

Сети Петри для моделирования искусственного интеллекта

О.В. Фенина
Карагандинский Государственный
Технический Университет
Караганда, Казахстан
e-mail: olga_fenina2003@mail.ru

А.О. Фенин
Карагандинский Государственный
Технический Университет
Караганда, Казахстан

М.В. Брик
Карагандинский Государственный
Технический Университет
Караганда, Казахстан

Область науки, получившая, может быть не слишком удачное название «искусственный интеллект», обычно представляется сферой исследований, основной целью которых является создание устройств, имитирующих человека во всей полноте его деятельности. На самом деле специалисты преследуют гораздо более скромную цель - выявить принципиальные механизмы, лежащие в основе человеческой деятельности, чтобы применить их при решении конкретных научно-технических задач.

«Разумные» системы создаются для работы в средах, где присутствие человека невозможно или опасно для жизни. Этим устройствам придется действовать в условиях большого разнообразия возможных ситуаций. Невозможно заранее описать эти ситуации с той степенью подробности и однозначности, которые позволили бы заложить в создаваемую систему жестко запрограммированные алгоритмы поведения. Поэтому системы, снабженные искусственным интеллектом, должны располагать механизмами адаптации, позволяющие им строить программы целесообразной деятельности по решению поставленных задач на основании конкретной ситуации, складывающейся на данный момент в окружающей их среде.

Такая постановка проблемы выдвигает перед исследователями особые задачи, не возникавшие ранее в теории управления и теории проектирования технических систем.

Труды Шестой всероссийской научной конференции "Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений", 28-31 мая, Уфа-Ставрополь, Россия, 2018

Поэтому, несмотря на столь значительное разнообразие методов искусственного интеллекта, пока нет четкого определения, что такое искусственный интеллект, нет четкой уверенности, что именно этот метод наилучшим образом позволяет создать устройство, отвечающее всем требованиям, предъявляемым к искусственному интеллекту. В настоящее время еще существуют нерешенные проблемы искусственного интеллекта. [1]

Авторы рассмотрят только одну из них и покажут применение теории сетей Петри для моделирования искусственного интеллекта с применением элементов теории игр.

1. Искусственный интеллект

Особую заинтересованность в искусственном интеллекте проявляют в последние годы компании, занимающиеся организацией процессов разработки крупных программных систем (программной инженерией). Методы искусственного интеллекта все чаще используются для анализа исходных текстов и понимания их смысла, управления требованиями, выработкой спецификаций, проектирования, генерации кода, верификации, тестирования, оценки качества, выявления возможности повторного использования, решения задач в параллельных системах.

Программная инженерия постепенно превращается в так называемую интеллектуальную инженерию, рассматривающую общие проблемы представления и обработки знаний (пока основные усилия в интеллектуальной инженерии сосредоточены на способах превращения информации в знания).

Традиционно высок интерес к искусственному интеллекту в среде разработчиков игр и развлекательных программ (это отдельная тема). Среди новых направлений их исследований - моделирование социального поведения, общения, человеческих эмоций, творчества и т.д..

Ключевым фактором, определяющим сегодня развитие ИИ-технологий, считается темп роста вычислительной мощности компьютеров, так как принципы работы человеческой психики по-прежнему остаются неясными (на доступном для моделирования уровне детализации). Поэтому тематика ИИ-конференций выглядит достаточно стандартно и по составу почти не меняется уже довольно давно. Но рост производительности современных компьютеров в сочетании с повышением качества алгоритмов периодически делает возможным применение различных научных методов на практике. Так случилось с интеллектуальными игрушками, так происходит с домашними роботами.

Снова будут интенсивно развиваться временно забытые методы простого перебора вариантов (как в шахматных программах), обходящиеся крайне упрощенным описанием объектов. Но с помощью такого подхода (главный ресурс для его успешного применения - производительность) удастся решить, как ожидается, множество самых разных задач (например, в области криптографии). Уверенно действовать автономным устройствам в сложном мире помогут достаточно простые, но ресурсоемкие алгоритмы адаптивного поведения. При этом ставится цель разрабатывать системы, не внешне похожие на человека, а действующие, как человек.

Ученые пытаются заглянуть и в более отдаленное будущее. Можно ли создать автономные устройства, способные при необходимости самостоятельно собирать себе подобные копии (размножаться)? Способна ли наука создать соответствующие алгоритмы? Сможем ли мы контролировать такие машины? Ответов на эти вопросы пока нет.

