

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.032.26

Минчук Сергей
Геннадьевич

Прогнозирование результатов соревнований по киберспорту
с помощью нейронных сетей

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание академической степени
магистра информатики и вычислительной техники

по специальности 1-40 81 04 – Обработка больших объемов информации

Научный руководитель
Жвакина А.В.
кандидат технических наук, доцент

Минск 2019

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире очень распространены компьютерные игры. С каждым годом все чаще проводятся соревнования по видеоиграм, как командные, так и индивидуальные, которые называются киберспортом. С недавнего времени киберспорт признан видом спорта в некоторых странах [1-А]. Наряду с участием живых людей, в соревнованиях, также начинают принимать участие агенты искусственного интеллекта, которых часто называют «ботами». В некоторых играх в основном важна реакция и скорость, а в других важны тактические навыки и командная работа. При обучении «ботов» в игре Dota 2, важной задачей является их подготовка к взаимодействию и командной работы для достижения высоких результатов и победы. Последние результаты таких тренировок показывают колоссальный успех даже при соревнованиях с профессиональными командами реальных людей. Для проверки именно искусственного интеллекта «боты» имеют ряд ограничений, которые также имеют реальные люди. Иными словами, можно сказать, что и люди, и «боты» находятся в равных условиях и происходит проверка интеллекта у обеих команд. Одной из таких игр, где важна не только скорость и реакция, является игра под названием Dota 2.

Dota 2 – сложная стратегическая командная игра, где участвуют 2 команды по 5 человек. В данной игре присутствует большое количество параметров, которые можно использовать для обучения модели прогнозирования, что делает данную компьютерную игру отличным предметом для изучения и анализа. В рамках работы над магистерской диссертацией разработана программа, которая позволяет предсказывать результаты профессиональных матчей. В качестве алгоритма для предсказания результата игры, использована нейронная сеть с архитектурой: многослойный перцептрон [2-А].

Особенность данной игры является то, что мы не можем однозначно предсказать победу одной из команд только посмотрев на счет. Есть множество факторов, влияющих на исход игры, поэтому актуальность работы также заключается в автоматизации процесса прогнозирования, которая может быть использована аналитиками для исследования и анализа матчей.

После получения модели нейронной сети проведены экспериментальные исследования и сравнение с точностью работы алгоритма логистической регрессии, которая является своего рода классическим алгоритмом прогнозирования.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель и задачи исследования

Целью диссертационной работы является разработка алгоритмов и программного обеспечения для решения задачи прогнозирования профессиональных матчей по игре Dota 2 с использованием искусственных нейронных сетей, а также сравнение полученных результатов с другими алгоритмами прогнозирования.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

1. Исследована предметная область, связанная с прогнозированием посредством нейронных сетей и компьютерной игрой Dota 2.
2. Выбран инструментарий для реализации программного обеспечения прогнозирующей модели.
3. Разработана архитектура нейронной сети, выбрано количество скрытых слоев, функция активации, метод оптимизации. Подобраны оптимальные параметры для обучения нейронной сети.
4. Разработан алгоритм преобразования данных о персонажах игры Dota 2 при обучении модели нейронной сети.
5. Реализовано программное обеспечение для прогнозирования профессиональных матчей игры Dota 2.
6. Проведены экспериментальные исследования полученной нейронной сети и выполнено сравнение с другими алгоритмами прогнозирования.

Объектом исследования являются нейронные сети архитектуры многослойного персептрона, используемые для задачи прогнозирования.

Предметом исследования является математическое и программное обеспечение компьютерных систем для решения задач прогнозирования с использованием искусственных нейронных сетей.

Основной *гипотезой*, положенной в основу диссертационной работы, является возможность прогнозирования результатов профессиональных матчей по игре Dota 2 с использованием искусственных нейронных сетей. Особенностью данной работы, является использование данных о персонажах игры, представленных в векторном виде, для обучения модели. Данная особенность позволит повысить прогнозирующую способность нейронной сети. Полученная модель может послужить функцией вознаграждения для обучения агентов искусственного интеллекта при обучении с подкреплением. Также, полученную модель, с небольшими изменениями можно применять в некоторых видах спорта, где участвуют две команды.

