**Гусев Виталий Евгеньевич**

**09-335**

**Слайд 2.**

Многоагентная система — это система, образованная несколькими взаимодействующими интеллектуальными агентами. Многоагентные системы могут быть использованы для решения таких проблем, которые сложно или невозможно решить с помощью одного агента или монолитной системы.

**Слайд 3.**

Определим искусственный интеллект как науку об интеллектуальных сущностях, именуемых также «агенты», которые получают результаты актов восприятия из своей среды и выполняют действия. Причем, каждый такой агент реализует функцию, которая отображает последовательности актов восприятия в действия. Агентом считается все, что действует. Но предполагается, что компьютерные агенты обладают некоторыми другими свойствами, которые отличают их от обычных «программ», такими как способность функционировать под автономным управлением, воспринимать свою среду, существовать в течение продолжительного периода времени, адаптироваться к изменениям и обладать способностью взять на себя достижение целей̆, поставленных другими. Стоит также отметить два из самых полезных свойств агентов:

1. **Интеллектуальное групповое поведение.** Такое поведение может быть заложено в каждого агента в соответствии с общим подходом к решению задачи, в рамках которой требуется взаимодействие многих агентов, работающих параллельно. Группа взаимодействующих между собой интеллектуальных сущностей называется мультиагентной системой.

2. **Рациональность.** Рациональным агентом называется агент, который̆ действует таким образом, чтобы можно было достичь наилучшего результата или, в условиях неопределенности, наилучшего ожидаемого результата в рамках решения поставленной задачи.

**Слайд 4.**

Организация построения интеллектуальных агентов и мультиагентных систем представляет собой сложную задачу, в решении которой заинтересованы много современных областей. Среди них хочется выделить такие, как робототехника, киноиндустрия, компьютерные игры и технологии виртуальной реальности. Продолжающееся развитие данных областей задает актуальность поиска наиболее удачного решения как в реализации интеллектуальных агентов и мультиагентных систем, так и в реализации способов взаимодействия между ними.

В задачах, где реализуются агенты и их системы, важно отметить, что они создаются для конкретной проблемной среды. Проблемная среда – это сущности и решаемые над ними задачи, представляемые в виде исполняемых утверждений (в виде правил, процедур, формул). Другими словами, среда представляет собой «проблему», для которой агент и системы агентов служат «решением».

Одной из самых развитых областей, где смоделировано огромное количество проблемных сред, на данный момент является сфера компьютерных игр. Основной целью игровой индустрии является моделирование опыта, который может получить человек за время, проведённое в игре. Чтобы человек мог получить этот опыт, люди, занимающиеся в данной сфере разработкой, стремятся максимально реализовать в игре мир, который будет взаимодействовать как с человеком, играющим в игру, так взаимодействовать сам по себе – поведение созданных игровых элементов-агентов и систем. Другими словами, многие игры представляют собой довольно сложную мультиагентную систему со своими правилами поведения.

На сегодня, реализация поведения агентов и мультиагентных систем имеет множество вариантов решений. Большинство реализаций систем упираются на организацию поведения группы через поведение внутренних агентов.

**Слайд 5.**

Интеллектуальный агент – программа, самостоятельно выполняющая задание, указанное пользователем компьютера, в течение длительных промежутков времени. Интеллектуальный агент называется рациональным, если его действия, направленные на решение задания пользователя, построены так, что агент, при выполнении, стремится к достижению наилучшего результата.

Агенты, созданные для решения различных задач, классифицируются по поведению, такие как:

**1. Агенты с простым поведением.** Агенты с простым поведением действуют только на основе текущих знаний. Их агентская функция основана на схеме условие-действие.

**2. Агенты с поведением основанном на модели.** Они могут оперировать со средой, которая лишь частично поддается наблюдению. Таким образом, агент имеет представление только о той среде, которая попадает в зону наблюдения.

**3. Целенаправленные агенты.** Этот тип агентов похож на предыдущий тип, за исключением того, что они хранят информацию о тех ситуациях, которые для них желательны. Это дает агенту способ выбрать среди многих путей тот, что приведет к нужной цели.

**4. Практичные агенты.** Практичные агенты, как и целенаправленные различают состояния, когда цель достигнута и когда она не достигнута. Однако, помимо этого, они способны различать то, насколько желанно для них текущее состояние.

