УДК 519.95:621.3

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ ЛІНІЙНИХ ПРОГНОЗІВ РЕАЛІЗАЦІЙ БАГАТОЕТАПНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

С.М. Краснитський, д.ф.-м.н, професор
Київський національний університет технологій та дизайну
А.С. Попов, магістрант
Київський національний університет технологій та дизайну
Є.В. Конаш, магістрант
Київський національний університет технологій та дизайну

Ключові слова: технологічний процес, числові характеристики етапів технологічного процесу, предиктори, лінійне прогнозування.

Загальна математична модель багатоетапного технологічного процесу може уявлятися як система, що в процесі функціонування зазнає впливу ряду детермінованих і стохастичних факторів [2,4 - 6]. Продукт на виході k-го етапу технологічного процесу характеризується вектором числових параметрів y^k, в той час як вхід k-го етапу характеризується вихідним вектором $(k-1)$-го етапу y^{k-1} і, можливо, вихідними векторами більш ранніх етапів y^{k-q}, а також векторами додаткових технологічних умов x^k. Залежності між входами та виходами етапів описуються деякими функціями f^k, які, як правило, містять в собі випадкові складові, що позначені нижче як ε^k. Схематично це може бути представлено у вигляді наступної системи рівностей [4,6]

$$x^k = (x_1^k, \ldots x_{n_k}^k),\ y^k = (y_1^k, \ldots y_{m_k}^k),\ 0 \le k \le N$$

$$y^1 = f^1(x^1; y^0; \varepsilon^1),$$

$$y^k = f^k(x^{k-q}, \ldots, x^k; y^{k-r}, \ldots, y^{k-1}; \varepsilon^k),\ 0 \le q \le k-1, 1 \le r \le k.$$

$$y^N = f^N(x^{N-q}, \ldots, x^N; y^{N-r}, \ldots, y^{N-1}; \varepsilon^N).$$

Якби функції f^k і ймовірнісні характеристики величин ε^k були відомі, то за характеристиками вхідного продукту процесу можна було б одразу знаходити характеристики кінцевого продукту. Однак на практиці такої інформації як правило немає, і обчислення доводиться виконувати на основі додаткових або й зовсім інших підходів. Таким чином, задача прогнозування результатів одних етапів технологічного процесу за результатами інших етапів має очевидне практичне значення.

В якості розв'язання зазначеної задачі автори доповіді пропонують ***метод лінійного прогнозування*** [1, 3] **.** З математичної точки зору метод полягає у наступному. Нехай є два випадкові вектори $X^{(1)}$ та $X^{(2)}$:

$$X^{(1)} = (X_1, \ldots, X_q)',\ X^{(2)} = (X_{q+1}, \ldots, X_p)'$$

(Тут $'$ («штрих») — знак транспонування, так що $X^{(1)}$ та $X^{(2)}$ — вектори-стовпці). За означенням, лінійний прогноз вектора $X^{(1)}$ за вектором $X^{(2)}$ — це функція $\varphi = \varphi(X^{(2)})$ вигляду

$$\varphi = \varphi(X^{(2)}) = \boldsymbol{\beta}_0 + \boldsymbol{B}_1 X^{(2)}. \qquad (1)$$

Така функція зветься ще ***лінійним предиктором***. У рівності (1) параметр $\boldsymbol{\beta}_0$ — вектор, що має розмірність q (ту ж саму, що й $X^{(1)}$), а $\boldsymbol{B}_1$ — матриця розмірності $q \times (p - q)$. Відомо [1,3], що серед предикторів виду (1) оптимальним є предиктор $\varphi*$, котрий задається рівністю (2.2).

$$\varphi^* = \varphi^*(X^{(2)}) = \mu^{(1)} + \Sigma_{12}(X^{(2)} - \mu^{(2)}). \qquad (2)$$

У цій рівності $\mu^{(1)}$, $\mu^{(2)}$— математичні сподівання векторів $X^{(1)}$, $X^{(2)}$ відповідно, Σ_{12} — взаємна коваріаційна матриця зазначених векторів, матриця, обернена до коваріаційної матриці $\boldsymbol{\Sigma}_{22}$ вектора $X^{(2)}$. Оптимальність розуміється у тому сенсі, що на зазначеній функції φ^* досягається мінімум по $\varphi \in ($ виразу $E(\varphi(X^{(2)}) - X^{(1)})^2$, де $($ — клас допустимих предикторів, а E знак математичного сподівання.

В комп'ютерній програмі, котра розроблено з метою реалізації зазначеного підходу, роль векторів $X^{(1)}$, $X^{(2)}$ грають набори числових характеристик обраних етапів технологічного процесу, причому набір $X^{(2)}$ вважається відомим, набір $X^{(1)}$ прогнозується, а матриці і вектори з рівності (2) оцінюються згідно з методами максимальної правдоподібності оцінювання векторних математичних сподівань і коваріаційних матриць [3]. Згідно із зазначеним методом одержано реальні прогнози властивостей текстильних матеріалів за даними роботи [4].

Список використаних джерел

1. Боровиков В.П., Ивченко Г.И. Прогнозирование в системе STATISTICA в среде Windows. — М.: Финансы и статистика, 1999. — 382 с.
2. Основы управления технологическими процессами (под редакцией Райбмана Н.С.). — М.: Наука, 1978. — 440 с.
3. Рао С.Р. Линейные статистические методы и их применения. — М.: Наука, 1968. — 547 с.
4. Слізков А.М. Прогнозування фізико-механічних властивостей текстильних матеріалів побутового призначення / Слізков А.М., Щербань В.Ю., Краснитський С.М., Демківська Т.І. — К.: КНУТД, 2013. — 223 с.
5. Севостьянов Л.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. — М.: МВТУ им. А.Н. Косыгина, ООО «Совъяж Бево», 2007 — 646 с.
6. Слізков А.М., Щербань В.Ю., Краснитський С.М. Стохастичні задачі в дослідженні зміни властивостей текстильних матеріалів // Вісник ХНУ. — 2008. — №6. — С. 194-197.