Личный вклад соискателя

Результаты, приведенные в диссертации, получены соискателем лично.

Апробация результатов диссертации

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на 54-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (Минск, Беларусь, 2018); 55-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (Минск, Беларусь, 2019); Четвертой международной научно-практической конференции «Big Data And Analytics (Big Data и анализ высокого уровня)» (Минск, Беларусь, 2018).

Опубликованность результатов диссертации

По теме диссертации опубликовано 3 печатные работы в сборниках трудов и материалов научных конференций.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав, заключения, списка использованных источников и списка публикаций автора. В первой главе представлен анализ предметной области, связанной с прогнозированием посредством искусственных нейронных сетей, а также компьютерной игры Dota 2. Вторая глава посвящена анализу программных средств для работы с искусственными нейронными сетями. В третьей главе предложена практическая реализация программного обеспечения для прогнозирования профессиональных матчей компьютерной игры Dota 2. Представлены результаты экспериментальных исследований полученной модели и сравнения точности ее работы с алгоритмом логистической регрессии.

Общий объем работы составляет 78 страниц, из которых основного текста – 59 страниц, 20 рисунков на 17 страницах, 10 таблиц на 6 страницах и список использованных источников из 30 наименований на 4 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Во **введении** определена исследуемая область и указаны основные направления исследования, показана актуальность темы данной диссертационной работы, дано краткое описание исследуемых вопросов, а также обозначена практическая ценность работы.

В **первой главе** проведен анализ прикладной области, дана краткая характеристика и описание исследуемой компьютерной игры Dota 2. Описаны роли персонажей, основные аспекты игры, а также кратко представлен ход матча. Dota2 является игрой, которая представлена матчами, длительность каждого варьируется в пределах от 15 минут до нескольких часов. Как правило, средняя длительность партии Dota2 составляет 30 минут. Цель каждого матча – уничтожить особый вражеский объект-крепость (англ. Ancient). Это особый объект, который присутствует у каждой команды и который надо, либо защитить, если речь идет о собственной крепости, либо уничтожить, если говорить об крепости противника.

Каждый матч проходит на квадратной карте специального вида (рисунок 1), где крепости обеих команд находятся в противоположных углах, а игроки распредотачиваются по соединяющим эти крепости путям – «линиям» (англ. Lane). Помимо самих игроков, в игре принимают управляемые компьютером существа «крипы» (англ. Creeps) и неподвижные строения-«башни» (англ. Towers), свои с каждой стороны; они также участвуют в сражении, атакуя вражеских героев, крипов и башни противника и тем самым помогая «своей» команде.

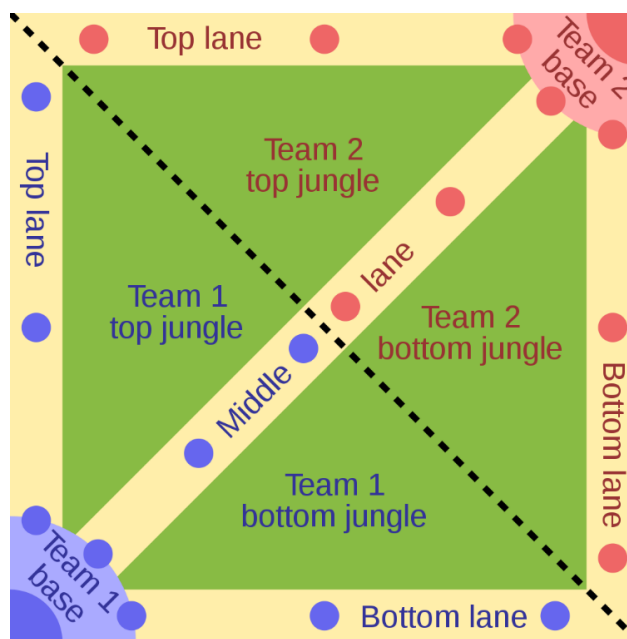


Рисунок 1 – Типичная карта игры жанра MOBA

Во время работы, исследованы и описаны основные аналоги данного программного продукта, проведен анализ планируемой работы, выбраны необходимые алгоритмы. Исследована литература, касающаяся искусственных нейронных сетей, а также непосредственно архитектуры: многослойный перцептрон. Описаны алгоритмы векторного представления слов, которые используются для преобразования данных о персонажах и последующем использовании этих данных для обучения нейронной сети. Также исследованы и представлены алгоритмы визуализации данных t-SNE, которые используются для визуализации преобразованных данных о героях, которые изначально находятся в пространстве высокой размерности.

