

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра информатики и программирования

**РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОГО ИГРОКА С ПРИМЕНЕНИЕМ
ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ СИМУЛЯТОРА
ИСТОРИЧЕСКОГО ВАРИАНТА ШАХМАТ ГАЛА
АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ**

студента 2 курса 273 группы

направления 02.04.03 Математическое обеспечение и администрирование
информационных систем

факультета компьютерных наук и информационных технологий

Сорокина Дмитрия Андреевича

Научный руководитель:

зав.кафедрой к. ф.-м. н., доцент

М.В. Огнева

подпись, дата

Зав. кафедрой:

к. ф.-м. н., доцент

М.В. Огнева

подпись, дата

Саратов 2023

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В последние годы неотъемлемой частью современной культуры постепенно становятся компьютерные игры. Приложения на самых разнообразных платформах крайне глубоко вошли в жизнь каждого человека. Новые технологии позволили перенести многие традиционные настольные логические игры в электронный формат. Одной из наиболее известных игр подобного характера являются шахматы. Эта игра способствует развитию логического и аналитического мышления, учит принимать взвешенные решения и просчитывать действия оппонента на несколько шагов вперед во время матча. Более того, данная игра позволяет раскрыть творческие способности игрока, его фантазию, а полученные в процессе игры навыки можно применять в реальной жизни. При этом стоит учитывать, что у игрока, особенно игрока профессионального, не всегда имеется возможность или желание сыграть с оппонентом-человеком схожей силы. В данном случае на помощь приходят компьютерные оппоненты. Создание такого оппонента является сложной задачей. Одним из перспективных подходов в данном направлении является машинное обучение, в том числе обучение с подкреплением. Разработка компьютерных игроков с применением технологий машинного обучения для разнообразных игр является актуальным направлением деятельности многих компаний, таких как DeepMind, OpenAI и других.

Цель бакалаврской работы – разработка компьютерного игрока с применением технологий машинного обучения для симулятора исторического варианта шахмат «Гала», а также сравнение уровня игры этого игрока и игрока на основе традиционного алгоритма.

Поставленная цель определила **следующие задачи:**

1. Осуществить обзор существующих разработок, связанных с компьютерными игроками для электронных шахматных игр.

2. Рассмотреть основные виды алгоритмов машинного обучения, выбрать алгоритм для реализации в собственном приложении.
3. Произвести анализ самостоятельно разработанного симулятора шахмат «Гала» и компьютерного игрока на основе традиционного алгоритма.
4. Рассмотреть реализацию компьютерного игрока с применением технологий машинного обучения, а также системы для его тренировки.
5. Произвести сравнение уровней игры двух компьютерных игроков путем проведения серий матчей между ними.

Методологические основы разработки алгоритма компьютерного игрока с применением технологий машинного обучения представлены в работах А.А. Жиленкова[1], Р.С. Саттона[2], С.М. Ваколкина[3], Г.А. Килина[4], М. Садлера[5].

Практическая значимость магистерской работы. Практическая значимость данной работы заключается в реализации на языке программирования С# автоматизированной системы для тренировки компьютерного игрока на основе алгоритма машинного обучения и последующего её испытания на новой для алгоритма среде – симуляторе исторического варианта шахмат «Гала». Реализованный компьютерный игрок может представлять интерес для пользователей, заинтересованных в данной игре.

Структура и объём работы. Магистерская работа состоит из введения, 5 разделов, заключения, списка использованных источников и 1 приложения. Общий объём работы – 100 страниц, из них 52 страницы – основное содержание, включая 6 рисунков и 3 таблицы, список использованных источников информации – 27 наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первый раздел «Обзор существующих игр-симуляторов шахмат» посвящен поиску и анализу существующих игр-симуляторов шахмат. В сети Интернет в свободном доступе можно найти множество игр и онлайн-ресурсов, выполняющих функцию воссоздания шахматных игр в электронном формате. В рамках работы было рассмотрено три из них.

