

І.І. Мотика¹, Л.А. Недоступ², Н.І. Нестор²
 Національний університет "Львівська політехніка",
¹кафедра систем автоматизованого проектування,
²кафедра теоретичної радіотехніки та радіовимірювань

МОДЕЛЮВАННЯ СТАТИСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

© Мотика І.І., Недоступ Л.А., Нестор Н.І., 2010

Розглянуто можливості моделювання статистичних характеристик технологічних процесів на етапах їх проектування. Моделі дають змогу формувати достатньо складні схеми технологічних процесів, орієнтовані на обчислення статистичних характеристик із застосуванням апарату характеристичних функцій.

Ключові слова: технологічний процес, статистичні характеристики, характеристичні функції.

Possibility of modeling statistical characteristics of technological processes at the stages of their design is considered in the paper. Models of technological operations enabling formation of difficult schema of technological processes are examined. Models are oriented to calculation of statistical characteristics with application of characteristic functions.

Keywords: technological process, statistical characteristics, characteristic functions.

Вступ

Статистичні та імовірнісні методи широко використовують для аналізу точності та стабільності технологічних процесів і якості продукції. Імовірнісні методи оперують властивостями випадкових величин із деякої генеральної сукупності, і тому найприйнятніші на етапах проектування технологічних процесів, порівняння різних варіантів рішень.

Статистичні методи мають на меті підготовку рішень, що забезпечують ефективне функціонування технологічних одиниць і підвищення якості і конкурентоспроможності продукції, що випускається. Статистичні методи потрібно застосовувати у всіх випадках, коли за наслідками обмеженої кількості спостережень необхідно встановити причини поліпшення або погіршення точності та стабільності технологічного устаткування. Під точністю технологічного процесу розуміють властивість технологічного процесу, що зумовлює близькість дійсних і номінальних значень параметрів вироблюваної продукції. Під стабільністю технологічного процесу розуміють властивість технологічного процесу, що зумовлює постійність розподілів вірогідності для його параметрів протягом деякого інтервалу часу без втручання ззовні.

Метою застосування статистичних методів аналізу точності та стабільності технологічних процесів і якості продукції на стадіях розроблення, виробництва й експлуатації (споживання) продукції є, зокрема:

- визначення фактичних показників точності та стабільності технологічного процесу, устаткування або якості продукції;
- встановлення відповідності якості продукції вимогам нормативно-технічної документації;
- перевірка дотримання технологічної дисципліни;
- вивчення випадкових і систематичних чинників, здатних призвести до появи дефектів;
- виявлення резервів виробництва і технології;
- обґрунтування технічних норм і допусків на продукцію;
- оцінка результатів випробувань дослідних зразків під час обґрунтування вимог до продукції і нормативів на неї;
- обґрунтування вибору технологічного устаткування і засобів вимірювань і випробувань;
- порівняння різних зразків продукції;
- обґрунтування заміни суцільного контролю статистичним;
- виявлення можливості упровадження статистичних методів управління якістю продукції тощо.

У роботі розглянуто можливості моделювання статистичних процедур на стадії проектування технологічних процесів.

Постановка задачі

У роботі розглянуто дискретні технологічні процеси, тобто процеси, які можна розділити на окремі технологічні ланки (операції, переходи тощо). Для кожної такої ланки чітко визначено її початок і кінець.

Структуру технології можна описати за допомогою орієнтованого мультиграфа, вершини якого відповідають технологічним операціям, а дуги – продуктам, які випускаються і витрачаються в процесі виконання операції. Структури технологічних схем різних технологічних процесів різноманітні, однак можуть бути вказані типи:

- послідовна (рис. 1, а), де на кожній операції випускається тільки один продукт, який споживається на наступній операції;
- збіжна (рис. 1, б), де на кожній операції випускається один продукт, але споживається декілька виготовлених на попередніх операціях;
- розбіжна (рис. 1, в), де на кожній операції споживається один продукт, а випускається декілька (структури такого типу описують процеси сортування);
- змішана структура (рис. 1, г) (розділення для оброблення на різному обладнанні або створення вибірки для контролю тощо).

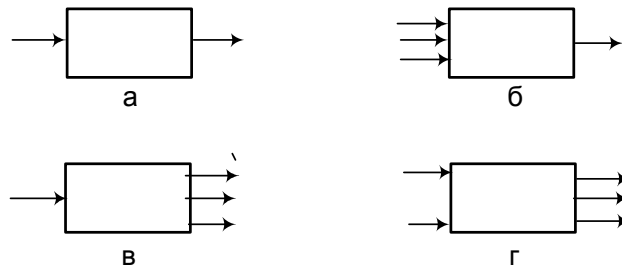


Рис. 1. Типи технологічних операцій

Кожному входу кожної операції ставиться у відповідність n -вимірний випадковий вектор, який задається сумісним законом розподілу або n -вимірною густиною розподілу. На виході операції отримуємо параметри вихідних продуктів. У загальному випадку ця залежність нелінійна, її розрахунок пов'язаний зі значними труднощами.

