

**Висновки.**

Растворення кислого в ніобії та танталі сприяє подавленню деградаційного процесу, пов'язаного з відновленням аморфного оксиду базовим металом. Це обумовлено зменшенням градієнта хімічного потенціалу кислого та підвищенням енергетичного бар'єра для кислого на границі  $Me/a - Me_2O_5$ . Одночасно з цим інтенсифікуються деградаційні процеси, пов'язані з кристалізацією аморфної фази. Отримані результати дають підставу на введення в технологію операції контролюваного легування структури кислого.

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:**

1. *Reliability Handbook [Електронний ресурс] /Toshiba Memory Corporation July 2018. - Режим доступу: <https://business.toshiba-memory.com/content/dam/.../reliability-handbook-tmc-en.pdf>.*
2. Moon B. K. *Insulating properties of tantalum pentoxide capacitor films obtained by annealing in dry ozone // Journal of Applied Physics, 1999. <https://doi.org/10.1063/1.369339>*
3. Акимов Г.В. *Електрохімічні захисні плівки / Г.В. Акимов, Е.Н. Палеолог // ДАН СССР.,1946. -Т.51. -№4. -с. 291 – 295.*

УДК 658.512

## МОДЕЛЬ ВИБОРУ SCADA-СИСТЕМ В УМОВАХ НЕЧІТКОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Д.т.н. Ю.А. Петренко, к.т.н. О.С. Кононихін, к.т.н. О.І. Богатов, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

*У статті розроблено модель вибору SCADA-систем, яка дозволяє вибрати ефективно програмне забезпечення для систем автоматизації по заданим критеріям в умовах нечіткої інформації.*

*В статті розроблена модель вибору SCADA-систем, которая позволяет выбрать эффективное программное обеспечение для систем автоматизации по заданным критериям в условиях нечеткой информации.*

*The article is elaborated selection model of SCADA-systems, which allows selecting of effective software for automation systems based on specified criteria in a fuzzy information conditions.*

**Ключові слова:** часткові критерії, надійність, масштабність, нечітка інформація, SCADA-системи, метод аналізу ієрархії

**Вступ.**

Сучасна АСУТП (автоматизована система управління технологічним процесом) являє собою багаторівневу людино-машинну систему управління. Створення АСУ складними технологічними процесами здійснюється з використанням автоматичних інформаційних систем збору даних та обчислювальних комплексів, які постійно вдосконалюються.

Тут важливо зробити акцент на слові "автоматизована". Під цим мається на увазі, що система управління аж ніяк не повністю автономна (самостійна), і потрібна участь людини (оператора) для реалізації певних

4. Одынец Л.Л. *Дефекты в анодных окисных пленках на тантале / Л.Л. Одынец, С.С. Чекмасова // Электронная техника. Вып.6 (9), 1976.- с. 29 – 33.*

5. Nicollian E. H. *MOS (Metal Oxide Semiconductor) Physics and Technology/ E.H. Nicollian and J. R.// Brews Publisher John Wiley & Sons, Somerset, New Jersey, 1982. – 906 p.*

6. Гурич В.Н. *Кристаллізація аморфних оксидних плінок на поверхності Me (O) //Вестник Международного Славянского Университета.- Серия: «Технические Науки». - том XII.- №1, 2009.- с. 65–68.*

7. Schroeder D. *Physical explanation of the barrier height temperature dependence in metal-oxide-semiconductor leakage current models / Dietmar Schroeder, Alejandro Avellan// Applied Physics Letters. – June 2003.– 82(25) - P.4510-4512.- DOI: 10.1063/1.1587256*

8. Klein G.R. *Elektron ingaction into anodic tantalum oxide assisted by ionic interfase polarization / G.R.Klein, N.J. Jaeger //G.Electrochem. Soc. -1970/ Vol.117. -No.12. – P.1483 – 1494.*

9. Кулибаєва Ж.К. *Аналіз отказов и надежности полупроводниковых приборов и интегральных микросхем //Молодой ученый, 2014. – №8.1. – с. 13–16.*

10. *Мікросистемна техніка та нанотехнології: монографія / І.Ш. Невлюдов., В.А. Палагін. Київ: НАУ, 2017. – 528 с.*

завдань. Вираз "пустив і забув" для таких систем не підходить. Навпаки, системи автоматичного управління (АСУ) призначені для роботи без будь-якого контролю з боку людини і повністю автономні. Дуже важливо розуміти цю принципову різницю між АСУ і САУ.

