

УДК 004:42: 681.5

МОДЕЛЬ ВИБОРУ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬ В УМОВАХ НЕЧІТКОЇ ІНФОРМАЦІЇ

К.т.н. Н.Ю. Філь, С.М. Резвих, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

В роботі проведено аналіз особливостей сучасних систем автоматизації будівель, що впливають на їх вибір. Розроблена модель вибору системи автоматизації будівлі в умовах нечіткої інформації.

В работе проведен анализ особенностей современных систем автоматизации зданий, влияющих на их выбор. Разработана модель выбора системы автоматизации здания в условиях нечеткой информации.

The paper analyzes the features of modern building automation systems that affect their selection. The model for the selection of building automation system under conditions of fuzzy information has been developed.

Ключові слова: системи автоматизації будівель, попарне порівняння, нечітка множина.

Постановка проблеми та аналіз публікацій.

В наш час інтелектуальне управління розумним будинком дозволяє підвищити енергоефективність різних інженерних систем за рахунок оптимального їх використання [1].

Сьогодні на ринку промислових систем існує великий вибір «smart» систем для будинку або квартири. Як обрати систему автоматизації будівлі (САБ), яка відповідатиме вашим потребам і вимогам?

Після інсталяції САБ кожен користувач отримає можливість оптимального централізованого управління інженерними системами. При цьому необхідно забезпечити підтримку заданої температури, вологості, швидкості руху повітря, зміст CO² і здійснювати систему контролю доступу. Система повинна мати можливість самонавчатися, накопичувати досвід, пристосовуючись до вимог хазяїв житлового будинку [2].

САБ повинна функціонувати на протязі багатьох років. Вони мають різну вартість, різноманітний дизайн та програмне забезпечення (ПЗ).

Тобто, вибір кращої САБ є складною проблемою, з якою кожна людина повинна буде вирішити для себе і своєї родини.

Аналіз публікацій.

САБ включають наступні об'єкти автоматизації: управління освітленням; клімат контроль; управління системою вентиляції; управління різними електроприводами; системи безпеки; контроль аварійних станів.

В роботі [3] розглядається методи управління САБ. Визначено, що для підвищення енергоефективності «smart» будинку необхідно добитися максимально рівномірного розподілу температури за об'ємом кімнати, що позитивно позначається на мірі комфорту, а також знайти оптимальне розташування і кількість нагрівачів, що дозволить заощадити засоби на організацію системи опалювання.

В роботі [4] розглянуті концепції автоматизації інженерних систем будівлі та комерційного облаштування енергоресурсів, представлена схема організації передбачуваної системи, розглянуті аспекти безпеки фізичної і інформаційної безпеки.

Окремо варто відмітити, що для САБ актуальне питання захисту від несанкціонованої дії ззовні, а також підвищення безпеки систем управління устаткуванням за рахунок усунення помилок автоматичного регулювання [5].

В роботі [6] розроблено структуру стенда-імітатора та описано його функціональні можливості при використанні у навчальному процесі. Розроблено структуру та приведено опис мікроядра операційної системи, що використовується для вирішення питання організації багатозадачності. Синтезовано структуру програмного забезпечення обслуговування типових процесів системи управління.

Робота [7] присвячена вибору компанії-інтегратора САБ. Впровадження САБ - це комплексна послуга, тобто дуже багато що залежить не від постачальника устаткування, а від компанії-інтегратора, яка займається його інсталяцією. Як же вибрати компанію-інтегратора, якій можна довірити реалізацію такого непростого проекту, як «smart»будинок».

Адже, вибір оптимальної САБ – є складною проблемою, яка повинна вирішуватися з урахуванням багатьох функціональних і вартісних критеріїв.

Формулювання мети.

Метою роботи є підвищення ефективності управління розумним будинком за рахунок розробки моделі вибору САБ в умовах нечіткої інформації.

Постановка задачі.