Структурна графова модель слугує для автоматизації процедури об'єднання послідовних технологічних операцій у технологічні ланки, які, своєю чергою, об'єднуються у більші.

Лінійні технологічні моделі

Вважатимемо, що в результаті попереднього детермінованого розрахунку визначено номінальні значення всіх векторів на входах і виходах векторів. Тоді для кожної технологічної операції залежність між виходом і входом буде лінійною.

Введемо відносні відхилення компонент векторів від номінальних:

$$\delta x_i = \frac{x_i - x_{iH}}{x_{iH}}, \quad (i = 1, 2, \dots, n); \quad (1)$$

$$\delta y_i = \frac{y_i - y_{iH}}{y_{iH}}, \quad (i = 1, 2, \dots, m); \quad (2)$$

$$\delta u_i = \frac{u_i - u_{iH}}{u_{iH}}, \quad (i = 1, 2, \dots, k); \quad (3)$$

$$\delta z_i = \frac{z_i - z_{iH}}{z_{iH}}, \quad (i = 1, 2, \dots, l). \quad (4)$$

Для лінійної перетворювальної системи на основі принципу суперпозиції кожна з похибок технологічної операції може розглядатись як лінійна комбінація вихідних технологічних факторів:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{A}\mathbf{X} + \mathbf{B}\mathbf{U} + \mathbf{C}\mathbf{Z} . \quad (5)$$

Система рівнянь (5) визначає встановлений стан перетворювальної системи, тобто описує статистичні властивості технологічного процесу. У формулі (5) через \mathbf{X} позначено вектор вхідних змінних технологічного процесу, через \mathbf{U} і \mathbf{Z} – вектори груп факторів технологічної операції, які впливають на вектор вихідних параметрів \mathbf{Y} . Треба мати на увазі, що для обчислень виразу (5) необхідно використовувати багатовимірні інтеграли згортки.

У теорії імовірностей доволі широко застосовуються характеристичні функції випадкових величин і векторів [1], які значно спрощують отримання результатів при перетвореннях. В основі спрощення трансформацій законів розподілу випадкових величин і векторів лежать дві основні властивості характеристичних функцій:

– характеристична функція суми незалежних випадкових величин є добутком характеристичних функцій кожної з них;

– числові характеристики випадкового вектора можуть бути визначені з розкладу в ряд Маклорена характеристичних функцій цього вектора. Важливо, що при лінійних перетвореннях випадкових векторів за допомогою характеристичних функцій можна в принципі отримати найповнішу імовірнісну характеристику результуючого вектора – його закон або густину розподілу.

У роботах [2–4] отримано вирази для обробних операцій:

– для операцій із одним входом і виходом

$$g_y(\lambda) = g_x(\mathbf{A}^t\lambda) g_u(\mathbf{B}^t\lambda) g_s(\lambda); \quad (6)$$

– для моделі збіжної технологічної операції

$$g_y(\lambda) = g_{x_1}(\mathbf{A}_1^t\lambda) g_{x_2}(\mathbf{A}_2^t\lambda) g_u(\mathbf{B}^t\lambda) g_s(\lambda) \quad (7)$$

модель розбіжної технологічної операції будується аналогічно, однак вектор \mathbf{Y} вихідних змінних складається з двох – $\mathbf{Y}_1=(y_1, y_2, \dots, y_m)$ і $\mathbf{Y}_2=(y_{m+1}, y_{m+2}, \dots, y_{m+r})$.

Характеристична функція стандартного розподілу випадкового вектора

Аналіз похибок технологічних процесів із застосуванням характеристичних функцій, як будь-які методи інтегральних перетворень, є ефективним в тих випадках, коли остаточний результат вдається отримати в аналітичній формі. Для послідовних ланок обробних операцій такі перетворення можна здійснити порівняно просто [3]. Однак операції розділення за певними ознаками приводять до необхідності здійснювати неодноразово пряме та обернене перетворення Фур'є функцій розподілу імовірностей, які в аналітичній формі виконати не вдається. Такими є, наприклад, моделі поопераційного контролю [2].