У зарубіжній літературі можна зустріти досить цікаву класифікацію АСУ ТП, у відповідність з якою все АСУ ТП діляться на три глобальні класи [1].

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). На українську мову цей термін можна перекласти як "система телемеханіки", "система телеметрії" або "система диспетчерського управління". Останнє визначення найточніше відображає сутність і призначення системи - контроль і моніторинг об'єктів за участю диспетчера.

Термін SCADA часто використовується у більш вузькому сенсі: багато хто так називають програмний пакет візуалізації технологічного процесу. Проте в даному розділі під словом SCADA ми будемо розуміти цілий клас систем управління.

Застосування SCADA-технологій дозволяє досягти високого рівня автоматизації у вирішенні завдань розробки систем управління, збору, обробки, передачі, зберігання та відображення інформації.

Основними сферами застосування систем диспетчерського управління (за даними зарубіжних джерел), являються [2, 3]:

– управління передачею і розподілом електроенергії;

- промислове виробництво;
- виробництво електроенергії;
- водозабір, водоочистка і водорозподіл;
- здобич, транспортування і розподіл нафти і газу;
- управління космічними об'єктами;
- управління на транспорті (усі види транспорту : авіа, метро, залізничний, автомобільний, водний);
- телекомунікації;
- військова область.

Нині в розвинених зарубіжних країнах спостерігається справжній підйом по впровадженню нових і модернізації існуючих автоматизованих систем управління в різних галузях економіки; у переважній більшості випадків ці системи будуються за принципом диспетчерського управління і збору даних. Характерно, що в індустріальній сфері (у оброблювальній і добувній промисловості, енергетиці та ін.) найчастіше згадуються саме модернізації існуючих виробництв SCADA - системами нового покоління. Ефект від впровадження нової системи управління обчислюється, залежно від типу підприємства, від сотень тисяч до мільйонів доларів в рік. Велика увага приділяється модернізації виробництв, що є екологічною небезпекою для довкілля (хімічні і ядерні підприємства), а також що грають ключову роль в життєзабезпеченні населених пунктів (водопровід, каналізація і ін.). З початку 90-х років в США почалися інтенсивні дослідження і розробки в області створення автоматизованих систем управління наземним (автомобільним) транспортом ATMS (Advanced Traffic Management System).

#### Обґрунтування методу вибору SCADA-систем в умовах нечіткої інформації.

При впровадженні SCADA-систем на початковому етапі виникає умова невизначеності інформації. В таких умовах одним із способів прийняття рішення є методи засновані на використанні нечіткої математики.

Математична теорія нечітких множин (fuzzy sets) і нечітка логіка (fuzzy logic) є узагальненнями класичної теорії множин і класичної формальної логіки. [4]

Основною причиною появи цієї теорії стала наявність нечітких і наближених міркувань при описі людиною процесів, систем, об'єктів.

Перш ніж нечіткий підхід до моделювання складних систем отримав визнання у всьому світі, пройшло не одне десятиліття з моменту зародження теорії нечітких множин. І на цьому шляху розвитку нечітких систем прийнято виділяти три періоди. Перший період (кінець 60-х-початок 70рр..) характеризується розвитком теоретичного апарату нечітких множин (Л. Заде, Е. Мамдані, Беллман) [4]. У другому періоді (70-80-і роки) з'являються перші практичні результати в області нечіткого управління складними технічними системами (парогенератор з нечітким керуванням). Одночасно стало приділятися увага питанням побудови експертних систем, побудованих на нечіткій логіці, розробці нечітких контролерів. Нечіткі експертні системи для підтримки прийняття рішень знаходять широке застосування в медицині та економіці. Нарешті, в третьому періоді, який триває з кінця 80-х років і триває в даний час, з'являються

пакети програм для побудови нечітких експертних систем, а області застосування нечіткої логіки помітно розширюються.[4-7]. Вона застосовується в автомобільній, аерокосмічній і транспортній промисловості, в області виробів побутової техніки, у сфері фінансів, аналізу і прийняття управлінських рішень та багатьох інших.