**5. Обучающиеся агенты.** Управление данным агентом осуществляется с помощью реального человека.

Любой агент представляет собой систему, помещенную в некоторую среду, причем эта система обладает собственным поведением, удовлетворяющим некоторым законам.

Следует учитывать, что в сложной среде достижение агентом рациональности, при которой всегда выполняются наиболее верные действия, не осуществимо. Дело в том, что при этом предъявляются слишком высокие требования к вычислительным ресурсам, поэтому более разумно работать с ограниченной рациональностью организации приемлемых действий в тех ситуациях, когда не хватает времени на выполнение всех вычислений, которые действительно могли бы потребоваться.

Агент может воспринимать и воздействовать на заданную среду, в которую он помещен, с помощью исполнительных механизмов. Существуют следующие виды агентов:

● физические агенты – агенты, воспринимающие окружающий мир через некоторые сенсоры и действующие с помощью манипуляторов;

● временные агенты – агенты, использующие изменяющуюся с ходом времени информацию и предлагающие некоторые действия или агенты, предоставляющие данные компьютерной программе или человеку и получающие информацию через программный ввод.

Подытожив, можно выделить следующие свойства рассматриваемых агентов – агент способен:

● воспринимать информацию из среды;

● обрабатывать информацию на основе собственных ресурсов;

● взаимодействовать с другими агентами, так как другие агенты также являются частью среды;

● действовать на среду в течение некоторого времени, преследуя свои собственные цели.

**Слайд 6.**

Теперь, после знакомства с интеллектуальными агентами и, чтобы постепенно перейти к системе агентов, необходимо определить, что есть среда – иногда, её также называют «проблемной средой». Как было описано ранее, проблемная среда представляет собой «проблему», для которой агенты служат «решением».

Проблемная среда – это сущности и задачи, решаемые над ними. Сущности и задачи могут быть представляемые как в виде исполняемых утверждений, так и в виде правил, процедур, формул.

Разнообразие вариантов проблемной среды, которые могут возникать в искусственном интеллекте, весьма велико. Однако, эти варианты можно классифицировать. С помощью классификации проблемной среды можно в значительной степени определить наиболее приемлемый проект агента для нее.

Варианты проблемных сред:

**1. Полностью наблюдаемая и частично наблюдаемая.** Если агент может получить полную информации о состоянии среды в каждый момент времени, то такая проблемная среда называется полностью наблюдаемой. Иначе – частично наблюдаемая.

**2. Детерминированная и стохастическая.** Если следующее состояние среды полностью определяется текущим состоянием и действием, выполненным агентом, то такая среда называется детерминированной; в противном случае она является стохастической.

**3. Эпизодическая и последовательная.** В эпизодической проблемной среде опыт агента состоит из неразрывных эпизодов. Каждый эпизод включает в себя восприятие среды агентом, а затем выполнение одного действия. Последовательными являются такие задачи, как игра в шахматы и вождение такси: в обоих случаях кратковременные действия могут иметь долговременные последствия.

**4. Статическая или динамическая.** Если среда может измениться в ходе того, как агент выбирает очередное действие, то такая среда называется динамической для данного агента; в противном случае она является статической.

**5. Дискретная и непрерывная.** Различие между дискретными и непрерывными вариантами среды может относиться к состоянию среды, способу учета времени, а также восприятиям и действиям агента.

**6. Одноагентная и мультиагентная.**

**Слайд 7.**

Не все мультиагентные варианты сред включают координирующих агентов. Агенты с конфликтующими соглашениями находятся в состоянии конкуренции друг с другом. Одним из примеров этого являются игры между двумя игроками с нулевой суммой, такие как шахматы. Агенту, играющему в шахматы, приходится рассматривать возможные ходы противника на несколько этапов в будущее. Это означает, что любой агент в конкурентной среде должен, во-первых, признавать наличие других агентов, во-вторых, прогнозировать некоторые из возможных планов другого агента, в-третьих, определять, как планы другого агента повлияют на его собственные планы, и, в-четвертых, определять наилучшее действие с учетом указанных влияний. Поэтому в условиях конкуренции, как и в условиях кооперации, требуется модель с описанием планов другого агента. С другой стороны, в конкурентной среде действия агентов не вносят свой вклад в совместный план.

