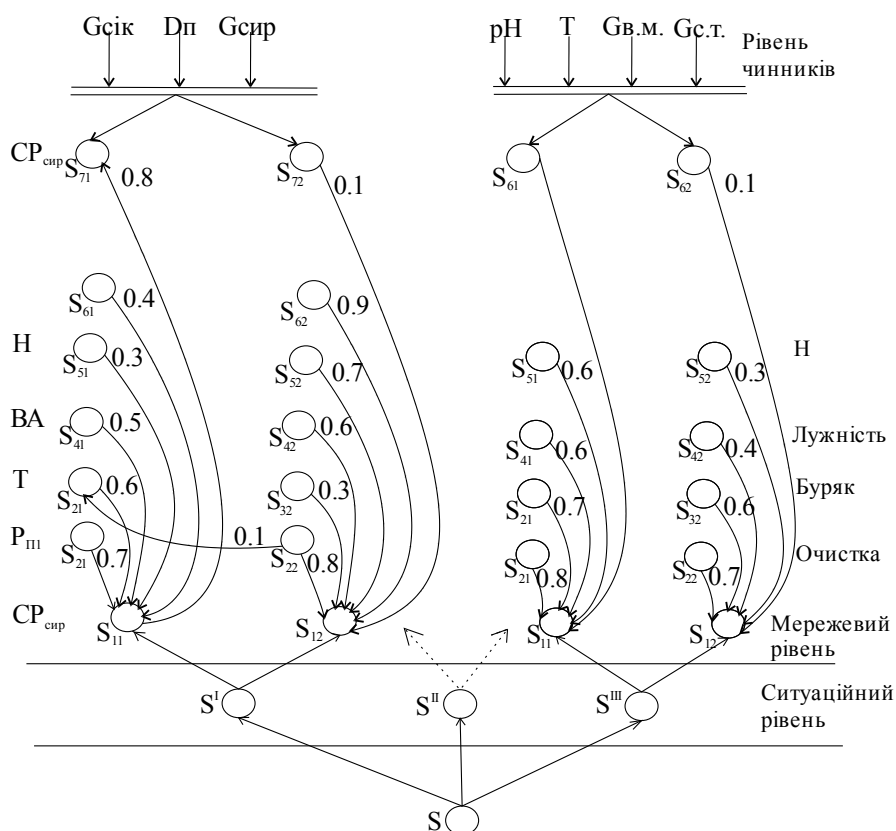


Рис. 1. Ієрархічна нечітка ситуаційна мережа

Для нечітких типових ситуацій типу S^{III} визначені такі лінгвістичні змінні:

1-й рівень: S_{11} , S_{12} — суттєве та незначне відхилення забарвлення соку;

2-й рівень: S_{21} , S_{22} — суттєве та незначне відхилення від оптимального режиму на станціях сокодобування та очистки (Очистка);

3-й рівень: S_{31} , S_{32} — суттєве та незначне зниження якості буряків (Буряк);

4-й рівень: S_{41} , S_{42} — суттєве та незначне підвищення лужності соку (Лужність);

5-й рівень: S_{51} , S_{52} — суттєве та незначне зниження рівня соку за корпусами (Н);

6-й рівень: S_{61} , S_{62} — незначне відхилення від норми, норма (Забарв.).

На типові нечіткі ситуації найбільший вплив мають такі чинники, які виконуються і як керувальні дії: $G_{\text{сік}}$ — витрата соку на установку та між корпусами; $G_{\text{сир}}$ — витрата сиропу, D_n — витрата граючої пари. Наведені графічні структури дають наочне уявлення про ситуації на об'єкті та можливості досягнення кінцевої мети.

Виконання дії може зайняти декілька кроків, протягом яких функція результату буде визначати значення атрибутів об'єктів, для чого вводиться час початку дій t_0 відносно певного об'єкта первинного типу як параметра функції результату. Відповідно для обчислення функції результату потрібно знати час розрахунку значення результату t_r , тобто необхідно зняти інтервал часу $t' = t_r - t_0$. Можуть виникнути такі варіанти:

- дія не може бути перервана (транзактна дія), має кінцевий термін виконання $nt > 1$ (більше одного кроку), який не завершено $t < t_0 + nt$. Тоді для часу t не проводиться ідентифікація ситуацій групи S^v в контексті об'єкта o_j^v , а у всіх породних варіантах $Vres(\bar{U}^t)$ не залежно від об'єкта, який розглядається, вказується один і той же варіант $Res_{G_{vj}}$ однієї і тієї ж дії $ags_{K_{vj}}^v$, причому ймовірність такого варіанта — вироджена одинична нечітка ймовірність $Pr ob^E = \{1/1\}$;

