

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В РАЗРАБОТКЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБУЧАЮЩИХ РЕСУРСОВ

Т.А. Онуфриева, А.С. Сухова
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Калуга

Проблема обучения в условиях постоянно растущего объема поступающей информации приобретает первостепенное значение. Существующие на сегодняшний день образовательные ресурсы перестают в полной мере отвечать задачам профессионального образования. Линейность учебного плана в сочетании с отсутствием достаточной обратной связи приводит к тому, что темп освоения информации обучающимися становится значительно меньше темпа поступления входной информации. В данной статье рассматривается задача формирования электронного ресурса, призванного решить проблемы линейности учебного плана и недостаточной обратной связи и, следовательно, позволяющего более эффективно оценивать уровень знаний пользователей. Разрабатываемый электронный ресурс предназначен для обучения студентов технических специальностей по теме: программирование микроконтроллеров. В качестве аппаратной базы предполагается использование лабораторного стенда OSUS, разработанного на кафедре. Рассматривается структура информационной системы. Приводится базовая архитектура используемой нейронной сети. Особое внимание уделяется выбору алгоритмов обучения спроектированной ранее нейронной сети Джордана. В силу особенностей архитектуры нейросети для ее обучения были выбраны генетические алгоритмы обучения. Для данных алгоритмов рассматриваются основные принципы, включающие в себя особенности реализации и настройку параметров обучения в соответствии с выбранной предметной областью. Предложенные решения эффективны при разработке обучающих электронных ресурсов по различным дисциплинам технических специальностей. Для использования разработки в системах обучения по дисциплинам гуманитарных специальностей необходимо дополнительное исследование предметной области и соответствующее изменение параметров как нейронной сети, так и алгоритмов ее обучения.

Ключевые слова: электронное пособие, машинное обучение, искусственная нейронная сеть, сеть Джордана, генетические алгоритмы.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время стремительно развивается микропроцессорная техника. На основе микроконтроллеров создаются элементы систем мониторинга, робототехнические установки, такие системы, как умный дом и другие.

Благодаря быстро развивающимся информационным технологиям имеются широкие возможности для обучения новым навыкам. В то же время существующие модели обучающих пособий перестают в полной мере отвечать задачам профессионального образования. Их основными недостатками являются отсутствие постоянной обратной связи, отсутствие контроля за процессом обучения и линейность учебного плана. Именно поэтому необходима разработка современного самонастраиваемого обучающего электронного ресурса.

Для реализации требуемой функциональности предлагается использование искусственной нейронной сети, а именно, нейросети Джордана, обучаемой с использованием генетических алгоритмов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Ранее на основании технического задания и исследования предметной области была

спроектирована структура информационной системы, которая сможет реализовать необходимую функциональность (рис. 1) [1].

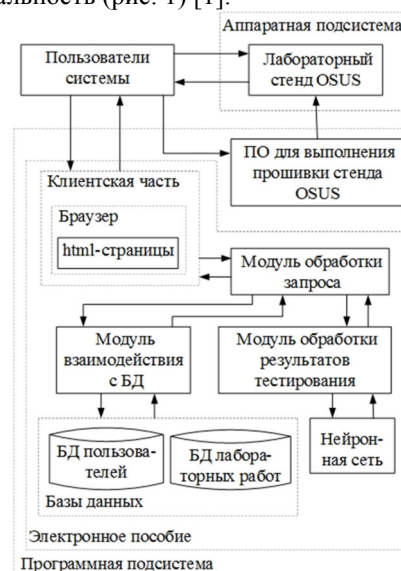


Рис. 1. Обобщенная структура информационной системы

Как видно из рисунка информационная система состоит из двух подсистем: аппаратной и программной, с которыми может взаимодействовать пользователь. Аппаратная подсистема представляет собой учебный лабораторный стенд OSUS.