Так же продолжится активное внедрение формальной логики в прикладные системы представления и обработки знаний. В то же время такая логика не способна полноценно отразить реальную жизнь, и произойдет интеграция различных систем логического вывода в единых оболочках. При этом возможно, удастся перейти от концепции детального представления информации об объектах и приемов манипулирования этой информацией к более абстрактным формальным описаниям и применению универсальных механизмов вывода, а сами объекты будут характеризоваться небольшим массивом данных, основанных на вероятностных распределениях характеристик.

Сфера искусственного интеллекта, ставшая зрелой наукой, развивается постепенно - медленно, но неуклонно продвигаясь вперед. Поэтому результаты достаточно хорошо прогнозируемы, хотя на этом пути не исключены и внезапные прорывы, связанные со стратегическими инициативами. Например, в 80-х годах национальная компьютерная инициатива

США вывела немало направлений искусственного интеллекта из лабораторий и оказала существенное влияние на развитие теории высокопроизводительных вычислений и ее применение во множестве прикладных проектов. Такие инициативы будут появляться, скорее всего, на стыках разных математических дисциплин - теории вероятности, нейронных сетей, нечеткой логики.[4]

Для создания искусственного интеллекта нужно решить следующие задачи:

1. **Оборудование:** какие устройства нужны, если реализовать на компьютере (в данном случае будет использован неантропоморфный вариант), то какими характеристиками должны обладать основные элементы (процессор, внутренняя память: ПЗУ, ОЗУ, жесткий диск); нужны какие-либо дополнительные устройства, каким образом осуществляется ввод – вывод данных, определиться с типом потребляемой энергии, длительность жизненного цикла, его автономность.
2. **Программное обеспечение:** нужна ли искусственному интеллекту операционная система (если – да, то какая?); как будет осуществляться интерфейс между человеком – операционной системой - искусственным интеллектом; как осуществлять вывод сообщения о неисправности; способ загрузки; место хранения; способ программирования искусственного интеллекта, среда программирования, язык программирования; база знаний, система управления базой знаний, объем базы знаний, организация запроса, способ расширения базы знаний.
3. **База знаний:** содержание (контент) базы знаний, уровень интеллектуальности базы знаний; нужна ли реализация базы знаний; предметная область базы знаний; задачи, которые нужно решать искусственному интеллекту; нужно ли предварительное моделирование ситуаций; какие ситуации должны быть описаны и сохранены в базе знаний; количество вариантов решения; принятие решений; автономность принятия решений; поиск решения в незнакомой ситуации, неописанной ранее в базе знаний; уровень сложности решаемых задач; нужно ли предусматривать рекомендованный вариант решения (по типу СППР) или решение принимается без подсказок. На наш взгляд, проблемы, возникающие при реализации искусственного интеллекта, следующие:
 1. **Мышление:** категории мыслительного процесса (философия искусственного

интеллекта): тип мышления (технический или гуманитарный, творческое или научное, критическое, интуитивное или логическое), категории оценки объектов/процессов, тип личности (интеллектуалы и исполнители).

2. **Обучаемость:** какими знаниями, умениями, навыками должен обладать искусственный интеллект, чему отдать предпочтение: обучению или самообучению или их комбинации, принципы обучения.
3. **Этика:** нужны ли ограничители; какова степень свободы; нужно ли учитывать законы робототехники (по Азимову).

Возможны ли пути решения ранее описанных проблем? На наш взгляд, прежде всего, нужно четко сформулировать определение искусственного интеллекта. Далее необходимо определиться с целями (для чего нужен искусственный интеллект) и задачами (которые можно поручить решать искусственному интеллекту). В каком направлении смотришь, туда и придешь. Таким образом, многие различия в способах действия мозга и компьютера можно объяснить тем, что компьютер - это устройство, состоящее преимущественно из последовательно работающих схем, а мозг функционирует, в высшей степени, параллельным образом. Правда, современные вычислительные устройства работают в меньшей степени последовательно, чем аналогичные предыдущих поколений, поскольку в них одновременно с работой центрального процессора (или процессоров) могут быть запущены различного рода процессы передачи данных. Однако - за исключением некоторых самых последних вычислительных машин - число одновременно работающих процессов обычно можно сосчитать на пальцах двух (а то и одной) рук.