Единственная найденная реализация игры «Гала» была размещена на сайте www.zillions-of-games.com в 2006-м году. Автором является пользователь данного сайта Матс Винтер (Mats Winther). Других реализаций, в том числе от официальных издателей, обнаружить не удалось. Для пользования игрой требуется совершить покупку основного приложения «Zillions», представляющего собой сборник и конструктор игр, на этом же сайте.

Шахматный движок представляет собой компьютерную программу, способную играть в шахматы при помощи анализа доступных ходов. Шахматный движок Stockfish представляет собой реализацию алгоритма MiniMax с альфа-бета-отсечением и прочими модификациями. Он имеет открытый исходный код, что позволяет сообществу вносить свой вклад в совершенствование алгоритма. Это является главным преимуществом алгоритма над аналогами.

Шахматный движок AlphaZero был разработан компанией DeepMind и успешно сыграл свои первые матчи против других движков в конце 2017-го года. Алгоритм AlphaZero основан на использовании глубокой нейронной сети и обучения с подкреплением. Нейронная сеть получает в качестве входных данных текущее расположение фигур на игровом поле и возвращает вектор значений для каждого из вариантов ходов, являющихся оценкой возможного результата игры при выборе данного варианта. Алгоритм «учится» определять эти оценки исключительно через самостоятельную игру. Человек в процессе обучения не участвует, что позволяет алгоритму освободиться от рамок предвзятого мышления.

Второй раздел «Основные типы алгоритмов машинного обучения»

посвящен рассмотрению основных типов алгоритмов машинного обучения, а также рассмотрению случаев применения таких алгоритмов в компьютерных играх. Алгоритмы машинного обучения относятся к алгоритмам, которые способны обучаться без явного программирования на основе наборов данных. В настоящее время эти алгоритмы набирают всё большую популярность, поскольку они помогают создавать новые продукты и услуги, которые невозможно, либо крайне затруднительно реализовать с помощью традиционных подходов: от чат-ботов и приложений для перевода до самоуправляемых автомобилей.

Одной из наиболее значимых трудностей, возникающих при изучении машинного обучения, является большое количество алгоритмов. В зависимости от поставленной перед программистом задачи требуется знание и понимание их области применения. В рамках задачи выбора алгоритма для реализации в программе были рассмотрены такие типы алгоритмов как обучение с учителем, обучение без учителя и обучение с подкреплением.

Различные компании разработчиков уже долгое время пытаются применить технологии обучения с подкреплением в игровой индустрии. Одной из первых известных игр, для которой был успешно создан компьютерный игрок, является компьютерная версия настольной игры Го. Программа AlphaGo была разработана компанией DeepMind в 2015 году. Программа успешно обыграла профессионального игрока мирового уровня Ли Седоля уже в 2016 году. AlphaGo использует в качестве руководства вероятные ходы человека из своей «сети политик», состоящей из модели игры человеческих экспертов в различных ситуациях, но может делать и свои собственные ходы.

Третий раздел «Обзор приложения игры-симулятора шахмат «Гала»» посвящен обзору средств разработки, приложения-симулятора

шахмат «Гала», а также особенностей и правил этой игры. Для разработки приложения был выбран язык C#. Это современный объектно-ориентированный язык программирования высокого уровня. Структура игры представляет собой набор компонентов в форме автономных пакетов, реализующих отдельные функциональные возможности. Код приложения состоит из нескольких файлов – пользовательских библиотек классов, отвечающих за различные аспекты игры.

Игра «Гала» является пошаговой и рассчитана на двух игроков, в роли одного или двух из которых может выступать компьютерный противник. Целью игры, а также условием победы является перемещение двух главных фигур – короля и королевы – на четыре центральные клетки игрового поля. Шахматная доска имеет размер 10 на 10 клеток, что на две клетки больше, чем у стандартных шахмат (8 на 8 клеток). Игровое поле при этом можно разделить на пять зон. Угловые зоны смежны с каждым из четырех углов шахматной доски. Центральная зона представляет собой крест с шириной линий в две клетки. Поведение фигур может изменяться, если они попадают в центральную зону.