Розглянемо завдання вибору альтернативи  $X$  з даної її множини [7,8].

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}. \quad (1)$$

Якщо цей вибір здійснюється на основі ступеня відповідності альтернатив певної сукупності вимог, визначених системою  $m$  різних критеріїв  $k_1, k_2, \dots, k_m$ .

У такому разі кожним критерієм  $k_i$  може бути поставлено у відповідність нечітка множина [7,8].

$$A_{k_i} = \{\mu_{k_i}(x_1), \mu_{k_i}(x_2), \dots, \mu_{k_i}(x_n)\}. \quad (2)$$

Тут величина  $\mu_{k_i}(x_j) \in [0,1]$  і являє собою оцінку альтернативи  $x_j$  по критерію  $k_i$

Вирішальне правило  $R$  вибору найкращої альтернативи може бути представлене як знаходження перетину відповідних нечітких множин [7,8].

$$R = A_{k_1} \cap A_{k_2} \cap \dots \cap A_{k_m}, \quad (3)$$

$$\mu_{A_R}(x_j) = \min_{i=1, n} (\mu_{A_{k_i}}(x_j)), \quad j = \overline{1, n}. \quad (4)$$

Таким чином, в якості найкращої повинна бути обрана та з альтернатив  $x_j^*$ , для якої значення функції належності  $\mu_D(x_j)$  виявиться максимальним. Тобто

$$\mu_D(x_j^*) = \max_{j=1, n} (\mu_{A_R}(x_j)). \quad (5)$$

У випадку різної важливості критеріїв вирішальне правило  $R$  вибору найкращої альтернативи має вигляд

$$R = A_{k_1}^{\lambda_1} \cap A_{k_2}^{\lambda_2} \cap \dots \cap A_{k_m}^{\lambda_m}. \quad (6)$$

$$i = \overline{1, m} \quad \text{і} \quad \sum_{i=1}^m \lambda_i = 1. \quad (7)$$

#### Мета статті та вибір критеріїв оцінки SCADA-системи.

Метою статті є підвищення ефективності вибору SCADA-системи для систем автоматизації по заданим критеріям в умовах нечіткої інформації.

SCADA-системи, передусім, призначені для отримання і візуалізації інформації від програмованих логічних контролерів (ПЛК), плат введення-виводу інформації, розподілених систем управління. Розробка на їх основі комплексних, добре інтегрованих інструментальних засобів, що забезпечують взаємодію

лабораторного устаткування різної міри складності в автоматизованому режимі, дозволяє реалізувати на практиці основні концепції використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій в освітньому процесі. Розглянемо основні можливості і характеристики сучасних SCADA -систем.

Функціональні можливості:

1.Розробка архітектури усієї системи автоматизації (на цьому етапі визначається функціональне призначення кожного вузла системи автоматизації).

2.Вирішення питань, пов'язаних з можливою підтримкою розподіленої архітектури, необхідністю вступу вузлів з гарячим резервуванням і тому подібне.

3.Створення прикладної системи управління для кожного вузла, де фахівець в області процесів, що автоматизуються, наповнює вузли архітектури алгоритмами, сукупність яких дозволяє вирішувати завдання автоматизації.

4.Приведення параметрів прикладної системи у відповідність з інформацією, якою обмінюються пристрої нижнього рівня (ПЛС, АЦП, ЦАП) із зовнішнім світом (датчиками температури, тиски та ін.).

5.Тестування створеної прикладної програми в режимі емуляції і реальному режимі.

Технічні характеристики:

1.Програмно-апаратні платформи. Аналіз переліку таких платформ потрібний, оскільки від нього залежить поширення SCADA-системи на наявні обчислювальні засоби, а також оцінювання вартості її експлуатації. Переважна більшість SCADA-систем реалізоване на MS Windows -платформах (Windows NT).