Параллельный процесс можно имитировать на последовательно работающем компьютере, составляя программу таким образом, чтобы она по очереди "посещала" все составляющие части параллельного процесса. При каждом таком "посещении" параллельный подпроцесс нужным образом модифицируется. Система моделирования параллелизма делает это все более точно по мере того, как уменьшаются промежутки времени между повторными "визитами".

Поэтому, прежде всего, сформулируем определение:

Искусственным интеллектом называется устройство, созданное человеком, имеющее базу знаний, которое сможет применять ее в любой ситуации и по своему усмотрению.

Для создания модели был выбран метод моделирования, называемый сети Петри. В данной работе будет рассмотрена модель реализации проблемы обучаемости с

использованием игры, предложенной одним из авторов. [5]

1. Принцип обучаемости

Займемся пока аналогией и обучением. Сначала два общих положения о том, почему проблема представления знания заслуживает особого внимания.

Существует целый спектр возможных представлений. Знания обычно имеют вид совокупности фактов, описывающих либо конкретные физические объекты, либо менее осязаемые абстракции. С другой стороны, знание может быть заключено в форме программ, если оно глубоко ассоциировано с выполнением некоторого процесса. Это весьма важное понятие процедурного описания позже займет у нас центральное место.

На рис. 1 представлена игра «Треугольники Брика», предложенная М. Бриком в [5].

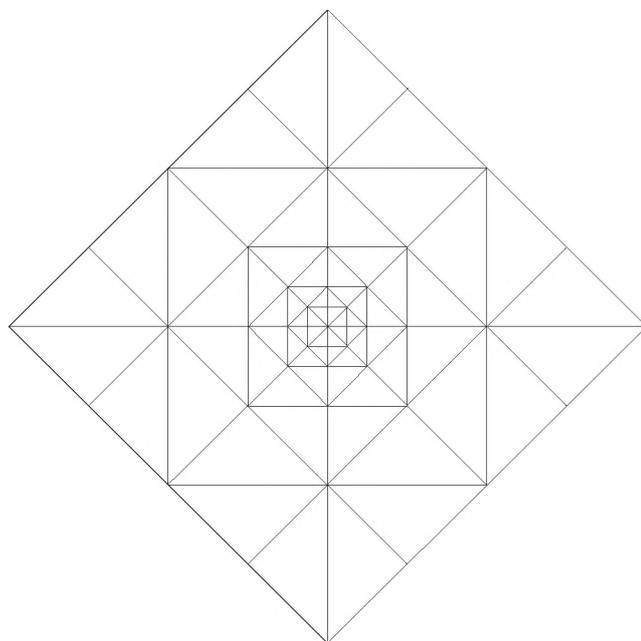


Рис. 1. Игра «Треугольники Брика».

Суть ее состоит в том, что на игровом поле необходимо найти, как можно больше треугольников. Для этого искусственному интеллекту необходимо знать следующие понятия:

- Точка как геометрический объект;
- Прямая;
- Отрезок;
- Треугольник;
- Признак делимости на 3.

Эта игра помогает не только освоить вышеупомянутые понятия, но и дополнительно сформировать понятия аналогии и сравнения у обучаемого, в данном случае искусственного интеллекта. Достоинством этой игры является также то, что от объяснения рассмотренных ранее понятий на плоскости, можно легко перейти к объяснению этих понятий в пространстве.

Итак, для рассмотрения процесса обучаемости, прежде всего, сформулируем следующие правила:

1. **Точка** – минимальная величина, находящаяся на плоскости;
2. **Прямая** – это линия, проходящая две точки;
3. **Отрезок** – это линия, ограниченная двумя точками;
4. **Треугольник** – три точки, соединенные между собой, и не лежащие на одной прямой;
5. **Признак делимости на три** – если сумма цифр числа делится на три, то и число делится на 3.

Таким образом, для процесса обучения необходимо соблюдение следующих правил:

- Алгоритм поиска базируется на рассмотренной трактовке необходимых понятий;
- Он иллюстрирует необходимость в хорошем механизме сопоставления описаний;
- Он иллюстрирует, что искусственный интеллект должен продемонстрировать, прежде всего, наличие интеллекта.

Рассмотрим, как это будет выглядеть на практике.

2. Модель процесса обучения

Обычно процесс обучения каким-либо понятием состоит из трех основных компонентов:

1. Изучение нового материала;
2. Проверка усвоения;
3. Переход к следующему этапу.

