

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

УДК 681.5.015.3

РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ БУДІВЛЯМИ

Яганов П.О. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Досліджено шляхи підвищення ефективності та розширення функціональних можливостей автоматизованих систем управління будівлями. Поширено на моделювання функцій АСУ „Інтелектуальний дім” математичний апарат дослідження операцій та прийняття рішень

Ключові слова: АСУ «Інтелектуальний дім», математичний апарат, підвищення ефективності

Вступ

Іntenсивне впровадження комп'ютерних технологій в автоматизовані системи управління (АСУ) створює додаткові можливості їх адаптації до широкого кола задач, складність яких визначається об'єктом управління. Одним з таких об'єктів є сучасна житлова споруда.

Соціальне замовлення, підкріплене високими рівнем розвитку апаратно-програмних засобів оброблення і відображення даних, спричинило потребу в нових АСУ, які дістали назву „Інтелектуальний дім” (АСУ ІД). Вони стали надійним засобом підтримки безпечного і комфортного функціонування житлового середовища, допомагаючи людині-оператору у розв'язку складних системних задач, в яких обсяг інформації значно перевищує об'єм, характерний для простої диспетчеризації. АСУ ІД використовують на об'єктах різного призначення і масштабу, наприклад, у великих адміністративних будинках, бізнес-центрах, готелях, промислових підприємствах, аеропортах, науково-виробничих комплексах, транспортних агентствах тощо [1-4].

На сьогодні ринок АСУ ІД в Україні перебуває на стадії розвитку. Вітчизняні інтегратори, що працюють в сегменті інтелектуальних будинків, переважно впроваджують іноземні технологічні рішення. Аналіз можливостей цих систем свідчить про те, що їх алгоритми функціонування часто зведені до програм подачі команд на виконавчі пристрої релейного захисту та схеми порівняння рівнів сигналів. Розробники таких систем забезпечують їх „інтелектуальність” шляхом настроювання систем керування на певного користувача з врахуванням його побажань і персональних уявлень про умови забезпечення комфортного середовища, акцентуючи увагу на досконалій автоматичній, а в основі алгоритмічної обробки даних використовують прості математичні моделі.

Звичайно, уявити АСУ ІД без цього набору простих і ефективних функцій неможливо, але і наділяти її ознаками штучного інтелекту тільки за наявності

виконання контролювальних функцій невиправдано. В той же час сучасна АСУ ІД потребує системного підходу до її проектування на основі адекватної конфігурації як апаратної, так і програмної частини.

Метою роботи є дослідження шляхів підвищення ефективності та розширення функціональних можливостей автоматизованих систем управління житловими будівлями.

Основна частина

Не зважаючи на розмаїття можливих варіантів АСУ ІД, усі вони реалізовані на базі персонального комп'ютера, а конфігурація апаратної частини обов'язково включає систему збору та обробки даних (СЗОД). Отриману інформацію використовують для формування сигналів для керуючих пристроїв, за допомогою яких стан об'єкту управління підтримують в межах деякої оптимальної області, якщо ці межі забезпечують комфортне і безпечне життєве середовище, або намагаються уникати меж, якщо вони окреслюють область небажаного чи небезпечного стану.

Сучасний рівень розробки і впровадження АСУ дає змогу широко використовувати типізацію проектних рішень, уніфікацію методів і засобів при підготовці проектних матеріалів, стандартизацію підходів під час проектування окремих елементів систем і підсистем. Тому підвищення ефективності та розширення функціональних можливостей АСУ ІД можна досягти шляхом інтеграції до складу СЗОД нових підсистем підтримки і прийняття рішень, що використовують, математичний апарат методів моделювання станів технічних систем та дослідження операцій.

Розглянемо проблематику та методи вирішення деяких задач, які не знайшли належного розв'язку в АСУ ІД чи реалізовані досить обмежено внаслідок неврахування усіх чинників, що впливають на систему. До їх числа, зокрема, належать наступні.

1. Моделювання простору станів комфортного житлового середовища.
2. Оптимізація режимів функціонування обслуговуючих систем і дослідження обставин, що призводять до виникнення черг.
3. Заміна обладнання, обумовлена його старінням.
4. Задачі організаційного управління.

Подамо формальний опис зазначених вище задач та представимо методи їх розв'язку і математичний апарат як засіб реалізації цих методів.

