

Ковалюк Д.О., Москвіна С.М., к.т.н. (ВНТУ, Україна)

АЛГОРИТМ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ РИЗИКУ В ВЕЛИКИХ СИСТЕМАХ

Розглядається задача прийняття рішень в умовах ризику. Проведено аналіз існуючих методів прийняття рішень в умовах ризику, особливу увагу приділено логіко-імовірнісним моделям ризику. Запропоновано методуку та алгоритм прийняття рішень на базі логіко-імовірнісних моделей, які бути застосовані для керування роботою печі по випалюванню вапна.

Аналіз проблеми

Задачі прийняття рішень в умовах ризику активно вивчалися і розроблялися для економічних моделей, що було зумовлено потребою враховувати непередбачувані фактори, відсутністю статистичної інформації про ті чи інші явища та тенденції економіки, а також потребою в управлінні фінансовим та інвестиційним капіталом. Орієнтування задач прийняття рішень в умовах ризику на економіку зумовило створення спеціальних математичних моделей, які були придатні тільки для економічних розрахунків.

Однак, в складних технічних системах також існують проблеми, пов'язані з прийняттям рішень в умовах ризику з метою оцінки ефективності функціонування та оптимального управління складними системами. Такі проблеми пов'язані з розв'язанням задач оцінки ефективності управління технічних систем з врахуванням їх характеристик: надійності, стійкості, робастності.

Основною метою управління є досягнення кінцевого результату: успіху або неуспіху. Тому необхідна розробка методів, моделей і алгоритмів прийняття рішень в умовах ризику з врахуванням ряду оцінок і характеристик технічних систем, представлених як статистичні, імовірнісні та інтервальні оцінки.

Аналіз найбільш поширених методів прийняття рішень в умовах ризику [1], дозволяє зробити висновок, що в загальному випадку задачу прийняття рішень в умовах ризику можна представити як класичну задачу умовної оптимізації. В той же час в цих моделях не враховується параметр ризику.

Розглянемо моделі прийняття рішень в умовах ризику, в яких ризик враховується безпосередньо в математичних моделях. До таких моделей можна віднести відомі моделі, що використовуються в економіці: моделі Марковиця, Шарпа, імунізації, імовірнісні моделі.

Аналіз існуючих методів

В моделях Марковиця і Шарпа [1] для розв'язання задачі, яка розглядається, ризик враховується як стандартне відхилення (або дисперсія) прибутковості портфеля інвестиційних активів та представлений безпосередньо в моделі як вагові коефіцієнти, але використання цих моделей переважно обмежується інвестиційними економічними задачами.

В моделі імунізації в якості показника ризику використовується *тривалість* портфеля. Тривалість відображає середньозважений за сумами виплат проміжок часу до погашення, і відображає *процентний ризик* фінансового інструмента, оскільки характеризує мінливість ціни активу в результаті коливань процентних ставок. В якості функції корисності може бути вибрана функція з постійною абсолютною несхильністю до ризику

$$u(w) = -e^{-kw},$$

де коефіцієнт k відображає степінь несхильності до ризику.

В імовірнісних методах значення ризику розраховується статистичним шляхом. Ґрунтуючись на імовірнісній функції розподілу, випадковим чином вибирається, зна-

чення змінної, яка є одним з параметрів визначення результату. Згенеровані значення результату об'єкту використовуються для побудови щільності розподілу величини результату об'єкту зі своїм власним математичним сподіванням і стандартним відхиленням, по яким обчислюється коефіцієнт варіації результату об'єкту і потім оцінюється індивідуальний ризик об'єкту.

Таким чином, в вищерозглянутих моделях прийняття рішень в умовах ризику, ризик розглядається як ваговий коефіцієнт і розраховується як дисперсія, процент вкладу, або коефіцієнт варіації.

На наш погляд, такий підхід для прийняття рішень в умовах ризику в технічних системах для задач управління і прийняття рішень є досить спрощеним, так як в складних технічних системах таких як системи діагностування, системи передачі даних, системи автоматичного керування, про об'єкти ризику відомі не тільки статистичні дані, але й інформація про стан системи в різні моменти часу.

Відмітимо, що застосування методик прийняття рішень в умовах ризику для економічних задач практично неможливе для прийняття рішення в складних технічних системах, так як розрахунок результуючого показника часто ускладнений або неможливий через відсутність статистичної інформації і складну взаємозалежність результату від різних наборів значень факторів. Крім того прийняття рішень в технічних системах часто повинно прийматись в реальному масштабі часу, що вимагає створення методик, зручних для автоматизації управління.

