

МОДЕЛЮВАННЯ ПОЄДНАНЬ ОПЕРАЦІЙ ОБРОБКИ ЗА ДОПОМОГОЮ ХАРАКТЕРИСТИЧНИХ ФУНКЦІЙ

Д. Т. Н. А. П. Бондарєв, Н. І. Нестор

НУ «Львівська політехніка»
Україна, м. Львів
bondap@ukr.net

Отримано аналітичні вирази для статистичних характеристик технологічних процесів, утворених послідовним та паралельним з'єднанням технологічних операцій. Застосований математичний апарат характеристичних функцій дає можливість враховувати довільні розподіли похибок параметрів оброблюваних виробів та парціальних технологічних операцій.

Ключові слова: математична модель, моделі технологічних операцій, характеристична функція.

Сучасне серійне виробництво будується на базі технологічних ліній з автоматизованим збором статистичної інформації щодо відхилень параметрів технологічних операцій (ТО) та виробу. Моделюючи технологічні процеси (ТП) на основі цієї статистики, використовують апроксимацію відомими законами розподілу [1] або інтервальні методи [2], що знижує точність моделі. Метою цієї роботи є розробка та використання методу статистичного аналізу, базованого на реальній статистиці.

В загальному випадку обробляючу ТО характеризують наступними параметрами [3]: вхідні величини X , управляючі впливи (управління) U , збурюючі впливи (збурення) Z , вихідні величини (виходи) Y (рис. 1). Вектори Y, X, U, Z у загальному випадку є випадковими, а їхні компоненти — корельованими. Залежність між випадковим вектором стану Y і векторами X, U, Z можна записати в вигляді: $Y=AX+BU+GZ+\Theta$, де A, B, G — прямокутні матриці зв'язку з розмірами відповідно $(m \times n)$, $(m \times k)$, $(m \times s)$, а Θ — невідомий вектор розміром m . Виходячи з незалежності цих векторів та прийнявши, що математичні сподівання похибок m_u і m_s дорівнюють нулю, для обробляючої технологічної операції отримуємо характеристичну функцію у вигляді

$$g_y(\lambda) = g_x(A^t \lambda) e^{-\frac{1}{2} \lambda^t (BK_u B^t + K_s) \lambda} = g_x(A^t \lambda) e^{-\frac{1}{2} \lambda^t K_0 \lambda}$$

Зважаючи на складність та громіздкість реальних ТП, особливо у галузі виробництва РЕА, з метою спрощення їхнього математичного опису та полегшення обчислень, можна виділити ряд типових послідовностей виконання технологічних операцій [4, 5]:

- послідовно одна за одною;
- паралельно одна одній у часі над потоками однотипних виробів;
- паралельно одна одній у часі над потоками різнотипних виробів.

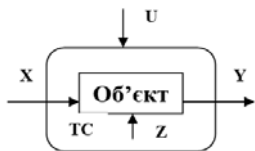


Рис. 1. Схема ТО і її зв'язки з оточуючим середовищем

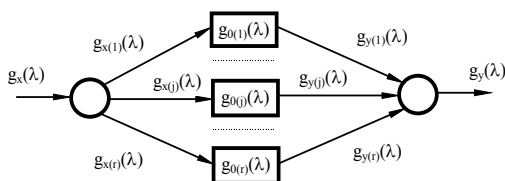


Рис. 3. Паралельне з'єднання операцій оброблення в ТП

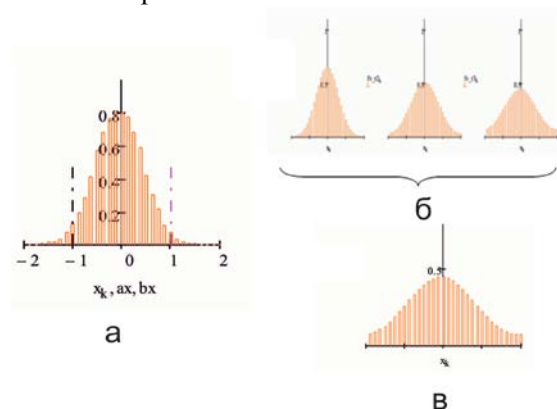


Рис. 2. Трансформація закону розподілу відносних відхилень:

a — на вході ланки; b — на виході кожної з ТО при моделюванні поопераційно; v — на виході третьої ТО при заміні ланки еквівалентною ТО

