

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
Факультет Вычислительной математики и информатики  
Кафедра системного программирования

# Процедурная генерация контента в видеоиграх

Докладчик:  
Аспирант кафедры  
СП ЮУрГУ  
М. Г. Меженин

# Современные видеоигры

- ▶ Глобальный рынок – 80 миллиардов долларов  
В 2 раза больше, чем рынок кинопроката
- ▶ 1,6 миллиарда игроков
- ▶ Одна из самых популярных игр, GTA V (2013):  
Бюджет – 137 миллионов долларов  
Команда – более 250 человек  
Продажи – 1 миллиард долларов за *три дня*



# 1. Игровой искусственный интеллект

# Игровой искусственный интеллект

## ► Коммерческие игры:

- Эффективные алгоритмы с предсказуемым поведением
- Обходные приёмы
- Индивидуальные решения для каждой конкретной игры

## ► Научный подход:

- Универсальные решения для общих проблем

# Конференции и журналы в списках WoS/Scopus

## Основные:

- ▶ IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games
- ▶ IEEE Conference on Computational Intelligence and Games
- ▶ CGAMES International Conference on Computer Games
- ▶ International Journal of Computer Games Technology
- ▶ ACM SIGGRAPH Symposium on Interactive 3D Graphics and Games
- ▶ IEEE Games, Entertainment, and Media Conference

# Конференции и журналы в списках WoS/Scopus

## Смежные:

- ▶ IEEE World Congress on Computational Intelligence
- ▶ ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications
- ▶ ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems
- ▶ IEEE International Conference on Serious Games and Applications for Health
- ▶ IEEE Transactions on Evolutionary Computation
- ▶ ...

# Области исследований

- ▶ Обучение неигровых персонажей
- ▶ Поиск и планирование
- ▶ Моделирование игроков
- ▶ Правдоподобные агенты
- ▶ Игры для тестирования ИИ
- ▶ Универсальный игровой ИИ
- ▶ Процедурная генерация контента

# Обучение неигровых персонажей

- ▶ Обучение компьютерных персонажей эффективным алгоритмам поведения
- ▶ Основные алгоритмы:
  - Обучение с подкреплением, обучение на временных разностях (TD-learning)
  - Эволюционные алгоритмы



# Поиск и планирование

## ► Поиск путей

Планирование действий – частная задача поиска пути в пространстве состояний

## ► Основные методы:

- A\*
- Поиск по дереву
- Поведенческие деревья, STRIPS, иерархические сети задач

# Моделирование игроков

- ▶ Создание вычислительной модели поведения и ощущений игрока
- ▶ Основные алгоритмы:
  - Машинное обучение
  - Интеллектуальный анализ данных

# Правдоподобные агенты

- ▶ Агенты, поведение которых создает иллюзию жизни и позволяет пользователям поверить в их реальность
- ▶ Основные алгоритмы:
  - Моделирование эмоций
  - Память о своих действиях и действиях игрока

# Игры для тестирования ИИ

- ▶ Стандартные игровые системы для унифицированной проверки и сравнения алгоритмов ИИ
  - Компьютерные шахматы, го
  - Mario AI Championship
  - StarCraft AI Competition
  - Simulated Car Racing Competition

# Универсальный игровой ИИ

- ▶ Универсальный ИИ для всех игр
- ▶ Основные методы:
  - Искусственные нейронные сети
  - Формальные языки для описания игр

## 2. Процедурная генерация контента (ПГК)

# Процедурная генерация контента

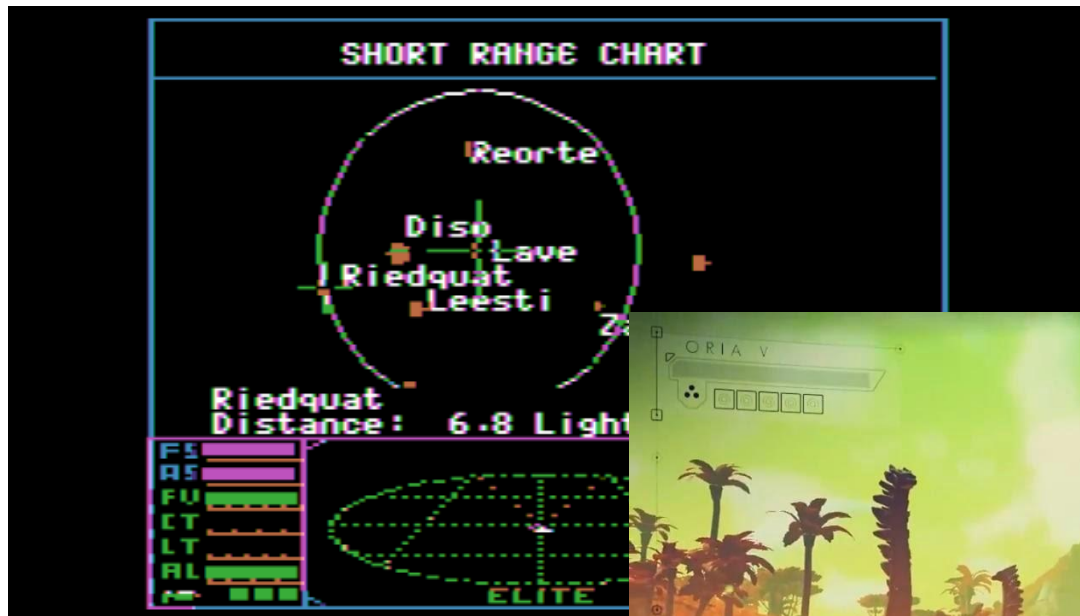
- ▶ Динамическое алгоритмическое создание и изменение различных составляющих частей компьютерных игр
- ▶ Самая развивающаяся область исследований в области ИИИ
- ▶ Широко применяется в коммерческих видеоиграх

# Виды генерируемого контента

- ▶ 3D-модели, текстуры, эффекты
- ▶ Анимация
- ▶ Звуки и музыка
- ▶ Уровни, ландшафты, здания
- ▶ Персонажи и предметы
- ▶ Поведение и ИИ
- ▶ Сюжет и задания
- ▶ Игры



# Процедурная генерация контента



1984



2015

# Причины использования ПГК

- ▶ **Низкая стоимость**

Позволяет генерировать контент в объеме, который было бы дорого (или невозможно в принципе) создавать вручную

- ▶ **Разнообразие**

Удивляет, каждый раз создавая новый контент (не только игроков, но и автора системы ПГК)

- ▶ **Адаптация под игрока**

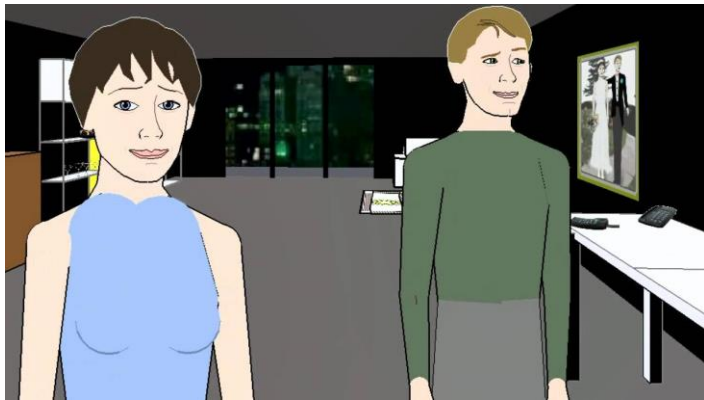
Изменяет генерируемый контент под предпочтения пользователей

- ▶ **Связь с другими областями ИИИ**

Генерирует большие наборы данных для тестирования алгоритмов из других областей исследования

# Основные научные работы

- ▶ Browne C. Evolutionary Game Design
- ▶ Togelius J., Schmidhuber J. An experiment in automatic game design
- ▶ Cook M. Multi-Faceted Evolution of Simple Arcade Games
- ▶ Mateas M. Façade: An Experiment in Building a Fully-Realized Interactive Drama
- ▶ Hastings E.J. Evolving Content in the Galactic Arms Race Video Game



# Требования к системам ПГК

- ▶ Скорость
- ▶ Надежность
- ▶ Управляемость
- ▶ Разнообразие
- ▶ Правдоподобность

# Классификация ПГК

- ▶ **Онлайн / офлайн**

В какой момент времени происходит генерация?

- ▶ **Основная / дополнительная**

Допустим ли некачественный контент?

- ▶ **Слабо / сильно параметризуемая**

Можно ли управлять генерацией?

- ▶ **Случайная / детерминированная**

Насколько детерминированы результаты?

- ▶ **Конструктивная / на основе поиска**

Каким образом гарантируется качество контента?

# Конструктивный подход

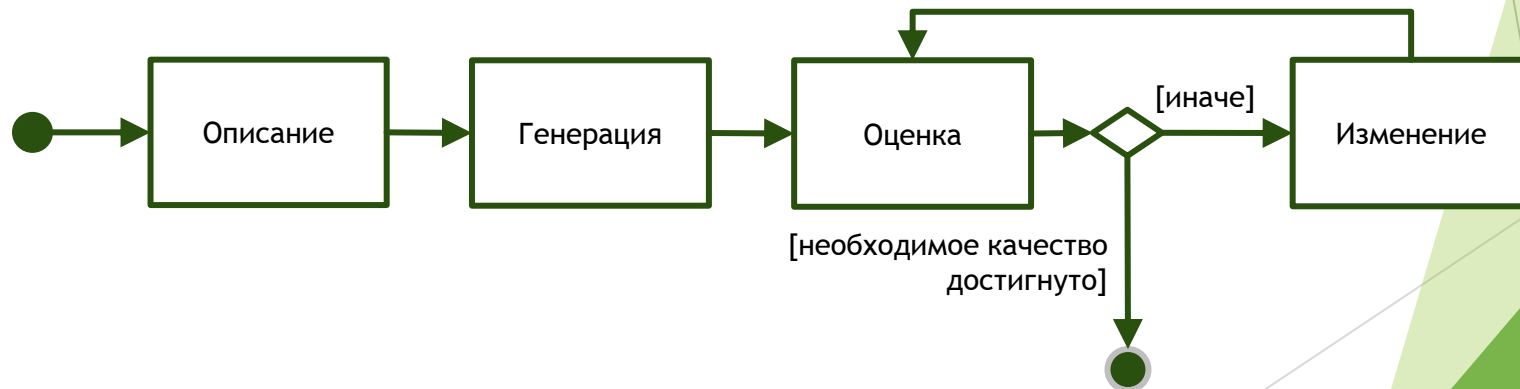
- ▶ Каждый экземпляр контента генерируется единожды и более не изменяется
- ▶ Алгоритм должен не допускать некачественный контент

# Алгоритмы генерации

- ▶ Генераторы случайных чисел
- ▶ Порождающие грамматики
- ▶ Цепи Маркова
- ▶ Пространственные алгоритмы

# ПГК на основе поиска

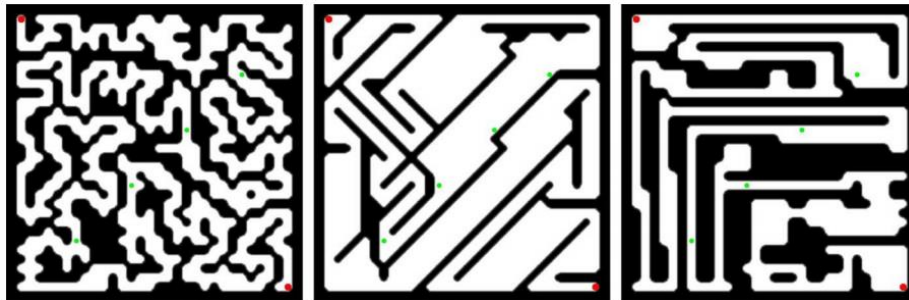
- ▶ Каждый экземпляр контента проходит оценку качества и изменяется до тех пор, пока не будет достигнут необходимый результат
- ▶ Можно рассматривать как *задачу поиска* в множестве допустимого контента, или как *задачу оптимизации* функции оценки контента





