

ІЄРАРХІЧНО-ІНДУКТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОБЛАСТІ КОМПРОМІСУ МІЖ ВАРТІСТЮ ЖИТЛА ТА РІВНЕМ ЙОГО ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

Запропоновано технологію об'єктивізації процесу прийняття рішень при купівлі житла, що базується на аналізі області компромісу між вартістю житла та рівнем його пожежної безпеки. Розроблено алгоритми ієрархічно-індуктивного моделювання, за допомогою яких здійснюється ідентифікація функцій ціни та рівня пожежної безпеки.

Ідея дослідження виникла під час розв'язання задачі про пошук області компромісу між вартістю житла та рівнем його пожежної безпеки. Відомо, що сьогодні будівельні фірми, прагнучи максимізувати норму прибутку, необгрунтовано завищують вартість житла, одночасно мінімізуючи тривалість будівництва. Наслідком таких процесів є зменшення уваги до забезпечення прийняттого рівня пожежної безпеки, особливо на верхніх поверхах, що визначається суб'єктивними факторами. Водночас, об'єктивна реальність визначає наявність ресурсно-фінансового дефіциту, наслідком чого є недостатня кількість (а інколи і повна відсутність) пожежних автодрабин та спеціальних засобів, що дозволяли б евакуацію з верхніх поверхів та дахів.

Зазначимо, що релевантні дослідження в сучасних наукових джерелах майже не відображені, не зважаючи на актуальність та важливість подібних розробок.

Розв'язуючи задачу пошуку області компромісу виходимо з того, що під час встановлення ціни на житло рівень його пожежної безпеки не оцінюється, до уваги не береться і покупцям не повідомляється, хоча ретроспективна інформація свідчить про більший ризик загинути від пожежі на верхніх поверхах. Саме тому нами раніше запропонована концепція [1], згідно з якою вартість житла повинна враховувати рівень його пожежної безпеки, і ця інформація повинна бути доступною зацікавленим особам.

Постановка задачі

Враховуючи вищенаведені аспекти, вважатимемо, що раціональним під час визначення ціни житла є врахування області компромісу як інформаційно-консультативного фактора. У свою чергу побудова області компромісу є нетривіальною математичною задачею. Для її розв'язання необхідно виконати ідентифікацію та аналіз двох функціональних залежностей:

$$Z = F(X_z, Y_z, k) \quad \text{і} \quad P = G(X_p, Y_p, P_1, P_2, k), \quad (1)$$

де Z — вартість житла; X_z та Y_z — внутрішні та зовнішні фактори (атрибути житла), відповідно; k — номер поверху; P — рівень пожежної безпеки житла на відповідному поверсі; X_p та Y_p — внутрішні та зовнішні фактори, що визначають пожежну безпеку об'єкта; P_1 — ймовірність бути травмованим на пожежі; P_2 — ймовірність загинути від пожежі. Зауважимо, що у загальному випадку потрібно припускати нечіткість значень факторів та ймовірностей. Виконавши розрахунки за залежностями (1), ідентифікуємо залежність та будемо поверхню

$$k = H(Z, P), \quad (2)$$

аналіз яких і дозволить зробити висновок про привабливість та адекватність тих чи інших варіантів купівлі житла.

Попередні зауваження

Задачі ідентифікації вартості житла та оцінки рівня пожежної безпеки житлових об'єктів раніше розглядалися в [2, 3]. Зокрема, в [2] запропоновано вартість житла вважати залежною від кількості кімнат, загальної житлової площі; корисної площі, площі кухні, кількості балконів, відстані до

центру, рівня транспортного забезпечення, екологічного стану району, інфраструктури, економічних факторів, демографічної ситуації, але не вказано на залежність від поверху, що призводить до усередненого її значення. Ідентифікація рівня пожежної безпеки, процедура якої розглянута в [3], передбачає залежність від інших факторів, таких як дата побудови, кількість поверхів, їх планування, наявність підвалів та горищ, структурні особливості будинку, що мають відношення до особливостей розвитку, гасіння та наслідків пожежі, відповідність нормативним вимогам матеріалів і конструкції, наявність та стан шляхів евакуації, відстань до найближчої пожежної частини, кількість пожежних частин в 20-кілометровій зоні, ступінь укомплектованості найближчого пожежного підрозділу кадрами, укомплектованість засобами пожежегасіння, наявність і вид протипожежного водопостачання, діаметр водопроводу, стан найближчих джерел водопостачання, тиск у водопроводі, наявність первинних засобів гасіння, ступінь зручності під'їзду, наявність погоднокліматичних чинників, що здійснюють вплив на ефективність пожежегасіння, але в ній відсутнє, на наш погляд, врахування факторів, що дозволяють об'єктивізувати процес оцінки. До таких факторів належать ймовірності загинути та бути травмованими на пожежі. Саме тому залежності (1) дозволяють здійснити уточнений аналіз структури впливу факторів на ціну житла та її прогнозування, а також відповідати на питання типу «А якщо значення фактора буде $X_2^i = a_i$, то ціна житла $P = ?$ ». Аналогічні міркування мають місце і для оцінки рівня пожежної безпеки.