Вторая глава содержит краткое описание используемой библиотеки для нейронных сетей Keras. Представлена краткая характеристика следующих модулей:

- модели нейронных сетей;
- слои нейронных сетей;
- функции потерь;
- оптимизаторы для обучения моделей;
- функции активации.

Также во второй главе описаны выбранные функции активации, метод оптимизации, функции потерь. В качестве метода оптимизации был использован Adam. Он в среднем эффективнее в различных моделях нейронных сетей. Адам отличается от классического стохастического градиентного спуска. Стохастический градиентный спуск поддерживает одинаковую скорость обучения и скорость обучения не изменяется во время тренировки. В Адаме скорость обучения поддерживается для каждого параметра сети и отдельно адаптируется по мере развития обучения. Метод вычисляет индивидуальные адаптивные скорости обучения для различных параметров из оценок первого и второго моментов градиентов. Авторы описывают Адама как объединение преимуществ двух других расширений стохастического градиентного спуска. В частности:

- AdaGrad, который поддерживает скорость обучения параметров, которая повышает производительность при проблемах с разреженными градиентами.
- RMSProp, который также поддерживает скорости обучения по каждому параметру, которые адаптированы на основе среднего значения последних градиентов для веса.

В качестве функции потерь применяется `categorical_crossentropy`. Данная функция выглядит следующим образом. Она представляет собой объединение двух функций: Softmax и Cross-Entropy:

$$f(s)_i = \frac{e^{s_i}}{\sum_j^c e^{s_j}}, \quad (1)$$

$$CE = - \sum_i^c t_i \log(f(s)_i). \quad (2)$$

Так как данная модель прогнозирует вероятность принадлежности предоставленного объекта к одному из двух классов, то в качестве функции на выходе используется функция softmax. Функция Cross-Entropy лучше подходит для прогнозирования, нежели функция средней квадратичной ошибки, которая обычно применяется для регрессии.

В качестве функции активации в данной работе применяется функция selu (англ. scaled exponential linear). Это функция вида:

$$selu(x) = \lambda \begin{cases} x & \text{if } x > 0 \\ \alpha e^x - \alpha & \text{if } x \leq 0 \end{cases} \quad (3)$$

Значения α и λ выбираются таким образом, чтобы среднее значение и дисперсия входных данных сохранялись между двумя последовательными слоями до тех пор, пока весовые коэффициенты инициализированы правильно. Ниже представлен график функции SELU (рисунок 2).

