

625.111

**Ленченкова Елена Павловна**

аспирант кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ)  
set@id-yug.com

**Бучкин Виталий Алексеевич**

доктор технических наук,  
профессор кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ)

**Аннотация.** В статье дано общее понятие искусственных нейронных сетей, описана возможность их применения для моделирования рельефа местности и выделены преимущества использования нейронных сетей сравнительно с традиционными алгоритмами.

**Ключевые слова:** искусственные нейронные сети, аксон, нейрон, радиально-базисная функция.

**Lenchenkova Elena**

Postgraduate Student of the Department  
“Survey and designing of railways”  
Moscow State University of Railway  
Engineering  
set@id-yug.com

**Buchkin Vitaliy**

Doctor of Technical Sciences,  
Professor of the Department “Survey and  
designing of railways” Moscow State  
University of Railway Engineering

**Annotation.** In this article general concept of artificial neuron networks is given, possibility of their application for modeling of a land relief is described and advantages of use of neural networks compared with traditional algorithms are marked out.

**Keywords:** artificial neuron networks, axon, neuron, radial and basic function.

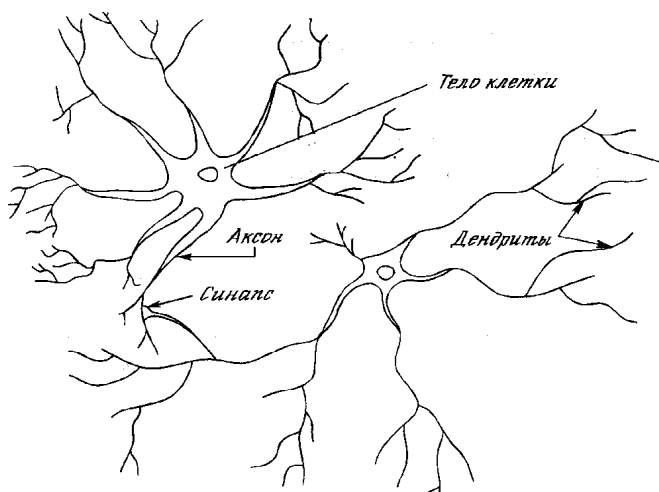
**ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ  
МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА**



**APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURON NETWORKS FOR MODELING OF A  
LAND RELIEF**

Создание цифровой модели местности (ЦММ) – процесс сложный, творческий и неоднозначный. Достаточно трудно придумать такой алгоритм, который способен сделать выбор в пользу оптимального варианта поведения ЦММ из всех возможных на каждом шаге создания модели. Программный комплекс, предназначенный для создания ЦММ, должен думать, как человек, другими словами, деятельность вычислительной машины необходимо уподобить процессам, происходящим в головном мозге человека, которые обусловлены деятельностью нейронов.

На рисунке 1 представлена схема устройства биологической нейронной сети.



**Рис. 1. Биологический нейрон**

Дендриты идут от тела нервной клетки к другим нейронам, где они принимают сигналы в точках соединения, называемых синапсами. Принятые синапсом входные сигналы подводятся к телу нейрона. Здесь они суммируются, причем одни входы стремятся возбудить нейрон, другие – воспрепятствовать его возбуждению. Когда суммарное возбуждение в теле нейрона превышает некоторый порог, нейрон возбуждается, посылая по аксону сигнал другим нейронам. У этой основной функциональной схемы много усложнений и исключений, тем не менее, большинство искусственных нейронных сетей моделируют лишь эти простые свойства.

Искусственные нейронные сети (ИНС) – математические модели, а также их программные или аппаратные реализации, построенные по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма [1].

Одно из применений нейронных сетей – аппроксимирование непрерывных функций. При этом нелинейная характеристика нейрона может быть сколь угодно сложной, что лишь усложнит сеть, но сохранит точность аппроксимации. Это и позволяет использовать искусственные нейронные сети для математического моделирования рельефа местности.

Искусственные нейронные сети представляют собой совокупность типовых элементов – искусственных нейронов, подобных нейронам головного мозга. Их устройство может быть различным, но в общем случае сводится к модели искусственного нейрона, представленного на рисунке 2.

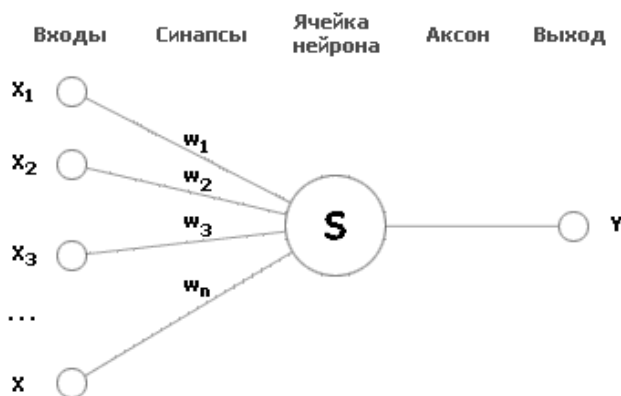


Рис. 2. Схема искусственного нейрона

Входные сигналы в случае создания модели рельефа представляют собой пространственные координаты  $x$ ,  $y$  и  $z$  точек поверхности. Они синапсами, каждый из которых имеет вес, определяющий степень влияния входа нейрона на его состояние, соединены с ядром. Аксон связывает нейрон с нейроном следующего слоя. Искусственный нейрон имеет коммуникации с другими нейронами через синапсы, передающие сигналы от других нейронов к данному (дендриты) или от данного нейрона к другим (аксон). Кроме того, нейрон может быть связан сам с собой.