Ієрархічно-індуктивний метод моделювання

Для розв'язання задач (1) можна було б використати метод групового врахування аргументів [4], метод Брандона [5], метод послідовних спрощень [6]. Водночас складність задачі, необхідність врахування «прокляття розмірності», значний суб'єктивізм у встановленні значень факторів ускладнюють застосування вказаних методів для розв'язання задачі (1). Ми пропонуємо застосувати технологію, яку назвемо ієрархічно-індуктивним моделюванням. Опишемо її основні елементи.

Головна ідея полягає у застосуванні деревоподібної структури моделей, кожен елемент якої є складовою частиною банку моделей. Зауважимо, що кількість таких моделей є обмеженою, що пов'язано із складністю представлення залежностей та складністю розрахунків. Крім того, моделі матимуть параметричну та непараметричну форму, що пов'язано з різними технологіями розв'язку задачі. Зокрема, до банку моделей входять такі непараметричні моделі: $Y = \sin X$, $Y = \cos X$, $Y = 1/X$, $Y = 1 + 1/X$, $Y = 1 + \sin X$, $Y = e^X$, тощо. Відповідні параметричні моделі: $Y = a \sin(bX)$, $Y = a \cos(bX)$, $Y = a/X$, $Y = a + b/X$, $Y = a + b \sin(cX)$, $Y = ae^{bX}$. Без обмеження загальності для спрощення запису розглянемо алгоритми для ідентифікації функції однієї змінної.

Припустимо, що вихідні дані знаходяться у таблиці типу «об'єкт-властивість». Потрібно виконати ідентифікацію залежності $Y = F(X)$.

Розглянемо алгоритм, який використовується для непараметричної ідентифікації. Нехай в банку математичних моделей містяться залежності, які є лінійними, або тим чи іншим способом можуть бути до них зведеними. $Y = F(X)$ є лінійною залежністю, або сумою лінійних залежностей, або сумою функцій, кожна з яких може бути зведеною до лінійної функції.

Непараметричний алгоритм ієрархічно-індуктивної ідентифікації (початкові кроки зображені на рис. 1).

Крок 1. Номер ітерації $t = 0$.

Крок 2. Використовуючи дані таблиці «об'єкт-властивість», метод найменших квадратів та елементи банку моделей, виконати структурну та параметричну ідентифікацію залежності $Y = F(X)$. Запам'ятати значення функції помилки $Er(t)$.

Крок 3. Уточнити модель $Y = F(X)$ шляхом модифікації її аргументу (заміни, суми, різниці тощо) з урахуванням кожної з непараметричних моделей з банку моделей. Для цього:

Крок 3. 1. Для кожної з модифікованих залежностей знайти значення функції помилки $Er^i(t+1)$, $i = \overline{1, n_{t+1}}$, де n_{t+1} — кількість всіх можливих моделей на $(t+1)$ -му ітераційному кроці.

Крок 3. 2. Серед усіх n_{t+1} моделей знайти ту, значення функції помилки для якої є найменшим, тобто розв'язати задачу пошуку $q = \min_i Er^i(t+1)$.

Крок 3. 3. Порівняти значення $Er(t)$ та $Er^q(t+1)$. Якщо $Er(t) < Er^q(t+1)$, то перейти на крок ***, інакше вважати початковою моделлю модифіковану, прийняти $t = t + 1$, $Er(t) = Er^q(t+1)$ і перейти на початок кроку 3.

Крок 4. Результатом роботи алгоритму вважати немодифіковану модель $Y = F(X)$.