**Слайд 8.**

Простейший метод, с помощью которого группа агентов может обеспечить координацию при выполнении совместного плана, состоит в принятии определенного соглашения до начала совместной деятельности. Соглашением является любое ограничение, касающееся выбора совместных планов, выходящее за рамки того основного ограничения, в соответствии с которым совместный план должен работать, если ему следуют все агенты.

Некоторые соглашения, такие как вождение по правильной стороне дороги, приняты настолько широко, что считаются общественными законами. Естественные языки также могут рассматриваться как соглашения.

Общий подход использования соглашений не зависит от конкретной задачи. Более надежная и более дорогостоящий подход в том, чтобы выработать все совместные планы, а затем выбрать, например, тот из них, внешнее представление для вывода на печать которого находится на первом месте в алфавитном порядке.

Если все птицы выполняют одни и те же описанные выше правила, то вся стая обнаруживает эмерджентное поведение (от слова emergent – появляющийся), совершая полет в виде одного псевдоустойчивого тела приблизительно с постоянной плотностью, которое не рассеивается со временем. Как и в случае общественных насекомых, для каждого агента не требуется обладание совместным планом, который моделировал бы действия других агентов.

Как правило, принимаются такие соглашения, которые охватывают целый универсум отдельных задач мультиагентного планирования, а не требуют разработки с нуля перед началом решения каждой новой задачи. Это может приводить к недостаточной гибкости и нарушениям в работе, как иногда можно наблюдать в парном теннисе, когда мяч пролетает приблизительно на равных расстояниях между двумя партнерами. В отсутствие применимого соглашения агенты могут использовать общение для получения общих знаний об осуществимом совместном плане.

Например, в игре теннис для двоих игроков, один из них может крикнуть «Мой!» или «Твой!», имея в виду мяч, чтобы указать на предпочтительный для него совместный план. Общение не обязательно требует устного обмена репликами. Например, один игрок может неявно сообщить о предпочтительном совместном плане другому, просто выполнив его первую часть. В нашей задаче игры в теннис, если агент A направился к сетке, то агент B обязан отойти назад, к линии подачи, чтобы отбить мяч, поскольку план 2 является единственным совместным планом, который начинается с того, что агент A направляется к сетке. Такой подход к координированию действия, иногда называемый распознаванием плана (plan recognition), является применимым, если для безошибочного определения нужного совместного плана достаточно одного действия (или краткой последовательности действий).

Соглашения могут также возникать благодаря эволюционным процессам. Например, колонии общественных насекомых выполняют сложные совместные планы, а осуществление подобных действий обеспечивается благодаря общим генетическим характеристикам отдельных особей в этой колонии. Согласованность действий может также быть обусловлена тем фактом, что отход от соглашений ведёт за собой уменьшение способности выживания особей при изменении жизненных условий, в связи с чем, любой осуществимый совместный план может стать шагом к стабильности. Следующий пример рассматривает поведение птиц при образовании стай. Данное поведение можно описать с помощью модели, в которой каждая птица-агент, или боид (от слова «bird-oid»), выполняет три перечисленных ниже правила:

1. Разделение. Изменять направление полета относительно соседей (двигаться в обратном направлении от них), при слишком близком приближении к ним.

2. Соединение в линию. Придерживаться направления полета, который позволяет занять среднюю позицию относительно соседей.

3. Выравнивание. Стараться двигаться в направлении движения соседей.

Если все птицы выполняют одни и те же, описанные выше правила, то вся стая обнаруживает эмерджентное поведение (от слова emergent – появляющийся), совершая полет в виде одного псевдоустойчивого (не распадается со временем) тела, приблизительно, с постоянной плотностью.

Стоит отметить тот факт, что в многоагентных системах может проявляться самоорганизация (процесс упорядочения элементов одного уровня в системе за счёт внутренних факторов, без внешнего специфического воздействия) и сложное поведение, даже если стратегия поведения каждого агента достаточно проста. Это лежит в основе так называемого роевого интеллекта.

**Слайд 9.**

Роевой интеллект (РИ) описывает коллективное поведение децентрализованной самоорганизующейся системы. Термин был введён Херардо Бени и Ван Цзином в 1989 году, в контексте системы клеточных роботов.