На наш взгляд, ступени обучения искусственного интеллекта не слишком отличаются от подобных, принятых в школе. Поэтому мы решили не отступать от канонов обучения и использовать их при создании модели. На рис. 2 – 6 представлены модели обучения искусственного интеллекта названным понятием, представленные в виде сети Петри, в которых предусмотрен возврат к стадии объяснения в случае неверного восприятия понятия.

Для данных моделей введены следующие условные обозначения:

для позиций:

P_0 - запуск процесса обучения искусственного интеллекта;

P_1 - объяснение понятия «точка»;

P_2 - проверка понимания;

P_3 - объяснение понятия «прямая»;

P_4 - проверка понимания;

P_5 - объяснение понятия «отрезок»;

P_6 - проверка понимания;

P_7 - объяснение понятия «треугольник»;

P_8 - проверка понимания;

P_9 - объяснение понятия «принцип делимости на три»;

P_{10} - проверка понимания;

для переходов:

t_0 - начало обучения;

t_1 - процесс восприятия;

t_2 - возврат к стадии объяснения;

t_3 - переход к следующему понятию;

t_4 - процесс восприятия;

t_5 - возврат к стадии объяснения;

t_6 - переход к следующему понятию;

t_7 - процесс восприятия;

t_8 - возврат к стадии объяснения;

t_9 - переход к следующему понятию;

t_{10} - процесс восприятия;

t_{11} - возврат к стадии объяснения;

t_{12} - переход к следующему понятию;

t_{13} - процесс восприятия;

t_{14} - возврат к стадии объяснения;

t_{15} - переход к тестированию.

Итак,

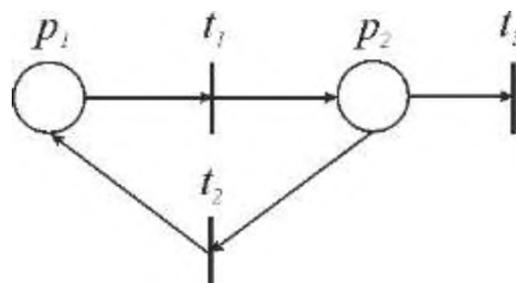


Рис. 2. Обучение понятию «точка».

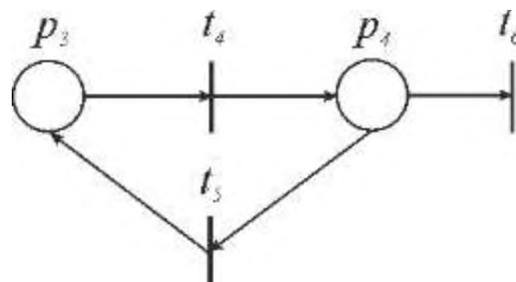


Рис. 3. Обучение понятию «прямая».

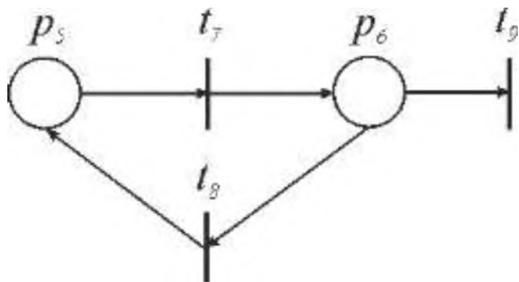


Рис. 4. Обучение понятию «отрезок».

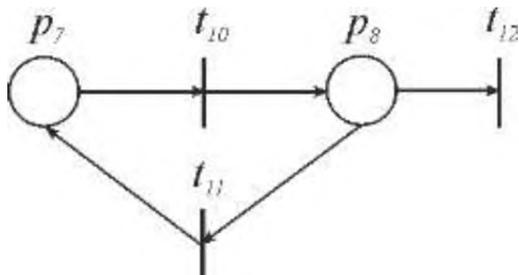


Рис. 5. Обучение понятию «треугольник».

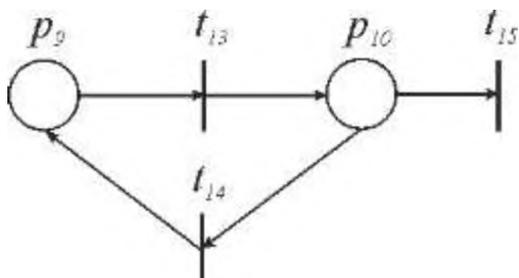


Рис. 6. Обучение понятию «принцип делимости на 3».