Четвертый раздел «Рассмотрение компьютерных игроков для игры «Гала»» посвящен обзору двух реализованных для приложения компьютерных игроков, один из которых использует традиционный алгоритм, а другой – алгоритм на основе технологий машинного обучения. Сравнение уровня игры этих двух алгоритмов является одной из задач работы.

За основу базового компьютерного игрока для игры «Гала» взят механизм работы шахматного движка Stockfish. Компьютерный игрок использует для выбора оптимального хода алгоритм MiniMax с альфа-бета-отсечением. Пользователь приложения имеет возможность задать уровень сложности игры – глубину дерева поиска. Если рассматривать алгоритм работы компьютерного игрока в общем виде, то выбранная опция

представляет собой количество ходов, которые компьютер просчитывает наперед (включая текущий ход).

Для реализации второго компьютерного игрока был выбран алгоритм обучения с подкреплением, реализующий принципы AlphaZero от компании DeepMind и соответствующую методику самообучения нейронной сети. Тренировка этого игрока осуществлялась в автоматическом режиме с помощью внедренного в программу системы тренировки. При помощи этой системы происходит симуляция матчей игрока самого с собой, что генерирует примеры для обучения. Выбор хода оптимизируется при помощи алгоритма Монте-Карло поиска по дереву. После тренировки на полученных примерах алгоритм проводит серию матчей между новой версией игрока и старой. Если новый игрок обыгрывает старого с определенным перевесом, то он заменяет собой старого. Для реализации алгоритма используется PyTorch – фреймворк с открытым исходным кодом, который предназначен для работы с технологиями машинного обучения. Для работы с этим фреймворком на языке C# используется библиотека TorchSharp. Код данной библиотеки и её спецификация находятся в открытом доступе на веб-сервисе GitHub. Функционал фреймворка позволяет задавать нейронную сеть с произвольным количеством слоев разного типа.

Пятый раздел «Сравнение алгоритмов на примере серии игр между ними» посвящен сравнению уровня игры компьютерного игрока на основе традиционного алгоритма MiniMax с альфа-бета-отсечением и нового алгоритма с применением технологий машинного обучения. Сравнение уровня игры соревновательным путем является наглядным и эффективным способом определения возможностей компьютерных игроков. В рамках работы было проведено три серии матчей по десять игр нового игрока против традиционного с уровнем сложности 1, 3 и 5. Под уровнем сложности в данном случае подразумевается количество ходов, которые может просчитывать наперед игрок на основе алгоритма MiniMax. Первые 5 матчей

каждой серии новый компьютерный игрок играл за белые фигуры, а во время второй пятерки матчей игроки менялись местами. Таким образом, в общей сумме было проведено 90 игр.

В результате игры против оппонента с уровнем сложности 1 новый компьютерный игрок одерживает победу в среднем в 37% матчей, проигрывает в среднем в 3% матчей и сводит игру к ничьей в 60% матчей. Учитывая, что ничью можно считать положительным результатом завершения матча, данные показатели демонстрируют значительное преимущество нового алгоритма над наиболее простой версией традиционного MiniMax-игрока. В результате игры против оппонента с уровнем сложности 3 новый компьютерный игрок одерживает победу в среднем в 13% матчей, проигрывает в среднем в 30% матчей и сводит игру к ничьей в 57% матчей. Учитывая, что ничью можно считать положительным результатом завершения матча, данные показатели демонстрируют примерно равный уровень игры компьютерных игроков с незначительным перевесом в сторону традиционного игрока. В результате игры против оппонента с уровнем сложности 5 новый компьютерный игрок одерживает победу в среднем в 0% матчей, проигрывает в среднем в 73% матчей и сводит игру к ничьей в 27% матчей. Данные показатели демонстрируют подавляющее преимущество традиционного алгоритма над новым.

Просуммировав полученную информацию, можно сделать вывод о том, что новый компьютерный игрок успешно освоил правила игры, и способен принимать меры по противостоянию потенциально опасным ходам соперника. В то же время, возможность наиболее сильной версии MiniMax-игрока оценивать ситуацию сразу на пять шагов вперед по всем возможным вариантам ходов позволяют ему успешно противостоять новому алгоритму. Новый игрок, напротив, не сумел освоить возможность просчитывать действия оппонента наперед, чем можно объяснить высокий процент поражений в соответствующих сериях матчей.

