

# Нейросетевая модель для определения регламентных параметров технологического процесса переработки рудного сырья

*А.С. Мезенцев<sup>1</sup>, Л.Н. Ясницкий<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия  
\*yasn@psu.ru*

**Аннотация.** В настоящее время методы машинного обучения широко используются для решения различных производственных задач, в частности задачи диагностики и прогнозирования дефектов серийно выпускаемых изделий. Одной из важнейших задач является диагностика и прогнозирование дефектов, на основе решения которой можно определять регламенты на параметры технологических процессов и применяемых сырьевых материалов, обеспечивающие минимальную вероятность образования брака и максимально высокое качество производимых изделий. Решение этой актуальной задачи с помощью нейросетевой модели показано на примере технологического процесса изготовления изделий из мелкодисперсного рудного материала. В основе предлагаемой модели – нейронная сеть, обученная на множестве исторических данных, включающих примеры изготовления изделий при разных наборах технологических параметров и сырьевого рудного материала. Прогнозируемый параметр – коробление изделия в одном из его сечений. Проектирование и обучение предлагаемой нейронной сети структуры позволило достигнуть коэффициента детерминации  $R^2$  между прогнозируемой и фактической величиной коробления 92%. Путем проведения компьютерных экспериментов с использованием метода частичного замораживания входных параметров построены зависимости величины коробления от наиболее значимых параметров технологического процесса, в том числе от теплофизических и химико-энерготехнологических процессов обработки сырья. С помощью этих зависимостей определен регламент на наиболее значимые параметры производственного процесса, обеспечивающий получение изделия без нарушения допуска на величину коробления, заданного конструкторской документацией. Таким образом, на конкретном примере показана возможность с помощью нейросетевого моделирования решать задачи назначения регламента на параметры производственного процесса, соблюдение которого обеспечивает минимальное количество брака и, соответственно, более высокое качество партии изделий.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, рудное сырье, теплофизический процесс, технологические параметры, брак, дефекты, прогнозирование, регламент

**Для цитирования:** Мезенцев А.С., Ясницкий Л.Н. Нейросетевая модель для определения регламентных параметров технологического процесса переработки рудного сырья // Прикладная информатика. 2022. Т. 17. № 6. С. 56–67. DOI: 10.37791/2687-0649-2022-17-6-56-67

# Neural network model for determining the regulations parameters in the technological process of ore raw materials processing

A. Mezentsev<sup>1</sup>, L. Yasnitsky<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Perm State University, Perm, Russia

\*yasn@psu.ru

**Abstract.** Machine learning methods are currently widely used to solve various production problems, the problems of defects diagnosing and predicting for items in mass production, in particular. One of the most important problems is defects diagnosing and predicting, basing on its solution the regulations for the technological processes parameters and raw materials used can be determined, that insures the minimum probability of defects and the highest possible quality of manufactured products. The solution of this urgent problem with the help of a neural network model is shown on the example of the technological process for manufacturing products from fine ore material. The proposed model is based on the neural network trained on the set of historical data including examples of manufacturing products with different sets of technological parameters and raw ore material. The predicted parameter is warpage of the product in one of its sections. Designing and training of the proposed neural network structure allowed achieving the coefficient of determination  $R^2$  between the predicted and actual warpage values of 92%. The dependences for the warpage value on the most significant parameters of the technological process, including thermophysical and chemical power technological processes of raw materials processing were constructed by conducting computer experiments using the method of partial freezing for input parameters. Due to these dependencies, the regulations for the most significant parameters of the production process are determined, which ensures the product to be without violating the tolerance for the warpage value specified by the design documentation. Thus, a specific example shows the possibility of using neural network modeling to solve the problem of setting regulations for the production process parameters, which compliance ensures the minimum amount of rejects and, accordingly, a higher quality of a production batch.

**Keywords:** neural network, ore raw materials, thermophysical process, technological parameters, rejects, defects, predicting, regulation

**For citation:** Mezentsev A., Yasnitsky L. Neural network model for determining the regulations parameters in the technological process of ore raw materials processing. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2022, vol.17, no.6, pp.56-67 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2022-17-6-56-67

## Введение

В любой отрасли промышленного производства всегда была актуальна проблема улучшения качества производимых изделий и снижение процента брака. В ряде случаев в качестве характеристики качества изделия рассматриваются степень соответствия его геометрической формы заданной, а также характеристики поверхности.

В конце XX века для решения этой проблемы пользовались популярностью методы математического моделирования, основанные на решении краевых задач математической физики [1–3]. Однако, несмотря на сложность математического аппарата, они обладали весьма серьезным недостатком – низкой точностью моделирования в связи с невозможностью учета всего мно-