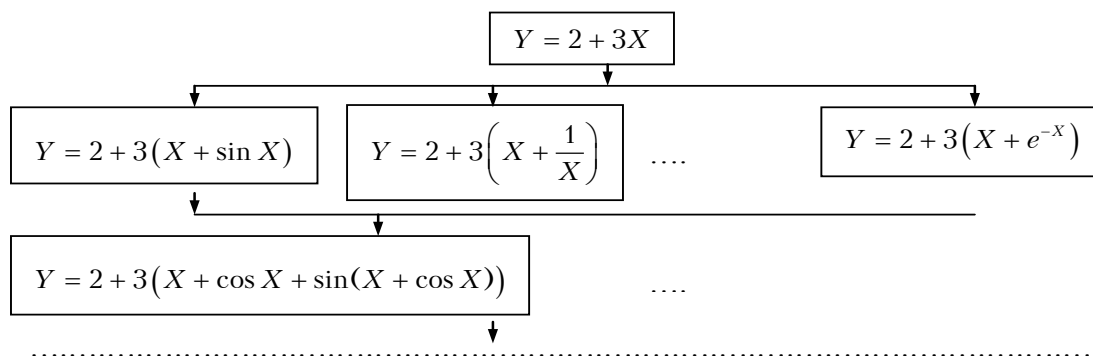


Рис. 1. Непараметричне моделювання

Перевагою непараметричного алгоритму є порівняно невелика кількість обчислень, оскільки лише один раз необхідно розв'язувати задачу параметричної ідентифікації. До недоліків слід віднести жорстку структуру моделі, що будується. Не зважаючи на необхідність реалізації перебору значної кількості моделей, оптимізація здійснюється лише серед заданих елементів банку математичних моделей. Зазначимо, що алгоритм орієнтований на реалізацію та використання у припущенні про лінійний вигляд шуканої залежності.

Розглянемо параметричний алгоритм ієрархічно-індуктивної ідентифікації (початкові кроки зображені на рис. 2).

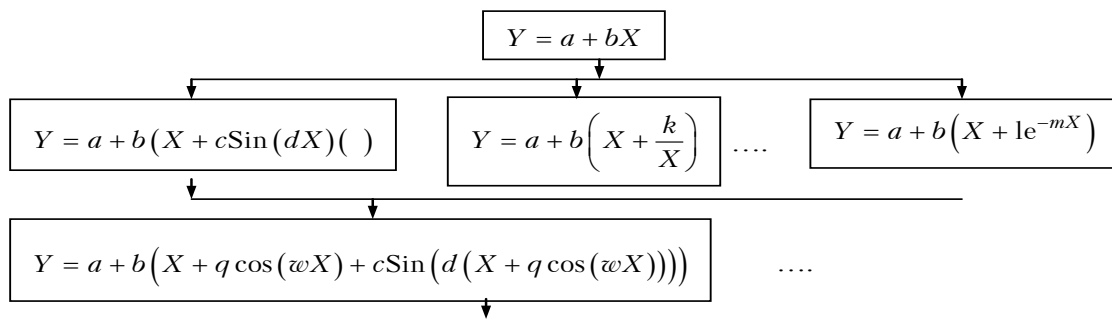


Рис. 2. Параметричне моделювання

Крок 1. Номер ітерації $t = 0$.

Крок 2. Використовуючи дані таблиці «об'єкт-властивість», метод найменших квадратів та елементи банку моделей, виконати структурну та параметричну ідентифікацію залежності $Y = F(X)$. Запам'ятати значення функції помилки $Er(t)$. У нелінійному варіанті алгоритму параметрична ідентифікація здійснюється за допомогою генетичного алгоритму (при цьому ініціальний варіант $Y = F(X)$ може бути поліномом або залежністю, заданою дослідником).

Крок 3. Уточнити модель $Y = F(X)$ шляхом модифікації її аргументу (заміни, суми, різниці тощо) з урахуванням кожної з непараметричних моделей з банку моделей. Для цього:

Крок 3. 1. Виконавши модифікацію ініціальної моделі, отримати параметричну залежність.

Крок 3. 2. За допомогою генетичного алгоритму здійснити її параметричну оптимізацію в наперед заданій області за значенням функції помилки.

Крок 3. 3. Для кожної з модифікованих та оптимізованих залежностей запам'ятати значення функції помилки $Er^i(t+1)$, $i = \overline{1, n_{t+1}}$, де n_{t+1} — кількість всіх можливих моделей на $(t+1)$ -му ітераційному кроці.

Крок 3. 4. Серед усіх n_{t+1} моделей знайти ту, значення функції помилки для якої є найменшим, тобто розв'язати задачу пошуку $q = \min_i Er^i(t+1)$.

Крок 3. 5. Порівняти значення $Er(t)$ та $Er^q(t+1)$. Якщо $Er(t) < Er^q(t+1)$, то перейти на крок ***, інакше вважати початковою моделлю модифіковану, прийняти $t = t+1$, $Er(t) = Er^q(t+1)$ і перейти на початок кроку 3.

Крок 4. Результатом роботи алгоритму вважати немодифіковану модель $Y = F(X)$.

Крок 5. Записати модель $Y = F(X)$ в аналітичному вигляді.