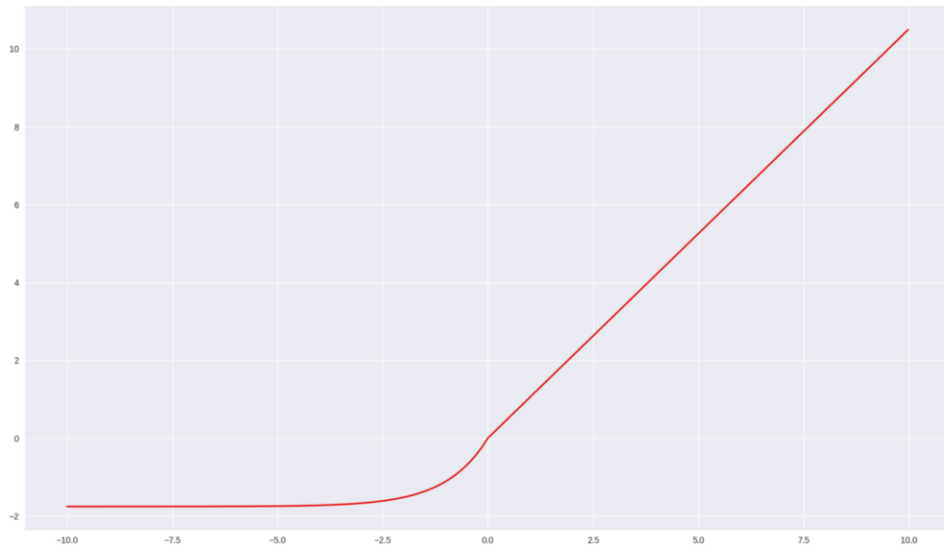


Рисунок 2 - График функции SELU с параметрами $\alpha=1.6732$, $\lambda=1.0507$

SELU как функция активации была выбрана исходя из ряда причин:

- одна из самых новых функций активации. Была представлена в 2017 году.
- также, как и ReLU, вычисление этой функции занимает мало времени.
- использование внутренней нормализации.
- в отличие от ReLU, SELU не может затухнуть.
- также, как и при использовании ReLU, не возникает проблемы с вымыванием градиента.

Во всех слоях, где используется функция активации `selu`, используется инициализация весов методом `lecun_normal`. Это усеченное нормальное распределение со $\mu = 0$ $var = \text{sqrt}(\frac{1}{fan_in})$, где `fan_in` это количество входных параметров в матрице весов. Использование метода `lecun_normal` обусловлено использованием функции активации `selu`. Создатели функции SELU рекомендуют использовать именно этот метод инициализации.

В машинном обучении проблема вымывания градиента является трудностью, возникающей при обучении искусственных нейронных сетей с помощью методов обучения на основе градиента и метода обратного распространения ошибки. При использовании такого метода каждый из весов нейронной сети получает обновление, пропорциональное частной производной функции ошибки по отношению к текущему весу в каждой итерации обучения. Проблема в том, что в некоторых случаях градиент будет чрезвычайно мал, что эффективно не позволит весу изменить свое значение. В худшем случае это может полностью остановить нейронную сеть от дальнейшего обучения.

В **третьей главе** представлено описание сайта и его Web API для получения необходимых данных о матчах. Исследованы и выбраны признаки для обучения модели. Представлен алгоритм для преобразования данных о персонажах, выделены основные роли персонажей. Модель, которая предсказывает героев, имеет внутри себя один скрытый слой, включающий в себя 64 нейрона. На выходе получается размерность 64-ой степени. Данные для обучения предсказания героев извлекаются из публичных матчей. Количество матчей, которое используется для обучения составляет 3412199 записей. Следовательно, общее количество контекстов для обучения получается:

$$n \cdot t \cdot c = 3412199 \cdot 2 \cdot 5 = 34121990, \quad (4)$$

где n – это количество публичных матчей,
 t – это количество команд в матче,

s – это количество контекстов, получающегося из одного набора.

Количество различных героев в игре 116, а количество различных наборов героев из пяти составляет:

$$C_n^k = \frac{n!}{(n-k)! \cdot k!} = \frac{116!}{(116-5)! \cdot 5!} = 160389488, \quad (5)$$

где n – количество всех персонажей,

k – количество персонажей у одной команды.

Так как данных для обучения меньше, чем всех комбинаций персонажей, точность данной модели составляет 8.17%. Итоговое пространство получилось размерностью 64

Представлена архитектура нейронной сети для прогнозирования результатов профессиональных матчей. Выбраны гиперпараметры для модели нейронной сети, проведены тесты по прогнозированию профессиональных матчей. Составленная модель достигла точности в 79.4% на тестовом наборе данных. Построены графики точности модели при обучении. Ниже представлены графики точности на тренировочном (рисунок 3) и проверочном (рисунок 4) наборах данных во время обучения.

