

Нейрорегулятор комплексной технологической системы переработки рудных отходов

А. Ю. Пучков¹, Н. Н. Прокимнов², Е. И. Рысина¹, Д. Ю. Шутова¹

¹Филиал Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Смоленске, Смоленск, Россия

*²Университет «Синергия», Москва, Россия
¹putchkov63@mail.ru*

Аннотация. Исследование посвящено совершенствованию системы управления сложной технологической системы переработки рудных отходов. Такие отходы в больших объемах скапливаются на прилегающих к горно-обогатительным комбинатам территориях, представляя большую экологическую угрозу как для населения, так и для окружающей среды за счет пылеобразования и проникновения вредных соединений в почву и грунтовые воды. Поэтому задача совершенствования систем управления переработкой рудных отходов, как одна из приоритетных, стоит на актуальной повестке дня менеджмента горно-обогатительных комбинатов. Комплексность технологической системы проявляется в наличии двух линий переработки, отличающихся набором агрегатов, а выбор линии зависит от гранулометрического состава рудных отходов. Научную новизну результатов исследования составляет предложенная структура нейросетевого регулятора на основе эталонной модели процесса управления, в котором применены глубокие рекуррентные нейронные сети в качестве цифровой копии объекта управления. В состав общей структуры нейрорегулятора входит несколько локальных нейроконтроллеров для каждого из агрегатов технологической системы. Рекуррентные нейронные сети позволяют создать высокоточные цифровые копии отдельных агрегатов двух технологических линий переработки и использовать их для имитации отклика объектов управления при настройке контроллеров. Апробирование предложенной структуры нейрорегулятора проводилось в среде MatLab-Simulink, нейронные сети проектировались с помощью инструмента Deep Network Designer. Результаты апробирования показали, что быстродействие системы управления повышается по сравнению с другими архитектурами нейрорегуляторов, доступными в среде Simulink, что может положительно сказаться на работе всей технологической системы в переходных режимах, в частности снизить технологические потери.

Ключевые слова: регуляторы на основе искусственных нейронных сетей, переработка рудных отходов

Для цитирования: Пучков А. Ю., Прокимнов Н. Н., Рысина Е. И., Шутова Д. Ю. Нейрорегулятор комплексной технологической системы переработки рудных отходов // Прикладная информатика. 2023. Т. 18. № 5. С. 91–105. DOI: 10.37791/2687-0649-2023-18-5-91-105

Neuroregulator of the complex technological system for processing ore waste

A. Puchkov¹, N. Prokimnov², E. Rysina¹, D. Shutova¹

¹Branch of the National Research University "MPEI" in Smolensk, Smolensk, Russia

²Synergy University, Moscow, Russia

¹putchkov63@mail.ru

Abstract. The study is devoted to improving the management system of a complex technological system for processing ore waste. Such waste accumulates in large volumes in the territories adjacent to the mining and processing plants, posing a great environmental threat to both the population and the environment due to dust formation and the penetration of harmful compounds into the soil and groundwater. Therefore, the task of improving the management systems for the processing of ore waste, as one of the priorities, is on the current agenda of the management of mining and processing plants. The complexity of the technological system is manifested in the presence of two processing lines that differ in the set of units, and the choice of line depends on the granulometric composition of ore waste. The scientific novelty of the research results is the proposed structure of the neural network controller based on the reference model for the technological system, which is used as deep recurrent neural networks. The general structure of the neuroregulator includes several local neurocontrollers for each of the units of the technological system. Recurrent neural networks make it possible to create high-precision digital copies of individual units of two processing lines and use them to simulate the response of control objects when setting up controllers. Approbation of the proposed structure of the neuroregulator was carried out in the MatLab-Simulink environment, neural networks were designed using the Deep Network Designer tool. The results of testing showed that the speed of the control system is increased compared to other architectures of neuroregulators available in the Simulink environment, which can positively affect the operation of the entire technological system in transient conditions, in particular, reduce technological losses.

Keywords: regulators based on artificial neural networks, processing of ore waste

For citation: Puchkov A., Prokimnov N., Rysina E., Shutova D. Neuroregulator of the complex technological system for processing ore waste. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2023, vol.18, no.5, pp.91-105 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2023-18-5-91-105

Введение

Анализ потоков данных в режиме реального времени является ключевой областью исследований интеллектуального анализа данных. Многие данные, собранные в реальном мире, на самом деле представляют собой поток, в котором наблюдения поступают одно за другим, и алгоритмы их обработки часто имеют ограничения по времени и памяти. Примерами таких данных являются колебания стоимости акций, значения показателей чело-

веческого тела и другие измерения, поступающие с датчиков. Природа данных может меняться со временем, фактически делая устаревшими модели, которые мы создали раньше. Эта проблема хорошо известна научному сообществу, и поэтому многие алгоритмы машинного обучения были адаптированы или специально разработаны для работы с потоками данных. Примерами потоковых алгоритмов являются деревья Хёффдинга, онлайн-бустинг и усиленный бэггинг. Исследователи предложили так называемые детекторы изменений