Одним з підходів, що дозволяє враховувати інформацію про об'єкт ризику та інформацію про стан системи в різні моменти часу є логіко-імовірнісна теорія ризику неуспіху (ЛІ-теорія).

Предметом імовірнісної логіки [3] є оцінка істинності гіпотез, а обчислення імовірності складних гіпотез у всіх системах імовірнісної логіки здійснюється з допомогою традиційного математичного апарату обчислення ймовірностей.

Під ризиком в ЛІ-теорії розуміється ймовірність неуспіху, яка визначається через ймовірності факторів (ознак), які привели до цього неуспіху.

Об'єкт ризику описується ознаками, кожна з ознак має декілька градацій. Ознакам і градаціям відповідають випадкові події, які приводять до неуспіху. Події-ознаки зв'язані логічними зв'язками. Події-градації для кожної ознаки утворюють групу несумісних подій.

Інформація про об'єкт ризику задається базою даних у вигляді таблиці «об'єкт – ознаки», в стрічках якої знаходяться об'єкти, в стовпчиках – ознаки, а в клітинках – градації ознак [2].

Кожній події ставиться у відповідність випадкова величину або логічна змінна. ЛІ-функція неуспіху будується по сценарію ризику або структурній моделі неуспіху.

Логічна модель (ЛІ-модель) ризику неуспіху [2] записується як:

$$Y = X_1 \vee X_2 \vee \dots \vee X_j \vee \dots \vee X_n, \quad (1)$$

тобто ризик неуспіху виникає, якщо відбувається яка-небудь одна, які-небудь дві, ..., або всі ініціюючі події.

Враховуючи правила виконання операцій в ЛІ-моделях [2] величина ризику завжди знаходиться в межах [0,1] при любых значеннях ймовірностей ініціюючих подій, а вираз (1) перепишеться у такій формі

$$P = 1 - Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot \dots \cdot Q_n \quad (2)$$

де $Q_i = 1 - P_i$ – ймовірність того, що i -й фактор не вплинув на кінцевий результат.

Структурна модель ризику неуспіху може бути еквівалентна реальній системі (наприклад електричній), бути асоціативною, або змішаною.

Методика прийняття рішень в умовах ризику на базі ЛІ-моделі

Як відомо [2], ЛІ-моделі характеризуються чітко визначеною послідовністю кроків, а рішення в таких моделях приймається по величині ризику (ймовірності неуспіху). Такий підхід найбільше підходить до задач класифікації та ідентифікації, проте прийняття рішень в технічних системах зводиться до управління певним об'єктом або процесом керування. В цьому випадку обчислення коефіцієнту неуспіху є явно недостатнім, тому пропонується на базі ЛІ-моделей створити методику, яка враховує наслідки (втрати) від прийнятого рішення, і включає в себе значення параметрів керування об'єктом.

Для визначення параметрів керування, на наш погляд, необхідно ввести функцію втрат, яка враховує розрахований коефіцієнт ризику, і значення параметрів керування. Для обчислення коефіцієнта неуспіху пропонується враховувати не лише ймовірність неуспіху, але й вагу цього фактора. Таким чином, методика прийняття рішень в умовах ризику на базі ЛІ-моделей на відміну від існуючих моделей буде містити наступні етапи:

Експертний ризик-аналіз. На цьому етапі відбираються фактори для математичної моделі, а також визначаються ймовірності неуспіху градацій даного фактору.

Аналіз чутливості. При проведенні аналізу чутливості визначається вага градацій кожного фактора на кінцевий результат.

Побудова ЛІ-моделі. Вибирається вид моделі типу «вузол» або «міст».

Математичне моделювання. По вхідним даним об'єкта керування обчислюються ймовірності неуспіху для кожного фактора і розраховується коефіцієнт ризику неуспіху, який характеризує відхилення отриманого результату від оптимального.

Оцінка ризику. Визначається значення функції втрат.

Прийняття рішень. По вхідним даним, коефіцієнту ризику та значенню функції втрат розраховуються параметри керування (управляючі впливи) об'єктом або процесом, та проводиться аналіз результату управління і уточнення ймовірностей неуспіху градацій.

Алгоритм прийняття рішень в умовах ризику на базі ЛІ-моделі

Розглянемо модель ризику типу «вузол» з факторами $X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n$, що можуть впливати на кінцевий результат. Кожен з факторів має декілька градацій (значень), які з певною ймовірністю (відносною частотою) впливають на відхилення отриманого результату від оптимального (неуспіх).