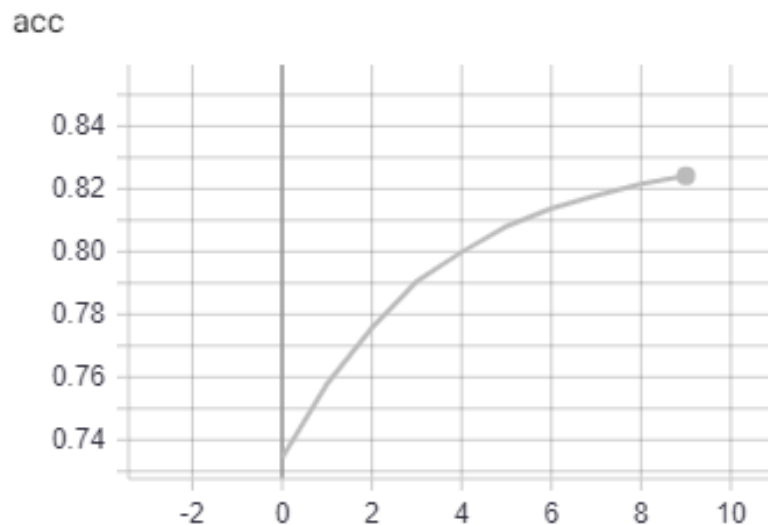


Рисунок 3 - График точности модели на тренировочном наборе данных

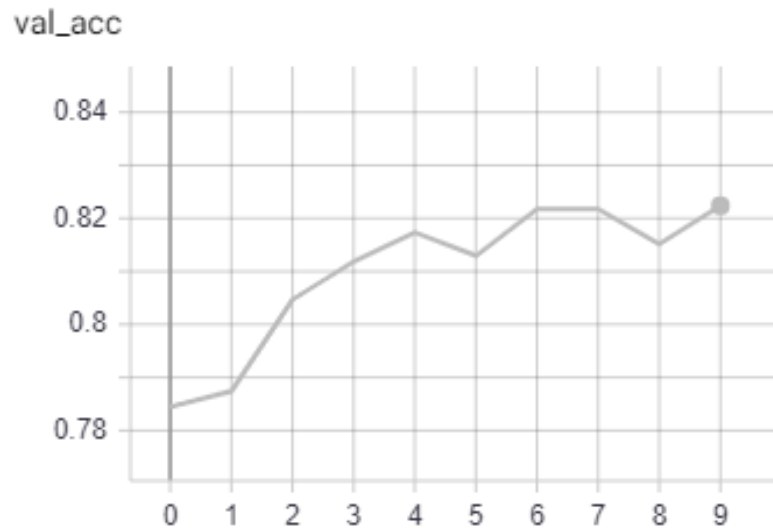


Рисунок 4 - График точности модели на проверочном наборе данных

Проведено сравнение работы многослойного перцептрона с логистической регрессией. Точность работы модели логистической регрессии составила 74.1%. Исходя из полученных данных, логистическая регрессия показала худший результат, в сравнении с моделью искусственной нейронной сети, хотя скорость обучения алгоритма логистической регрессии выше.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Актуальность исследований, проведенных в рамках выполнения диссертационных исследований, определяется возрастающей популярностью киберспорта, большим количеством соревнований по всему миру, в том числе международных, рост призового фонда, а также признание нескольких киберспортивных дисциплин настоящим видом спорта во многих странах.

Существует целая армия аналитиков киберигр, которая обрабатывает результаты соревнований. Этот процесс связан с большим количеством информации, достаточно трудоемок и не автоматизирован, поэтому довольно затруднительно спрогнозировать результат конкретной игры. Кроме того, отличительной чертой киберспорта является то, что он основывается на использовании интеллектуальных способностей участников, а не фактора случайности, как в обычных играх. Таким образом, возникает необходимость обучения как аналитиков, так и участников киберигр, а также развитие стратегии игры, разработка новых вариантов более интересных и сложных.

Основные научные результаты диссертации

В ходе работы над магистерской диссертацией проведен анализ актуальности, сложности и возможности прогнозирования компьютерной игры Dota 2 с использованием искусственных нейронных сетей. Исследованы различные модели, применяющиеся для прогнозирования, такие как многослойный перцептрон и логистическая регрессия. Изучена литература, связанная с искусственными нейронными сетями, методами их обучения, выбора архитектуры, настройкой гиперпараметров. Проанализированы и успешно применены на практике такие алгоритмы, как word2vec и t-SNE.