2.Наявні засоби мережевої підтримки. Для ефективного функціонування системи автоматизації розподілених об'єктів SCADA-система повинна забезпечувати високий рівень мережевого сервісу. Потрібна підтримка мережевих середовищ з використанням стандартних протоколів (Netbios, TCP/IP та ін.), а також найбільш популярних мережевих стандартів з класу промислових інтерфейсів (Profibus, Canbus, LON, Modbus і так далі).

3.Вбудовані командні мови. Більшість SCADA -систем мають вбудовані мови високого рівня, Basic -подібні мови, для створення фрагментів алгоритму, необхідних в рішенні задачі управління.

4.Підтримувані БД. Практично в усіх SCADA -системах здійснена підтримка SQL -синтаксиса, не залежного від типу БД, що дозволяє створювати незалежні програми для аналізу інформації і використовувати вже наявне ПО, орієнтоване на обробку даних.

5.Графічні можливості. Функціонально графічні інтерфейси SCADA -систем дуже схожі. У кожній з них існує графічний об'єктно-орієнтований редактор з певним набором анімаційних функцій. Використовувана векторна графіка дає можливість здійснювати широкий набір операцій над вибраним об'єктом, а також швидко оновлювати зображення на екрані засобами анімації. Украй важливе питання про підтримку в даних системах стандартних функцій GUI (Graphic Users Interface). Оскільки більшість даних SCADA -систем працює під

управлінням Windows, це і визначає тип використовуваного GUI.

Експлуатаційні характеристики:

1.Зручність використання. Сервіс, що надається SCADA -системами на етапі розробки ППО, зазвичай дуже розвинений. Майже усі вони мають Windows -подібний призначений для користувача інтерфейс, що багато в чому підвищує зручність їх використання, як в процесі розробки, так і в період експлуатації прикладного завдання.

2.Наявність і якість підтримки. Можливі наступні рівні підтримки: послуги фірми-розробника, обслуговування регіональними представниками фірми-розробника, взаємодія з системними інтеграторами, русифікація програм і документації, гаряча лінія і рішення проблем, пов'язаних з індивідуальними вимогами замовника та ін.

Для вибору виду SCADA, яка буде використовуватися для роботи, необхідно провести оцінку їх ефективності за сукупністю основних критеріїв. Критерії можуть бути як кількісні, так і якісні [9-11]. Для формалізації моделі вибору виду SCADA введемо наступні позначення. Кожен вид SCADA характеризується рядом показників:

$K_i$  – якість документації.

По-перше, зміст реквізитів документації відповідає вимогам державних стандартів, по-друге, зміст текстів відповідає цільовим призначенням і, по-третє, вся документація відповідає реальній дійсності, бездоганно з політичної і юридичної точок зору, а також професійно грамотно, повно, чітко і ясно воно викладено.

$T_i$  – технічна підтримка.

Компанія повністю бере на себе зобов'язання з організації технічної підтримки обладнання на торгових точках партнерів.

$N_i$  – надійність.

Надійність є одним з найбільш важливих показників сучасної техніки. Від неї залежать такі показники як якість, ефективність, безпечність, ризик, готовність. Техніка може бути ефективною лише при умові, якщо вона має високу надійність.

Надійністю називається властивість технічного об'єкту зберігати свої характеристики (параметри) у визначених межах при даних умовах експлуатації.

$M_i$  – масштабність – це засіб архітектурної композиції, що визначає співвідношення розмірів споруди і його частин, деталей з розмірами людини і навколишнім середовищем.

$O_i$  – відкритість систем.

У широкому значенні відкритою системою може бути названа будь-яка система (комп'ютер, обчислювальна мережа, ОС, програмний пакет, інші апаратні і програмні продукти), яка побудована відповідно до відкритих специфікацій.

$C_i$  – ціна – це фундаментальна економічна категорія, яка означає кількість грошей, за яку продавець згоден продати, а покупець готовий купити одиницю товару. Ціна певної кількості товару складає його вартість, тому правомірно говорити про ціну як грошову вартість одиниці товару.

**Розробка математичної моделі вибору SCADA-систем в умовах нечіткої інформації.**

Деякі з наведених показників визначаються якісно, тому їх слід задати лінгвістичними змінними і надалі використовувати апарат нечіткої математики. Математична модель має наступний вигляд.

