

## Применение нейронных сетей для прогнозирования форм пор скальных грунтов

*Хамидуллин Илсаф Ринатович*

*Студент (специалист)*

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,  
Механико-математический факультет, Кафедра теории пластичности, Москва, Россия  
*E-mail: ilsafix@bk.ru*

Искусственная нейронная сеть (ИНС) - это математическая модель, построенная по принципу функционирования сетей нервных клеток живого организма. ИНС может быть представлена в виде взвешенного графа, вершины которого называются нейронами, а веса ребер называются весами нейронов. Нейроны группируются в слои, слои делятся на три вида: входной, скрытый, выходной. В ходе работы нейронной сети сигнал поступает на входной слой и проходит слева направо через все слои, преобразуясь определенным образом. Для обучения сети используется итерационный процесс, состоящий в корректировке весов нейронов. Для этого применяется обучающая выборка - набор входных данных и соответствующий им набор заранее известных выходных данных [2;3].

В настоящей работе нейронная сеть использовалась для прогноза формы пор по данным упругих модулей и пористости гиалокластитов.

Гиалокластиты - вулканогенно-осадочные породы из южных и юго-западных районов Исландии, образовались в процессе застывания и кристаллизации магматического расплава при вулканических извержениях в подводных условиях. Слабоизмененные гиалокластиты состоят из свежих обломков вулканического стекла базальтового состава. Из-за особенностей происхождения гиалокластиты могут иметь поры принципиально различной формы - круглые или угловатые [1].

Обучение нейронной сети проводилось на основе таблицы, содержащей значения модуля Юнга, пористости и формы пор для 40 образцов гиалокластитов. Нейросеть тестировалась на 10 образцах гиалокластитов, которые не использовались в процессе обучения. Расчеты проводились в программе, написанной на языке Python 3.9.4, с open-source библиотеками NumPy, Matplotlib, PyTorch.

Всего было проведено 1500 итераций обучения и тестирования для архитектур нейросети, включающих 1, 2 или 3 скрытых слоя по 5, 10 или 20 нейронов в каждом. Тестирование показало, что архитектуры, в которых не меньше двух скрытых слоев, выдают 100%-ную точность предсказания.

После обучения нейронной сети было проведено расширенное тестирование двух архитектур, включающих два скрытых слоя по 5 и по 10 нейронов в каждом. Результаты вычислительных экспериментов для каждой формы пор были аппроксимированы кривыми 2-го порядка. На вход нейронной сети подавались точки из этих аппроксимирующих кривых.

В первом случае для точек кривой, соответствующей круглой форме пор, точность нейронной сети оказалась равной 72,7%, во втором случае - 95,5%. Для точек кривых, соответствующих угловатой и смешанной форме пор, точность нейронных сетей равна 100%. Таким образом, предложен метод прогнозирования форм пор гиалокластитов по значениям пористости и модуля Юнга с помощью нейронных сетей, а также реализован и исследован конкретный алгоритм. Была подобрана архитектура, на которой алгоритм дал наилучшие результаты, а также протестирована точность на новых данных. Результаты могут быть использованы для экспресс-прогнозирования параметра Био, который существенно зависит от формы пор [4].

### Источники и литература

- 1) Артамонова Н.Б., Орлов Е.А., Шешенин С.В., Фролова Ю.В., Численное моделирование эффективных свойств скальных грунтов на основе изображений компьютерной томографии, 2019
- 2) Géron A., Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems, 2019
- 3) Sapuan S. M., Mujtaba I. M., Composite Materials Technology Neural Network Applications, 2010
- 4) Sheshenin S. V., Artamonova N. B., Mukatova A. Zh. Application of the averaging method to determine the pore pressure transfer coefficient // Moscow University Mechanics Bulletin, 2015

### Иллюстрации

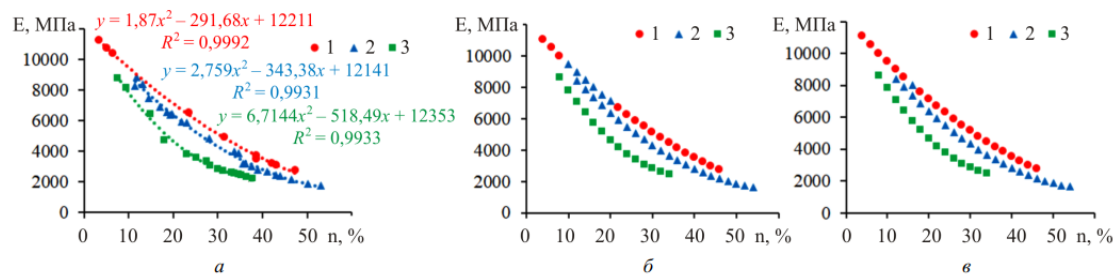


Рис. : График зависимости модуля Юнга гялокластитов от пористости и формы пор: 1 – круглые, 2 – смешанные, 3 – угловатые; а – результаты 2D-расчетов; расширенное тестирование нейронной сети: б – два скрытых слоя по 5 нейронов, в – два скрытых слоя по 10 нейронов