УДК 621.311.1:656.71(045)

**Лещинський О.Л.,** к.ф.-м.н.,
**Бугайко Д.О.,** к.е.н.,
**Соколова Н.П.**

# ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ПОБУДОВИ МОДЕЛІ ЕКСПЕРТА ЯК НЕЧІТКОГО РЕГУЛЯТОРА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОБСЯГОМ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ АЕРОПОРТАМИ

Національний авіаційний університет
natasokolova@bigmir.net

*Пропонується використання методів теорії нечітких множин для формалізації підтримки прийняття управлінських рішень в організаційних системах на верхніх рівнях ієрархії. Авторами сформульовані вимоги до експерту з енергоменеджменту аеропорту як нечіткого регулятора*

**Ключові слова:** теорія нечітких множин, кватерніон, хвильова функція, система енергетичного менеджменту, аеропорт, обсяги споживання електричної енергії

### *Постановка проблеми*

У зв'язку зі збільшенням рівня складності управління сучасними складними системами та інтеграцією цих систем виникає необхідність дослідження і вивчення нових класів об'єктів. Зокрема, при формуванні керуючих дій в певних задачах виникає необхідність враховувати наявність людини, як активного ланцюга в об'єкті управління. Особливої актуальності дослідження так званого «людського фактору» набувають у авіаційній галузі. Автори статті досліджують аспекти моделювання нечіткого регулятора системи управління обсягом споживання електричної енергії аеропортами, з метою подальшого удосконалення енергетичної безпеки цивільної авіації.

### *Аналіз останніх досліджень*

Класична теорія автоматичного управління розглядає системи як об'єкт управління з наступними характеристиками:

- детермінованість;
- лінійність;
- реалізованість;
- стаціонарність;
- відносна простота;
- зосередженість координат;
- достатня вивченість характеристик;
- можливість побудови регулярних математичних моделей.

Для синтезу системи управління технічними об'єктами, класична теорія використовує структурне математичне моделювання і формалізовані методи, розроблені на основі теорії диференціальних рівнянь і оптимального управління, операційного числення, гармонічного аналізу. У випадках, коли об'єкту управління притаманні властивості:

- нелінійність;
- розподіленість координат;
- недетермінованість;
- нестаціонарність,

Використовуються методи і теоретичні засади, сформовані сучасною теорією управління:

- представлення простору станів;
- векторно-матричні обчислення;
- теорія оптимального управління і систем.

Автори згодні з думкою, що для системи управління об'єктами з невизначеностями, які не можуть бути описаними статистично, а також складними нелінійними дискретними технічними об'єктами, як правило доволі успішно керує людина-оператор (експерт), або особа, яка приймає рішення застосовна ідея використання методів штучного інтелекту.

Найрезультативніших успіхів при синтезі управління подібними технічними об'єктами досягли, зокрема, при використанні апарати нечіткої логіки та нечітких множин. Специфіка даних досліджень спонукала авторів зрозуміти, що в сучасній теорії управління в середині XX століття фактично був сформований окремий клас об'єктів – організаційні системи, де на сьогодні вивчені класифікація, принципи побудови, реконструкція і функціонування цих систем. Але, вказані системи, характеризуючись складністю, активністю, відкритістю, самоорганізацією, нестаціонарністю, нелінійністю, багатомірністю тощо обумовили слабке використання для їх моделювання на опису формалізованих регулярних методів синтезу управління. До сьогодні в більшості випадків застосовуються евристичні способи. Наявність людини як в об'єкті, так і в системі управління, обумовили зростання ролі «людського фактору» як при проектуванні організаційних систем, так і при формуванні специфічних у порівнянні з технічними системами керуючих впливів на етапі функціонування. Не зважаючи на спроби формалізації - на сьогодні переважає суб'єктивність в самому процесі управління. На сучасному етапі дуже актуальною є необхідність застосування теорії нечітких множин для задач оцінки й управління формуванням компетенцій [1] та визначення комплексних функцій приналежності для оцінки компетенцій [2].

