Система поиска пути в трехмерном пространстве

**Человек:** поиск пути, граф, навигация, 3D-пространство

**Key words:** поиск пути, граф, навигация, 3D-пространство

=================================

**FastText\_KMeans\_Clean:** Главные недостатки метода:. При создании объекта, представленного в 3D-пространстве конкретной моделью, система извлекает сохраненный для этой модели НГ и ориентирует его в пространстве в соответствии с координатами и поворотом объекта. 3. Если найдена всего 1 ТП, то идет поиск сегментов НГ, перпендикуляр к которым из начальной или конечной точки имеет длину < ε. сложность зависит от метода поиска на графе.

**Key words part:** 0.75

=================================

**FastText\_KMeans\_Raw/:** Главные недостатки метода:. При создании объекта, представленного в 3D-пространстве конкретной моделью, система извлекает сохраненный для этой модели НГ и ориентирует его в пространстве в соответствии с координатами и поворотом объекта. 3. Если найдена всего 1 ТП, то идет поиск сегментов НГ, перпендикуляр к которым из начальной или конечной точки имеет длину < ε. сложность зависит от метода поиска на графе.

**Key words part:** 0.75

=================================

**FastText\_PageRank\_Clean/:** ПП - важная часть виртуальной 3D среды. Персонаж занимает одну клетку. Главные недостатки метода:. Основные недостатки:. Оценим сложность алгоритма (табл. Была взята выборка из 10000 реальных случаев ПП. Замеры производились на компьютере с ЦП Intel Core 2 Duo 2.7 ГГц (использовалось 1 ядро). Среднее время поиска – 24 мкс, минимальное время поиска – 1 мкс, максимальное время поиска - 110 мкс.

**Key words part:** 0.625

=================================

**FastText\_PageRank\_Raw/:** Персонаж занимает одну клетку. Главные недостатки метода:. · Сложность задания НГ (большой объем ручной работы). Основные недостатки:. Полученный граф добавляется в общий список НГ. При поиске выполняются следующие шаги:. Оценим сложность алгоритма (табл. Замеры производились на компьютере с ЦП Intel Core 2 Duo 2.7 ГГц (использовалось 1 ядро).

**Key words part:** 0.75

=================================

**Mixed\_ML\_TR/:** Для ПП получили распространение 3 основных метода: алгоритм А\*, НГ, метод сочетания эвристик в трехмерном пространстве. Рис.2. НГ (Серые прямоугольники – препятствия, черные линии – ребра графа, черные точки – вершины графа, пунктирная линия – найденный путь). · В большом числе ситуаций не может найти правильный путь, так как при разрешении коллизии путь ищется локально. · В случае столкновения с препятствием сложность разрешения коллизии может быть очень высокой и напрямую зависеть от детальности трехмерного мира. Это требуется для корректного ПП в случае, если НГ расположен вблизи отрезка, соединяющего начальную и конечную точку. 2. Поиск НГ, которые пересекаются удлиненным отрезком. 3. Если найдена всего 1 ТП, то идет поиск сегментов НГ, перпендикуляр к которым из начальной или конечной точки имеет длину < ε.

**Key words part:** 0.875

=================================

**MultiLingual\_KMeans/:** · В большом числе ситуаций не может найти правильный путь, так как при разрешении коллизии путь ищется локально. · В случае столкновения с препятствием сложность разрешения коллизии может быть очень высокой и напрямую зависеть от детальности трехмерного мира. Это требуется для корректного ПП в случае, если НГ расположен вблизи отрезка, соединяющего начальную и конечную точку. 2. Поиск НГ, которые пересекаются удлиненным отрезком.

**Key words part:** 0.75

=================================

**Multilingual\_PageRank/:** Также ПП используется в компьютерных играх, различных симуляторах и тренажерах, чтобы обеспечивать корректное перемещение персонажей, управляемых компьютером. · Трудно учитывать перемещающиеся препятствия, так как они могут занимать до 4 клеток сразу (если размер препятствия 1 клетка). · Большое время ПП при большом количестве клеток. Все ребра графа являются проходимыми (персонаж может пройти по ним, не наткнувшись на препятствие). Главные недостатки метода:. Также можно оценить среднее время ПП. Была взята выборка из 10000 реальных случаев ПП. Замеры производились на компьютере с ЦП Intel Core 2 Duo 2.7 ГГц (использовалось 1 ядро).