Розробка та використання параметричного алгоритму вимагають певної кваліфікації, оскільки необхідно реалізувати дві порівняно складні технології: оптимізований генетичний алгоритм та процедуру аналітичного запису шуканої залежності. Зауважимо, що точність результату, отримана за допомогою другого алгоритму є вищою, але функціонування алгоритму вимагає значних часових затрат.

Аспекти побудови області компромісу та висновки

Таким чином запропоновані алгоритми дозволяють розв'язати задачі ідентифікації (1). Припустимо, що у багатовимірному випадку в результаті структурної ідентифікації отримано залежність

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n, a_0, a_1, \dots, a_m),$$

x_i , $i = \overline{1, n}$, — невідомі змінні, a_j , $j = \overline{0, m}$, — параметри. Після виконання параметричної ідентифікації матимемо залежність $y = g(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Подальші етапи полягають у мінімізації середньоквадратичного відхилення реальних даних від розрахованих шляхом коригування значень змінних. При цьому самі вони вважаються функціональними залежностями. Такий процес багатократно повторюється, що сприяє уточненню залежностей (1).

Отримавши залежності (1), формуємо таблицю, в якій знаходитимуться значення кортежу < поверх, ціна квадратного метра, рівень пожежної безпеки >. Тоді, використовуючи уже розроблені алгоритми або метод групового врахування аргументів, легко здійснити ідентифікацію (2) та побудувати відповідну поверхню. Крім цього ідентифікація залежностей (1) дозволяє здійснити попередній аналіз аспектів області компромісу. Припустимо, що графічне зображення (1) показано на рис. 3. Виконаємо нормування значень вартості житла та рівня його пожежної безпеки. Для кожного поверху розрахуємо значення відхилення $D(k) = Z(k) - P(k)$, де k — номер поверху. Якщо

$\exists k : D(k) > D_{\max}$, де D — деяка додатна константа, то ціна квадратного метра житла на k -му поверсі не відповідає рівню його пожежної безпеки. Значно інформативнішим є аналіз поверхні (2). Виконуючи її зрізи для кожного поверху можна робити висновки про можливість варіювання ціни у залежності від рівня пожежної безпеки або навпаки.

Інформація, яку отримуємо внаслідок побудови та дослідження залежностей (1)—(2), є важливим консультативним фактором як для покупців житла, так і для будівельників та пожежників. Висновки, які безпосередньо можна зробити з їх аналізу, є вихідними даними для об'єктивізації ціни житла, оптимізації архітектурних рішень та проведення профілактичних протипожежних заходів.

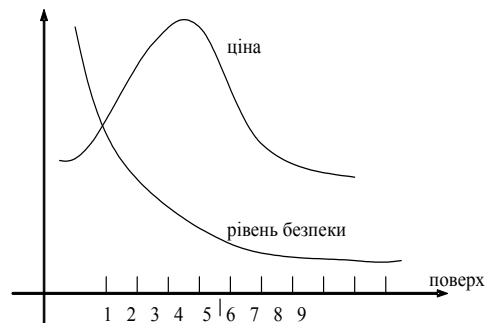


Рис. 3. Інформація для пошуку області компромісу

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мирошник О. Н. Моделирование области компромисса между стоимостью жилья и его пожарной безопасностью / О. Н. Мирошник // Искусственный интеллект. — 2007. — № 3. — С. 481—485.

2. Тазетдінов В. А. Нейромережева технологія аналізу і прогнозування процесів на ринку нерухомості: дис. канд. техн. наук: 05.13.06 / Тазетдінов В. А. — Черкаси, 2005. — 158 с.
3. Джулай О. М. Еволюційні моделі та методи аналізу і оптимізації рівня пожежної безпеки житлових об'єктів: дис. канд. техн. наук : 05.13.06 / О. М. Джулай — Черкаси, 2006. — 164 с.
4. Ивахненко А. Г. Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами / А. Г. Ивахненко — К. : Техника, 1975. — 312 с.
5. Снитюк В. Є. Технологія data mining і засоби її реалізації / В. Є. Снитюк, С. О. Говорухін // Вісник ЧДТУ. — 2002. — № 3. — С. 80—84.
6. Васильев В. И. Взаимозаменяемость метода группового учета аргументов (МГУА) и метода предельных упрощений (МПУ) / В. И. Васильев // Искусственный интеллект. — 2001. — № 1. — С. 29—42.

Рекомендована кафедрою комп'ютерних систем управління

Надійшла до редакції 21.10.08
Рекомендована до друку 20.11.08

Мирошник Олег Миколайович — викладач кафедри тактичної підготовки.
Академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля, м. Черкаси