Крок 1. Обчислення відносної частоти градації для кожного фактора. Відносна частота j -ї градації для i -го фактору P_{ij} може задаватися експертним шляхом, або розраховуватись статистично по вибірці попередніх даних за формулою:

$$P_{ij} = \frac{n}{N},$$

де n – кількість випадків, в яких j -та градація i -го фактору привела до неуспіху, N – загальне число випадків.

Крок 2. Обчислення ваг градацій. Вагові коефіцієнти (ваги) градацій W_j розраховуються експертним шляхом з урахуванням значимості (впливу) кожного фактора на загальний результат. Для визначення цих ваг використовуємо метод ранжування.

Крок 3. Обчислення ймовірностей неуспіху для кожного фактора. Ймовірності неуспіху знаходимо як середнє зважене вагових коефіцієнтів і відносної частоти кожної градації даного фактора:

$$\bar{P}_i = \sum_{j=1}^{N_j} W_{ij} \cdot P_{ij},$$

де N_j – кількість градацій для i -го фактора.

Крок 4. Обчислення ризику неуспіху. Оскільки логічна модель (Л-модель) ризику неуспіху типу «вузол» записується як:

$$Y = X_1 \vee X_2 \vee \dots \vee X_j \vee \dots \vee X_n, \quad (3)$$

то ризик неуспіху виникає, якщо відбувається яке-небудь одне, які-небудь два, ..., або всі ініціюючі події, а вираз (3) переписується у такій формі:

$$P = 1 - Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot \dots \cdot Q_n$$

Крок 5. Мінімізація втрат. Для прийняття оптимального рішення необхідно щоб відхилення між оптимальним і отриманим результатом було мінімальним. Щоб кількісно оцінити це відхилення необхідно обчислити функцію втрат, яка в загальному вигляді може бути записана так:

$$f(P, k_1, k_2, \dots, k_n,)$$

де P – ймовірність неуспіху (відхилення від оптимального результату), k_1, k_2, \dots, k_n – контрольовані параметри керування.

Тоді прийняття оптимального рішення буде полягати у виборі таких параметрів керування k_1, k_2, \dots, k_n , при яких виконується умова:

$$\min f(P, k_1, k_2, \dots, k_n,)$$

Крок 6. Аналіз результату і уточнення ймовірностей неуспіху градацій На цьому кроці здійснюється аналіз результату. Якщо результат є успішним, то збільшується число загальних подій, якщо результатом є неуспіх, то визначаються градації факторів, що цьому сприяли, і уточнюються (перераховуються) ймовірності цих градацій.

Застосування даної методики було показано на прикладі керування роботою печі по випалюванню вапна, яка широко використовується на цукрових заводах. В процесі випалювання вапна було виділено 3 основних фактора, які негативно впливають на процес і зумовлюють відхилення отриманого результату від оптимального:

- співвідношення розмірів кусків вапняку між собою;
- співвідношення розмірів кусків палива між собою;
- дозування палива.

Кожен з наведених факторів мав декілька градацій, вагові коефіцієнти яких були визначені експертним методом. Знаючи ймовірності даних градацій і їх комбінацію в процесі випалювання був обчислений коефіцієнт ризику. Функція втрат була знайдена шляхом апроксимації залежності рівня втрат вапна від температури відходящих газів. В якості параметра управління використовувався об'єм повітря, що відкачувалось з печі.

Висновки

1. Наводиться аналіз існуючих методів прийняття рішень в умовах ризику, який доводить обмеженість їх застосування для задач прийняття рішень в технічних системах.
2. В статті пропонується методика і алгоритм прийняття рішень, які базуються на використанні ЛІ-моделей та експертних методів.
3. Показано застосування даної методики для управління піччю по випалюванню вапна.

Список літератури

1. Дубров С.А, Лагуша О.И, Хрусталеv К.Н. Моделирование рисковvх ситуаций в экономике и бизнесе. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 325 с.
2. Рыбаков А.В, Соложенцев Е.Д. Оптимизация в задачах идентификации логико-вероятностных моделей риска // Автоматика и телемеханика. – 2003.– № 7. С. 51-63.
3. Рябинин И.А. Логико-вероятностное исчисление как аппарат исследования надежности и безопасности структурно-сложных систем //Автоматика и телемеханика. – 2003.– № 7. С. 178-185.