Введемо стандартну функцію густини розподілу випадкового n -вимірного вектора. Крок за координатами приймемо однаковим і таким, що дорівнює h . Введемо позначення:

x_1, \dots, x_n – координати простору випадкових змінних; N_j – кількість дискретів по координаті x_j ; x_{0_1}, \dots, x_{0_n} – початкові координати функції густини розподілу; $x_{k_j} = x_{0_j} + k_j h$, ($k_j = 0, \dots, N_j$); $y_{k_1 \dots k_n}$ – висота елемента функції густини розподілу із координатами кутка x_{k_1}, \dots, x_{k_n} . Характеристична функція визначається із багатовимірною перетворення Фур'є ступінчастої густини розподілу і має вигляд

$$g_{CT}(\lambda_1, \dots, \lambda_n) = (-i)^n \sum_{k_1=1}^{N_1} \dots \sum_{k_n=1}^{N_n} y_{k_1 \dots k_n} \prod_{j=1}^n \frac{1}{\lambda_j} (e^{i\lambda_j x_{k_j}} - e^{i\lambda_j x_{k_j-1}}); \quad (8)$$

Обчислення параметрів стандартної функції за заданою характеристичною

Отримаємо систему рівнянь для обчислення параметрів багатовимірної стандартної функції розподілу $f_{CT}(x_1, x_2, \dots, x_n)$ за заданою характеристичною $g(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$. Виберемо значення $h, x_{0_1}, \dots, x_{0_n}, N_j, (j = 1, 2, \dots, n)$. Початкові моменти стандартної функції розподілу визначаються за формулами:

$$\alpha_{\text{ст}\eta_1 \dots \eta_n} = \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} x_1^{\eta_1} \dots x_n^{\eta_n} f_{\text{ст}}(x_1, \dots, x_n) dx_1 \dots dx_n = \sum_{k_1=1}^{N_1} \dots \sum_{k_n=1}^{N_n} y_{k_1 \dots k_n} \prod_{j=1}^n \frac{1}{\eta_j + 1} (x_j^{\eta_j} - x_j^{\eta_j+1}). \quad (9)$$

Вираз для моментів випадкового вектора через його характеристичну функцію має вигляд [3]:

$$\alpha_{\eta_1 \dots \eta_n} = i^{-v} \left[\frac{\partial^v g(\lambda_1, \dots, \lambda_n)}{\partial \lambda_1^{\eta_1} \dots \partial \lambda_n^{\eta_n}} \right]_{\lambda_1 = \dots = \lambda_n = 0} \quad (\eta_1 + \dots + \eta_n = v). \quad (10)$$

Стандартна функція густини розподілу має $N = N_1 \times \dots \times N_n$ невідомих значень $y_{k_1 \dots k_n}$. Прирівнюючи $N-1$ моментів стандартної функції до моментів, отриманих з виразу (10), і долучаючи рівняння нормування густини розподілу, одержуємо систему рівнянь для обчислення значень $y_{k_1 \dots k_n}$:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{k_1=1}^{N_1} \dots \sum_{k_n=1}^{N_n} y_{k_1 \dots k_n} \prod_{j=1}^n \frac{1}{\eta_j + 1} (x_j^{\eta_j} - x_j^{\eta_j+1}) = \\ = i^{-v} \left[\frac{\partial^v g(\lambda_1, \dots, \lambda_n)}{\partial \lambda_1^{\eta_1} \dots \partial \lambda_n^{\eta_n}} \right]_{\lambda_1 = \dots = \lambda_n = 0} \quad (\eta_1 + \dots + \eta_n = v) \\ \dots \dots \dots \\ h^n \sum_{k_1=1}^{N_1-1} \dots \sum_{k_n=1}^{N_n-1} y_{k_1 \dots k_n} \cdot \end{array} \right. \quad (11)$$

Стандатні функції дають змогу вирішити проблеми із операціями контролю [6].

Модель реальних виробничих процесів можна описати як однією з типових технологічних схем, так і їх комбінацією. Вершини графа у такому разі відповідають технологічним операціям, які визначаються. Побудова моделей операцій є основним етапом при описі технологічних процесів. Власне, в цих моделях появляється індивідуальна особливість того чи іншого виробництва. Однак модель виробничого процесу у вигляді технологічної мережі не обов'язково відображає реальний рух матеріальних потоків на виробництві, як не відображає і організаційної структури виробництва, а є лише впорядкованим набором технологічних операцій. З розгляду мережі незрозуміло, чи будуть ці операції виконуватися в часі послідовно або паралельно, якщо вони виконуються на одному і тому самому технологічному агрегаті.

Є множина елементів S_{0i} , яку ми назвемо вхідною. Власне, це і є вхідні параметри на вході технологічного процесу. Технологічний процес можна згорнути до входу. Варіанти такого згортання із позицій управління процесом розглядаються в роботі. На схемі виділено відгалуження для імітації контрольної вибірки.

