

Рибалко Ірина Вільгельмівна, к.т.н., доцент кафедри технології машинобудування і ремонту машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, rybalko_irina@ukr.net

Антонов Микола Олександрович, студент групи ТПТ-31-22, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ В УПРАВЛІННІ ЯКІСТЮ

Статистичними методами, що найбільш відомі та широко використовуються в управлінні якістю, є так звані «сім простих інструментів контролю якості», в яких використовуються прості у застосуванні прийоми математичної статистики. Вони використовуються практично на всіх етапах життєвого циклу продукції. Застосування цих методів відповідає реалізації одного з базових принципів управління якістю в концепції TQM та стандартів ISO серії 9000: «прийняття рішень, заснованих на фактах».

Але далеко не всі факти мають чисельну природу. Облік цих чинників становить приблизно 5 % проблем, пов'язаних з управлінням якістю продукції і процесів: управління процесами, системами, колективами.

У зв'язку з цим у Японії у 1980-ті рр. ідеї семи простих інструментів контролю якості знайшли подальший розвиток у «семи нових інструментах контролю якості», до яких належать:

- діаграма спорідненості (КJ-метод). Використовується для виявлення основних порушень процесу, а також можливостей його поліпшення шляхом об'єднання родинних даних;

- діаграма зв'язків. Використовується для виявлення логічних зв'язків між основною проблемою, яка потребує вирішення, причинами, які впливають на неї та іншими даними;

- дерево рішень (деревоподібна діаграма). Розбиває дані на кілька рівнів, в основі графіка лежить головна проблема, від неї виходять причини у вигляді відгалужень;

- таблиця якості (матрична діаграма). Показує наявність та силу зв'язку між елементами аналізу у вигляді таблиці;

- стрілочна діаграма (мережевий графік, діаграма Ганта). Призначена для планування робіт. У практиці застосовують мережевий графік, діаграму Ганта, інші інструменти, засновані на даному методі;

- діаграма процесу здійснення програми (PDPC). Дозволяє визначити ризики при складанні плану робіт та вжити відповідних запобіжних дій;

- матриця пріоритетів. Допомагає розподілити аналізовані дані за ступенем важливості.

За останні десятиліття на основі цих «семи нових інструментів контролю якості» було створено багато інших інструментів, що використовуються для вирішення конкретних проблем.

Аналіз ЕТА дозволяє ідентифікувати можливі поодинокі відмови, сфери вразливості системи та малоефективні контрзаходи. Event tree analysis (ЕТА) –

метод аналізу надійності, що перекладається як «аналіз дерева подій» і використовується також для аналізу ризику та безпеки.

Основні принципи методу були розроблені в 1960 р., коли його вперше застосували для аналізу об'єктів атомної промисловості США.

Потім він набув поширення як метод аналізу надійності й ризику та застосовувався для аналізу надійності: ядерних установок; аерокосмічних систем; хімічних процесів; установок із видобутку нафти та газу; транспортних систем тощо.

На противагу іншим методам аналізу надійності, (наприклад методу Маркова), ЕТА ґрунтується на відносно простих математичних висновках. Застосування методу потребує наявності спеціальних навичок, досвіду та уважності. Крім того, зазвичай корисно використовувати взаємозв'язок аналізу дерева несправностей (FTA) з кількісним і якісним аналізом дерева подій (ETA).

Загальні принципи ЕТА встановлені в ІЕС 62502:2010, де також показано його застосування для аналізу параметрів систем, що належать до надійності та ризику.

Ініціююча подія – подія, яка є відправною точкою дерева подій та послідовності подій, які можуть призвести до різних можливих виходів.

Аналіз дерева подій є індуктивною процедурою, під час якої від спостережуваних часткових фактів переходять до виділення принципів або встановлення закономірностей. Вона призначена для:

- моделювання можливих вихідних подій, які є наслідком реалізації ініціюючої події та факторів захисту;
- визначення частоти або ймовірності виникнення можливих виходів цієї ініціюючої події.

Графічне подання дерева подій вимагає, щоб символи, ідентифікатори та мітки були використані послідовно. Подання дерева подій залежить від уподобань користувача.

Починаючи з ініціюючої події, у процесі аналізу ЕТА дослідники постійно шукають відповідь на запитання: що відбудеться, якщо трапиться якась несприятлива подія?

Маючи отримані відповіді, аналітик будує дерево можливих виходів. Тому вкрай важливо скласти перелік усіх ймовірних ініціюючих подій задля забезпечення того, що побудовані дерева подій відображають усі важливі послідовності подій для системи, яка розглядається. Використовуючи цю логіку, ЕТА можемо трактувати як метод представлення застосовуваних факторів захисту для цієї ініціюючої події.

Аналіз ЕТА допомагає ідентифікувати всі можливі варіанти сценарію розвитку несприятливої події (виділяючи на дереві подій гілки успіху або спрацьовування та відмови, або неспрацьовування фактору захисту), конструкції об'єкта, що розробляється, і виявити слабкі місця процедури.

Гілка успіху є моделлю умов, у яких фактор захисту діє відповідно до його призначення (спрацьовує).