По аналогии с примерами из координации, системы роевого интеллекта, состоят из множества агентов-боидов, локально взаимодействующих между собой и с окружающей средой. Модель поведения системы чаще всего основана на биологической системе. Каждый агент подчиняется простым правилам и, хотя каждому из них ничто не указывает на то, что ему следует делать, локальные взаимодействия приводят к возникновению интеллектуального глобального поведения, которое не поддается контролю отдельными агентами-боидами. Точной формулировки определения роевого интеллекта всё еще нет. В целом, РИ должен представлять собой многоагентную систему, которая бы обладала самоорганизующимся поведением, долженствующее проявлять разумное поведение.

**Слайд 10.**

В 1986 году Крейг Рейнольдс разработал компьютерную модель скоординированного движения живых существ. Он взял в качестве основы поведение стай птиц и косяков рыб. Чтобы лучше понять основные принципы разработанной им модели, рассмотрим концепцию организации поведения стай птиц.

Стая птиц отлично демонстрирует коллективное поведение животных. Можно заметить, что птицы почти никогда не сталкиваются во время полета. Наблюдая за плавным и скоординированным движением стаи, даже создается ощущение будто ей кто-то управляет. Интересный факт, что если повесить кормушку во дворе, то, как только о ней узнает одна птица, то вскоре о ней узнают и другие. Стаи, рои пчел, косяки рыб и колонии муравьев являются хорошими примерами природного проявления роевого интеллекта. Можно заметить, что птицы, муравьи, рыбы и пчелы ведут себя согласно некоторым правилам, которые можно даже определить, как относительно простые. В стае каждая птица в ней координирует свое движение с учетом расположения сородичей. А в случае нахождения источника пищи, способна дать знать остальным в стае об этом.

Модель Крейга Рейнольдса моделирует скоординированное поведение групп живых существ, используя трехмерную вычислительную геометрию. Рейнольдс алгоритмически вывел не только поведение каждой птицы в стаи, но и их общее взаимодействие. Полученный алгоритм, симулирующий поведение стаи существ, был назван «Boids», а сами существа – боидами. Рассматриваемая модель является примером individual-based model – класса моделирования, используемого для захвата глобального поведения большого числа взаимодействующих автономных агентов. В основе алгоритма реализации модели используются всего лишь три правила – каждое из них описывает индивидуальные маневры для каждого существа-боида, учитывая расположение и скорость соседей. Рассмотрим их подробнее:

1. Правило «разделение». Данное правило нужно для того, чтобы предотвращать столкновения с соседствующими боидами. Согласно нему, каждый боид должен менять траекторию движения в случае угрозы столкновения.

2. Правило «выравнивание». Регулирует скорость каждого боида в группе. Согласно ему, каждый боид должен стремиться приблизить свою скорость к средней скорости соседей.

3. Правило «сплоченность». Влияет на то, чтобы группа объектов-боидов больше отождествлялась со стаей – каждый боид должен стремиться находиться ближе к центру группы.

Модель Рейнольдса «Boids» имеет прямой доступ к информационной базе данных, которая описывает точное положение, направление и скорость всех объектов в рассматриваемой среде. Ключевые моменты рассматриваемой модели:

● каждый объект-боид хранит локализованное восприятие среды;

● каждой боид имеет координаты и скорость;

● у каждого боида известно направление движения;

● каждый боид при перемещении учитывает расстояние и направление движения всех боидов в группе.

На каждом шаге алгоритма вектор скорости каждого боида вычисляется, учитывая координаты и направление движение соседних боидов. Как только скорость найдена, боид перемещается в новую позицию. Таким образом, на каждой итерации цикла обновляются координаты и направление движения каждого боида группы.

На практике, скорости, полученные каждым из правил, необходимо корректировать с помощью коэффициентов. Они подбираются экспериментальным путем для решения конкретных задач.

Правила разделения и выравнивания скорости гарантируют, что члены группы могут перемещаться и не сталкиваться друг с другом. Предотвращение столкновений – это суть правила разделения. В нем основной упор делается на изменение направления движения, чтобы избежать самого столкновения. При его реализации используется знание о положении соседей в группе боидов, игнорируя их скорость. А в случае с правилом выравнивания скорости – используется знание о скорости и игнорируется позиция остальных боидов. Стоит отметить также, что правило разделения служит для определения минимального расстояния «разделения», а выравнивание скорости стремится поддерживать его.

Сплоченность – правило, при котором каждый боид стремится находиться в центре группы. Так как каждый боид имеет локализованное восприятие среды, то «центром группы» является центр близлежащих соседей. То есть, боид стремится двигаться в направлении к центру масс соседних боидов. Правильно реализованное правило позволяет смоделированной стае обходить препятствия через разделение на две группы. Это возможно в связи с тем, что пока боид находится рядом с его ближайшими соседями, то он не заботится об изменение курса остальной части стаи.

