УДК 004:519.24:681.3.06

Павлов О.А., докт. техн. наук, професор
Головченко М.М., ст. викладач
Дрозд В.В., бакалавр
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,
pavlov.fiot@gmail.com

СИНТЕТИЧНИЙ МЕТОД ПОБУДОВИ БАГАТОВИМІРНОЇ ПОЛІНОМІАЛЬНОЇ РЕГРЕСІЇ

1. Постановка задачі. Маємо багатовимірну поліноміальну регресію (БПР), що задана наступним надлишковим описом:

$$Y(\bar{x}) = \sum b_{i_1 \dots i_t}^{j_1 \dots j_t} \cdot {x_{i_1}}^{j_1} \cdot \dots \cdot {x_{i_t}}^{j_t} + E, \qquad (1)$$

$$\forall (i_1 \dots i_t) \in K, \forall (j_1 \dots j_t) \in K\ (i_1 \dots i_t)$$

де $\bar{x} = (x_1 \dots x_m)^T$ – детермінований вектор вхідних змінних, E – випадкова величина, $ME = 0$, $DE = \sigma^2 < \infty$ $\forall b_{i_1 \dots i_t}^{j_1 \dots j_t}$ невідомі, деякі з них можуть дорівнювати нулю. В активному експерименті кожна вхідна змінна може приймати значення на відрізку $\left[x_{j_{min}}, x_{j_{max}}\right]$, $j = \overline{1,m}$ (2). Необхідно по результатам активного експерименту виключити з надлишкового опису (1) зайві члени і оцінити значення інших коефіцієнтів. В [1-3] запропоновано два різні методи розв'язання цієї задачі. В роботі обидва підходи об'єднуються в один синтетичний метод, що зберігає переваги обох методів, компенсуючи їх недоліки.

2. Агрегована схема синтетичного методу побудови БПР

2.1 Метод знаходження з допустимою точністю оцінок коефіцієнтів при нелінійних членах БПР (1)

2.1.1 З використанням символьних обчислень побудова із заданою точністю набору нормованих ортогональних поліномів Форсайта (НОПФ) для вибраного набору значень віртуальної детермінованої скалярної змінної $z: z_1 \dots z_n$ та заданої ступені одновимірної поліноміальної регресії (ОПР) (Приклад наведено в [1]).

2.1.2 Формування вхідних даних умовного активного експерименту та множини $\{I\}$ коефіцієнтів при нелінійних членах БПР (1), оцінки яких будуть знайдені з допустимою точністю [1, 3]

Аналізуючи довжини відрізків (2), аналітичні вирази взаємно однозначної залежності коефіцієнтів реальної та віртуальної одновимірної поліноміальної регресії (ОПР)[3], коефіцієнти якої оцінюються по фіксованому (див. п. 2.1.1) набору НОПФ, знаходимо підмножину вхідних змінних, які дозволяють по виразу (1) сформувати послідовність ОПР [2], коефіцієнти при нелінійних членах яких, можливо з використанням допустимої кількості повторних експериментів [1], знаходяться з допустимою точністю. Кожна така ОПР дозволяє знайти оцінки з допустимою точністю, не менше одного коефіцієнта при нелінійних членах БПР (1).

2.1.3 Оцінка за результатами активного експерименту значень коефіцієнтів при нелінійних членах БПР (1), виключення з множини $\{I\}$ та множини всіх коефіцієнтів БПР (1) коефіцієнтів, модуль оцінки яких виявився менше порогового

2.2 Модифікований метод групового урахування аргументів (ММГУА) для оцінки коефіцієнтів з множини:

$$\{\forall b_{i_1 \dots i_t}^{j_1 \dots j_t}\} \setminus \{I\} \qquad (3)$$

з автоматичним виключенням надлишкових членів. В [2] була запропонована модифікація методу групового урахування аргументів (МГУА), що належить академіку НАН України Івахненко О.Г., для побудови багатовимірної лінійної регресії (БЛР), заданої надлишковим

описом. Модифікація полягає в тому, що замість селекційної багаторівневої алгоритмічної процедури генерації часткових описів БЛР, запропонований алгоритм розбиття всіх коефіцієнтів БЛР, заданої надлишковим описом на два класи, що, по-перше, суттєво зменшує множину часткових описів, а по-друге, ця множина практично гарантовано містить частковий опис, що має структуру шуканої БЛР. Її знаходження, як і в класичному МГУА, реалізується з використанням перевірочної послідовності даних [2]. У тому ж джерелі наведений критерій оцінки достовірності отриманого кінцевого результату.