Программная подсистема делится на две части: программное обеспечение для прошивки лабораторного стенда и электронное учебное пособие. Электронное пособие представляет собой клиент-серверное приложение и содержит модули для решения следующих задач:

1. Взаимодействие с базами данных пользователей и лабораторных работ.
2. Вычисление необходимой информации по заданным алгоритмам.
3. Обработка результатов тестирования пользователя с помощью нейронной сети.

В соответствии с ранее проведенными исследованиями, для обработки результатов тестирования пользователей была выбрана многослойная рекуррентная сеть, обучаемая без учителя, а именно, сеть Джордана (рис. 2) [2].

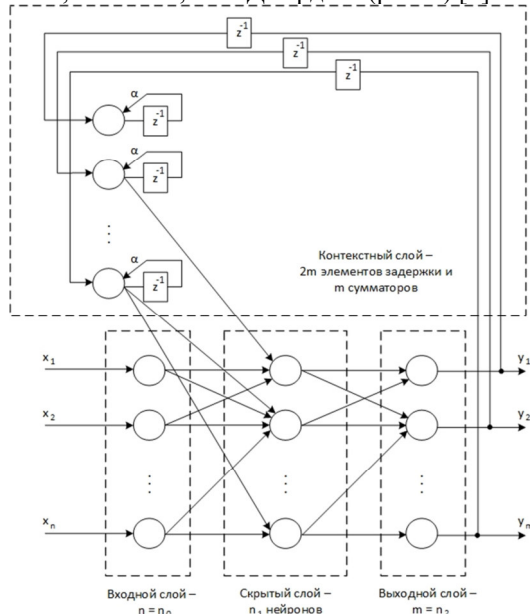


Рис. 2. Базовая схема архитектуры сети Джордана (показаны не все связи)

Как видно из рисунка сеть состоит из 4 слоев:

- входной слой состоит из $n_0 = n$ формальных нейронов, где n – количество элементов входного вектора сети. Все нейроны входного слоя активизируются вектором входного сигнала. Сигналы с входного слоя поступают на нейроны скрытого слоя;

- скрытый слой состоит из n_1 промежуточных нейронов (значение n_1 выбирается в зависимости от поставленной задачи). Сигналы со скрытого слоя поступают на нейроны выходного слоя;

- выходной слой состоит из $n_2 = m$ выходных нейронов, где m – количество элементов выходного вектора сети. Все нейроны выходного слоя определяют выходной вектор. К сигналам выходного слоя применяется заданная функция активации, затем они поступают на выход сети и в контекстный слой;

- контекстный слой состоит из $2m$ элементов задержки и m сумматоров, охваченными через элемент задержки обратной связью с фактором забывания $0 \leq \alpha \leq 1$ [3]. Фактор забывания позволяет контролировать степень влияния полученной ранее информации на новую. Чем выше значение α , тем меньше степень влияния.

Настройки параметров элементов нейронной сети были описаны ранее [2].

После определения структуры нейронной сети необходимо выбрать алгоритм обучения сети.

Существует несколько методов обучения без учителя. Одним из наиболее эффективных и популярных является метод градиентного спуска и обратного распространения ошибки. Однако из-за наличия в структуре сети слоя обратной связи реализация такого обучения потребует использования сложного математического аппарата, что затруднит разработку системы [4]. Кроме метода градиентного спуска при обучении без учителя могут быть использованы генетические алгоритмы обучения. Основным недостатком данных алгоритмов являются большие затраты памяти по сравнению с методом градиентного спуска. В то же время генетические алгоритмы просты в программной реализации и не требуют использования сложного математического аппарата. На основании вышеизложенного, для обучения нейронной сети были выбраны генетические алгоритмы обучения.

Генетический алгоритм в самом простом случае сводится к последовательности действий, представленной на рис. 3 [5].