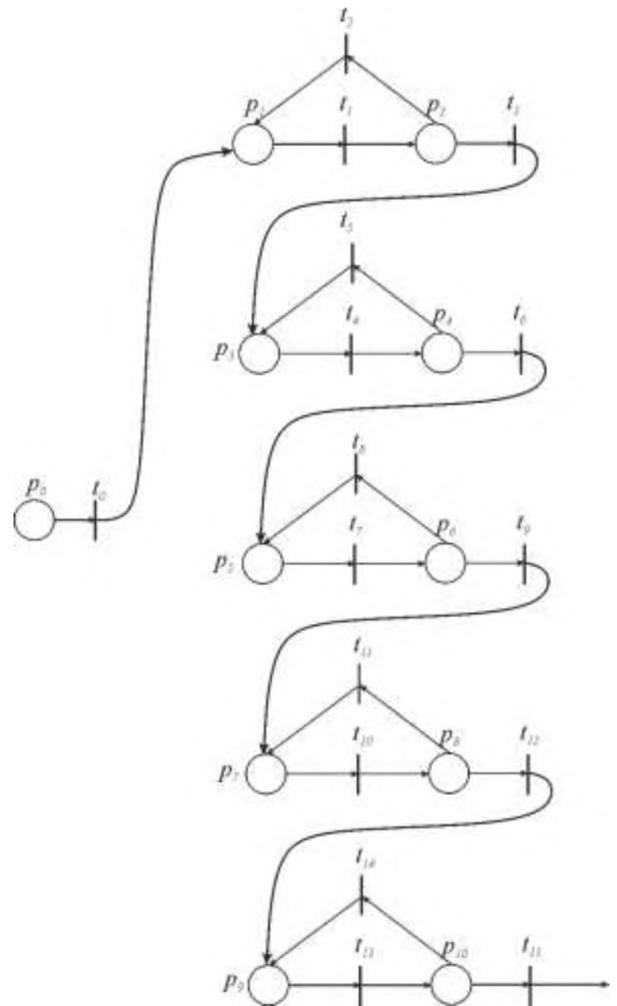


Рис. 7. Обобщенная модель обучения.

Для проверки понимания искусственным интеллектом ранее рассмотренных понятий, ему предлагается тест, разработанный О.Фениной, который состоит из двух частей:

1. Содержится набор отрезков, из которых необходимо собрать треугольники.
2. Во второй части задача усложняется, так как необходимо применить признак делимости на 3 и собрать точно заданное число треугольников, так как число необходимых для этого отрезков точно определено, и каждый отрезок можно использовать только один раз.

На данном этапе очень важен процесс формирования понятия принципа «почти то», так как способствует выработке навыка критериального оценивания, которое может пригодиться в будущем для принятия решений в более сложных условиях.

«Почти то» - это пример, который не является представителем класса, которому обучают, из-за некоторых несоответствий.

Для данных моделей введены следующие условные обозначения:

для позиций:

p_0 - запуск процесса обучения искусственного интеллекта;

- P_{11} - чтение задания;
 - P_{12} - определение количества отрезков в задании;
 - P_{13} - начало процесса сборки треугольников;
 - P_{14}, P_{15}, P_{16} - сборка треугольников из заданных отрезков;
 - P_{17}, P_{18} - базовые понятия «точка» и «отрезок»;
 - P_{19}, P_{20}, P_{21} - иллюстрация понятия «почти то», так как число заданных отрезков не кратно трем;
 - P_{22}, P_{23} - базовые понятия «точка» и «отрезок»;
- для переходов:**
- t_{17} - припоминание понятия «треугольник»;
 - t_{18} - припоминание признака делимости на три;
 - t_{19} - процесс прохождения теста;
 - t_{20}, t_{21}, t_{22} - процесс создания треугольников из заданных отрезков;
 - t_{23}, t_{24} - процесс подсказки базовых понятий «точка» и «отрезок»;
 - t_{25}, t_{26} - процесс определения неполного треугольника;
 - t_{27}, t_{28} - процесс подсказки базовых понятий «точка» и «отрезок».

