

УДК 702.61.18.001.003

Ю.П. Шамаєв, Ю.С. Лисенко

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

ВИЗНАЧЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ ПРИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВИПРОБУВАНЬ

Розглядається процес вибору числа й умов здійснення випробувань, необхідних і достатніх для рішення поставленого завдання з необхідною точністю та пропонується математична модель планування експерименту при ідентифікації випробувань й методика його проведення.

Ключові слова: експеримент, планування, методи, ідентифікація.

Вступ

Постановка задачі. Для побудови математичної моделі технологічного об'єкту необхідна інформація, що може бути отримана в режимі його нормальної роботи або при подачі на об'єкт тестових впливів різного виду. Планування експерименту надає можливість запропонувати певні результати випробувань в залежності від вхідних даних та надати змогу особі, яка приймає рішення, обрати найбільш приближений варіант рішення щодо поставленої мети. Тому питання планування експерименту при ідентифікації випробувань є актуальним.

Аналіз літератури. У відомій літературі [1 – 4] розглядаються аналіз методів ідентифікації технологічних об'єктів на виробництві та плануванні експерименту при ідентифікації. Так в [1 – 3] надаються основні відомості щодо ідентифікації випробувань, а в [4] визначення цього процесу стосовно ДСТУ. Нажаль в запропонованій літературі повного висвітлення планування експерименту при ідентифікації випробувань висвітлено не було.

Метою статті є визначення математичної моделі планування експерименту при використанні випробувань та методика його проведення.

Основний матеріал

Планування експерименту – це процес вибору числа й умов здійснення випробувань, необхідних і достатніх для рішення поставленого завдання з необхідною точністю [3]. При цьому здійснюються такі заходи:

- мінімізація загального числа досвідів;
- одночасне варіювання весь визначальний процес за спеціальними правилами-алгоритмами;
- використання математичного апарату, який формалізує дії експериментатора;
- вибір чіткої стратегії, що дозволяє приймати обґрунтоване рішення після кожної серії експериментів.

Одним з найпростіших методів шинування експерименту є метод Бокса-Уілсона [2]. Він дозволяє одержати статичні математичні моделі процесів при використанні факторного шинування, регресійного аналізу й руху по градієнту. Експеримент, проведений з метою рішення завдань оптимізації, назива-

ється екстремальним [1]. Завдання є екстремальною, якщо вона полягає в пошуку екстремуму деякої функції. Будемо називати цю функцію параметром оптимізації. У науковій літературі використовуються й інші назви цієї функції: критерій оптимізації, цільова функція й ін. [1 – 4]. Як приклад можна назвати завдання по мінімізації дисперсії випадкової величини при виборі оптимальних налаштувань регуляторів системи автоматичного управління.

Планування екстремального експерименту – це метод вибору кількості й умов проведення випробувань, обов'язкових для відшукування оптимальних умов, тобто для вирішення поставленого завдання.

Результати експерименту використовуються, по-перше, для одержання математичної моделі об'єкту управління, тобто ідентифікації, й по-друге, для пошуку оптимальних умов функціонування об'єктів. Одним зі шляхів пошуку оптимальних умов шинування екстремального експерименту є метод Бокса-Уілсона або метод крутого сходження [4].

Таким чином, планування екстремального експерименту є окремий випадок завдання його планування, це метод вибору мінімальної кількості досвідів, необхідних для відшукування оптимальних умов.

Для опису об'єкта дослідження будемо використати математичну модель у вигляді рівняння

$$X = f(u_1, u_2, \dots, u_k).$$

Функція f для планування експерименту називається функцією відгуку. При постановці завдання оптимізації функція відгуку може відігравати роль параметра оптимізації. Входи об'єкта дослідження називаються u_1, u_2, \dots, u_k факторами. Кожен фактор може приймати деяке число різних значень, названих рівнями. Сполучення заданих рівнів всіх факторів визначає можливий стан об'єкта дослідження, сукупність – всіх різних можливих станів – складність об'єкта дослідження, і загальне число можливих випробувань. Якщо для всіх k факторів число їхніх рівнів однаково й дорівнює r , число різних станів об'єкта дорівнює r^k . Таким чином, математична модель встановлює зв'язок функції відгуку x факторами u_1, u_2, \dots, u_k . При плануванні експерименту включають всі суттєві фактори, які можуть впливати на процес, однак, якщо їхнє число більше

15, то необхідно відкинути несуттєві фактори. До факторів пред'являються вимоги по керованості й однозначності. Керованість фактором - це можливість підтримувати його постійним або міняти по заданій програмі протягом випробування. У цьому й складається особливість активного експерименту. До сукупності факторів пред'являються вимоги по сумісності й відсутності лінійної кореляції.