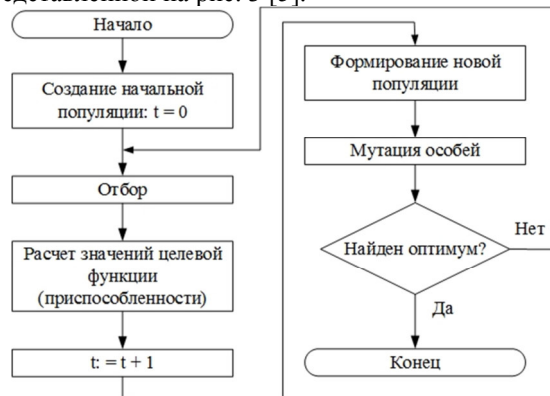


Рис. 3. Блок-схема генетического алгоритма обучения нейронной сети

Как видно из рисунка, для обучения сети необходимо осуществить следующие действия:

- Матрица весов слоя (геном) инициализируется случайным образом в выбранном диапазоне. Процедура повторяется некоторое количество раз для создания начальной популяции различных случайных нейросетей.

- Создается новая популяция с использованием представителей предыдущей популяции. Например, потомки могут представлять клонов родителей, в

геноме которых произошли небольшие изменения (мутации), также геном потомков может представлять собой некоторую комбинацию генома родителей и так далее.

- Оценивается приспособленность каждого потомка на основании их работы с обучающей выборкой.

- «В живых» остаются только N самых приспособленных потомков (где N – размер популяции). Затем происходит возвращение ко второму пункту, цикл повторяется заданное количество раз или до достижения определенной точности [4].

Выбор настроек параметров генетического алгоритма обучения зависит от желаемого быстродействия системы и имеющихся аппаратных и программных ресурсов. Для разрабатываемой системы были использованы следующие настройки параметров:

- Размер популяции N выбирается таким образом, чтобы в популяции было обеспечено достаточное разнообразие особей, но при этом быстродействие системы оставалось на приемлемом уровне и памяти ЭВМ хватало для хранения и обработки данных. В силу озвученных причин выбрано значение $N = 256$.

- Матрица весов слоя изначально инициализируется случайным образом с использованием стандартного генератора псевдослучайных чисел, используемого в языке C#. При этом диапазон значений весов должен содержать как отрицательные, так и положительные значения. Оптимальным является диапазон значений $[-1; 1]$, так как он соответствует данному критерию, а также позволяет избежать переполнения переменных в ходе вычислений.

- При создании новой популяции необходимо использовать определенные механизмы (генетические операторы) для получения популяции, наследующей свойства родителей, но при этом обладающей новыми признаками. При этом необходимо учитывать, что добавление каждого нового генетического оператора усложняет разработку приложений. Поэтому для получения максимального результата с наименьшими затратами были выбраны два оператора: кроссинговер и мутации. Кроссинговер моделирует скрещивание особей, при котором потомок представляет собой комбинацию генома родителей. А мутации, представляющие собой случайное изменение одного или нескольких генов, позволяют «выбить» популяцию из локального экстремума и защищают от преждевременной сходимости [5].

- Селекция (выбор родителей для нового поколения) осуществляется в зависимости от значения их приспособленности (пропорциональный отбор). Чем выше это значение, тем выше вероятность участия в формировании нового поколения. Таким

образом, происходит отбор наилучших результатов, но и сохраняются альтернативные решения, что увеличивает вероятность получения оптимального результата.

- В качестве целевой функции используется знание о статистическом распределении результатов в обучающей выборке.

При приведенных настройках параметров генетического алгоритма реализация программы не вызывает существенных затруднений, но в то же время позволяет обучить нейронную сеть на достаточном уровне. При этом повторное обучение при изменении входных параметров сети может быть запущено пользователем системы, обладающим соответствующим доступом. Таким образом, дальнейшая эксплуатация системы возможна без непосредственного участия программиста.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в рамках данной работы были рассмотрены генетические алгоритмы обучения нейронных сетей. Были приведены особенности настройки параметров данных алгоритмов при обучении нейронной сети Джордана, являющейся частью информационной системы по обучению программированию микроконтроллеров.