1. Моделювання простору станів життєвого середовища

Для своєчасного реагування на зміни стану середовища для АСУ ІД важливо мати адекватну аналітичну залежність між деяким інтегральним параметром безпеки чи комфорту (параметром оптимізації) і чинниками, що впливають на нього. Для ефективного вирішення цієї задачі можуть бути використані математичні методи нейронних мереж та регресійного аналізу.

Якщо розглядати життєве середовище як складну багатofакторну систему,

то її стан може описувати матриця станів Y , яка залежить від множини чинників, що утворюють матрицю умов X . Множині факторів, що формують рядок матриці X , ставиться у відповідність певний елемент матриці Y , який є інтегральним параметром стану життєвого середовища. Матриці X та Y формують за результатами експериментальних досліджень. Кожний елемент x_{kj} в матриці X фіксує значення k -го чинника у j -у досліді, а кожний елемент y_j матриці Y встановлює значення параметра оптимізації у j -му досліді.

В регресійному аналізі модель станів багатofакторної системи представляють поліномом виду:

$$y_{iia} = \sum_{i=1}^n b_i f_i(x_i) + b_0 = \sum_{i=0}^n b_i f_i(x_i) \quad (1)$$

де y_{iia} – параметр оптимізації згідно обраної моделі; b_0, b_i – коефіцієнти поліному; $f_i(x_i)$ – функція i -го фактора ($f_0(x_0) = 1$); n – число факторів.

Коефіцієнти регресії b_i (1) визначають, виходячи з критерію мінімізації суми квадратів різниць між експериментально встановленими числовим значеннями параметра y_j і моделюючим значенням параметра $y_{j iia}$ у всіх експериментальних точках $j = 1, 2, 3, \dots, N$, де N – кількість дослідів. Рівність нулю частинних похідних

$$\frac{\partial}{\partial b_i} \sum_{j=1}^N (y_j - y_{j \text{mod}})^2 = 0 \quad (2)$$

визначає систему $n+1$ рівняння з $n+1$ невідомими, якими є коефіцієнти b_0, b_i рівняння регресії. В матричній формі систему рівнянь (2) представляють формулою $(X^T X) \cdot B = X^T Y$, з якої коефіцієнти b_0, b_i визначають з матриці-стовбчика $B = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot (X^T \cdot Y)$, де X^T – транспонована матриця X , $(X^T \cdot X)^{-1}$ – обернена матриця $(X^T \cdot X)$ [5, 6].

Регресійний поліном аналізують, використовуючи статистичні гіпотези про значущість чинників (за критерієм Стьюдента) та адекватність моделі (за критерієм Фішера). Пошук екстремального значення функції (1) здійснюють звичними математичними методами. Зазвичай, рівняння регресії (1) легко диференціювати в області визначення чинників.

Нейронна мережа являє собою функціонально пов'язану сукупність елементарних процесорів, які називаються формальними нейронами, і здатна генерувати вихідну інформацію у відповідь на вхідний вплив. При цьому взаємозв'язок нейронів визначається чи задається структурою (топологією) нейронної мережі.

Математична модель двошарової нейронної мережі, яку часто використовують в апроксимаційних задачах різної складності, має вид:

$$Y(X) = f_1 \left(\sum_k a_k f_2 \left(\sum_m b_{km} f_3 \left(\sum_n c_{mi} \cdot x_n \right) \right) \right), \quad (3)$$

де a_k , b_{km} , c_{mi} – синаптичні коефіцієнти, f_1, f_2, f_3 – функції активації вихідного шару та внутрішніх шарів нейронів.

Синаптичні коефіцієнти нейронної мережі визначають в процесі проведення ітераційної процедури навчання. Зазвичай цю процедуру виконують за допомогою спеціальних програмних пакетів, наприклад, тих, що входять до складу Matlab. При цьому для рішення окремих стереотипних задач розроблені оптимальні конфігурації нейронних мереж, що найбільш адекватно враховують особливості відповідної проблемної області. Внаслідок моделювання простору станів багатofакторної системи нейромережею отримуємо складну функцію багатьох змінних [7, 8].

Нейронні мережі та регресійний аналіз широко використовують для розв'язку задач апроксимації та прогнозування. Вибір методу залежить від предмету дослідження.