Применение нового компьютерного игрока на основе алгоритмов машинного обучения можно считать успешным. Несмотря на слабую игру против оппонента максимальной сложности, новый компьютерный игрок показал приемлемые результаты против оппонента малой и средней сложности. Новый алгоритм может быть хорошей альтернативой для игроков начального и среднего уровня, активно использующих компьютерного оппонента для тренировки, ввиду более высокой скорости работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках выпускной квалификационной работы было приведено подробное описание самостоятельно разработанной игры-симулятора исторического варианта шахмат «Гала», был произведен обзор одного из традиционных для шахматных игр алгоритмов компьютерного игрока, реализованного в рамках программы. Произошло ознакомление с различными типами алгоритмов машинного обучения. Был выбран и реализован в программе алгоритм, предназначенный для автоматизированного обучения нейронной сети в рамках конкретной игры, а также осуществлено сравнение уровня игры двух компьютерных игроков.

Отдельные части магистерской работы были представлены и опубликованы на конференциях:

1. «Информационные технологии в образовании» за 2021 год[8].
2. «Представляем научные достижения миру. Естественные науки» за 2022 год[9].
3. «Информационные технологии в образовании» за 2022 год[10].

Основные источники информации:

1. Жиленков, А. А. Сравнительный анализ систем глубокого обучения с подкреплением и систем обучения с учителем. / А. А. Жиленков, А. А. Силкин, М. Ю. Серебряков, С. В. Колесова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – Тула : Тульский государственный университет, 2022. - Вып. 10. - С. 109–112.
2. Саттон Р. С. – Обучение с подкреплением. / Р. С. Саттон, Э. Дж. Барто. - 2-е изд. – М. ДМК Пресс, 2020. - 552 с.
3. Ваколкин, С. М. Использование нейронных сетей в алгоритме Q-learning (на примере игрового приложения). / С. М. Ваколкин // Сборник тезисов докладов научно-практической конференции студентов Курганского государственного университета. – Курган : Курганский государственный университет, 2021. - Вып. 12. - С. 283–283.
4. Килин, Г. А. Преимущества использования обучения с подкреплением для обучения нейронных сетей / Г. А. Килин, Е. О. Ждановский // Автоматизированные системы управления и информационные технологии. – Пермь : Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2018. - Вып. 1. - С. 152–158.
5. Sadler M. Game Changer AlphaZero's Groundbreaking Chess Strategies and the Promise of AI. Alkmaar ; The Netherlands : New in Chess, 2019. 414 p.
6. AlphaStar: Mastering the real-time strategy game StarCraft II. [Электронный ресурс] - URL: <https://www.deepmind.com/blog/alphastar-mastering-the-real-time-strategy-game-starcraft-ii> (дата обращения 02.01.2023). - Загл. с экрана. - Яз. англ.
7. OpenAI Five. [Электронный ресурс] - URL: <https://openai.com/blog/openai-five> (дата обращения 04.03.2023). - Загл. с экрана. - Яз. англ.
8. Сорокин, Д. А. Разработка игры-симулятора исторического варианта шахмат «Гала». / Д. А. Сорокин, М. В. Огнева // Информационные технологии в образовании. – Саратов : Саратовский университет, 2021. - Вып. 4. - С. 214–218.

9. Сорокин, Д. А. Development of a Gala chess simulation game with a computer opponent. / Д. А. Сорокин, М. В. Огнева // Представляем научные достижения миру. Естественные науки. – Саратов : Саратовский источник, 2022. - Вып. 12. - С. 167–172.
10. Сорокин, Д. А. Применение технологий машинного обучения в разработке симулятора шахмат «Гала». / Д. А. Сорокин, М. В. Огнева // Информационные технологии в образовании. – Саратов : Саратовский университет, 2022. - Вып. 5. - С. 221–225.