Після того як будуть визначені всі параметри оптимізації й фактори, необхідно вибрати модель

$$X = F(u_1, u_2, \dots, u_k),$$

тобто визначити саму функцію й записати її рівняння. Тоді залишається спланувати й провести експеримент для оцінки чисельних значень коефіцієнтів цього рівняння. Для цього розглянемо методику планування експерименту. На першому етапі планування експерименту можна вибрати алгебраїчний поліном першого ступеня - лінійну модель. При рішенні завдання оптимізації потрібно знати напрямок градієнту, тобто напрямку, у якому значення параметра оптимізації поліпшується швидше, ніж у будь-якому іншому напрямку. Така модель дозволяє уникнути повного перебору станів об'єкта й тим самим зменшити кількість випробувань для відшукування оптимуму. Процес пошуку оптимуму ґрунтується на кроковому принципі:

- проводяться серії випробувань;
- за їх результатами будується математична модель, що використовується для оцінки градієнту;
- ставляться нові випробування тільки в цьому напрямку.

Цей циклічний процес закінчується при отриманні майже оптимального значення.

Для вибору конкретної моделі необхідно задовольнити вимогам адекватності й простоти. Під адекватністю розуміється здатність моделі передбачати результати експерименту в деякій області з потрібною точністю. Найбільш простими моделями вважаються алгебраїчні поліноми. Оскільки поліном лінійний щодо невідомих коефіцієнтів, то це спрощує обробку спостережень. Ступінь полінома звичайно послідовно підвищують, поки не буде знайдена адекватна модель. Перш ніж приступитися до планування експерименту, необхідно обрати локальну область факторного простору. Цей етап у плануванні експериментом є неформальним й пов'язаний з ретельним аналізом апріорної інформації про досліджуваний об'єкт. Тут повинні бути враховані всі принципові обмеження варіювання факторів.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ИСПЫТАНИЙ

Ю.П. Шамаев, Ю.С. Лисенко

Рассматривается процесс выбора числа и условий совершения испытаний, необходимых и достаточных для решения задания с необходимой точностью, предлагается характеристика методов планирования эксперимента.

Ключевые слова: эксперимент, планирование, методы, идентификация.

DETERMINATION OF MATHEMATICAL MODEL PLANNING OF EXPERIMENT IS DURING AUTHENTICATION TEST

U.P. Shamaev, U.S. Lysenko

The process of choice of number and terms of realization of trials is analysed necessary and sufficient for the decision of the put task with necessary exactness, but tdescription of ask and methods of planning of experiment is offered.

Keywords: experiment, planning, methods, authentication.

Найкращим умовам, які пов'язані з аналізом апріорної інформації, відповідає комбінація рівнів факторів, що є багатомірною точкою у факторному просторі. Її можна розглядати як вихідну точку для побудови плану експерименту. Ця точка називається основним або нульовим рівнем. Побудова плану експерименту зводиться до вибору експериментальних точок, симетричних щодо нульового рівня.

Інтервалом варіювання факторів називається деяке число (своє для кожного фактора), додаток якого до основного рівня дає верхній, а вирахування – нижній рівень фактора. Для спрощення запису умов експерименту масштаби варіюються так, щоб верхній рівень відповідав +1, нижній -1, а основний – нулю. Наприклад для значення і-го фактора

$$u_i = (u_i - u_{i0}) / \Delta u_i,$$

де u_i й u_{i0} – кодоване й натуральне значення і-го фактора; Δu_i – натуральне значення основного рівня.

Експеримент, у якому реалізуються всі можливі сполучення рівнів факторів, називається повним факторним експериментом. Якщо число рівнів кожного фактора дорівнює двом, маємо повний факторний експеримент типу.

Висновки

1. В розглянутій статті запропоновано яким чином необхідно здійснювати процес планування експерименту при ідентифікації випробувань
2. Запропонована математична модель планування експерименту при ідентифікації випробувань та методику його проведення.

Список літератури

1. *Основи стандартизації та кодифікації: навч. посіб. / В.Б. Кононов, А.М. Науменко, І.В. Толок, В.А. Бородавка, О.В. Коваль. – ХУПС, 2012. – 208 с.*
2. *Чинков В.М. Основи метрології та вимірювальної техніки / В.М. Чинков. – Х.: ХВУ, 2003. – 424 с.*
3. *Ідентифікація та моделювання технологічних процесів: підручн. для ВНЗ / І.О. Фурман, П.П. Рожков, В.А. Краснобаєв, С.Е. Рожкова, О.О. Морозов. – Х., 2007. – 240 с.*
4. *ДСТУ ISO 9000-4-98 Стандартизація з управління якістю та забезпечення якості. Чл. 4, Настанови щодо управління програмою надійності.*

Надійшла до редколегії 19.12.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Б. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків.