

- управленческой деятельности” с международным участием (сборник трудов). – Таганрог: ТРТУ, 2000. – С.406-422.
3. *Пьявченко О.Н., Клевцова А.Б.* Алгоритм оценки и прогнозирования поведения переменной состояния объекта // Материалы Международной научной конференции "Системный подход в науках о природе, человеке и технике". Ч.5. – Таганрог: ТРТУ, 2003. – С.77-86.
 4. *Клевцова А.Б.* Интегральная оценка состояния объекта мониторинга // Известия ТРТУ. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. – №2(37). – С.58-66.
 5. *Пьявченко О.Н., Горелова Г.В., Боженюк А.В., Клевцов С.И., Клевцова А.Б.* Методы и алгоритмы моделирования развития сложных ситуаций: Монография / Под ред. д.т.н., профессора О.Н. Пьявченко. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2003. –157с.
 6. *Клевцов С.И., Радченко С.А., Клевцова А.Б.* Особенности оценки состояния технического объекта с использованием средств когнитивного моделирования // Известия ТРТУ. – Таганрог: Изд-во ТРТУ. 2005. –№1(45). – С.67-70.

УДК 004.896

Ю.В. Чернухин, Р.В. Сапрыкин

**СИСТЕМА ВИРТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ПОВЕДЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АГЕНТОВ ПРИ
ИССЛЕДОВАНИИ ИМИ ЕСТЕСТВЕННОЙ СРЕДЫ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ**

Введение. В связи с высокими темпами развития робототехнических систем остро стоит проблема моделирования, разрабатываемых для них алгоритмов интеллектуального управления. Например, система управления мобильным роботом (МР) должна быть способна обрабатывать сложные поведенческие функции, с помощью которых МР может решать поставленные перед ним задачи в динамически меняющейся среде.

Применение натурального моделирования таких систем является очень сложным и несет большие финансовые и организационные затраты. Ставшая в последнее время популярной, агентная технология позволяет заменить натурное моделирование виртуальным, при этом появляется возможность абстрагироваться от нюансов реализации самих МР, заменив их понятием интеллектуального агента, и сосредоточиться непосредственно на разработке алгоритмов интеллектуального поведения, которые далее можно перенести на реальные системы. Использование агентного подхода позволяет упростить разрабатываемую систему, однако не решает всех проблем моделирования.

Современные системы моделирования (например MatLab) обладают широкими возможностями, однако отсутствие в них необходимых средств наглядной трехмерной визуализации и возможности оперативного ввода и обработки большого количества сенсорной информации не позволяет их использовать для эффективного решения описанных выше задач.

Разработка системы виртуального моделирования. Анализ отмеченных обстоятельств привел к выводу о необходимости разработки такой системы виртуального моделирования (СВМ), которая бы совмещала в себе удобство ввода информации с сенсорной подсистемы интеллектуального агента, оперативное управление процессом моделирования и наглядное трехмерное отображение самого процесса взаимодействия агента и среды. Архитектура такой системы показана на рис.1.

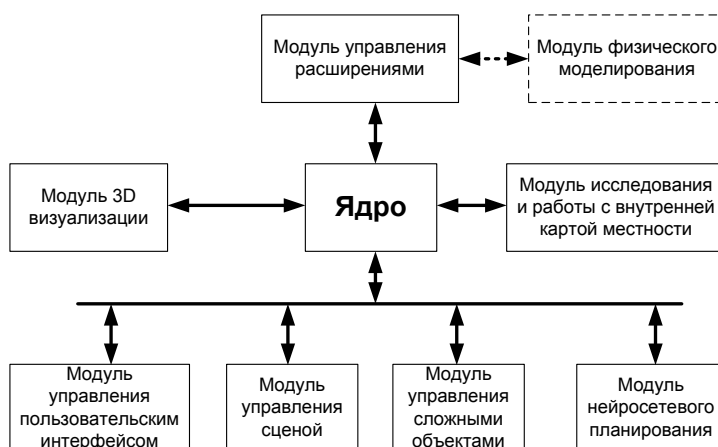


Рис.1. Архитектура системы виртуального моделирования

Представленная на рис.1 СВМ состоит из следующих модулей:

- модуль 3D визуализации – обеспечивает трехмерное представление процесса моделирования;
- модуль управления пользовательским интерфейсом – обеспечивает широкие возможности по гибкому управлению процессом моделирования, которые позволяют добавлять, удалять объекты, запускать и останавливать процесс моделирования и т.д.;
- модуль управления сценой – позволяет управлять параметрами объектов моделирования;
- модуль управления сложными объектами – предназначен для управления работой сложных бортовых подсистем агента и подвижных препятствий;
- модуль нейросетевого планирования – обеспечивает планирование перемещений агента в среде с учетом различных препятствий;
- модуль исследования и работы с внутренней картой местности – управляет процессом исследования естественной среды функционирования и отвечает за составление и использование внутренней карты местности;
- модуль управления расширениями – предназначен для обеспечения добавления в систему дополнительных модулей, например модуля физического моделирования;
- ядро – отвечает за синхронизацию работы всех остальных модулей системы.

Система виртуального моделирования, реализующая приведенную на рис.1 архитектуру, написана на высокоуровневом языке C++, так как этот язык является мощным, гибким и существует большое количество различных модулей, которые можно использовать во время разработки СВМ. Важным критерием эффективности разработанной СВМ является возможность визуального отображения процесса моделирования. Модуль трехмерной визуализации использует открытый кросс-платформенный графический движок Irrlicht [1], реализующий такую возможность. Данный движок наряду с гибкостью и широкими возможностями, является простым и достаточно быстродействующим. Использование движка Irrlicht позво-

ляет не отвлекаться на особенности программирования трехмерной графики, а сосредоточиться непосредственно на решении проблем моделирования.

Задачи, решаемые с помощью системы виртуального моделирования. Рассмотрим задачи, решаемые с помощью СВМ. В виртуальный мир, представляющий собой некоторую площадку с различного рода естественными и искусственными препятствиями на ней, помещается интеллектуальный агент. Агент представляет собой некоторую сущность, способную воспринимать окружающую среду с помощью установленных на нем датчиков (лазерный дальномер, ультразвуковой сонар и т.д.), имеющий бортовой вычислитель, (для решения расчетных задач), нейросетевой модуль (для планирования перемещения на единичном шаге). Свои точные координаты агент узнает с помощью глобальной системы позиционирования. Агент может иметь приблизительную карту местности. Туда же, в виртуальную среду, помещается цель. Функционирование агента состоит из решения как минимум двух задач. Во-первых, обучение, т. е. необходимо изучить окружающую среду и дополнить имеющуюся карту местности. Во-вторых, задача достижения целей с использованием имеющейся карты местности. На рис.2 показан пример решаемой агентом задачи.

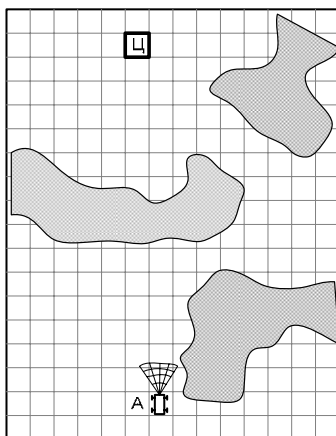


Рис.2. Пример решаемой агентом задачи

Для изучения среды, агент, зная координаты и размер области исследования, разбивает ее на фрагменты, соизмеримые с физическими габаритами агента, вычисляет координаты центров этих фрагментов, последовательно обходит их, ставя центр каждого такого фрагмента в качестве промежуточной цели, и изучает их проходимость. Непроходимые фрагменты интеллектуальный агент отмечает на карте. Из всех фрагментов формируется модель проходимости среды. В процессе функционирования агента эта модель постоянно уточняется. Область восприятия агента гораздо меньше всей области функционирования, поэтому на элементарных перемещениях используется нейросетевая подсистема, реализующая бионический метод адаптивного управления [2, 3]. Этот метод позволяет на основе воспринятой информации о проходимости локального участка оперативно формировать оптимальную траекторию перемещения.

Работа с системой виртуального моделирования. На рис. 3 показан внешний вид главного окна разработанной системы виртуального моделирования.

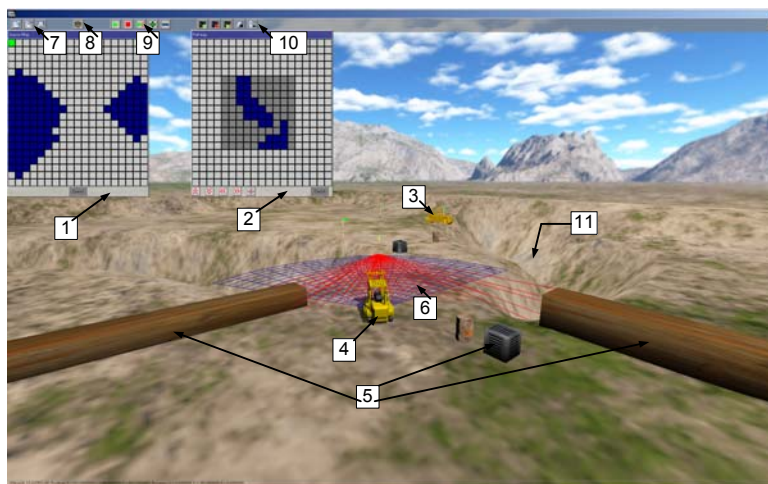


Рис.3. Внешний вид системы виртуального моделирования

Здесь использованы следующие обозначения: 1 – визуальное отображение воспринимаемой сенсорной подсистемой агента среды функционирования, 2 – внутренняя карта среды (Full map), 3 – подвижное препятствие, 4 – агент, 5 – стационарные препятствия, 6 – сенсорная подсистема, 7 – кнопки управления сценой (загрузка, сохранение и т.д.), 8 – кнопка добавления объектов в сцену, 9 – кнопки управления процессом моделирования (старт, стоп, шаг и т.д.), 10 – кнопки управления процессом исследования среды, 11 – препятствие (овраг).

В качестве примера рассмотрим процесс моделирования алгоритма исследования, описанного в работе [3]. В ходе исследования среды интеллектуальный агент выполняет некоторую последовательность действий для решения задачи, показанной на рис. 2. Для обхода фрагментов среды используется строго заданная последовательность их обхода против часовой стрелки с увеличением радиуса исследования.

Как показали результаты экспериментов, такая последовательность не всегда является оптимальной при определенном расположении препятствий в среде, например такой, как на рис. 2. В связи с этим возникла необходимость модификации алгоритма, описанного в работе [3].

Модификации касаются той части алгоритма, которая отвечает за построение карты. Предлагается использовать не строго заданную последовательность обхода фрагментов среды, а выбирать следующий участок из специального списка. Данный список формируется вначале исследования, и автоматически сортируется при достижении следующей промежуточной цели. В этом списке фрагменты среды расположены по степени близости к агенту. Исследовав все фрагменты, агент получает информацию о проходимости всей области.

Моделирование модифицированного алгоритма в рассматриваемой СВМ подтвердило его эффективность, а именно: время исследования одной и той же области уменьшилось в среднем в 1,5 раза по сравнению с алгоритмом, описанным в работе [3].

На рис. 4 показан эпизод эксперимента, где агенту поставлена задача двигаться к цели, используя внутреннюю карту проходимости. Агент предварительно по карте строит свой глобальный маршрут достижения цели и потом двигается согласно этому маршруту, корректируя траекторию своего движения при помощи нейросетевой подсистемы.

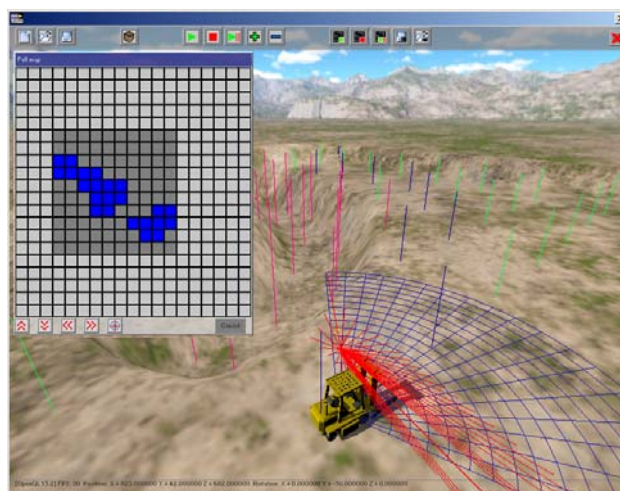


Рис.4. Движение агента к цели используя карту проходимости

На рис. 4 в окне “Full map” отображена построенная интеллектуальным агентом карта проходимости внешней среды и процесс движения агента к цели. Алгоритм интеллектуального управления определяет процесс функционирования интеллектуального агента таким образом, что если в ходе перемещения агент обнаружит с помощью дистантной сенсорной подсистемы препятствие, которое не отмечено на карте и мешает его перемещению, он снижает скорость и исследует обнаруженное препятствие с помощью тактильных датчиков. После того как тактильная сенсорная подсистема подтвердит наличие препятствия, интеллектуальный агент автоматически отмечает его положение на карте и корректирует свой дальнейший маршрут, уже с учетом полученной информации. Данный процесс показан на рис. 4, где крестиком на карте отмечено новое препятствие.