Исследован набор инструментария для разработки программного обеспечения с целью прогнозирования матчей игры Dota 2. Изучена документация таких фреймворков как: Keras, scikit-learn. Произведена установка и настройка данных программных продуктов.

Проанализирован Web интерфейс и API сайта opendota.com, который занимается сбором и обработкой данных о профессиональных и публичных матчах игры Dota 2. Создана база данных для хранения данных о матчах с использованием системы управления базами данных PostgreSQL. Собраны данные о профессиональных и публичных данных. Изучен и модифицирован parser, который применяется для обработки профессиональных матчей и извлечения из него нужных дан-

ных. Проанализированы полученные данные из матчей, выбраны необходимые параметры для обучения модели искусственной нейронной сети.

Исследованы данные о персонажах игры Dota 2. Предложен метод по преобразованию наборов персонажей в их векторное представление размерностью 64. Выделены основные роли персонажей и использованы в качестве дополнительных параметров при обучении нейронной сети для прогнозирования результатов матчей.

Разработана архитектура нейронной сети, определено количество скрытых слоев, а также количество нейронов на каждом слое. Выбраны функции активации, методы регуляризации, подобраны гиперпараметры для обучения нейронной сети.

Проведены тесты по прогнозированию профессиональных матчей. Данная модель достигла точности в 79.4% на тестовом наборе данных. Построены графики точности модели при обучении. Проведено сравнение работы многослойного перцептрона с логистической регрессией.

Проведена апробация результатов на трех научных конференциях. Результаты опубликованы в трех печатных работах. Реализованный программный продукт внедрен в учебный процесс в качестве материалов для лекционного курса «Нейросетевое моделирование и обработка данных» магистрантов специальности 1-40 81 04 «Обработка больших объемов информации», что подтверждается актом внедрения (Приложение Б).

Рекомендации по практическому использованию результатов. Дальнейшее улучшение модели

1. Полученную модель нейронной сети можно использовать в качестве функции вознаграждения при тренировке агентов искусственного интеллекта с помощью обучения с подкреплением.

2. При увеличении объема тренировочных данных в модели, которая используется для преобразования наборов героев в векторное пространство, ее можно будет также использовать при прогнозировании результатов матчей на основе одних лишь наборов героев. Также использование этой модели агентами искусственного интеллекта, позволит наиболее точно выбирать набор героев в конкретном матче.

3. Для улучшения модели планируется исследовать и использовать данные об артефактах героев, которые имеют большое влияние на результат игры. В

связи с недостаточным набором данных для обучения, введение дополнительных параметров, связанных с артефактами, пока не представляется возможным.

4. Нейронная сеть будет эффективна при обучении аналитиков, участников соревнований, разработке более сложных и интеллектуальных стратегий, а также прогнозировании результатов соревнований.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1-А. Минчук С.Г. Нейронные сети для прогнозирования результатов соревнований по киберспортивным дисциплинам / С.Г. Минчук // 55-я юбилейная конференция аспирантов, магистрантов и студентов учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 22-26 апреля 2019 г., БГУИР, Минск, Беларусь: тезисы докладов. – Мн. – 2019. – 287 с.

2-А. Минчук, С.Г. Прогнозирование результатов соревнований по киберспорту с помощью нейронных сетей / С. Г. Минчук, А. В. Жвакина // BIG DATA Advanced Analytics: collection of materials of the fourth international scientific and practical conference, Minsk, Belarus, May 3 – 4, 2018 / editorial board: M. Batura [etc.]. – Minsk, BSUIR, 2018. – P. 428 – 434.

3-А. Минчук, С.Г. Рекуррентная нейронная сеть LSTM для прогнозирования результатов соревнований по киберспорту / С. Г. Минчук // Компьютерные системы и сети: материалы 54-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 23 – 27 апреля 2018 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2018. – С. 187 – 189.