Рассмотренные настройки с некоторыми изменениями могут быть применены при создании обучающих электронных ресурсов по дисциплинам не только технических, но и гуманитарных специальностей. Подобная гибкость используемых алгоритмов упрощает разработку и дальнейшую поддержку программного обеспечения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сухова А.С. Разработка рабочего места отладки на базе микроконтроллера STM32 [Текст] / А.С. Сухова, М.В. Чубарев, Т.А. Онуфриева // Технологические инновации в современном мире. – 2019. – Ч. 1. – С. 146-152.
2. Онуфриева Т.А. Повышение эффективности обучения в техническом университете [Текст] / Т.А. Онуфриева, А.С. Сухова // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2020. – Т. 18. – №2. – С.51-60.
3. Jordan M.I. Serial order: A Parallel Distributed Processing Approach: Tech. Rep. ICS Report 8604: Institute for Cognitive Science, University of California, San Diego, 1986.
4. Комарцова Л.Г. Нейрокомпьютеры: учебное пособие для вузов [Текст] / Л.Г. Комарцова, А.В. Максимов – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2004. – 400 с.
5. Галушкин А.И. Нейронные сети: основы теории [Текст] / А.И. Галушкин – М.: Горячая линия-Телеком. 2012. – 496 с.

Онуфриева Татьяна Александровна – к.т.н., доцент кафедры «Информационные системы и сети», Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (филиал), КФ МГТУ, тел. +79109109003, e-mail: onufrievata@mail.ru.

Сухова Анастасия Сергеевна – студент кафедры «Информационные системы и сети», Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (филиал), КФ МГТУ, тел. +79913283510, e-mail: nastya_s@kaluga.ru.

APPLICATION OF NEURAL NETWORKS IN THE DEVELOPMENT OF E-LEARNING RESOURCES

T.A. Onufrieva, A.S. Sukhova

Moscow State Technical University named after N.E. Bauman, Kaluga

Abstract – The article is concerned with problem of increasing efficiency of students' training in a technical university. Special attention is paid to the choice of educational digital resource architecture. To solve the problem of curriculum linearity and insufficient feedback Jordan's neural network is used. The optimal neural network learning algorithm has been chosen. The article gives a detailed analysis of genetic learning algorithms for neural networks. The setting of the algorithm parameters depending on the features of the chosen subject area is considered.

Index terms: digital study guide, machine learning, artificial neural network, Jordan's network, genetic algorithms.

REFERENCES

1. Sukhova, A.S., Chubarev, M.V. and T.A. Onufrieva, "Development of a debugging workstation based on the STM32 microcontroller", *Technological innovation in the modern world*, Ufa, Russia, part 1, pp 146-152, Nov. 2019.
 2. Onufrieva, T.A. and A.S. Sukhova, "Improving the efficiency of education in a technical university", *Information-measuring and Control Systems*, vol. 18, no. 2, pp. 51-60, Feb. 2020.
 3. Jordan M.I. Serial order: A Parallel Distributed Processing Approach: Tech. Rep. ICS Report 8604: Institute for Cognitive Science, University of California, San Diego, 1986.
 4. Komartcova, L.G. and A.V. Maksimov, *Neurocomputers: a textbook for universities*. Moscow: Publishing house MSTU named after N.E. Bauman, 2004.
 5. Galushkin, A.I., *Neural networks: basic theory*. Moscow: Goryachaya liniya-Telekom, 2012.
- Onufrieva Tatyana Aleksandrovna – Ph.D., associate professor of the department "information systems and networks", Moscow State Technical University named after N.E. Bauman (branch), +79109109003, e-mail: onufrievata@mail.ru.*
- Sukhova Anastasiya Sergeevna – student of the department "information systems and networks", Moscow State Technical University named after N.E. Bauman (branch), +79913283510, e-mail: nastya_s@kaluga.ru.*