# Описание контента

- ▶ Генерация контента невозможна без некоторого способа его формального описания в системе ПГК
- ▶ Выбранный способ представления задает множество контента, члены которого способна генерировать система ПГК
- ▶ Качество и разнообразие контента напрямую зависит от способа представления



# Способы представления контента

- ▶ Векторы значений
- ▶ Формальные грамматики
- ▶ Искусственные нейронные сети
- ▶ Деревья и графы
- ▶ Структурные элементы

# Начальная генерация

В качестве начальной генерации могут использоваться:

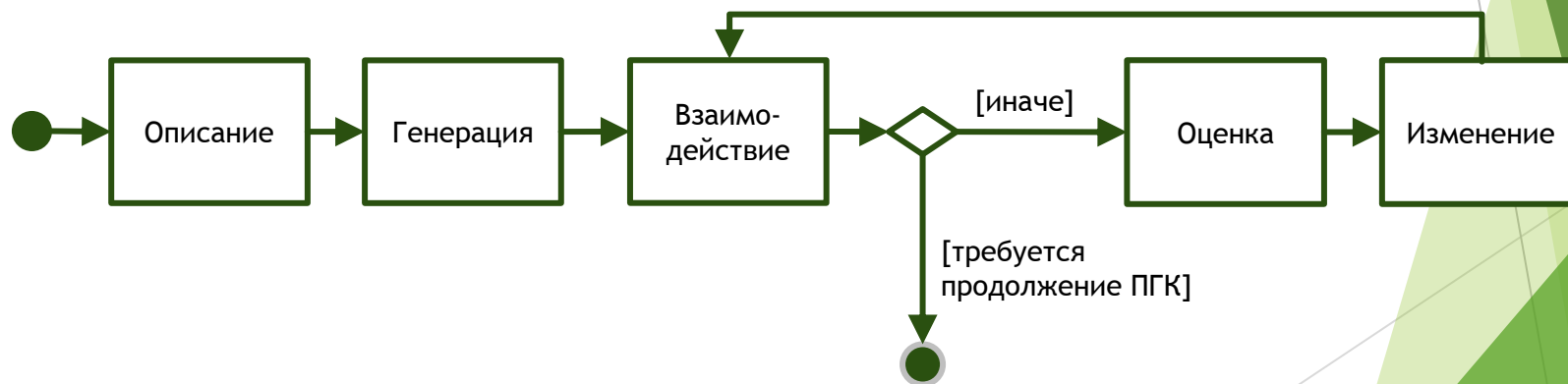
- Заранее определенные экземпляры
- Случайные экземпляры
- Результаты алгоритмов конструктивного подхода

# Способы оценки

- ▶ **Непосредственная оценка** зависит от значения некоторого формального свойства контента
- ▶ **Симуляционная оценка** основана на анализе взаимодействия интеллектуального агента с оцениваемым контентом
  - Статическая
  - Динамическая

# Способы оценки

- ▶ **Интерактивная оценка** основана на анализе взаимодействия пользователя с оцениваемым контентом
  - Опрос пользователей
  - Анализ поведения игроков
  - Биометрические данные



# Изменение контента

- ▶ Полный перебор и случайная выборка
- ▶ **Эволюционные алгоритмы**
- ▶ Answer Set Programming (поиск стабильной модели)
- ▶ Алгоритмы планирования
- ▶ Алгоритмы оптимизации (алгоритм имитации отжига, метод роя частиц)

# Основные проблемы

- ▶ Отсутствие стандартов для способов представления различных видов контента
- ▶ Отсутствие универсальных систем ПГК
- ▶ Низкая скорость нахождения качественного контента
- ▶ Сложность анализа результатов взаимодействия игроков с контентом