Алгоритм К. Рейнольдса отлично подходит для симуляции «живых» агентов, когда допустимо «роевое» поведение группы. Несмотря на простоту используемых в основе программы правил, конечная модель стаи, реализованная на компьютере, выглядела реалистично: птицы образовывали группы, пытались уйти от столкновений и хаотично бросались в разные стороны, повторяя поведение реальной стаи птиц.

Рейнольдс также отметил, что разработанная им модель поведения стаи птиц может быть дополнена введением дополнительных факторов, например, таких, как поиск пищи, избегание препятствий и хищников.

**Слайд 11.**

Различие между одноагентными и мультиагентными вариантами среды на первый взгляд может показаться достаточно простым. Если проводить аналогию с компьютерными играми, то здесь применимы термины «однопользовательская» и «многопользовательская» игры. Под проблемной средой в играх подразумевается игровой мир, функционирующий по своим правилам. Данный мир может обладать различным спектром задач. Эти задачи созданы для решения их агентами – игроками или интеллектуальными искусственными сущностями, существующими в рамках игровой среды.

Однопользовательские игры – это одноагентные системы, где с проблемной средой взаимодействует один агент. То есть задачи, возникающие в среде, могут быть успешно решены с помощью одного агента.

Многопользовательские игры – это многоагентные системы. В рамках таких систем проблемная среда может представлять довольно сложную «проблему», решение которой требует нескольких агентов. Данные агенты взаимодействуют как со средой, так и между собой для достижения цели – решения проблемы.

Например, многие головоломки, наподобие кроссвордов или пазлов – здесь агент находится в одноагентной среде, а агент, играющий в шахматы, действует в двухагентной среде.

При анализе одноагентных и мультиагентных систем возникают некоторые нюансы. Прежде всего, выше было описано, на каком основании некоторая сущность может рассматриваться как агент, но не было указано, какие сущности должны рассматриваться как агенты. Должен ли агент A (например, игрок) считать агентом объект B (игровой персонаж), или может относиться к нему просто как к стохастически действующему объекту, который можно сравнить с волнами, набегающими на берег, или с листьями, трепещущими на ветру?

Ключевое различие состоит в том, следует ли или не следует описывать поведение объекта B как максимизирующее показатели производительности, значения которых зависят от поведения агента A. Например, в шахматах соперничающая сущность B пытается максимизировать свои показатели производительности, а это по правилам шахмат приводит к минимизации показателей производительности агента A. Таким образом, шахматы — это конкурентная мультиагентная среда.

Проблемы проектирования агентов, возникающие в мультиагентной среде, часто полностью отличаются от тех, с которыми приходится сталкиваться в одноагентных вариантах среды; например, одним из признаков рационального поведения в мультиагентной среде часто бывает поддержка связи, а в некоторых вариантах частично наблюдаемой конкурентной среды рациональным становится стохастическое поведение, поскольку оно позволяет избежать ловушек предсказуемости.

Мультиагентный вариант среды является одним из наиболее сложных среди рассматриваемых.

Если в проблемной среде определён агент-одиночка, но в ней есть также и другие агенты, то одиночный агент может просто включить их в свою модель среды, не изменяя своих основных алгоритмов. Но во многих случаях такой подход приводит к низкой производительности, поскольку взаимодействие с другими агентами во многом отличается от взаимодействия с «природой» – пример классической проблемной среды в реальном мире. В частности, природа, в большинстве случаев, безразлична к намерениям агента, а другие агенты нет.

Однако, если говорить о том, как задействуют природу и среду в сфере компьютерных игр, то её можно саму отнести непосредственно к агенту, который своими действия напрямую влияет на производительность поведения других агентов в той же среде, в частности, игроков. Хороший пример демонстрации природной среды как агента можно увидеть в такой игре, как Don’t starve. Одна из основных задач игры – выжить в игровом мире. Игровое окружение сильно влияет на действия игрока в нем и даёт как преимущества, так и недостатки. В зависимости от сгенерированной карты (вариант проблемной среды) у агента-игрока генерируется определённый набор правил для взаимодействия со средой. В частности, находясь на пустынной местности, чтобы выжить, игрок руководствуется планом по поимке диких животных (другие игровые агенты) с помощью ловушек. Находясь же в лесу, игрок-агент, преимущественно, будет выживать за счёт плана по добыче ресурсов, которые он сможет в нем найти.