Відомо:

– множина альтернатив САБ $X = \{x_i\}$, $(i = \overline{1, n})$;

– множина критеріїв для оцінки САБ $C = \{C_j\}$, $(j = \overline{1, m})$, кожен критерій має свою вагу $W = \{w_j\}$, $(j = \overline{1, m})$, що визначає його значущість;

– кожному критерію з множини може бути поставлено у відповідність нечітка множина [8]

$$A(C_j) = (\mu_{C_j}(x_1), \mu_{C_j}(x_2), \dots, \mu_{C_j}(x_n)) \quad (1)$$

де $\mu_{C_j}(x_i)$ - оцінка альтернативи $x_i, (i = \overline{1, n})$ за критерієм $C_j, (j = \overline{1, m})$ та $\mu_{C_j}(x_i) \in [0, 1]$. Тобто, вона є мірою відповідності альтернативи висуненим вимогам за критерієм $C_j, (j = \overline{1, m})$.

Необхідно визначити альтернативу X_1 , яка в найбільшій мірі відповідає вимогам усієї сукупності критеріїв.

Для вирішення поставленого завдання доцільно використати моделі, які побудовані з використанням апарату нечітких множин (нечіткої математики) або за допомогою лінгвістичних змінних [8,9].

Будемо використовувати метод попарних порівнянь, що отримав найбільше застосування [10].

Рішення поставленої задачі.

Вирішальне правило вибору найкращої альтернативи може бути представлено як знаходження перетину відповідних нечітких множин

$$R = A_{C_1} \cap A_{C_2} \cap \dots \cap A_{C_m} \quad (2)$$

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

$$\mu_{A_R}(x_i) = \min_{i=1, n} (\mu_{A_{C_j}}(x_i)) \quad (j = \overline{1, m}) \quad (3)$$

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

$$\mu_D(x_i^*) = \max_{i=1, n} (\mu_{A_R}(x_i)) \quad (i = \overline{1, n}) \quad (4)$$

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 C_j за замовчуванням передбачалися рівноправними, тобто мають однакову важливість. Однак в практиці прийняття рішень нерідко зустрічаються ситуації, коли потрібно вирішувати багатокритеріальну оптимізацію задач в умовах різної важливості критеріїв досягнення максимуму цільової функцією. В подібних випадках кожним критерієм C_j доцільно поставити у відповідність деякий ваговий коефіцієнт, причому λ_j [8-10]:

$$\sum_{j=1}^m \lambda_j = 1, \quad (j = \overline{1, m}) \quad (5)$$

Звісно, чим більшою є важливість критерію, тим більшого значення приписується його ваговому коефіцієнту.

З урахуванням цього, вирішальне правило вибору R найкращої альтернативи в умовах багатокритеріальної задачі з нерівнозначними критеріями C_j , що мають вагові коефіцієнти λ_j , використовує процедуру знаходження перетину нечітких множин

$$R = A_{C_1}^{\lambda_1} \cap A_{C_2}^{\lambda_2} \cap \dots \cap A_{C_m}^{\lambda_m} \quad (6)$$

Значення самих вагових коефіцієнтів визначаються

на основі стандартної процедури попарного порівняння критеріїв. Для цього спочатку формується матриця B попарних порівнянь, для знаходження елементів b_{ij} якої можна ввести наступну шкалу оцінок, наведену в табл. 1 [8-10]

Таблиця 1.

Шкала оцінок відносної важливості критеріїв

Відносна важливість критеріїв C_i і C_j	Значення елемента b_{ij}
Однакова важливість	1
Дещо важливіше	3
Важливіше	5
Помітно важливіше	7
Істотно важливіше	9
Проміжні значення	2, 4, 6, 8

Оскільки порівняння будь-якого критерію з самим собою означає тільки однакову важливість, то всі $b_{ij}=1$.