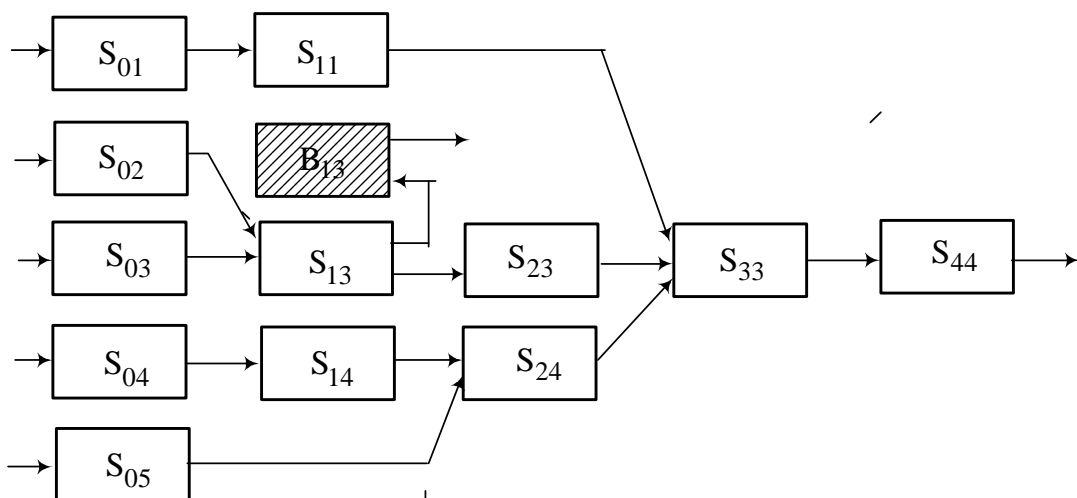


Рис. 2. Типова структура технологічного процесу

Висновки

Запропоновані моделі дають змогу будувати достатньо складні схеми технологічних процесів та імітувати поведінку.

1. Пугачев В.С. Теория случайных функций и ее применение к задачам автоматического управления. – М.: ГФМЛ, 1960. 2. Нестор Н.І. Застосування характеристичних функцій для аналізу похибок технологічних процесів // В зб.: “Досвід розробки та застосування приладо-технологічних САПР мікроелектроніки”. Тези доп. 4-ї Міжнар. наук.-техн. конф. – Львів, 1997. 3. Мотика І.І., Нестор Н.І. Аналіз похибок технологічних операцій з використанням характеристичних функцій // Вісник Держ. ун-ту “Львівська політехніка”, 1998. – № 327: “Комп’ютерні системи проектування. Теорія і практика”. 4. Мотика І.І., Недоступ Л.А., Нестор Н.І. Моделі технологічних процесів для статистичного аналізу // Вісник Держ. ун-ту “Львівська політехніка”, 2009. – № 651: “Комп’ютерні системи проектування. Теорія і практика”. 5. Мотика І.І., Недоступ Л.А., Нестор Н.І. Стандартний розподіл імовірностей для аналізу похибок технологічних процесів // Вісник Держ. ун-ту “Львівська політехніка”, 2006. – № 564: “Комп’ютерні системи проектування. Теорія і практика”. 6. Моделі операцій контролю для аналізу точності технологічних процесів // Вісник Держ. ун-ту “Львівська політехніка”, 2002. – № 444: “Комп’ютерні системи проектування. Теорія і практика”. 7. Бобало Ю.А., Кіселичник М.Д., Недоступ Л.А. Системний аналіз якості виробництва прецизійної радіоелектронної апаратури / За ред. Л.А. Недоступа. – Львів: Держ. ун-т “Львівська політехніка”, 1996.

УДК 534.629

М.Р. Мельник

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра систем автоматизованого проектування

ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ШУМОЗАХИСНИХ БАР’ЄРІВ

© Мельник М.Р., 2010

Наведено результати дослідження точності методів визначення ефективності шумозахисних бар’єрів. Розроблено і реалізовано підсистему порівняння методів визначення ефективності шумозахисних бар’єрів.

Ключові слова: шумозахисний бар’єр, число Френеля, методи визначення ефективності шумозахисних бар’єрів.

The results of the study of accuracy determining methods of the noise control barriers performance. Subsystem for comparing the effectiveness of noise control barriers was developed and implemented methods.

Keywords: noise barriers, Fresnel number, noise barriers efficiency methods.

Вступ

Протягом останніх років в Україні швидкими темпами зростає кількість автомобілів на душу населення. Тенденція такого зростання унаочнена на рис. 1.

Щорічне зростання кількості автомобілів пояснюється тим, що Україна посідає 9-те місце в Європі за кількістю проданих нових автомобілів [3]. Це зумовлює збільшення інтенсивності транспортних потоків і, відповідно, зростання шуму. Кількість автомобілів на душу населення в Україні