Стаття є логічним продовженням низки публікацій авторів з питань моделювання процесів енергозбереження аеропортів [3,4]. В них, зокрема, вивчалось питання коректності побудови моделі експерта, як регулятора в системі управління із зворотнім зв'язком. До числа підходів, орієнтованих на синтез нечітких регуляторів відносять наступні:

1. На основі знань, отриманих від експертів.

2. Шляхом моделювання дій експерта в якості регулятора (на основі керуючих сигналів, які генеруються експертом).

3. На основі моделі об'єкта управління.

Модель об'єктів управління не є безумовно необхідним для синтезу нечітких регуляторів. Вказане є суттєвою перевагою нечіткого підходу, оскільки проектування чітких систем управління з використанням простору станів або частотних представлень ґрунтується на асимптотичних моделях об'єктів управління. З іншого боку знання про об'єкт управління є суттєво корисним для випадку нечітких регуляторів. З іншого боку знання про об'єкт управління є суттєво корисним для випадку нечітких регуляторів. Формально методи 1), 2) не використовують моделей об'єктів управління, оскільки вони ґрунтуються на компетенції експертів. Очевидним є той факт, що в «середині» експертного знання відносно властивостей об'єкта управління і його динамічної поведінки, міститься інтуїтивна модель деякого виду для даного об'єкту.

### *Формулювання цілей статті та постановка завдань*

Існує багато випадків, коли математичні моделі об'єктів управління можна замінити кваліфікаційною моделлю експерта. Отже, виходячи з вищезазначеного, основними цілями статті є дослідження регулятора системи управління обсягом споживання електричної енергії аеропортами, де регулятором виступає суб'єкт управління – експерт (група експертів). Завданням статті є розробка математичної моделі компетенції експерта.

### *Основний матеріал*

В основі компетентістної парадигми знаходиться поняття компетенції, як особистісної якості, яка включає наступні компоненти:

1) знання;

2) досвід застосування знань;

3) емоційно - вольова регуляція реалізації відповідної компетенції;

4) ціннісно-змістовне відношення до змісту компетенції;

5) мобілізаційна готовність реалізації відповідної компетенції.

На сьогодні існує багато різних визначень компетенції. Термінологія ще не встановлена, але зрозуміло, що поняття компетенції значно ширше традиційної тріади «знання – вміння - навички» (ЗВН). Вказані міркування дозволяють виділити чотири основні компоненти (складові) компетенції – ЗВН (1), (2), що вимірюється у вигляді оцінок і 3), 4), 5), і особистісні, які проявляються в певних прецедентах, і які вимірюються тільки в них.

Оцінка рівнів ЗВН, як правило, зображується у вигляді середнього (середньозваженого) значення деякої величини, складеної з набору оцінок складових, які входять до неї. Оцінка рівнів ЗВН може бути виконана засобами теорії нечітких множин, зокрема використовуючи поняття нечіткої і лінгвістичної змінної. Перевага такого підходу, зокрема, полягає в можливостях оперувати не тільки значеннями оцінок, але і їх степенями достовірності. В цьому випадку традиційна оцінка, з точки зору нечіткої ймовірнісної міри, може трактуватись як математичне сподівання розподілу опуклої комбінації нечітких множин отриманих в результаті проведення відповідної оцінки ЗВН. Функція належності остаточного результату змінюється не тільки у вимірному просторі, але і у часі.

На думку авторів можна погодитись з гіпотезою про можливість представлених функцій належності, яка відповідає деякому набору компетенцій певною хвилею, що розповсюджується у часі. В фізичних експериментах вимірювальним параметром хвилі є квадрат амплітуди коливань. В традиційній системі оцінювання вимірюємо квадрат модуля певної характеристики, або квадрат модуля функції, аналогічної хвильовій. Припускаючи, що для такої функції притаманний принцип суперпозиції, її можна представити у вигляді суми ортогональних функцій належності з кватерніонними коефіцієнтами, які можуть залежати від часу. За хвильовою функцією системи можна обчислити енергію системи та імпульс. Імпульс зв'язаний з «напрямом руху» системи, тому відповідний «імпульс» можна пов'язати з особистісними характеристиками експерта.