Крім того, в силу симетричності відносин важливості критеріїв домовимося вважати

$$b_{ij} = \frac{1}{b_{ji}} \quad (7)$$

Після цього відповідно до стандартної процедури знаходиться власний вектор W матриці B , який відповідає її максимальному власному числу v_{max} з рівняння [8-10].

$$Bw = v_{max} w \quad (8)$$

Шукані значення вагових коефіцієнтів λ_j знаходяться шляхом множення відповідних елементів власного вектора W на число m , що забезпечує виконання умови (8) [8-10]

$$\lambda_j = mw_j, \quad (j = \overline{1, m}) \quad (9)$$

Проілюструємо особливості вирішення багатокритеріальної задачі нечіткої оцінки альтернатив на прикладі.

Із множини САБ відібрано 5 альтернатив комплектів для «smart» будівлі різних брендів, які утворюють наступну множину альтернатив [11]:

$$X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\},$$

де x_1 - комплект Broadlink;

x_2 - комплект Fibaro Premium Kit.;

x_3 - комплект Vera Light Kit;

x_4 - комплект Zipato Climate Kit.

Оцінювати будемо за наступними 4 критеріями, що утворюють множину [12]:

$$C = \{C_1, C_2, C_3, C_4\},$$

де C_1 - максимальна кількість пристроїв, що підключаються; C_2 - додаткові можливості; C_3 - гранична потужність навантаження; C_4 - вартість комплексу.

Визначивши ступінь відповідності кожної альтернативи встановленим критеріям, сформуємо таку сукупність нечітких множин, що описують таке їх відповідність за кожним критерієм:

$$\begin{aligned} A_{C_1} &= \{ \langle x_1; 0,1 \rangle, \langle x_2; 0,5 \rangle, \langle x_3; 0,3 \rangle, \langle x_4; 0,8 \rangle \}; \\ A_{C_2} &= \{ \langle x_1; 0,4 \rangle, \langle x_2; 0,3 \rangle, \langle x_3; 0,6 \rangle, \langle x_4; 0,4 \rangle \}; \\ A_{C_3} &= \{ \langle x_1; 0,3 \rangle, \langle x_2; 0,2 \rangle, \langle x_3; 0,5 \rangle, \langle x_4; 0,9 \rangle \}; \\ A_{C_4} &= \{ \langle x_1; 0,1 \rangle, \langle x_2; 0,4 \rangle, \langle x_3; 0,9 \rangle, \langle x_4; 0,6 \rangle \}. \end{aligned}$$

Оскільки обрані критерії мають різну ступінь важливості, проведемо попарне їх порівняння і результати цього порівняння наведемо у вигляді такої матриці:

$$B = \begin{Bmatrix} & C_1 & C_2 & C_3 & C_4 \\ C_1 & 1 & 3 & 3 & 5 \\ C_2 & 1/3 & 1 & 3 & 3 \\ C_3 & 1/3 & 1/3 & 1 & 2 \\ C_4 & 1/5 & 1/3 & 1/2 & 1 \end{Bmatrix}$$

Обчислюючи власний вектор матриці B , отримаємо наступні значення його компонентів: $w_1 = 0,52$; $w_2 = 0,26$; $w_3 = 0,14$; $w_4 = 0,09$.

Помножуючи їх на число критеріїв, отримаємо величини вагових коефіцієнтів, що характеризують важливість кожного критерію. Відповідно отримуємо:

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= 2,06; \\ \lambda_2 &= 1,05; \\ \lambda_3 &= 0,55; \\ \lambda_4 &= 0,36. \end{aligned}$$

З урахуванням вагових коефіцієнтів побудуємо множини $A_{C_j}^{(\lambda_j)}$, що будуть мати наступний вигляд:

$$\begin{aligned} A_{C_1}^{(\lambda_1)} &= \{ \langle x_1; 0,01 \rangle, \langle x_2; 0,24 \rangle, \langle x_3; 0,08 \rangle, \langle x_4; 0,63 \rangle \}; \\ A_{C_2}^{\lambda_2} &= \{ \langle x_1; 0,38 \rangle, \langle x_2; 0,28 \rangle, \langle x_3; 0,59 \rangle, \langle x_4; 0,38 \rangle \}; \\ A_{C_3}^{\lambda_3} &= \{ \langle x_1; 0,52 \rangle, \langle x_2; 0,41 \rangle, \langle x_3; 0,68 \rangle, \langle x_4; 0,94 \rangle \}; \\ A_{C_4}^{\lambda_4} &= \{ \langle x_1; 0,46 \rangle, \langle x_2; 0,73 \rangle, \langle x_3; 0,96 \rangle, \langle x_4; 0,84 \rangle \}. \end{aligned}$$