Розглянемо задачу вибору альтернативи з даного їх множини.

$$Sc = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}. \quad (8)$$

Якщо цей вибір здійснюється на основі ступеня відповідності альтернатив деякої сукупності вимог, що визначаються системою  $m$  різних критеріїв.  $k_1, k_2, \dots, k_m$

В такому випадку кожному критерію може бути поставлено у відповідність нечітка множина.

$$Sc_i = \{\mu_{k_i}(S_1), \mu_{k_i}(S_2), \dots, \mu_{k_i}(S_n)\}. \quad (9)$$

Тут величина  $\mu_{k_i}(S_j) \in [0,1]$  і являє собою оцінку альтернативи  $S_j$  за критерієм  $k_i$ . Іншими словами, вона виступає характеристикою ступеня її відповідності вимозі, що визначається аналізованим критерієм  $k_i$ .

Видається цілком природним, що рішенням вихідної задачі буде така альтернатива  $S$ , яка найбільшою мірою задовольняє вимогам всієї сукупності критеріїв.

Звідси випливає, що вирішальне правило  $D$  вибору найкращої альтернативи може бути представлено як знаходження перетину відповідних нечітких множин:

$$D = M_{k_1} \cap M_{k_2} \cap \dots \cap M_{k_m}. \quad (10)$$

Відповідно до визначення операції перетину нечітких множин функція приналежності шуканого рішення знаходиться як

$$\mu_{Sc_D}(S_j) = \min_{i=1, n} (\mu_{Sc_{k_i}}(S_j)), j = \overline{1, n}. \quad (11)$$

Таким чином, в якості найкращої повинна бути обрана та з альтернатив,  $S_j^*$  для якої значення функції приналежності  $\mu_d(S_j)$  виявиться максимальним. Тобто

$$\mu_d(S_j^*) = \max_{j=1, n} (\mu_{Sc_D}(S_j)). \quad (12)$$

Саме ця альтернатива і є рішенням вихідної задачі, оскільки вона найбільшою мірою задовольняє вимогам всієї сукупності розглянутих критеріїв.

Відзначимо, що в розглянутій задачі всі критерії  $k_i$  за замовчуванням передбачалися рівноправними, тобто мають однакову важливість. Однак у практиці прийняття рішень нерідко зустрічаються ситуації, коли потрібно вирішувати багатокритеріальну оптимізаційну задачу в умовах різної важливості критеріїв досягнення максимуму цільової функцією.

У подібних випадках кожному критерієм  $k_i$ , доцільно поставити у відповідність деякий ваговий коефіцієнт  $\lambda \geq 0$ , причому

$$i = \overline{1, m} \quad \text{і} \quad \sum_{i=1}^m \lambda_i = 1. \quad (13)$$

Природно, чим більшою є важливість критерію, тим більше значення приписується його вагового коефіцієнту. З урахуванням цього вирішальне правило  $R$  вибору найкращої альтернативи в умовах багатокритеріальної задачі з нерівнозначними критеріями  $k_i$ , які мають вагові коефіцієнти  $\lambda_i$ , використовує процедуру знаходження перетину нечітких множин

$$D = Sc_{k_1}^{\lambda_1} \cap Sc_{k_2}^{\lambda_2} \cap \dots \cap Sc_{k_m}^{\lambda_m}. \quad (14)$$

Значення самих вагових коефіцієнтів визначаються на основі стандартної процедури попарного порівняння критеріїв.

**Приклад вирішення задач вибору альтернатив SCADA-систем.**

Завдання полягає у виборі альтернатив SCADA-систем. Множина альтернатив  $Sc$  утворюють п'ять SCADA-систем:  $Sc = \{S_1, S_2, S_3, S_4, S_5\}$

представлених в таблиці 1 разом з частковими критеріями оцінки та їх функціями належності.

При виборі будемо виходити з вимог наступних нечітких критеріїв:

- $k_1$  - якість документації;
- $k_2$  - технічна підтримка;
- $k_3$  - надійність;
- $k_4$  - масштабність;
- $k_5$  - відкритість систем.
- $k_6$  - ціна.