Создание модели рельефа местности сталкивается с задачей подбора функции двух переменных  $f(x,y)$  такой, чтобы для заданного количества точек выполнялось равенство  $z_i=f(x_i,y_i)$ . Таким образом, согласно теореме Колмогорова [2, с. 31],

$$f(x,y) = \sum_{i=1}^n \omega_i \varphi(x,y, c_i^x, c_i^y), \quad (1)$$

где  $\omega_i$ ,  $c_i^x$ ,  $c_i^y$  – константы;  $\varphi$  – радиально-базисная функция.

Радиально-базисная функция – это функция, зависящая только от расстояния между искомой входной точкой и фиксированной точкой пространства.

Данная задача реализуется при помощи нейронной сети, состоящей из скрытого нелинейного слоя и выходного линейного слоя, передающего взвешенную сумму вы-

ходов нейронов первого слоя, передающего взвешенную сумму выходов нейронов первого слоя. Схема организации такой сети изображена на рисунке 3. Обучение такой нейронной сети сводится к нахождению передаточных коэффициентов от нейронов скрытого слоя к нейрону выходного слоя.

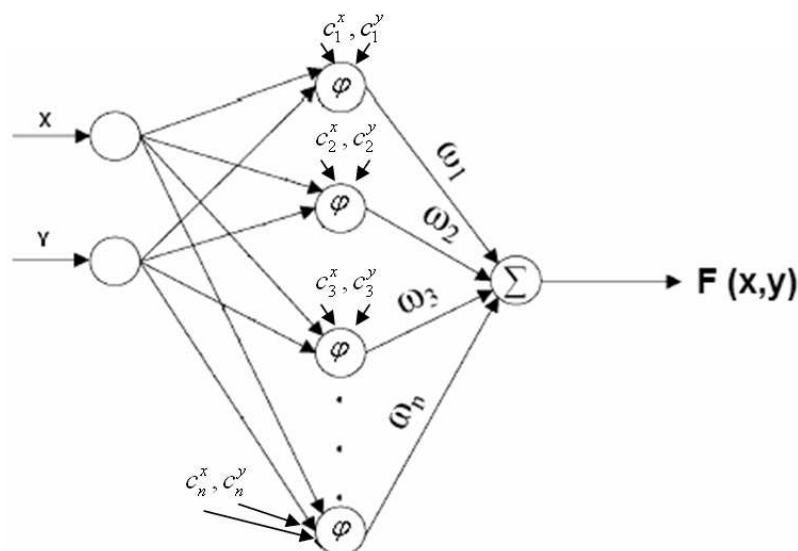


Рис. 3. Нейронная сеть радиально-базисной функции

Описать процесс обучения такой нейронной сети можно следующим алгоритмом:

- выбрать нейроны в скрытом слое, их количество должно соответствовать числу входных точек;
- для каждого нейрона задать коэффициенты радиально-базисной функции, которые равны координатам входных точек в плане  $c_i^x = x_i, c_i^y = y_i$
- определить передаточные коэффициенты от нейронов скрытого слоя к нейрону выходного слоя. Для этого предъявить сети весь набор входных данных и получить соответствующий набор выходных данных.

$$D_i = w_1 f(x_i, y_i, c_1^x, c_1^y) + w_2 f(x_i, y_i, c_2^x, c_2^y) + \dots + w_n f(x_i, y_i, c_n^x, c_n^y). \quad (2)$$

Расписав это уравнение для каждого из входов и выходов сети, получим уравнение в матричной форме.

$$\Phi w^T = D, \quad (3)$$

где  $\Phi = \begin{pmatrix} f_{11} & \dots & f_{1n} \\ f_{21} & \dots & f_{2n} \\ \dots & \dots & \dots \\ f_{m1} & \dots & f_{mn} \end{pmatrix}$  – интерполяционная матрица  $f_{ij} = f(x_i, y_i, c_j^x, c_j^y)$ ;  $\omega = \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \dots \\ \omega_n \end{pmatrix}$  – мат-

рица искомых синаптических весов;  $D = \begin{pmatrix} D_1 \\ \dots \\ D_n \end{pmatrix}$  – матрица выходных значений сети.

Вычислить значения синаптических весов, решив данное матричное уравнение (4):

$$w^T = \Phi^{-1} D. \quad (4)$$

Искусственные нейронные сети обучаемы. Это является их преимуществом перед традиционными алгоритмами. Они способны находить коэффициенты связей меж-

ду нейронами, обобщать входные и выходные данные, что означает гарантию получения верных результатов на основании даже тех данных, которые отсутствовали в обучающей выборке, а также частично искаженных данных или ошибочных. При невозможности получения достаточного количества входных данных, их высокой зашумленности, неполноте и противоречивости, нейронные модели оказываются более предпочтительными. Нейронная сеть оказывается избирательно чувствительной в областях скопления данных, и дает гладкую интерполяцию в остальных областях [2, с. 112].

Главным аргументом, говорящим в пользу применения нейронных сетей для создания ЦММ является то, что для создания модели естественной среды необходимо подобие человеческой интуиции, наличием которого выделяются искусственные нейронные сети.

### Литература

1. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Искусственная нейронная сеть](http://ru.wikipedia.org/wiki/Искусственная_нейронная_сеть) (15.06.13)
2. А.Н. Горбань, В.Л. Дунин-Барковский, А.Н. Кирдин и др. Нейроинформатика – Новосибирск : Наука. Сибирское предприятие РАН, 1998. – 296 с.

### References

1. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Artificial neuron network](http://ru.wikipedia.org/wiki/Artificial_neuron_network) (15.06.13)
2. A.N. Gorban, V.L. Dunin-Barkovskiy, A.N. Kirdin etc. Neuroinformatics. – Novosibirsk : Science. Siberian enterprise RAS, 1998. – 296 p.