

Нейросетевой метод анализа процессов термической обработки окомкованного фосфатного рудного сырья

А. Ю. Пучков¹, А. М. Соколов¹, В. В. Федотов¹

¹Филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

в г. Смоленске, Смоленск, Россия

^{*}putchkov63@mail.ru

Аннотация. В настоящее время остро стоит проблема утилизации рудных отходов горно-обогатительных комбинатов. Эти отходы в значительных объемах скапливаются на прилегающих к комбинатам территориях и представляют серьезную угрозу для экологии. В этой связи создание технологических систем переработки рудных отходов и совершенствование их информационного обеспечения представляют актуальное направление исследований. Примером такой системы является сложная химико-энерготехнологическая система производства желтого фосфора из отходов апатит-нефелиновых руд. Целью проводимого исследования являлась разработка модели сбора данных о параметрах процессов термической обработки окомкованного фосфатного рудного сырья в такой системе, а также метода выявления зависимостей между этими параметрами. Выявление зависимостей в информационном обеспечении системы производства желтого фосфора позволит повысить качество ее функционирования с точки зрения критериев управления, энергетической и ресурсной эффективности. Для достижения указанной цели решались задачи выбора математической концепции для основы разрабатываемого метода, построения алгоритма и создания программного обеспечения, реализующего данный метод, проведения модельных экспериментов. В основе метода лежит применение глубоких рекуррентных нейронных сетей долгой краткосрочной памяти, обладающих высокой обобщающей способностью и применяемых при решении задач регрессии и классификации многомерных временных последовательностей, в форме которых, как правило, и представлены параметры химико-энерготехнологической системы. Метод реализован в виде приложения, созданного в среде MatLab 2021. Интерфейс приложения позволяет в интерактивном режиме проводить эксперименты с различными наборами входных и выходных параметров для выявления взаимосвязи между ними, а также изменять гиперпараметры нейронных сетей. В результате работы приложения создается репозиторий обученных нейронных сетей, которые моделируют найденные взаимосвязи между указанными параметрами технологической системы и могут быть применены в системах поддержки принятия решений, управления и инжиниринга.

Ключевые слова: глубокие рекуррентные нейронные сети, выявление скрытых зависимостей, фосфатное сырье

Для цитирования: Пучков А. Ю., Соколов А. М., Федотов В. В. Нейросетевой метод анализа процессов термической обработки окомкованного фосфатного рудного сырья // Прикладная информатика. 2022. Т. 17. № 5. С. 62–76. DOI: 10.37791/2687-0649-2022-17-5-62-76

Neural network analysis method of heat treatment processes of pelletized phosphate ore raw materials

A. Puchkov¹, A. Sokolov¹, V. Fedotov¹

¹Branch of the National Research University "MPEI" in Smolensk, Smolensk, Russia
putchkov63@mail.ru

Abstract. Currently, there is an acute problem of waste disposal of mining and processing plants, which accumulate in significant volumes in the territories adjacent to them and pose a serious threat to the environment. In this regard, the creation of technological systems for processing ore waste and the improvement of their information support represent an urgent area of research. An example of such a system is a complex chemical and energy technology system for the production of yellow phosphorus from waste apatite-nepheline ores. The purpose of the study was to develop a model for collecting data on the parameters of the processes of heat treatment of pelletized phosphate ore raw materials in such a system, as well as a method for identifying dependencies between these parameters. The identification of dependencies in the information support of the yellow phosphorus production system will improve the quality of its functioning in terms of management criteria, energy and resource efficiency. To achieve this goal, the tasks of choosing a mathematical concept for the basis of the method being developed, constructing an algorithm and creating software implementing this method, conducting model experiments were solved. The method is based on the use of deep recurrent neural networks of long-term short-term memory, which have a high generalizing ability and are used in solving problems of regression and classification of multidimensional time sequences, in the form of which, as a rule, the parameters of a chemical and energy technology system are presented. The method is implemented as an application created in the MatLab 2021 environment. The application interface allows you to interactively conduct experiments with various sets of input and output parameters to identify the relationship between them, as well as change the hyperparameters of neural networks. As a result of the application, a repository of trained neural networks is created that simulate the relationships found between the specified parameters of the technological system and can be applied in decision support systems, management and engineering.

Keywords: deep recurrent neural networks, detection of hidden dependencies, phosphate raw materials

For citation: Puchkov A., Sokolov A., Fedotov V. Neural network analysis method of heat treatment processes of pelletized phosphate ore raw materials. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2022, vol.17, no.5, pp.62-76 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2022-17-5-62-76

Введение

Термическая обработка окомкованного фосфатного рудного сырья является одним из этапов технологического процесса получения газообразного фосфора из отходов апатит-нефелиновых руд [1, 2]. Такие отходы формируются в результате де-

ятельности горно-обогатительных комбинатов и складированы в виде хвостохранилищ на прилегающих территориях, что создает значительную экологическую угрозу, проявляющуюся в захлавлении природных ландшафтов, выветривании с образованием пыли с тяжелыми металлами, загрязнении близлежащих наземных и подземных водных