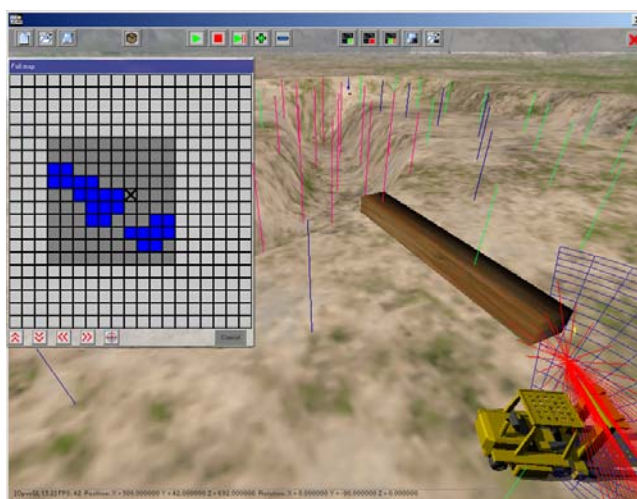


Рис.4. Процесс обхода нового препятствия и пометка его на карте

Проведенные при помощи рассмотренной системы виртуального моделирования эксперименты показали, что данная СВМ является удобным и универсальным средством для изучения и проверки алгоритмов подобных предложенному. Наглядное представление процесса моделирования позволяет более глубоко понять и воспроизвести процессы, происходящие при взаимодействии интеллектуальных агентов с внешней средой и повысить эффективность разрабатываемых алгоритмов их поведения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. www.irrlicht.sourceforge.net
2. Чернухин Ю.В. Искусственный интеллект и нейрокompьютеры. – Таганрог: Изд-во ТРТУ. 1997. – 273 с.
3. Чернухин Ю.В., Приемко А.А. Моделирование поведения интеллектуальных агентов в динамических средах: Учебное пособие. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2007. – 233 с.

УДК 621.376

Е.Ю. Сергиенко

СРЕДСТВА И ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМЫ МАТЕМАТИКА ФОРМИРОВАНИЯ И ВЫВОДА ФРАКТАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Появление фракталов в математической литературе произошло более ста лет назад благодаря усилиям математика Бенуа Мандельброта. Возможность классификации и изучения хаотических структур сегодня, в период интенсивного развития компьютерной графики, открывает широкие возможности для визуализации научных данных.

Программ для генерации фрактальных изображений на рынке не много и по большей части это бесплатные приложения, разработанные энтузиастами, узкоспециализированные и имеющие, как правило, ограниченные возможности. Наиболее известны такие программы, как Ultra Fractal, Fractal Explorer, Aros Fractal, Fractint, ChaosPro и др.

Эффективной программной платформой для решения задач визуализации и исследования научных данных являются системы компьютерной математики. Лидерами систем компьютерной алгебры являются Mathematica, Maple, MatLab, MathCad и др. Практика последних лет подтверждает эффективность применения таких систем интеллектуальных вычислений при решении задач математической физики, механики сплошных сред, экономики и др.

В настоящей работе описаны инструментарий, процесс и особенности проектирования и реализации в компьютерной технической системе (КТС) Mathematica модулей графической визуализации фрактальных изображений. Разработаны базовые конструкции и алгоритмы построения геометрических и алгебраических фрактальных структур. Проведен сравнительный анализ производительности по визуализации программных модулей в КТС Mathematica 5.2 и специализированных программах генерации фрактальных изображений на следующих примерах:

- геометрических фракталах, задаваемых линейными комплексными отображениями;
- классическом множестве Мандельброта;
- фракталах Жюлиа, задаваемых другими нелинейными комплексными отображениями.

Полученные результаты подтверждают, что КТС Mathematica по быстродействию сравнима со специализированными пакетами (в частности с Ultra Fractal