Застосовуючи правило вибору шуканої альтернативи, знайдемо перетин цих множин, яке матиме такий вигляд:

$$D = \{ \langle x_1; 0,01 \rangle, \langle x_2; 0,24 \rangle, \langle x_3; 0,08 \rangle, \langle x_4; 0,38 \rangle \}$$

Оскільки максимальне значення функції належності має альтернатива X_4 , її і слід вибрати в якості рішення задачі. Перша альтернатива САБ відповідно до критеріїв, що використовувались, та з урахуванням ступеня їх важливості є найкращим комплектом САБ.

Висновки.

Таким чином, у роботі проведено аналіз проблеми вибору систем автоматизації будівель. Вперше розроблено модель вибору системи автоматизації будівель, яка на відміну від існуючих дозволяє враховувати нечіткість інформації. Наведено приклад вибору САБ. Подальші дослідження будуть спрямовані на практичну реалізацію моделі у вигляді програмно-методичного комплексу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Харке, В. Умный дом. Объединение в сеть бытовой техники и систем коммуникаций в жилищном строительстве. – М.: Техносфера, 2006. – 292 с.
2. Intelligent Buildings: Design, Management & Operation / edited by Derek Clements-Croome. – London: Thomas Telford Publishing, 2004. – 408 p.
3. Благодаров Д.А. Интеллектуальное управление умным домом / Д.А. Благодаров, Е.С. Багаев, Ю.М.Сафонов, А.А. Копесбаева // Потенциал современной науки, 2016. – 9(26). – С. 5-8.
4. Шиколенко И.А. Концепция применения автоматизации инженерных систем и учета энергоресурсов многоквартирного дома / И.А. Шиколенко, Ю.Л. Беккер // Научно-технический вестник Поволжья, 2014., -№5. – С 345-347
5. Ву Т. З. Методы автоматического управления умным домом / Т. З. Ву, А. В. Кизим // Молодой ученый. - 2011. - №5. Т.1. - С. 39-42.
6. Заквасов В.В. Побудова структури програмного забезпечення стенда-імітатора об'єкта управління «Розумний дім. Освітлення» на основі мікроядра операційної системи / В.В. Заквасов., Є.А. Кошеленко // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – Випуск 2/2010 (10). – С. 52-55.
7. Пэсеков В.В. «Умный дом» – как выбрать комплектацию интегратора? / В.В. Пэсеков // «Электроника, наука, технология, бизнес», М.: Техносфера, 2007. - № 4. – С. 44-45.
8. Пономарев, А. С. Нечеткие множества в задачах автоматизированного управления и принятия решений: учеб. пособие [Текст] / А. С. Пономарев. – Харьков: НТУ ХПИ, 2005. – 232 с.
9. Раскин, Л.Г. Нечеткая математика. Основы теории. Приложения [Текст] / Л.Г. Раскин, О.В. Серая. – Х.: Парус, 2008. – 352 с.
10. Методы и модели принятия решений в условиях многокритериальности и неопределенности: монография [Текст] / [Э. Г. Петров, Н. А. Брынза, Л. В. Колесник, О. А. Пискалова]; под ред. Э. Г. Петрова. – Херсон: Гринь Д.С., 2014. – 192 с.
11. Комплекты для Умного дома [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://secur.ua/umnyy-dom/complsmh>.
12. Система «Умный дом»: как выбрать? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.forter.com.ua/news-and-articles/sistema-umnyy-dom-kak-vibrat>.