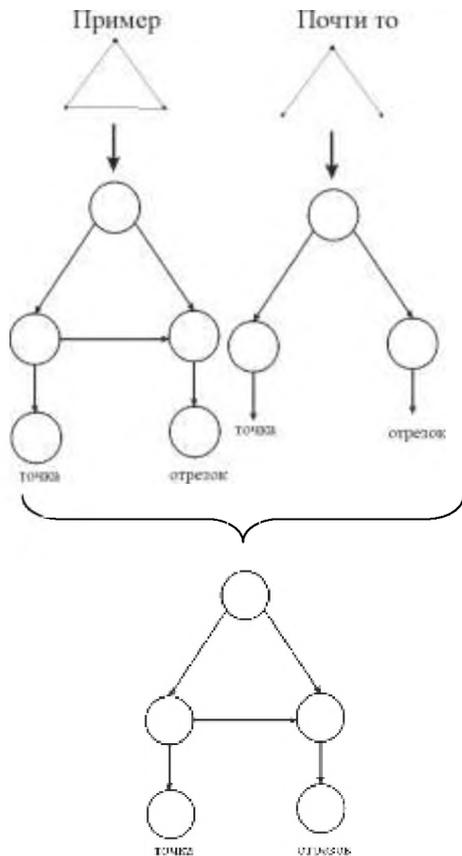


Рис. 8. Наглядное представление понятия «почти то». Из рисунка видно, что в понятии

Всероссийская научная конференция "Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений", 28-31 мая, Уфа-Ставрополь, Россия, 2018

«треугольник» все точки должны быть соединены между собой. Часть рисунка, которая символизирует понятие «почти то», демонстрирует, что это понятие сформировано не было.

Рис. 9 и рис. 10 отображают процесс прохождения теста.

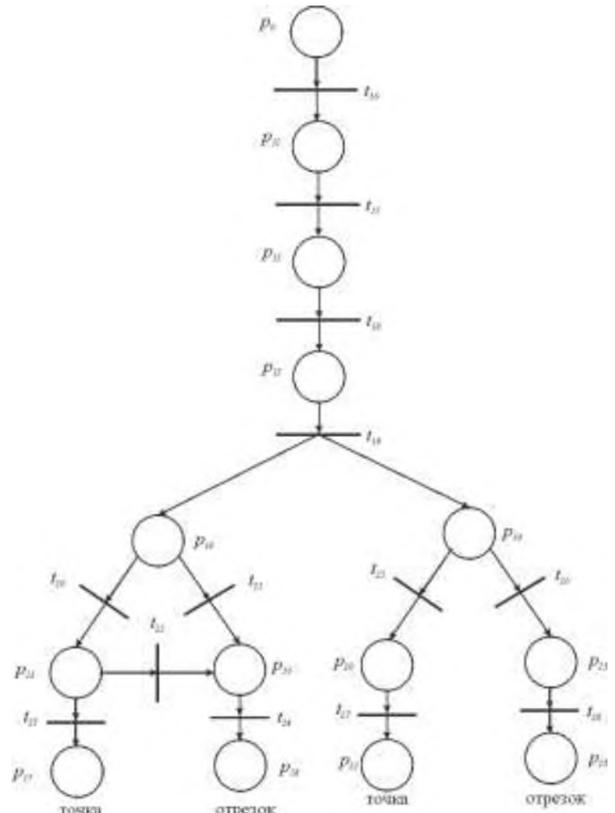


Рис. 9. Модель прохождения I части теста.

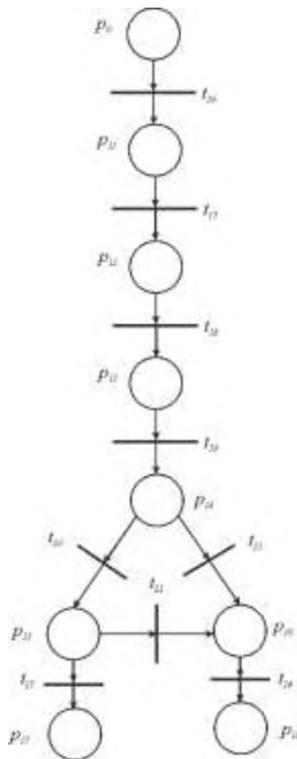


Рис. 10. Модель прохождения II части теста. После успешного завершения теста искусственный интеллект может переходить к игре.