2. Оптимізація режимів функціонування обслуговуючих систем

Для АСУ ІД характерні динамічні процеси, які пов'язані з обслуговуванням. Моделювання цих процесів є предметом дослідження теорії масового обслуговування, яка ґрунтується на математичному апараті теорії ймовірності. Подією в системах масового обслуговування (СМО) є поява вимоги, початок або закінчення процесу обслуговування, виникнення черги на обслуговування, вивільнення каналу обслуговування. Прийнято вважати, що якщо інтервали часу між послідовними надходженнями вимог i (або) час їх обслуговування статистично не визначений, побудова математичної моделі процесу масового обслуговування неможлива. В більшості реально існуючих СМО, що тривалий час стабільно функціонують, можна визначити статистичні числові оцінки для опису потоку вимог та i інтенсивності обслуговування.

Очевидно, що в реальних об'єктах управління житловою спорудою черги неминучі. Актуальною задачею стає встановлення оптимальної кількості каналів обслуговування S та їх забезпечення високотехнологічним та продуктивним обладнанням. Адже зайвий ресурс потребуватиме економічно невинуватих додаткових видатків, а їх дефіцит створить небажані черги в процесі обслуговування.

Теорія масового обслуговування найчастіше досліджує пуасонівський потік вимог, для якого імовірність надходжень n вимог у систему протягом часу t визначають за формулою:

$$P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n \cdot e^{-\lambda t}}{n!}, \quad (4)$$

де λ – параметр потоку.

Математична модель стаціонарної багатоканальної СМО з пуасонівським потоком вимог описують системою рівнянь:

$$\begin{cases} \lambda P_0 = \mu P_1; & (n = 0); \\ (\lambda + n\mu)P_n = \lambda P_{n-1} + \mu(n+1)P_{n+1}; & (1 \leq n \leq S); \\ (\lambda + S\mu)P_n = \lambda P_{n-1} + S\mu(n+1)P_{n+1}; & (n \geq S), \end{cases} \quad (5)$$

де μ – середня кількість вимог, які знаходяться на обслуговуванні за одиницю часу; λ – середня кількість вимог, що надходить в СМО за одиницю часу; P_0 – імовірність відсутності заявок в системі.

Модель (5) дозволяє визначити середню кількість вимог в системі \bar{n} і в черзі \bar{m} , середню кількість не завантажених обслуговуванням каналів $\bar{\rho}$ із загальної кількості S , середній час чекання вимог в черзі \bar{t} [9]:

$$\bar{n} = \sum_{n=0}^{\infty} n \cdot P_n, \quad \bar{m} = \frac{\psi^{S+1}}{S \cdot S! \left(1 - \frac{\psi}{S}\right)^2} P_0, \quad \bar{\rho} = S - \psi, \quad \bar{t} = \frac{\psi^S}{S! \cdot S \cdot \mu \cdot \left(1 - \frac{\psi}{S}\right)^2} P_0,$$

$$P_0 = \frac{1}{\frac{\psi^S}{S! \left(1 - \frac{\psi}{S}\right)} + \sum_{n=0}^{S-1} \frac{\psi^n}{n!}}, \quad \text{де } \psi = \frac{\lambda}{\mu} \text{ – коефіцієнт використання системи.}$$

Визначивши головні параметри функціонування багатоканальної СМО, можна сформулювати і розв’язати оптимізаційну задачу з мінімізації загальних витрат V , пов’язаних з простоюванням каналів обслуговування v_1 та існуванням черги v_2 , яка полягає у знаходженні мінімуму функції $V = v_1 \bar{\rho}(S) + v_2 \bar{t}(S)$ за умови, що S – ціле число (див. рис. 1).