- дія завершена $t \geq t_0 + nt$. Тоді ідентифікація ситуації групи S^v відносно об'єкта, формування для нього списку дозволених дій та використання його при побудові породних варіантів відбувається звичайним шляхом, а можливість переривання дії не має значення;

- дія не завершена $t < t_0 + nt$ (у загальному випадку для дій, які перериваються, час nt може не обмежуватись), може перериватись. Звичайним порядком формується список дозволених дій, а при підтвердженні продовження виконання дій породні варіанти формуються, як у 1-му випадку. Якщо ж виникає необхідність застосування іншої дії, то формування цієї дії здійснюється, як у 2-му випадку.

За допомогою моделі оцінки станів керованої системи оцінюються вузли верхнього шару мережі. Керувальні рішення оцінюються через оцінки вузлів, до яких вони призводять, згорнуті відповідно до обраної стратегії оцінки рішень. Варіантами стратегій можуть бути такі:

- песимістична, коли рішення оцінюється за найгіршою з оцінок вузлів, до яких воно приводить;
- оптимістична — за найкращою оцінкою;
- зменшення ризику, коли рішення оцінюється за сумою нечітких ймовірностей переходу до вузлів результату з оцінкою нижчою за порогову;
- підвищення ймовірності виграшу: рішення оцінюється за сумою нечітких ймовірностей переходу до вузлів результату з оцінкою вищою за порогову;
- зважена, яка усереднює оцінки результатів згідно з їх імовірностями (аналог математичного сподівання).

Максимальні оцінки керувальних рішень, які є вихідними з кожного вузла, це — аргументи для оцінки переходів нижнього рівня. Після визначення пере-

ходів з кореневого вузла, конструюється піддерево висновку (виведення), де для кожного вузла обирається груповий перехід з максимальною оцінкою. Довільний підграф виведення оцінюється за відхиленням оцінок обраних переходів від максимальних. Коли є можливість побудови двох піддерев виведення з однаковою оцінкою, вводяться додаткові критерії [5].

Висновки. За результатами проведених досліджень обґрунтовано використання нечіткої ситуаційної мережі для системи підтримки прийняття рішень, що орієнтовані на ТК неперервного типу, зокрема цукрового заводу, що працює на значних часових інтервалах.

Запропонована у статті нечітка ситуаційна мережа може бути використана в базі даних та знань при формуванні структури системи підтримки прийняття рішень для управління та контролю різними режимами функціонування, що може бути корисним для систем керування складними об'єктами різної природи ієрархічної структури.

ЛІТЕРАТУРА

1. Грибков С. В. Web-орієнтована система підтримки прийняття рішень при плануванні виконання договорів / С. В. Грибков, Г. В. Олійник, В. А. Литвинов // Східно-європейський журнал передових технологій. — 2018. — V 3, № 2(93). — С. 13—24.
2. Мелихов А. Н. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой / А. Н. Мелихов, Л. С. Бернштейн, С. Л. Коровин — М.: Наука, 1990. — 272 с.
3. Борисов В. В. Реализация ситуационного подхода на основе нечеткой иерархической ситуационно-событийной сети / В. В. Борисов, М. М. Зернов // Искусственный интеллект и принятие решений. — 2009. — № 1. — С. 17—30.
4. Ладанюк (Бойко) Р. О. Інформаційна корпоративна система оцінки ефективності цукрового виробництва / Р. О. Ладанюк (Бойко), Л. Г. Загоровська // Восточно-европейский журнал передовых технологий. — 2010. — № 1/4(43). — С. 49—51.
5. Ладанюк А. П. Системна задача координації в технологічних комплексах неперервного типу / А. П. Ладанюк, Д. А. Шумигай, Р. О. Бойко // Збірник наукових праць. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація, вип. 25, частина I — Кіровоград: КНТУ, 2012. — С. 288—294.

СЕТЕВЫЕ СТРУКТУРЫ ПРИ УПРАВЛЕНИИ СЛОЖНЫМИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИМИ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ) СИСТЕМАМИ

Р. О. Бойко, С. В. Грибков

Национальный университет пищевых технологий

В статье предложена и обоснована структура нечеткой ситуационной сети для системы поддержки принятия решений с учетом слабоструктурированных или неструктурированных проблем и отсутствия точных моделей для описания проблемных ситуаций повышения эффективности управления организационно-техническими (технологическими) системами на примере сахарного завода, который работает на достаточных часовых интервалах.

Ключевые слова: *сетевые структуры, система поддержки принятия решения, нечеткие ситуационные сети, организационно—технические (технологические) системы.*