**Key words part:** 0.625

=================================

**RuBERT\_KMeans\_Without\_ST/:** При появлении на выбранном пути какого-либо препятствия система должна автоматически скорректировать найденный путь. · Значительное время ПП в графе с большим числом ребер. · В случае столкновения с препятствием сложность разрешения коллизии может быть очень высокой и напрямую зависеть от детальности трехмерного мира. 3. Если найдена всего 1 ТП, то идет поиск сегментов НГ, перпендикуляр к которым из начальной или конечной точки имеет длину < ε. 6. Внутри получившихся частей списка ПП ведется отдельно, а крайние точки соседних частей соединяются прямым отрезком. · 2 и более ТП — выполняем ПП по крайним ТП по критерию минимальной суммарной длины сегментов.

**Key words part:** 0.875

=================================

**RuBERT\_KMeans\_With\_ST/:** ПП - важная часть виртуальной 3D среды. В приведенном примере сложность расчетов напрямую зависит от числа полигонов 3D-мира. При поиске выполняются следующие шаги:. 3. Если найдена всего 1 ТП, то идет поиск сегментов НГ, перпендикуляр к которым из начальной или конечной точки имеет длину < ε.

**Key words part:** 0.625

=================================

**RUBERT\_page\_rank\_Without\_ST/:** Персонаж занимает одну клетку. · Перемещение по клеткам выглядит очень неестественно в трехмерном пространстве. Главные недостатки метода:. · Сложность задания НГ (большой объем ручной работы). Основные недостатки:.

**Key words part:** 0.5

=================================

**RUBERT\_page\_rank\_With\_ST/:** Персонаж занимает одну клетку. Главные недостатки метода:. Основные недостатки:. Замеры производились на компьютере с ЦП Intel Core 2 Duo 2.7 ГГц (использовалось 1 ядро). Среднее время поиска – 24 мкс, минимальное время поиска – 1 мкс, максимальное время поиска - 110 мкс.

**Key words part:** 0.625

=================================

**RUSBERT\_KMeans\_Without\_ST/:** Для ПП получили распространение 3 основных метода: алгоритм А\*, НГ, метод сочетания эвристик в трехмерном пространстве. Задача ПП сводится к нахождению ближайших вершин к начальной и конечной точке, а затем к ПП на графе между этими вершинами с использованием критерия минимального веса общего пути (рис 2). · Значительное время ПП в графе с большим числом ребер. · В случае столкновения с препятствием сложность разрешения коллизии может быть очень высокой и напрямую зависеть от детальности трехмерного мира.

**Key words part:** 0.75

=================================

**RUSBERT\_KMeans\_With\_ST/:** НГ [2] – это граф, вершины которого - трехмерные точки, ребра графа - отрезки, соединяющие эти точки, с ценой равной длине отрезка. Метод сочетания эвристик [3] в трехмерном пространстве предполагает применение специального алгоритма разрешения проблемной ситуации для небольшого числа распространенных случаев необходимости обхода препятствия. Из числа найденных сегментов выбирается тот, длина перпендикуляра к которому меньше других, и добавляется ТП с перпендикуляром в общий список ТП. · 1 ТП — путь касается НГ, и поиск оптимального пути не требуется.

**Key words part:** 0.875

=================================

**RUSBERT\_page\_rank\_Without\_ST/:** Персонаж занимает одну клетку. · Перемещение по клеткам выглядит очень неестественно в трехмерном пространстве. Основные недостатки:. 2. Поиск НГ, которые пересекаются удлиненным отрезком. При ПП внутри одного НГ рассматриваются варианты:.

**Key words part:** 0.625

=================================

**RUSBERT\_page\_rank\_With\_ST/:** Персонаж занимает одну клетку. Основные недостатки:. Все точки пересечения (ТП) сохраняются в общий список. 7. Полученные отрезки путей компонуются в единый путь. Замеры производились на компьютере с ЦП Intel Core 2 Duo 2.7 ГГц (использовалось 1 ядро).

**Key words part:** 0.625

=================================

**Simple\_PageRank/:** Пользователь не должен отвлекаться от основной цели (например, обучения) на решение проблем перемещения в пространстве, и если он хочет переместиться из одной точки в другую, то путь разумной длины должен быть обязательно найден. Для ПП получили распространение 3 основных метода: алгоритм А\*, НГ, метод сочетания эвристик в трехмерном пространстве. Метод получил большое распространение в 2D-пространстве (в играх-стратегиях и т.д.), однако при применении в 3D-пространстве имеет серьезные недостатки:. Возможным примером можно назвать попытку при столкновении с препятствием найти луч с минимальным отклонением от вектора взгляда персонажа, который бы не пересекался с полигонами 3D-мира. Это требуется для корректного ПП в случае, если НГ расположен вблизи отрезка, соединяющего начальную и конечную точку. Из числа найденных сегментов выбирается тот, длина перпендикуляра к которому меньше других, и добавляется ТП с перпендикуляром в общий список ТП.

**Key words part:** 0.625

=================================

**TextRank/:** Для ПП получили распространение 3 основных метода: алгоритм А\*, НГ, метод сочетания эвристик в трехмерном пространстве. Рис.2. НГ (Серые прямоугольники – препятствия, черные линии – ребра графа, черные точки – вершины графа, пунктирная линия – найденный путь). НГ [2] – это граф, вершины которого - трехмерные точки, ребра графа - отрезки, соединяющие эти точки, с ценой равной длине отрезка. Задача ПП сводится к нахождению ближайших вершин к начальной и конечной точке, а затем к ПП на графе между этими вершинами с использованием критерия минимального веса общего пути (рис 2). Это требуется для корректного ПП в случае, если НГ расположен вблизи отрезка, соединяющего начальную и конечную точку. 3. Если найдена всего 1 ТП, то идет поиск сегментов НГ, перпендикуляр к которым из начальной или конечной точки имеет длину < ε.

**Key words part:** 0.875

=================================

**TF-IDF\_KMeans/:** При появлении на выбранном пути какого-либо препятствия система должна автоматически скорректировать найденный путь. Для ПП получили распространение 3 основных метода: алгоритм А\*, НГ, метод сочетания эвристик в трехмерном пространстве. НГ [2] – это граф, вершины которого - трехмерные точки, ребра графа - отрезки, соединяющие эти точки, с ценой равной длине отрезка. В случае нахождения такого луча, персонаж перемещается по нему, а затем пытается следовать к конечной точке по прямому пути. В приведенном примере сложность расчетов напрямую зависит от числа полигонов 3D-мира. При создании объекта, представленного в 3D-пространстве конкретной моделью, система извлекает сохраненный для этой модели НГ и ориентирует его в пространстве в соответствии с координатами и поворотом объекта. 5. Список ТП разбивается на несколько частей, в каждой из которых идут подряд точки одного и того же графа. Также можно оценить среднее время ПП.

