

## Использование искусственных нейронных сетей для распознавания русловых форм

*М. А. Бучельников<sup>1</sup>, М. Ю. Сидорова<sup>1,2</sup>, О. В. Спиренкова<sup>1</sup>, М. Е. Никулина<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Сибирский государственный университет водного транспорта, г. Новосибирск,  
Российская Федерация

<sup>2</sup> Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,  
Российская Федерация

\* e-mail: msidorova@admnsk.ru

**Аннотация.** Рассмотрены возможности использования искусственных нейронных сетей для решения некоторых гидрологических задач. Дано описание алгоритма работы искусственной нейронной сети для распознавания типов речных перекатов.

**Ключевые слова:** русловые формы, искусственные нейронные сети, гидроэкология

## Use of artificial neural networks for recognizing channel forms

*M. A. Buchelnikov<sup>1</sup>, M. U. Sidorova<sup>1,2</sup>, O. V. Spirenkova<sup>1</sup>, M. E. Nikulina<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Siberian State University of Water Transport, Novosibirsk, Russian Federation

<sup>2</sup> Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

\* e-mail: msidorova@admnsk.ru

**Abstract.** The possibilities of using artificial neural networks to solve some hydrological problems are considered. The description of the algorithm of the artificial neural network for recognizing the types of river rifts is given.

**Keywords:** riverbed forms, artificial neural networks, hydroecology

В настоящее время искусственные нейронные сети (ИНС) находят все более широкое применение в различных отраслях науки и хозяйственной деятельности. Данные математические модели призваны повысить возможность решения сложных задач за счет использования принципов функционирования живых нервных структур.

Относительно простая первичная архитектура ИНС, состоящая из элементарных процессоров (ячеек, аналогов биологических нейронов), позволяет конструировать обширные сети, используемые для:

- конструирования, проектирования и классификации различного рода объектов;
- прокладке маршрутов и управления транспортными средствами;
- распознавания образов;
- прогнозирования природных и техногенных процессов.

Создание работоспособной ИНС состоит из двух этапов: построение самой сети и ее обучения. В большинстве видов ИНС обучение состоит в определении

коэффициентов связей между ячейками «нейронами» до того момента, когда ИНС начнет давать удовлетворительный результат. Как правило, ИНС после обучения должна стать способна делать некие обобщения и выявлять достаточно сложные зависимости между данными.

Архитектура ИНС и способ ее обучения выступают главными принципом разделения на типы, например:

- многослойный перцептрон обучаемый «с учителем»;
- сети адаптивного резонанса обучаемые «без учителя»;
- сети радиально-базисных функций смешанного обучения и т.д.

Наиболее широко используемым типом ИНС выступает перцептрон. Он содержит в своем составе три вида нейронов: входные нейроны (принимающие данные), ассоциативные (скрытые) нейроны (в них заложены условия), решающие нейроны (выдающие конечный результат). Перцептроны, в зависимости от сложности решаемых задач, состоят из трех или более слоев: входной слой, один или несколько ассоциативных и решающий нейрон.

На наш взгляд, успешность создания и применения ИНС зависит, во-первых, от корректности и полноты первичных данных, во-вторых, от адекватности решаемой задачи и верно определенных ассоциаций на скрытых слоях нейронов и в-третьих – от способа обучения ИНС. Выполнение первого и второго условий зависят от разработчика ИНС, а третье может быть достигнуто корректным обучением ИНС на «модельных» задачах.

В последние годы в России и за рубежом ИНС начали широко использоваться для моделирования гидрологических процессов [1-4], и в научных исследованиях в области водного транспорта, в частности для моделирования работы портового оборудования [5], счисления пути судна [6]. Возможности ИНС в этих направлениях широки и могут охватывать и прогнозирование русловых процессов (в естественных условиях и при техногенном воздействии), и проектирование гидротехнических сооружений и оценку воздействия путевых работ на речные экосистемы.

Использование ИНС для распознавания русловых форм служит фрагментом для создания более сложных сетей предназначенных как для моделирования русловых процессов, так и для экологической оценки работ в русле, возможность использования ИНС для которых была показана в предыдущих работах [7].

Для этого, в частности, была формализована задача оценки воздействия и сведение ее к ряду количественных показателей. Техногенные факторы, возникающие при выполнении дноуглубительных работ, были классифицированы в зависимости от качества влияния (отрицательные и положительные), времени воздействия (кратковременные, действующие до 1 года, действующие в течение многих лет), протяженности (локальные, региональные, глобальные). Также определены коэффициенты воздействия факторов на биоту, которые могут в дальнейшем послужить в качестве весов [8].

Несмотря на значительное разнообразие плановых очертаний русел, как правило, выделяют несколько основных типов перекатов: перекаты-перевалы,

перекаты с затонской частью, сложные перекаты и перекаты-россыпи. Для распознавания каждого вида перекатов создается своя ИНС, которые объединяются в более разветвленную ИНС, представляющие уже многослойный персептрон.

Исходным графическим материалом служат русловые съемки. Съемка участка реки с перекатом переводится в пиксельную форму. На каждый пиксель выделяется 1 элемент ИНС. Черный цвет пикселя соответствует возбуждению ассоциативного элемента (значение передаваемого сигнала равно 1), белый цвет – выход соответствующего ассоциативного элемента равен 0.