3. Описание игры

При кажущейся простоте игры (см. рис.1), алгоритм ее прохождения не так уж прост. Для того, чтобы понять ее суть необходимо знать, как уже упоминалось, некоторое множество понятий: точка как геометрический объект, прямая, отрезок, треугольник, принцип делимости на три. Так же необходимо уметь ориентироваться в пространстве игрового поля, выбирать направление, составлять треугольники не только из заданных точек и отрезков, но и большие треугольники из меньших по размеру. Поэтому были введены следующие понятия:

- **Точка входа** – место вхождения в игру, может находиться в любом месте игрового поля;
- **Направление** – выбор прямой для прохождения игры;
- **Граница игрового поля** – последняя точка на прямой, после нее другие точки отсутствуют;
- **Стратегия** – выбор точки входа и направления;
- **Оптимальная точка входа** – место вхождения в игру, которое позволяет найти наибольшее количество треугольников за минимальное время;
- **Оптимальное направление** – такое направление движения, которое позволяет найти

наибольшее количество треугольников за минимальное время;

- **Оптимальная стратегия** – выбор такой точки входа и такого направления, которые позволяют найти наибольшее количество треугольников за минимальное время.

В данной игре алгоритм прохождения будет следующим:

1. Войти в игровое поле.
2. Выбрать точку входа (оптимальную точку входа).
3. Выбрать направление (оптимальное направление) движения.
4. В заданном направлении найти 3 точки.
5. Определить составляют ли они треугольник. В случае положительного ответа увеличить счетчик на 1. В случае отрицательного ответа продолжить поиск.
6. Определить, является ли эта точка граничной. В случае положительного ответа, изменить направление. В случае отрицательного ответа продолжить поиск.
7. Определить, является ли эта точка последней из всех выбранных направлений. В случае положительного ответа, выйти из игры. В случае отрицательного ответа продолжить поиск.

Множество точек, находящихся на осях игрового поля, позволяет также составлять большие треугольники из меньших. Так как нет ограничений на место расположения точки входа в игру, то перед искусственным интеллектом стоит сложная задача выбора. Это будет необходимо показать при создании модели.

4. Модель

Перейдем теперь к рассмотрению модели игры.

Для этого введем условные обозначения:

для позиций:

p_0 - запуск процесса обучения искусственного интеллект и вход в игровое поле;

p_1 - счетчик;

p_{24} - выбор точки входа;

p_{25} - выбор направления;

p_{26} - процесс сборки треугольников по трем точкам;

p_{27} - граничная точка;

p_{28} - «последняя» точка;

p_{29} - выход из игры;

для переходов:

непримитивные переходы:

t_{29} - процесс выбора точки входа;

t_{30} - процесс выбора направления;

- t_{31} - процесс определения трех точек;
- t_{32} - процесс проверки граничности точки;
- примитивные переходы:*
- t_{33} - увеличение счетчика на 1;
- $t_{34}, t_{35}, t_{37}, t_{39}$ - процесс продолжения поиска точки по заданному критерию;
- t_{36}, t_{38} - процесс определения условия завершения игры;
- t_{40} - завершение игры.

Таким образом, в данной модели наглядно продемонстрировано, что процессы выбора из некоторого набора предложенных альтернатив довольно сложен, и его лучше моделировать непримитивными переходами.

