

Використання регресійного аналізу для визначення взаємозв'язків між технічними параметрами маніпуляторів

Микола Кочеток, студент¹ (ORCID: 0009-0003-1672-0627)

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

АНОТАЦІЯ

Маніпулятори стали невід'ємною частиною сучасного будівельного виробництва, відіграючи ключову роль в автоматизації та оптимізації виробничих процесів. При проектуванні та використанні маніпуляторів важливо знати їхні різні технічні параметри, які взаємодіють між собою та впливають на загальну продуктивність і ефективність виробничої лінії. При конструюванні промислових роботів та маніпуляторів необхідно враховувати форму, габаритні розміри та масу будівельних конструкцій з якими буде працювати промисловий робот. Ці параметри будуть визначати загальну схему та компоновання вузлів робота, конструкцію затискного пристрою, зусилля затискання, тип приводу та принцип його керування. Пропонується застосувати регресійний аналіз із використанням гіперболічного та кубічного сплайнів для визначення технічних параметрів маніпулятора в залежності від параметрів робочого середовища, а саме маси вантажу. Розв'язок рівнянь регресії виконано на основі мінімізації загального квадратичного відхилення функції кореляції.

Ключові слова: маніпулятор, будівельний робот, дослідження, взаємозв'язки, сплайн-функція.

1. ВСТУП

До основних технічних параметрів промислових маніпуляторів належать номінальна вантажопідйомність, виліт, потужність, кількість ступенів рухливості, тип робочого простору [1]. Характеристика вантажопідйомності визначає найбільшу масу вантажу або технічного обладнання, яку маніпулятор здатний перемістити, забезпечуючи бажану продуктивність і безпеку. Досягність характеризується простором, в якому робочий орган маніпулятора здатний виконувати задані функції відповідно до його призначення.

2. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Для визначення взаємозалежності між параметрами маніпуляторів визначимо рівняння регресії за допомогою методу найменших квадратів [2]. Суть такої методики полягає у визначенні полінома, який забезпечить мінімальну суму квадратів різниць між фактичними значеннями спостережуваної величини та її розрахунковим значенням:

$$U = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 \rightarrow \min. \quad (1)$$

Було досліджено таке рівняння гіперболи [2]:

$$y = a - \frac{b}{x}, \quad (2)$$

де a, b – невідомі коефіцієнти рівняння.

Рівняння (1) виражено через рівняння гіперболи (2):

$$U = \sum_{i=1}^n \left(y_i - a + \frac{b}{x_i} \right)^2 \rightarrow \min. \quad (3)$$

Щоб знайти невідомі коефіцієнти рівняння (2), визначимо похідні за цими коефіцієнтами з рівності (3):

$$\frac{d}{da} \sum_{i=1}^n \left(y_i - a + \frac{b}{x_i} \right)^2 = -2 \left(\sum y_i - an + b \sum \frac{1}{x_i} \right) = 0; \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \frac{d}{db} \sum_{i=1}^n \left(y_i - a + \frac{b}{x_i} \right)^2 &= 2 \left(\sum y_i \left(\frac{1}{x_i} \right) - \right. \\ &\left. - a \sum \frac{1}{x_i} + b \sum \left(\frac{1}{x_i} \right)^2 \right) = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

В результаті була отримана регресійна залежність для прогнозування параметра вантажопідйомності в залежності від максимального вильоту, кг:

$$Q(L) = 169,6 - \frac{126,8}{L}, \quad (6)$$

де L – максимальний виліт або виліт маніпулятора, м.

Для визначення достовірності отриманої залежності (6), визначимо відношення коваріації між заданим параметром несучої здатності та його прогнозованим значенням за допомогою коефіцієнта Пірсона, який дорівнює квадратному кореню з дисперсії досліджуваних значень [3]:

$$\eta = \sqrt{\frac{\sigma_{yx}^2}{\sigma_y^2}}, \quad (7)$$

$$\text{де } \sigma_{yx}^2 = \frac{\sum (Q(L) - \bar{y})^2}{n}; \quad \sigma_y^2 = \frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n}.$$

Середнє значення вантажопідйомності для різних конструкцій аналогічних маніпуляторів було визначено за їх паспортними технічними даними:

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n}, \quad (8)$$

де $\sum y$ - загальне значення вантажопідйомності для всіх даних; n - загальна кількість даних.

Достовірність кореляції оцінювали за допомогою нерівності Н. Леонтєва:

$$\frac{\eta}{\mu} \geq 4,0, \quad (9)$$

де $\mu = \pm \frac{1-\eta^2}{\sqrt{n}}$ середня похибка кореляційного відношення.