Таким образом, для распознавания пререкатных форм создана ИНС вида однослойный персептрон (т.е. ИНС с одним скрытым слоем и одним решающим нейроном), со следующими характеристиками.

1. Связи между нейронами принимают только целые значения (... , -2, -1, 0, 1, 2, ...).
2. У каждого входного нейрона только один ассоциативный нейрон.
3. Веса и пороги входных нейронов равны +1.

Образы перекатов представляются числами 0 (белый пиксель) или 1 (черный пиксель) в виде «матрицы» или в виде строк. Например, исходное векторное или растровое изображение переводится в вид:

- 1 – 0000000000000000,
- 2 - 001101110000000,
- 3 - 111001101101111 и т.д.

На основании этого алгоритма, создаем ИНС, распознающую, например, перекат-россыпь во всех его вариантах. Обучающей выборкой будут перекаты всех видов, процесс обучения заключается в модификации весов: значительнее изменяем вес той связи, которая существенно повлияла на результат. Алгоритм обучения, реализуемый в программе, будет следующим.

1. На вход ИНС подаются образы перекатов в строковом формате.
2. Если вид переката распознан/отвергнут верно, то переходим к шагу 1.
3. Если ИНС ошиблась и распознала неверный образ переката как перекат-россыпь, то из всех связей, связанных с возбуждившимися ассоциативными элементами, вычитается единица.
4. Если ИНС ошиблась и отвергла образ переката, то единицу добавляется ко всем связям, связанным с возбуждившимися ассоциативным нейроном.

Обучающей выборкой служат образы всех видов перекатов, тестовой выборкой разнообразные варианты вида одного переката в строковом формате. При определении весов начальное значение задается равным 0, взвешенная сумма пороговой активации равна половине общего значения.

Программа для реализации ИНС создается на языке программирования Python. В программе используется функция для расчета взвешенной суммы и сравнения ее с порогом. Результатом работы выражения `return net >= bias` этой функции может быть True (Правда/Да), что означает 1 или False (Ложь/Нет), что означает 0.

Далее определяются две вспомогательные функции. Первая функция вызывается, когда сеть определяет как перекат-россыпь иной перекат (выход равен 1

при демонстрации не переката-россыпи) и уменьшает на единицу все веса, связанные с возбужденным входами.

Вторая функция вызывается, если сеть не смогла распознать перека-т-россыпь (выход равен 0 при демонстрации переката-россыпи) и увеличивает на единицу все веса, связанные с возбужденными входами.

Затем следует обучение ИНС. Приемлемого распознавания ИНС добивается через определенное количество обучающих циклов, что объясняется сложностью создания очень большого числа обучающих образов. Улучшить процесс обучения можно повышением равномерности показа всех обучающих образов или увеличения количества шагов обучения.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Aiylokun O. Modeling and simulation of river discharge using artificial neural networks/ O. Aiylokun, G. Ogunsanwo// Ife Journal of Science. – 2018. – Vol. 20. – Is. 2. – p.p. 207-214. DOI: 10.4314/ijss.v20i2.17.
2. Bisht D.C. Ann based river stage - discharge modelling for Godavari river, India / D.C. Bisht, M.V. Raju, M.C. Joshi // Computer Modelling and New Technologies. – 2010. – Vol.14 – Is.3. – p.p. 48–62.
3. Kovacevic M. Application of artificial neural networks for hydrological modelling in Karst / M. Kovacevic, N. Ivanisevic, T. Dasic, L. Markovic//Gradevinar.–2018. – Vol. 70. – Is.10.– p.p. 120-131. DOI:10.14256/JCE.1594.2016.
4. Rabault J. Artificial neural networks trained through deep reinforcement learning discover control strategies for active flow control / J. Rabault, M. Kuchta, A. Jesen, U. Reglade// Journal of Fluid Mechanics. – 2019. – Vol.865. – p.p. 281-302. <https://doi.org/10.1017/jfm.2019.62>
5. Вардомская А.А. Гибридная нейронная модель двухзвенного манипулятора как звена портового перегрузочного оборудования/ А.А. Вардомская// Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2016. – №2 (36).– С. 200-207.
6. Дерябин В.В. Построение модели счисления пути судна на основе нейронной сети: дисс. ... канд. техн. наук; специальность 05.22.19 Эксплуатация водного транспорта, судовождение/ В.В. Дерябин. – СПб.: ГМА им. адм. С.О. Макарова. – 2011. – 136 с.
7. Бучельников М.А. К вопросу о применении искусственных нейронных сетей для повышения эффективности проектирования дноуглубительных работ/ М.А. Бучельников, В.А. Седых, В.Н. Кофеева В.Н.// V Всероссийская научная конференция с международным участием «Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях»: сборник тезисов докладов. – М.: МГУ, 2019. – с.127-128.
8. Бучельников М.А. Оценка экологического влияния путевых работ на речные экосистемы (на примере реки Обь)/ М.А. Бучельников. – Новосибирск: Сибир. гос. унив. водн. трансп., 2018. – 182 с.

© М. А. Бучельников, М. Ю. Сидорова, О. В. Спиренкова, М. Е. Никулина, 2022