2.2.1 ММГУА для побудови БПР, заданої надлишковим описом (3).

Внаслідок реалізації п.2 отримали наступну задачу регресії:

$$Y(\bar{x}) = \sum_{\left\{\forall b_{i_1\dots i_t}^{j_1\dots j_t}\right\}\setminus\{I\}} b_{i_1\dots i_t}^{j_1\dots j_t} \cdot {x_{i_1}}^{j_1} \cdot \dots \cdot {x_{i_t}}^{j_t} + f(\bar{x}) + E, \quad (4)$$

$$\text{де } f(\bar{x}) = \sum_{\left\{\forall b_{i_1\dots i_t}^{j_1\dots j_t}\right\}\in\{I\}} \hat{b}_{i_1\dots i_t}^{j_1\dots j_t} \cdot {x_{i_1}}^{j_1} \cdot \dots \cdot {x_{i_t}}^{j_t}, \quad (5)$$

$\hat{b}_{i_1\dots i_t}^{j_1\dots j_t}$ – це оцінки відповідних коефіцієнтів, знайдених в п. 2.1.

Задача регресії (4) може бути без жодних змін розв'язана ММГУА по результатам активного експерименту $\bar{x}_i \to y_i - f(\bar{x}_i), i = \overline{1,n}$, так як всі невідомі коефіцієнти входять в (5) лінійно. Множина вхідних даних $\{\bar{x}_i, i = \overline{1,n}\}$ основного експерименту [2] формується заново, з використанням (2).

Список посилань

1. Pavlov, A., Holovchenko, M., Mukha, I., Lishchuk, K.: Mathematics and software for building nonlinear polynomial regressions using estimates for univariate polynomial regressions coefficients with a given (small) variance. In: Hu Z., Dychka I., Petoukhov S., He M. (eds) Advances in Computer Science for Engineering and Education V. ICCSEEA 2022. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies 134, 288–303 (2022). doi: 10.1007/978-3-031-04812-8_25

2. Pavlov A., Holovchenko M., Mukha I., Lishchuk K., Drozd V. A Modified Method and an Architecture of a Software for a Multivariate Polynomial Regression Building Based on the Results of a Conditional Active Experiment. Advances in Computer Science for Engineering and Education VI (ICCSEEA 2023). 2023. (у друці)

3. Pavlov A.A. Estimating with a given accuracy of the coefficients at nonlinear terms of univariate polynomial regression using a small number of tests in an arbitrary limited active experiment, – № 2 (6), 2021. – С.3-7. https://doi.org/10.20998/2079-0023.2021.02.01

УДК 004.93

Овечкіна А.О., студент
Національний авіаційний університет, м. Київ, 5797944@stud.nau.edu.ua

АВТОМАТИЗОВАНЕ РІШЕННЯ ДЛЯ ОЦІНКИ ТА РЕМОНТУ ПОЛОМОК ОБЛАДНАННЯ

Медичні прилади відіграють життєво важливу роль в охороні здоров'я. Точна діагностика та ефективне лікування пацієнтів залежать від правильної роботи медичного обладнання. Тим не менш, несправності медичних пристроїв є поширеними і можуть призвести до затримки в обслуговуванні пацієнтів, додаткових витрат і навіть травм пацієнта. Таким чином, надзвичайно важливо мати автоматизовану систему, яка може негайно виявляти проблеми та рекомендувати інженеру найкращий спосіб дій. У цій роботі запропоновано створити програму, яка може оцінити потенційну несправність медичного пристрою та запропонувати інженеру найкращий спосіб її усунення.

Для створення запропонованої програми буде інтегровано різноманітні технології та методи розробки. Виявлення того, для якого медичного обладнання використовуватиметься додаток є початковим кроком. Дані про типові несправності та пов'язані з ними ознаки збиратимуться з різноманітних джерел, включаючи виробників медичного обладнання,