Особливістю послідовного ТП є те, що вихідні параметри TO_j є вхідними для TO_{j+1} . За початкову операцію у таких послідовних ланках дуже часто для вхідних параметрів $X_{(1)}$ можна прийняти нормальний закон розподілу. Тоді для послідовної ланки з r операцій оброблення отримуємо наступний вираз:

$$g_{y(1,r)}(\lambda) = g_{x(1)}(\mathbf{A}_{(1,r)}^t \lambda) g_{0(1,r)}(\lambda) = e^{-\frac{1}{2}(\mathbf{K}_{(0)} \mathbf{A}_{(1,r)}^t, \lambda \mathbf{A}_{(1,r)}^t \lambda)} e^{-\frac{1}{2}(\mathbf{K}_{(1,r)} \lambda, \lambda)}$$

де \mathbf{K}_0 — кореляційна матриця вхідних параметрів; r — кількість послідовних операцій оброблення.

На рис 2. наведено приклад трансформації закону розподілу відносних відхилень партії виробів при проходженні трьох послідовних ТО обробки.

Паралельне з'єднання технологічних операцій оброблення однорідних виробів (рис. 3) виникає в тих випадках, коли однакові технологічні операції виконують паралельно на декількох технологічних ланках із різними параметрами, тобто коли для синхронізації потоку необхідно прискорити проходження виробів через ТО.

Вважатимемо, що розділення потоку здійснено випадково та i -тою технологічною ланкою обробляється частина виробів всього потоку, яка визначена зі співвідношення $\alpha_i = N_i / N$. Для оброблення всього потоку повинна виконуватися умова $\sum_{i=1}^t \alpha_i = 1$, де t — кількість паралельних ланок. Значення N_i залежить від пропускної здатності обладнання ланки ТП. Кожен частковий потік має такий самий закон розподілу, як і весь вхідний потік. Але на виході кожної ланки закони можуть відрізнятися. Тому для паралельного з'єднання технологічних операцій оброблення однорідних виробів отримуємо вираз для характеристичної функції:

$$g_y(\lambda) = \sum_{j=1}^t \alpha_j g_x(\mathbf{A}_{(j)}^t \lambda) e^{-\frac{1}{2} \lambda^t \mathbf{K}_{0(j)} \lambda}.$$

При аналізі складних схем ТП отримані формули роблять можливим спрощення обчислень попередньою заміною виділених типових виробничих ланок еквівалентними операціями.

Порівняно з інтервальними та апроксимаційними методами застосування запропонованого методу підвищує точність моделювання на 6—10%, а також значно пришвидшує розрахунок прогнозу виходу придатних виробів на виході ТП.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Ефимов В. В., Барт Т. В. Статистические методы в управлении качеством продукции: учебное пособие.— Москва: КНОРУС, 2006.
2. Шило Г. Н., Коваленко Д.А., Гапоненко Н.П. Расчет нормальных допусков с учетом отклонений коэффициентов внешних воздействий //Технология и конструирование в электронной аппаратуре.— 2009.— № 1.— С. 15–18.
3. Мотика І.І., Недоступ Л.А., Нестор Н. І. Моделювання статистичних характеристик технологічних процесів // Вісник НУ «Львів. Політехніка» № 685 «Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика».— 2010.— С. 55–59.
4. Kernitskiy A., Motyka I., Nedostup L., Nestor N.I. Basic set of models for statistical analysis of technological processes. // Proc. of the XVI Int. Ukrainian-Polish Conf. «CAD in Machinery Design. Implementation and Educational Problems». — Ukraine, Lviv.— 2008.— P. 98–99.
5. Бондарев А. П., Нестор Н. І. Застосування характеристичних функцій для опису законів розподілу похибок комбінованих технологічних операцій. // Труды XVI МНПК «СИЕТ-2015».— Украина, м. Одесса.— 2105.— С. 12–13.

A. P. Bondariev, N. I. Nestor

Modeling of processing operations composition by characteristic function

The analytical expressions for the statistical characteristics of the technological processes formed by the successive and parallel combinations of technological operations are obtained. The applied mathematical apparatus of characteristic functions allows taking into account arbitrary distributions of errors of parameters of processed products and partial technological operations. The results can be used to optimize technological processes at the design stage and to identify the weak links of such processes during the operation phase.

Keywords: mathematical model, model of technological operations, characteristic function.