Функція регресії на основі кубічного полінома:

$$y = a + bx + cx^2 + kx^3, \quad (10)$$

де a, b, c, k - коефіцієнти які визначалися на основі регресійного аналізу.

Цільова функція (3) для заданого кубічного многочлена матиме вигляд:

$$U = \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i - cx_i^2 - dx_i^3)^2 \rightarrow \min \quad (11)$$

Похідні для регресійних коефіцієнтів будуть такими:

$$\begin{aligned} \frac{d}{da} \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i - cx_i^2 - kx_i^3)^2 &= \\ = -2(\sum y_i - na - b \sum x_i - c \sum x_i^2 - k \sum x_i^3) &= 0; \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \frac{d}{db} \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i - cx_i^2 - kx_i^3)^2 &= -2(\sum x_i y_i - \\ - a \sum x_i - b \sum x_i^2 - c \sum x_i^3 - k \sum x_i^4) &= 0; \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \frac{d}{dc} \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i - cx_i^2 - kx_i^3)^2 &= -2(\sum x_i^2 y_i - \\ - a \sum x_i^2 - b \sum x_i^3 - c \sum x_i^4 - k \sum x_i^5) &= 0; \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \frac{d}{dk} \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i - cx_i^2 - kx_i^3)^2 &= -2(\sum x_i^3 y_i - \\ - a \sum x_i^3 - b \sum x_i^4 - c \sum x_i^5 - k \sum x_i^6) &= 0. \end{aligned} \quad (15)$$

З урахуванням отриманих коефіцієнтів було отримано рівняння регресії для залежності параметра вантажопідйомності від вильоту для розглянутих промислових маніпуляторів:

$$y = 81,55 - 200,89x + 138,53x^2 - 20,33x^3. \quad (16)$$

Коефіцієнт Пірсона для цього кубічного сплайна становить $\eta = 0,682$, а середня похибка коефіцієнта кореляції становитиме $\mu = 0,12$. Достовірність кореляції дорівнює :

$$\frac{0,682}{0,12} = 5,41 > 4,0$$

На рис. 1 показано графіки, на яких залежності регресій порівнювалися з досліджуваними параметрами вильоту та вантажопідйомності промислових маніпуляторів.

Таким чином проведене дослідження дозволило визначити аналітичні залежності для параметрів вантажопідйомності та вильоту промислових маніпуляторів сферичного компонування.

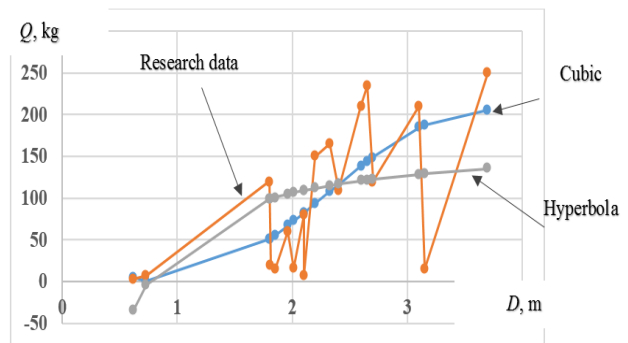


Рисунок 1. Графіки порівняння

Список літератури

- [1] Korobenko Y., Mishchuk D., Sankin I. Research of relationships between the technical parameters of industrial manipulators. *Girnichy, budivelni, Dorozhni Ta meliorativni Mashini*. 2023. No. 102. P. 65–73.
- [2] Mischuk D. The review and analysis of designs robots for construction works. *Girnichy, budivelni, dorozhni ta meliorativni mashini*. 2013. No. 82. P. 28-37.
- [3] Loveikin V., Mishchuk D. Optimal mode movement of the robot manipulator on an elastic base according to the criterion of the mean square value of the acceleration of the drive torque. *Girnichy, budivelni, dorozhni ta meliorativni mashini*. 2023. No. 101. P. 11–20.
- [4] Rodgers J. L., Nicwander W. A. Thirteen ways to look at the correlation coefficient. *The American Statistician*. 1988. No. 42(1). P. 59-66.
- [5] Mishchuk D., Mishchuk Y., Kalashnikov O. Analysis of the control system of the clear logic of the wheel robot with differential drive. *Girnichy, budivelni, Dorozhni Ta meliorativni Mashini*. 2021. No. 97. P. 12–23.
- [6] Mishchuk D., Volyanyuk V., Gorbatyuk E. Modular principle of the construction of construction work. *Girnichy, budivelni, dorozhni ta meliorativni mashini*. 2017. No. 89. P. 90–97.

ⁱ Робота виконана під керівництвом Дмитра Міщука, доц., доц. кафедри БМ.