**Key words part:** 0.75

=================================

**Текст:** ПП - важная часть виртуальной 3D среды. Пользователь не должен отвлекаться от основной цели (например, обучения) на решение проблем перемещения в пространстве, и если он хочет переместиться из одной точки в другую, то путь разумной длины должен быть обязательно найден. При появлении на выбранном пути какого-либо препятствия система должна автоматически скорректировать найденный путь.. Также ПП используется в компьютерных играх, различных симуляторах и тренажерах, чтобы обеспечивать корректное перемещение персонажей, управляемых компьютером.. Для ПП получили распространение 3 основных метода: алгоритм А\*, НГ, метод сочетания эвристик в трехмерном пространстве.. Алгоритм А\* [1] подразумевает разбиение пространства на одинаковые клетки, для каждой из которых задано, проходима клетка или нет. Персонаж занимает одну клетку. По полученной матрице проходимости волновым алгоритмом или одной из его модификаций находится путь из одной клетки в другую (рис.1). Метод получил большое распространение в 2D-пространстве (в играх-стратегиях и т.д.), однако при применении в 3D-пространстве имеет серьезные недостатки:. · 3D-мир состоит из объектов произвольной формы, которые плохо ложатся на клеточную структуру поиска.. · Трудно учитывать перемещающиеся препятствия, так как они могут занимать до 4 клеток сразу (если размер препятствия 1 клетка).. · Перемещение по клеткам выглядит очень неестественно в трехмерном пространстве. Методы сглаживания пути сплайнами могут привести к проблемам с непроходимостью отдельных участков пути.. · Большое время ПП при большом количестве клеток.. . Рис. 1. Алгоритм А\* (Серые круги – точки начала и конца пути, черные клетки – препятствия, окружности – найденный путь.). . Рис.2. НГ (Серые прямоугольники – препятствия, черные линии – ребра графа, черные точки – вершины графа, пунктирная линия – найденный путь).. . НГ [2] – это граф, вершины которого - трехмерные точки, ребра графа - отрезки, соединяющие эти точки, с ценой равной длине отрезка. Все ребра графа являются проходимыми (персонаж может пройти по ним, не наткнувшись на препятствие). Задача ПП сводится к нахождению ближайших вершин к начальной и конечной точке, а затем к ПП на графе между этими вершинами с использованием критерия минимального веса общего пути (рис 2). Главные недостатки метода:. · Сложность задания НГ (большой объем ручной работы).. · Значительное время ПП в графе с большим числом ребер.. Метод сочетания эвристик [3] в трехмерном пространстве предполагает применение специального алгоритма разрешения проблемной ситуации для небольшого числа распространенных случаев необходимости обхода препятствия.. Возможным примером можно назвать попытку при столкновении с препятствием найти луч с минимальным отклонением от вектора взгляда персонажа, который бы не пересекался с полигонами 3D-мира. В случае нахождения такого луча, персонаж перемещается по нему, а затем пытается следовать к конечной точке по прямому пути.. Основные недостатки:. · В большом числе ситуаций не может найти правильный путь, так как при разрешении коллизии путь ищется локально.. · В случае столкновения с препятствием сложность разрешения коллизии может быть очень высокой и напрямую зависеть от детальности трехмерного мира. В приведенном примере сложность расчетов напрямую зависит от числа полигонов 3D-мира.. . На основе собственного расширения метода НГ была разработана система ПП для 3D мира. Вместо одного НГ в системе используется множество НГ, по одному для каждого объекта (рис. 3).. При загрузке трехмерной модели объекта вместе с геометрическим представлением загружаются в память сегменты НГ. При создании объекта, представленного в 3D-пространстве конкретной моделью, система извлекает сохраненный для этой модели НГ и ориентирует его в пространстве в соответствии с координатами и поворотом объекта. Полученный граф добавляется в общий список НГ.. ПП выполняется по известной начальной и конечной точке. При поиске выполняются следующие шаги:. 1. Удлинение отрезка, соединяющего начальную и конечную точку, на некоторый ε с обеих сторон. Это требуется для корректного ПП в случае, если НГ расположен вблизи отрезка, соединяющего начальную и конечную точку.. 2. Поиск НГ, которые пересекаются удлиненным отрезком. Все точки пересечения (ТП) сохраняются в общий список.. 3. Если найдена всего 1 ТП, то идет поиск сегментов НГ, перпендикуляр к которым из начальной или конечной точки имеет длину < ε. Из числа найденных сегментов выбирается тот, длина перпендикуляра к которому меньше других, и добавляется ТП с перпендикуляром в общий список ТП.. 4. ТП сортируются по удаленности от начальной точки пути.. 5. Список ТП разбивается на несколько частей, в каждой из которых идут подряд точки одного и того же графа.. 6. Внутри получившихся частей списка ПП ведется отдельно, а крайние точки соседних частей соединяются прямым отрезком. При ПП внутри одного НГ рассматриваются варианты:. · 1 ТП — путь касается НГ, и поиск оптимального пути не требуется.. · 2 и более ТП — выполняем ПП по крайним ТП по критерию минимальной суммарной длины сегментов.. 7. Полученные отрезки путей компонуются в единый путь.. Оценим сложность алгоритма (табл. 1), п. 1, 5, 6 можно опустить за незначительностью объема расчетов.. В п. 7. сложность зависит от метода поиска на графе. Если М –кол-во вершин, а N – ребер, то для алгоритма Дейкстры сложность составит O(M2 + N) или O(N2), т.к. N сравнимо с M в нашем случае.. Также можно оценить среднее время ПП. Была взята выборка из 10000 реальных случаев ПП. Замеры производились на компьютере с ЦП Intel Core 2 Duo 2.7 ГГц (использовалось 1 ядро).. Среднее время поиска – 24 мкс, минимальное время поиска – 1 мкс, максимальное время поиска - 110 мкс. Полученные результаты говорят о возможности применения алгоритма в реальном времени.