Задаємо функцію приналежності кожного з SCADA за обраними критеріями, і сформуємо сукупність нечітких множин, що описують таке їх відповідність по кожному критерію (таблиця 1).

Таблиця 1

Типи SCADA, часткові критерії оцінки та їх функції приналежності

| Значення функції приналежності | $k_1$      | $k_2$      | $k_3$      | $k_4$      | $k_5$      | $k_6$      |
|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                                | $\mu(S_1)$ | $\mu(S_2)$ | $\mu(S_3)$ | $\mu(S_4)$ | $\mu(S_5)$ | $\mu(S_6)$ |
| Тип SCADA                      |            |            |            |            |            |            |
| $S_1$ – LabVIEW                | 0,5        | 0,5        | 0,2        | 0,5        | 0,8        | 0,4        |
| $S_2$ – WinCC                  | 0,7        | 0,4        | 0,1        | 0,1        | 0,2        | 0,2        |
| $S_3$ – RSVIEW                 | 0,3        | 0,8        | 0,6        | 0,4        | 0,6        | 0,5        |
| $S_4$ – Trace Mode             | 0,6        | 0,4        | 0,9        | 0,9        | 0,8        | 0,3        |
| $S_5$ – Simplicity             | 0,5        | 0,3        | 0,8        | 0,9        | 0,1        | 0,7        |

Оскільки вибрані критерії мають різну ступінь важливості, проведемо попарне їх порівняння за методом МАІ і отримаємо наступні результати (таблиця 2)

Таблиця 2  
Результати попарного порівняння обраних критеріїв за методом МАІ

| Критерії | $k_1$ | $k_2$ | $k_3$ | $k_4$ | $k_5$ | $k_6$ | величина вагових коефіцієнтів, $\lambda_i$ |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------------------------------|
| $k_1$    | 1     | 2     | 3     | 1/4   | 1/5   | 2     | 0,13                                       |
| $k_2$    | 1/2   | 1     | 2     | 1/3   | 1/4   | 1     | 0,09                                       |
| $k_3$    | 1/3   | 1/2   | 1     | 1/4   | 1/3   | 1/2   | 0,06                                       |
| $k_4$    | 4     | 3     | 4     | 1     | 1     | 3     | 0,31                                       |
| $k_5$    | 5     | 4     | 3     | 1     | 1     | 3     | 0,32                                       |
| $k_6$    | 1/2   | 1     | 2     | 1/3   | 1/3   | 1     | 0,09                                       |

Примножуючи їх на число критеріїв, рівне шести, отримаємо величини вагових коефіцієнтів, що характеризують важливість кожного критерію. Вони виявляться рівними відповідно:

$$\begin{aligned} -\lambda_1 &= 6 \cdot 0,18 = 1,08 \\ -\lambda_2 &= 6 \cdot 0,16 = 0,96 \\ -\lambda_3 &= 6 \cdot 0,13 = 0,78 \\ -\lambda_4 &= 6 \cdot 0,19 = 1,14 \\ -\lambda_5 &= 6 \cdot 0,18 = 1,08 \\ -\lambda_6 &= 6 \cdot 0,13 = 1,78 \end{aligned}$$

З урахуванням вагових коефіцієнтів побудуємо множини  $S_{k_i}^{\lambda_i}$ , які будуть мати наступний вигляд:

$$\begin{aligned} S_{k_1}^{0,78} &= \left\{ \langle S_1; 0,5^{0,78} \rangle, \langle S_2; 0,7^{0,78} \rangle, \langle S_3; 0,3^{0,78} \rangle, \right. \\ &= \left. \langle S_4; 0,6^{0,78} \rangle, \langle S_5; 0,5^{0,78} \rangle \right\} = \\ &= \left\{ \langle S_1; 0,58 \rangle, \langle S_2; 0,76 \rangle, \langle S_3; 0,39 \rangle, \right. \\ &= \left. \langle S_4; 0,67 \rangle, \langle S_5; 0,58 \rangle \right\}; \\ S_{k_2}^{0,54} &= \left\{ \langle S_1; 0,69 \rangle, \langle S_2; 0,61 \rangle, \langle S_3; 0,89 \rangle, \right. \\ &= \left. \langle S_4; 0,61 \rangle, \langle S_5; 0,52 \rangle \right\}; \\ S_{k_4}^{1,86} &= \left\{ \langle S_1; 0,28 \rangle, \langle S_2; 0,01 \rangle, \langle S_3; 0,18 \rangle, \right. \\ &= \left. \langle S_4; 0,82 \rangle, \langle S_5; 0,82 \rangle \right\}; \\ S_{k_5}^{1,92} &= \left\{ \langle S_1; 0,65 \rangle, \langle S_2; 0,05 \rangle, \langle S_3; 0,38 \rangle, \right. \\ &= \left. \langle S_4; 0,65 \rangle, \langle S_5; 0,01 \rangle \right\}; \\ S_{k_6}^{0,54} &= \left\{ \langle S_1; 0,61 \rangle, \langle S_2; 0,42 \rangle, \langle S_3; 0,69 \rangle, \right. \\ &= \left. \langle S_4; 0,52 \rangle, \langle S_5; 0,82 \rangle \right\}. \end{aligned} \quad (15)$$

Застосовуючи правило вибору шуканої альтернативи, знайдемо перетин цих множин, яке буде мати наступний вигляд:

$$S_i^* = \arg \max_{i=1,5} \left\{ \langle S_1; 0,28 \rangle, \langle S_2; 0,01 \rangle, \langle S_3; 0,18 \rangle, \right. \\ \left. \langle S_4; 0,52 \rangle, \langle S_5; 0,07 \rangle \right\}. \quad (16)$$

Оскільки максимальним значенням функції приналежності має альтернатива  $S_4$ , її і слід вибрати в якості виконання завдання. Іншими словами, SCADA Trace Mode відповідно з використовуваними критеріями і з урахуванням ступеня їх важливості є найкращим.

Таким чином, у статті було розроблено модель вибору SCADA-систем в умовах нечіткої інформації, яка дозволяє приймати рішення враховуючи критерії задані нечіткими значеннями.

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:**

1. SCADA – системы: взгляд изнутри // URL: <http://www.scada.ru/publication/book/preface.html/>
2. ТРЕЙ С МОУД – интегрированная SCADA и softlogic-система для разработки АСУТП // URL: <http://adastra.ru/ru/tm/tm5/>.
3. Кузнецов А. Genesis for Windows – графическая SCADA-система для разработки АСУ ТП. // Современные технологии автоматизации. – 1997. – №3.
4. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Заде Л – М.: Мир, 1976. – 352 с.
5. Круглов В.В., Интеллектуальные информационные системы: компьютерная поддержка систем нечеткой логики и нечеткого вывода / Круглов В.В, Дли М.И – М.: Физматлит, 2002. – 252 с.
6. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л – М., 2004. – 372 с.
7. Пономарёв О.С. Нечеткие множества в задачах автоматизированного управления и принятия решения: Уч. пособие [Текст] / О.С. Пономарёв – Х.: НТУ «ХПИ», 2005. – 232 с.
8. Раскин Л.Г. Нечеткая математика. Основы теории. Приложения / Л.Г. Раскин, О.В. Серая – Х.: Парус, 2008. – 352 с.
9. Нефёдов Л.И. Выбор СУБД в условиях нечеткой информации / Л.И. Нефёдов, Ю.А. Петренко, А.Б. Биньковская // Восточно-Европейский журнал передовых технологий – Харьков: 2012. – № 1/2(55) – С. 4-6.
10. Нефёдов Л.И. Метод определения характеристик синтезируемой компьютерной сети в условиях нечеткой информации / Л.И. Нефёдов, М.В. Шевченко, Ю.А. Петренко, А.Б. Биньковская // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков: 2011. – № 53 – С. 64-70.
11. Нефёдов Л.И. Модель выбора оборудования проектного офиса в условиях нечеткой информации / Л.И. Нефёдов, Ю.А. Петренко, А.С. Кононыхин // Вісник Національного технічного університету «ХПИ». – 2014. – №7. – С.71–76.