З теорії кватерніонів відомими є наступні факти. Нехай $q$ – деякий кватерніон. Тоді

$$Q=q_0+q_{1i}+q_{2j}+q_{3k}=S(q)+V(q),$$

де $S(q)$ *і* $V(q)$ –скалярна і векторна частини кватерніона $q$ – відповідно. Тоді в тривимірному просторі вектор $V(q)=q_{1i}+q_{2j}+q_{3k}$ має довжину $|V(q)|=\sqrt{q_1^2+q_2^2+q_3^2}$. Якщо орт цього вектора позначити літерою $n$, то

$$V(q)=|V(q)|\cdot n$$

Якщо перпендикулярну до цього площину, що проходить через початок координат позначити через $\alpha$, то очевидно що завжди можна підібрати такий кут $\varphi$, що

$$\cos\varphi=\frac{\mathrm{S(q)}}{\sqrt{(\mathrm{S(q)})^2+(|V(q)|)^2}}=\frac{q_0}{|q|}$$

$$\sin\varphi=\frac{|V(q)|}{\sqrt{(S(q))^2+(|V(q)|)^2}}=\frac{|V(q)|}{|q|},$$

де ,

і тоді

Цей запис називають тригонометричною формою кватерніона $q$.

Вказане дозволяє прийняти припущення, що фазову частину кватерніонної функції належності можна зв'язати з особистісними частинами компетенції. Вказане припущення дозволяє сконструювати кватерніонну хвильову функцію. Нехай експерту притаманна деяка функція, яка описує його поведінку і яка є результатом вимірювань в різних експериментах, наприклад при оцінці вмінь, яких вимагає від енергоменеджерів Міжнародний стандарт ISO 50001 Системи енергетичного менеджменту [5]:

- уміння планувати;
- уміння втілювати;
- вміння перевіряти;

на верхніх рівнях ієрархії. Вказана формалізація в свою чергу заснована на формалізації знань з генерації керуючих впливів при типових ситуаціях функціонування організаційних систем. Внаслідок чого характеристиками експерта, як реалізатора функцій регулятора, стали його компетенції.

Компетентісний підхід при моделюванні «експерта» як нечіткого регулятора надає можливість оцінити властивості адаптованості, толерантності до зміни структури, рівень суб'єктивної оптимізації рішень, що приймаються, рівень здатності до обробки великого обсягу інформації, рівень надійності при втомленості (в сукупності з спеціальними для цієї характеристиками методами) тощо.

Цей підхід пропонується застосовувати при підборі кадрів для служби енергетичного менеджменту та з метою оперативної оцінки їх діяльності. Отримані результати можуть бути використані з метою розробки коригуючих дій щодо навчання персоналу, мотивації та заохочення його діяльності. Якісний рівень роботи експертів є необхідним підґрунтям задля впровадження системи управління ефективним споживанням електричної енергії аеропортами.

### *Список літератури*

1. Вишнева Н. В., Мельников Л. А. Применение теории нечетких множеств к задачам оценки и управления формированием компетенций. Распознавание текущего состояния. // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. №2 (55) Вып. 1. – С. 181-189.

2. Вишнева Н. В., Большаков А. А., Мельников Л. А. Комплексные функции принадлежности для оценки предметных компетенций студентов вуза // Вестник СГТУ. 2011 Т.62. №4. Вып. 4. – С. 200-207.

3. Лещинський О. Л., Коновалюк В. С., Соколова Н. П. Модель прогнозування обсягу споживання електричної енергії світлосигнального обладнання аеропорту // Technology audit and production reserves — № 2/1(16), 2014. – С. 27-31.

4. Лещинський О. Л., Бугайко Д. О., Соколова Н. П. Теоретичні аспекти моделювання нечіткого регулятора системи управління обсягом споживання електричної енергії аеропортами // Восточно – европейский журнал передовых технологий. - №6/2 (72). – 2014. – С. 54-60.

5. ISO 50001:2011. Energy management systems. Requirements with guidance for use.

Статтю подано до редакції 20.03.2015