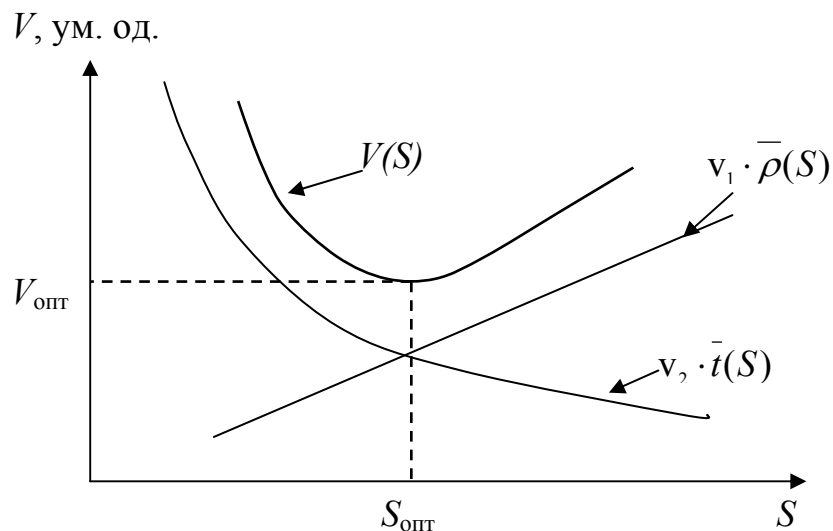


Рис. 1. Графічна ілюстрація розв’язку задачі з оптимізації каналів обслуговування багатоканальної СМО

У СМО потрібно знаходити розумний компроміс між довжиною черги як „неминучого лиха” і кількістю каналів обслуговування. Адже бажання позбути-

ся черг вимагає відповідних ресурсів, вартість яких може перевершити економічний ефект від їх ліквідації.

3. Заміна обладнання

Актуальною задачею для управління житловою чи промисловою спорудою є визначення періоду для оновлення обладнання, зумовлене, наприклад, його старінням. Залишкова вартість обладнання, що знаходиться в експлуатації, знижується, а витрати на його обслуговування зростають. Виникає оптимізаційна задача, зміст якої полягає у визначенні моменту виведення обладнання з експлуатації з метою мінімізації загальних витрат.

Вартість обладнання через час t розраховують за формулою: $V(t) = V_0 - V_0\varphi(t) + \psi(t) = V_0(1 - \varphi(t)) + \psi(t)$, де V_0 – початкова вартість обладнання; $\varphi(t)$ – функція зміни ціни обладнання з часом t ; $\psi(t)$ – сумарні кошти на ремонт та догляд за обладнанням. Функція $\varphi(t)$ зазвичай є монотонно спадна, а $\psi(t)$ монотонно зростає. Здебільшого це емпіричні лінійні або нелінійні функції. Якщо $\varphi(t)$ і $\psi(t)$ лінійні функції: $\varphi(t) = 1 - \frac{t}{T}$, $\psi(t) = kt$, то середня

вартість експлуатації обладнання за час t протягом періоду $0 < t < T$ є

постійною величиною: $g = \frac{1}{t} \left[V_0 - V_0 \left(1 - \frac{t}{T} \right) + kt \right] = \frac{1}{t} \left[V_0 \frac{t}{T} + kt \right] = \frac{V_0}{T} + k$. Отже,

якщо прагнуть виконувати заміну обладнання в будь-який час, досить забезпечити лінійність характеристик $\varphi(t)$ і $\psi(t)$.

На практиці частіше має місце інша ситуація, коли $\varphi(t)$ і $\psi(t)$ нелінійні, найчастіше степеневі функції: $\varphi(t) = e^{-at}$, $\psi(t) = k_0(e^{bt} - 1)$, де a , b , k_0 – емпіричні коефіцієнти. Тоді функція вартості обладнання має вид: $g(t) = \frac{1}{t} \left[V_0 \left(1 - e^{-at} \right) + k_0(e^{bt} - 1) \right]$. Задача оновлення обладнання зводиться до знаходження часу t , що мінімізує функцію $g(t)$ [9, 10].

4. Задачі організаційного управління

Функціонування „Інтелектуального дому” невіддільне від раціонального використання ресурсів, які, здебільшого, обмежені. Для прийняття рішень планового стратегічного характеру необхідно знати розв’язок задач організаційного управління. В загальному вигляді подібні задачі зводяться до пошуку усіх n невід’ємних керованих змінних $x_i \geq 0$, $i = \overline{1, n}$, що не порушують

m обмеження $\sum_{i \neq j=1}^{n, m} a_{ij} x_i \leq b_j$, де $\bar{b} = (b_1, \dots, b_m)$, $\mathbf{A} = \|a_{i,j}\|_{\substack{i=1, n \\ j=1, m}}$ є задані коефіцієнти, і

які максимізують або мінімізують цільову функцію $f(x) = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n \rightarrow \min(\max)$, $\bar{c} = (\tilde{c}_1, \dots, \tilde{c}_n)$ – вартісні коефіцієнти. Існує

декілька способів рішення задач організаційного управління, але найбільш поширеним є симплекс-метод [10].

