

УДК 631.5

**МЕТОДИКА ПОБУДОВИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ
„КРАН-ВАНТАЖ” НА ОСНОВІ ШТУЧНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ**

Ромасевич Ю.О., Ловейкін В.С., Крушельницький В.В.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
Київ*

Сучасні технологічні операції у галузях машинобудування, сільського господарства, будівельної сфери, транспорту пов'язані із переміщенням значної кількості вантажів. Широко поширеним для цих задач є вантажопідйомні крани прольотного типу. Для підвищення їх продуктивності використовують різні підходи. Один з них полягає в усуненні коливань вантажу на гнучкому підвісі, що вимагає застосування спеціальних алгоритмів керування рухом. Вони повинні гуртуватись на адекватній математичній моделі руху системи. Синтез останньої виконується на основі різних підходів.

Одним із сучасних трендів щодо побудови математичних моделей динамічних систем є застосування штучних нейронних мереж. Останні відомі своїми потужними апроксимаційними властивостями [1]. Для того, що виконати операцію навчання нейронної мережі (зокрема, для динамічної системи „кран-вантаж”) необхідно мати навчальну та тестову вибірки експериментальних даних про динаміку керування рухом динамічної системи.

Обидві вибірки мають бути представлені у вигляді „вектор входу – вектор виходу”. Тут вектор входу представляє собою поточні значення фазових координат системи (положення і швидкості крана і вантажу на гнучкому підвісі) і керування (частота напруги живлення приводу крана), а вектор виходу – фазові координати системи через певний проміжок часу (як правило, через 0,1 с). Навчальна вибірка формується при керуванні рухом крана за лінійною характеристикою наростання частоти напруги живлення електроприводу механізму переміщення крана, а тестова – при використанні S-подібної характеристики.

Навчання штучної нейронної мережі виконується одним із методів, які для цього використовуються: стохастичного градієнта [2], Нестерова [3], ADAM [4], або на основі одного із метаевристичних методів оптимізації [5].

Після навчання штучної нейронної мережі виконується оцінка якості навчання, яка розраховується на основі тестової вибірки. Для цього на вхід навченої нейронної мережі подають вектор входу тестової вибірки і отримують вихідний вектор. Його порівнюють із вихідним вектором тестової вибірки, формуючи узагальнену похибку оцінки (прогнозу). Вона розраховується як сума середньоквадратичних значень похибок оцінки окремих компонентів вихідного вектора.

Незначна похибка оцінки (прогнозу) показує те, що навчена нейронна мережа може бути застосована у задачах синтезу систем керування рухом динамічної системи „кран-вантаж”, дослідження її динаміки та інших задачах у якості адекватної математичної моделі динамічної системи.

Список використаних джерел

- [1] G. V. «Cybenko Approximation by Superpositions of a Sigmoidal function», Mathematics of Control Signals and Systems, pp. 303-314, 1989.
- [2] An overview of gradient descent optimization algorithms. URL: <https://ruder.io/optimizing-gradient-descent/> (date of access 29.04.2021)
- [3] Y. Nesterov. «A method for unconstrained convex minimization problem with the rate of convergence $o(1/k^2)$ ». Doklady ANSSSR (translated as Soviet.Math.Docl.), vol. 269, pp. 543-547, 1983.
- [4] D. P. Kingma, J. L. Ba. «Adam: a Method for Stochastic Optimization». International Conference on Learning Representations, pp. 1-13, 2015.
- [5] Y. Romasevych, V. Loveikin, V. Makarets. «Optimal constrained tuning of PI-controllers via a new PSO-based technique». International journal of swarm intelligence research, pp. 87-105, 2020.