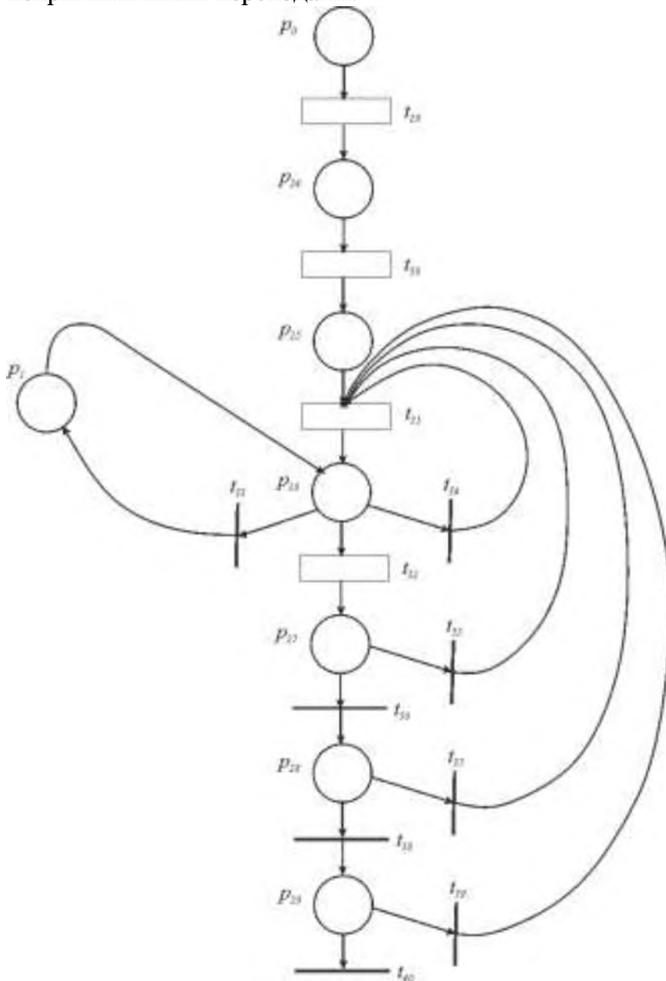


Рис. 11. Модель прохождения игры.

Заключение

Таким образом, мы показали, что искусственный интеллект может обучаться некоторым геометрическим понятиям и принципу делимости на три. По мере усложнения задачи усложняется и модель.

Целью данной работы является разработка и реализация обучения искусственного интеллекта, проверка полученных знаний, закрепление их с

помощью игры, разработка алгоритма модели искусственного интеллекта в виде сетей Петри.

Поставленные в начале работы задачи решены полностью и получены следующие выводы:

1. Введенное понятие искусственного интеллекта позволяет разрабатывать модели на ее основе.

2. Полученная модель позволяет продемонстрировать решение некоторых проблем искусственного интеллекта, в данном случае проблему обучения.

3. Разработанные определения некоторых геометрических понятий позволяют обучать им искусственный интеллект для дальнейшего оперирования этими понятиями, сформулированы понятия аналогия, сравнение, «почти то», точное соответствие. Также разработанные тесты для проверки понимания использованных понятий позволяют наглядно продемонстрировать степень понимания приведенных определений.

4. Разработанный подход к проблеме обучения иллюстрирует его дальнейшее использование в игре-головоломке для которой был разработан алгоритм прохождения. Приведен пример.

5. Разработанные модели в виде сетей Петри, позволяют осуществить реализацию цепочки правила – модель сети Петри – программная реализация

Из вышеизложенного следует, что авторами была разработана еще одна модель сетей Петри. Также в данной работе были описаны основные определения некоторых геометрических понятий, способы представления и их применение в процессе обучения. Следовательно, набор подклассов некоторых операций искусственного интеллекта равнозначен классу сетей Петри, а в некоторых случаях превосходит его, так как обладает более широкими возможностями, в частности, позволяет моделировать на одной модели все события, когда-либо происходившие в системе, следовательно, более адекватно описывают реальную систему. Это позволяет найти широкое применение подобным моделям. В результате произведенных над формализмом традиционных сетей Петри расширяющих модификаций был определен и сформулирован формализм блоков некоторых процессов, происходящих в системах искусственного интеллекта, который сохраняет основные концепции сетевого подхода. В то же время сети Петри в данной работе представляют качественно новый уровень описания знаний о системах для имитационного моделирования: выразительных возможностей сетей Петри, как правило, хватает для описания закономерностей процессов, происходящих в реальном мире.

Новизна исследования заключается в том, что сети Петри были использованы для моделирования искусственного интеллекта с применением элементов теории игр.

Список использованных источников:

1. Фенина О.В. Системы поддержки принятия коллективных решений. ВЕСТНИК Карагандинского Университета, Серия Математика, №1 (45)/2007. с. 36 – 42.
2. Фенина О.В. Вероятностные сети Петри для исследования систем. ВЕСТНИК Карагандинского Университета, Серия Математика, №1 (45)/2007. с. 43 – 50.
3. Фенина О.В. Анализ Вероятностных сетей Петри. Монография. М.: «Перо», 2012. с. 203 – 236.
4. O. Fenina, V. Polikarpov. Support systems of collective decision making for chemical processes modeling. EDUCATION and SCIENCE without borders. – 2013. – Volume 4, №7 (1/2013). – С. 138 – 141.
5. М.Брик. Работа на X Международный конкурс на лучшую научную работу «Гранит науки», 2017.