Як і в інших аналітичних методах, особливу увагу слід приділяти моделюванню залежності подій. Важливо враховувати, що ймовірності, які використовуються в дереві подій, є умовними та залежать від послідовності подій, що відбулися до реалізації події, яка розглядається.

Попри те, що теоретично за допомогою дерева подій можна моделювати наслідки помилок оператора або програмного забезпечення, ці питання не розглядаються в ІЕС 62502:2010 (ДСТУ EN 62502:2022 Методи аналізування надійності. Аналізування дерева подій (ЕТА) (EN 62502:2010, IDT; ІЕС 62502:2010, IDT)

Аналізу цих проблем присвячені інші стандарти, наприклад:

– ІЕС 62508 (ДСТУ EN 62508:2022 Настанови щодо людських аспектів надійності (EN 62508:2010, IDT; ІЕС 62508:2010, IDT),

– ІЕС 62429 (ДСТУ EN 62429:2022 Зростання надійності. Стрестування на ранні відмови в унікальних складних системах (EN 62429:2008, IDT; ІЕС 62429:2007, IDT)

Переваги методу ЕТА:

– застосовний до систем будь-якого типу;
– забезпечує візуальне подання послідовності подій після реалізації ініціюючої події;

– дозволяє отримати оцінку кількох одночасних відмов системи (наприклад, дефект системи контролю) або її відмов (наприклад, нездатність клапана закриватися) та інших залежних подій;

– застосовний для дослідження як успіху (нормального функціонування), так і відмови системи;

– дозволяє ідентифікувати кінцеві події, які інакше неможливо прогнозувати;

– дозволяє ідентифікувати можливі поодинокі відмови, сфери вразливості системи та малоефективні контрзаходи. Метод забезпечує оптимальний розподіл ресурсів та поліпшення контролю ризику через покращення процедур та функцій безпеки;

– допускає ідентифікацію та простежуваність шляхів розвитку відмови системи;

– дозволяє представляти великі та складні системи у вигляді більш простих за допомогою угруповання частин досліджуваної системи у функціональні одиниці або підсистеми.

Отже, основна перевага ЕТА в порівнянні з багатьма іншими методами аналізу ризику – це його здатність моделювати послідовності та взаємодії різних факторів захисту, що супроводжують появу ініціюючої події. Таким чином, система та її взаємодії з усіма факторами захисту у разі розвитку несприятливого сценарію стають наочно представленими, що сприяє подальшій оцінці ризику.

До обмежень ЕТА належать такі, що є загальними для всіх методів аналізу надійності:

- ініціюючі події не можуть бути виявлені за допомогою аналізу, це завдання фахівців, що складають загальний перелік ініціюючих подій;
- при використанні методу необхідне залучення фахівців, які складають загальний опис сценаріїв функціонування системи;
- можуть бути пропущені приховані системні залежності, що призводить до надмірно оптимістичних оцінок показників надійності та ризику;
- для правильного обчислення умовних імовірностей та коректної обробки залежних подій необхідний практичний досвід роботи з методом, а також попередні результати дослідження системи;
- оцінка та обробка ймовірностей, що залежать від часу, може бути виконана тільки якщо справжня ймовірність чи інтенсивність відмов системи постійна або якщо для відновлюваної системи швидко настає стійкий непрацездатний стан. Це слід враховувати у випадках систем, що періодично перевіряються;
- інший важкий аспект роботи з часовою залежністю охоплює ситуації, що швидко змінюються, наприклад, коли критерії успіху факторів захисту змінюються залежно від спрацьовування попередніх факторів захисту. Зазвичай у такому разі роблять припущення, щоб забезпечити отримання гарантованих оцінок;
- ситуації, коли перебування об'єкта в деякому стані понад установлений час може призвести до відмови, важко змодельовати за допомогою дерева подій (наприклад, повільний витік повітря з автомобільної камери);
- залежності в дереві подій, наприклад, через залежність ініціюючої події від факторів захисту, необхідно уважно дослідити. Для цього може бути доречною комбінація FTA та ETA;
- попри те, що може бути ідентифіковано кілька послідовностей подій, що призводять до відмови системи, відмінності у значущості небезпек, пов'язаних із конкретними виходами, можуть бути непомітні без додаткового аналізу.

Отже, основним обмеженням ETA є дослідження часових залежностей. Оцінки в такій ситуації необхідно визначати дуже обережно, оскільки це може бути правильно зроблено лише в окремих випадках. Для дослідження часових залежностей розроблено спеціальні методи, зокрема метод динамічного аналізу дерева подій.

Перелік посилань

1. Букреєва О.С., Рибалко І.В. Оцінювання ризику за ETA: переваги та взаємозв'язок з іншими аналітичними методами. Управління якістю: журнал для підвищення конкурентоспроможності підприємства. – №3 / 2025 / Технології управління <https://ya.techmedia.com.ua/upravlinnya-yakisty-2025-3/otsinyuvannya-ryzyku-za-eta-perevahy-ta-vzayemozvyazok-z-inshymy>