# 3. Направления развития

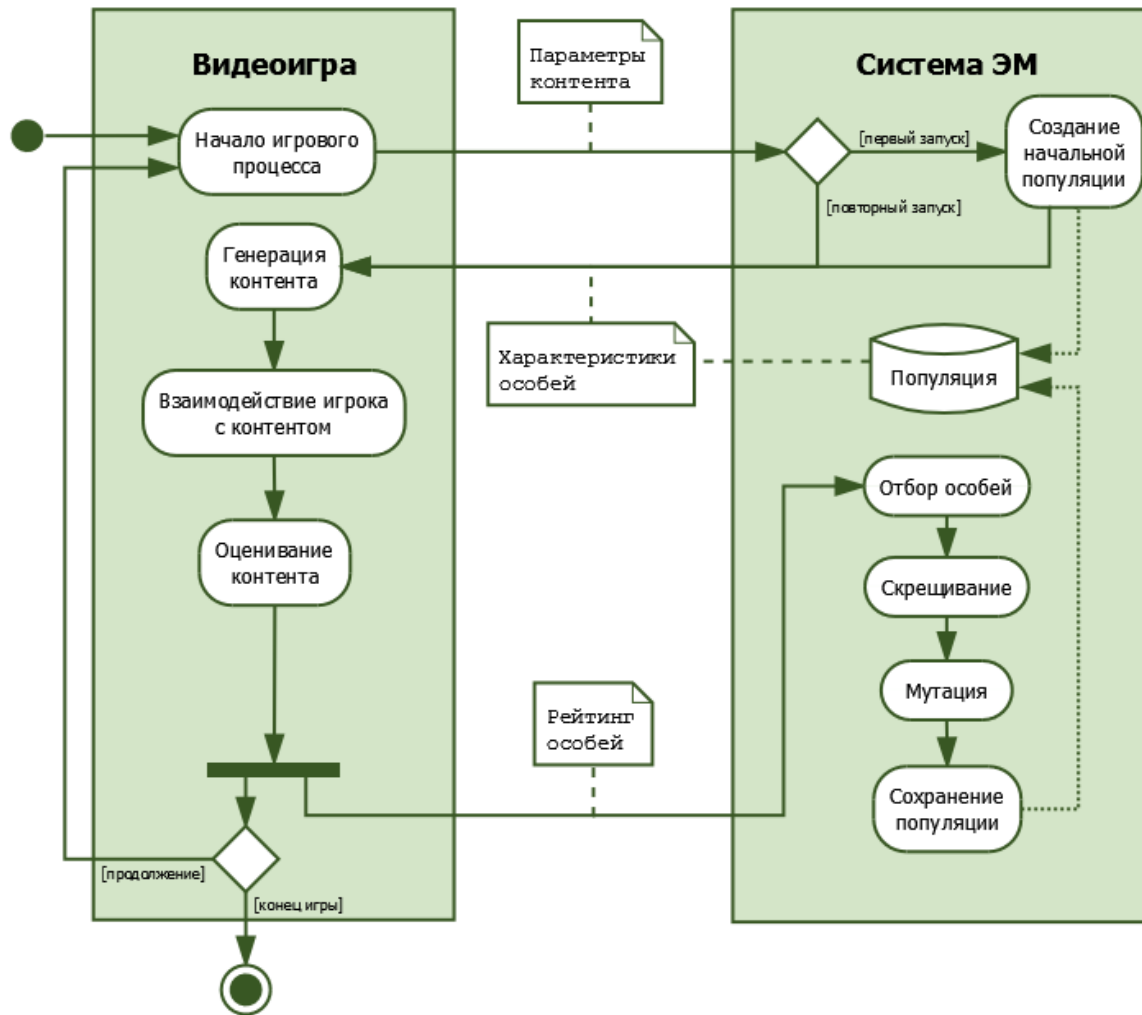


# Интерактивная система ПГК

- ▶ Была разработана универсальная система процедурной генерации компьютерных противников
- ▶ Представление на основе структурных элементов + формат описания на языке XML
- ▶ Поисковая ПГК с интерактивной функцией оценки контента на базе анализа навыков игрока



# Архитектура системы



# Направления развития

Предлагается улучшить процесс процедурной генерации контента за счет интеллектуального анализа данных о поведении множества игроков.

Моделирование поведения игроков позволит:

- ▶ Точнее оценивать контент за счет нахождения групп пользователей со схожим поведением
- ▶ Обучать алгоритм генерации за счет анализа пользовательского контента (UGC)