**Слайд 12.**

Как было сказано ранее, одноагентные и мультиагентные системами можно считать однопользовательские и многопользовательские игры. Если рассматривать их в более узком ключе, то можно также заметить следующее отличие: многопользовательская игра отличается от однопользовательской количеством активных игроков или агентов, которые могут представлять собой как аватар реального человека, так и интеллектуальную игровую сущность.

**Слайд 13.**

Pac-man – однопользовательская игра с многоагентной средой. Одиночный агент-игрок – интеллектуальная сущность, под управлением реального человека, которая взаимодействует с игровым миром.

Игровая среда – игровый мир, функционирующий по определенным правилам. Он оказывает влияние на все интеллектуальные объекты, присутствующие в игре, посредством:

1. Ограничение движения с помощью игровых карт (иногда, они называются уровнем), на которых встречаются объекты-препятствия.

2. Количество допустимых интеллектуальных агентов, присутствующих одновременно на карте, которые влияют на действия игрока – такое ограничение задает сложность уровня для игрока.

3. В качестве агентов среды выступают игровые сущности – объекты-призраки. Данные игровые объекты имеют заложенные правила поведения в игровой среде и не учитывают при этом других объектов-призраков. Они имеют установки по тому, как взаимодействовать с внешними агентом-игроком – преследование и атака.

**Слайд 14.**

Civilization V – интересный пример конкурентной игры, которая есть и в однопользовательском и многопользовательском вариантах. Рассмотрим первый вариант. Он, как отмечалось ранее, является вариантом однопользовательской игры и представляет собой одногоагентную систему с мультиагентной средой. Однако, при определённых ситуациях данный вариант игры может рассматриваться как мультиагентная система с мультиагентной средой.

Переход от одноагентной системы игры к мультиагентной возникает в ситуации, когда для достижения некоторых целей игры, под управлением игрока оказывается группа организованных интеллектуальных сущностей. В качестве таких групп в игре представлены отряды воинов, которые взаимодействуют как с игровой средой, так и между собой, внутри отряда. Среди особенностей такой группы объектов можно выделить то, что отряд:

● имеет организованное поведение – воины внутри отряда не препятствуют и не сталкиваются друг с другом;

● быстро реагирует при изменении целей – воины меняют траекторию и направление движения;

● производит анализ игровой среды – воины обходят наземные препятствия и переплывают через воду;

● строят оптимальные маршруты передвижения из точки А в точку В.

Мультиагентная среда данной игры представляет сложную систему, в которой можно встретить как реализацию государств и стран с жителями и глобальными желаниями, так и реализацию стад и косяков рыб в воде. Такие организации способны реагировать на действия как игрока, так и других интеллектуальных сущностей в игре. Например, развязывать морские и сухопутные войны войны как против игрока, так и против других игровых сущностей.

**Слайд 15.**

Overwatch – многопользовательская игра с мультиагентной средой.

Игрок может взаимодействовать как с интеллектуальными виртуальными агентами, так и с другими игроками представленными людьми.

Основной режим игры представляет собой противостояние двух команд, где взаимодействие, понимание и подстраивание под ситуацию ставятся на первое место. Данный режим прекрасно демонстрирует поведение группы интеллектуальных существ для достижения общей цели.

В течение игровой сессии все агенты системы анализируют ситуацию в игровой среде, которая включает в себя противостоящую команду игроков, состоящую также из группы интеллектуальных сущностей. Обе группы напрямую действуют друг против друга – каждая из них выбирает план действий, чтобы быть максимально эффективными.

**Слайд 16.**

В качестве ещё одного примера игры, где игровая среда есть мультиагентная система, приведем игру «Half-life». Это связано с тем, что для организации поведения части элементов игрового мира в ней был задействован алгоритм Рейнольдса «Boids», который рассматривается в данной работе – на его основе были реализованы динамические группы игровых существ, с которыми мог взаимодействовать игрок. Получившиеся в результате группы объектов выглядели довольно реалистично и оживляли окружающую среду, в которой существовал аватар игрока. Тем самым, повышая погруженность в игру и, следовательно, игрок приобретал более близкий к реальности опыт.