Багато задач, що виникають на етапах управління виробничими системами, потребують оптимального розв'язку за цілих значень змінних, які визначають модель задачі. Цілочислова задача, на відміну від основної задачі лінійного програмування, розв'язується складніше і не гарантує оптимального розв'язку. Часто доводиться задовольнятися допустимим розв'язком, який потребує спеціального аналізу. Його пошук здійснюють згідно, наприклад, методу гілок і меж (розгалуження), який успішно застосовують у прикладних задачах [11,12].

До задач організаційного управління зводять низку інших, формалізований опис яких відповідає відомим у математичному програмуванні задач, зокрема, „транспортній”, „оптимального розкладу”, „оптимального раціону”, „оптимального завантаження”, „оптимального призначення”, „оптимальних капіталовкладень” та іншим [10 - 12].

Висновки

В роботі досліджено резерви підвищення ефективності та розширення функціональних можливостей автоматизованих систем управління житловими будівлями. Розглянуто задачі, пов'язані з проблемами обробки даних, які не знайшли відображення чи представлені обмежено в існуючих АСУ ІД.

Обґрунтовано, що розвиток систем управління житловими спорудами пов'язаний не тільки з використанням досконалих апаратних засобів збору даних, але і впровадженням алгоритмів моделювання станів складних динамічних багаточинникових систем.

Поширено на моделювання функцій АСУ ІД математичний апарат нейронних мереж, регресійного аналізу, систем масового обслуговування, математичного програмування.

Коло задач, що потребують розгляду в АСУ ІД, є набагато ширшим. Зокрема, актуальним є управління технічними приладами та процесами в умовах неповної інформації з використанням математичного апарату нечіткої логіки та м'яких обчислень. Їх розгляд буде продовжено в наступних наукових дослідженнях.

Література

1. Соловьев М. Интеллектуальные здания: тенденции и решения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.vashdom.ru/articles/crc_1.htm.
2. Ильин С. Интеллектуальные здания – вымысел маркетологов?. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cnews.ru/reviews/free/smarthouse2008/articles/intellectual.shtml?print>.
3. Ветринский М.Ю., Подгородецкая О.А. Рынок „Интеллектуальных зданий” // Сети и бизнес. – 2004. – №2. – С.1-12.
4. Петергеря Ю.С. Интеллектуальні системи забезпечення енергозбереження житлових будинків. Навчальний посібник / Жуйков В.Я., Терещенко Т.О. – К.: Медіа-ПРЕС, 2008. – 256 с.

5. Хартман К., Лецкий Э., Шефер В.И и др. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов. – М.: Мир, 1977. – 486 с.
6. Яганов П.О. Регресійний аналіз багатofакторних технічних систем. – К.: НТУУ «КПІ», 2006. – 36 с.
7. Назаров А.В., Лоскутов А.И. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем. – СПб: Наука и техника, 2003. – 384 с.
8. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 382 с.
9. Кофман А. Методы и модели исследования операций. М.: Мир, 1966. – 523 с.
10. Дослідження операцій в економіці: Підручник / За ред. І.К. Федоренко, О. І. Черняка. – К.: Знання, 2007. – 558 с.
11. Вагнер Г. Основы исследования операций. Том 2. - М.: Мир, 1973. – 488 с.
12. Зайченко Ю.П. Дослідження операцій. Підручник. Сьоме видання перероблене і доповнене. – К.: Видавничий дім «Слово», 2006. – 816 с.

<p>Яганов П.А. Расширение функциональных возможностей автоматизированных систем управления домами</p> <p>Исследованы пути повышения эффективности и расширение функциональных возможностей автоматизированных систем управления домами. Распространено на моделирование функций автоматизированных систем управления «Интеллектуальный дом» математический аппарат исследования операций, оптимизации и принятия решений.</p> <p>Ключевые слова: Интеллектуальный дом», математический аппарат, повышение эффективности</p>	<p>Jaganov P.A. Expansion of functionality of the automated control systems by apartment houses.</p> <p>Ways to improve effectiveness and expansion of functionality of the automated control systems by apartment houses are researched. The mathematical apparatus of research of operations, optimization and decision-making was extended on modeling functions of the automated control system «The Intelligent Building».</p> <p>Keywords: The Intelligent Building», mathematical apparatus, improve effectiveness</p>
---	---

*Надійшла до редакції
14 березня 2010 року*