

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ

УДК 51.77

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДЕЙ

© 2017 Аббас Джасем Хуссей, Андерсон Дэвид

*Министерство высшего образования и научных исследований Республики Ирак
Восточный Мичиганский университет, Ипсиланти, Мичиган*

В данной работе рассматриваются модели движения потоков людей. Указаны особенности стохастических и непрерывных подходов.

Ключевые слова: моделирование, движение людей, детерминированный подход, стохастический подход.

Среди важных компонентов создания нормальной жизнедеятельности в городских условиях можно отметить вопрос, касающийся безопасности перемещения людей при условиях ограниченных пространств и большого числа других перемещающихся людей.

Например, жители современных мегаполисов могут столкнуться с проблемами перемещения в толпе, при нахождении в общественном транспорте, в областях подземных переходов, в турникетах и на эскалаторах метрополитена. Кроме этого, существуют большие проблемы при эвакуации людей из зданий во время каких-либо чрезвычайных обстоятельств.

Вследствие того, что осуществляется бурное развитие средств вычислительной техники, новых компьютерных технологий, возникают новые данные о моделируемых явлениях, что позволило исследователям построить довольно сложные модели перемещения людей.

Математические модели, описывающие процессы движения людей формируются большей частью на основе таких двух подходов: непрерывный и дискретный (для времени и пространства). В непрерывном подходе исходят из того, что процесс движения людей описывается на основе дифференциальных уравнений. Подобные моде-

ли дают возможности для учета действительных размеров зданий и использования индивидуального подхода при описании характеристик (физические и эмоциональные) людей.

Для непрерывных по пространству моделей перемещение людей может происходить внутри здания от одной из точек пространства к любой другой доступной точки.

Для дискретных подходов идет разбиение пространства на ячейки, которые являются достаточно мелкими.

Во многих случаях частицей занимается одна ячейку. Перемещение может быть лишь по ячейкам для каждого расчетного шага, направления перемещения являются ограниченными.

Вследствие такого представления существенным образом увеличивается скорость вычислений.

Помимо этого дискретные модели характеризуются более гибким инструментом при описании (учете) взаимодействий каждого из людей с окружающей средой (другие люди, инфраструктура, поступающая информация).

Поэтому в некоторые компьютерные программы, связанные с расчетом эвакуации, включены возможности ведения комбинированных расчетов. Там, где является важной скорость вычислений, применяют дискретные модели, а там, где точность, – непрерывные.

При индивидуальном представлении людей идет обработка каждого человека в рамках расчетного алгоритма отдельным образом, могут приниматься во внимание

Аббас Джасем Хуссей – сотрудник, Министерство высшего образования и научных исследований Республики Ирак, abbas.jasem@yandex.ru.
Андерсон Дэвид – сотрудник, Восточный Мичиганский университет, Ипсиланти, Мичиган, anderson.dewid@yandex.ru.

индивидуальные характеристики людей (масса, возраст, пол, скорость движения, роль в процессе эвакуации и др.). Когда рассматривается глобальное представление, то анализируется только движение совокупности людей при определенных однородных характеристиках.

В случае детерминированных моделей в некоторой ситуации, когда все прочие равные условия, моделью предписываются одинаковые движения для людей. Но процесс движения людей является случайным процессом, понятно, что даже одним и тем же человеком при одинаковых условиях может быть произведено отклонение от предыдущих траекторий.

Однако, в общем для людей можно говорить о направленности и предсказуемости их движений.

В этой связи использование в модели элементов случайности в определенной мере позволяет решить проблему математической формулировки случайных действий людей, поскольку проявляется закон больших чисел.

Вследствие того, что вводятся элементы случайности в модели, происходит сглаживание недостатка знаний о процессах принятия решений, когда идет движение, особенно это касается экстренных случаев.

Применение стохастических моделей позволяет проводить воспроизведение и изучение не единственной реализации эвакуации, а распределения при выделении наиболее используемых маршрутов, минимальных, максимальных и средних времен эвакуации и др.

Человеческие следы на снежном покрове являются похожими на потоки жидкости, для границ, существующих между встречных потоков, можно увидеть возникновение «языков вследствие того, что есть разность в вязкостях», когда рассматривается перемещение через стоячую толпу, то траекторию движения можно сравнить с речным потоком, в плотной толпе можно наблюдать, как распространяется ударная волна.

В этой связи первые из моделей движения людей базировались на уравнениях динамики жидкостей и газов. Это непрерывные детерминированные модели с глобальным представлением людей и низкой точностью.

Существуют модели движения людей, базирующиеся на теории клеточных автоматов. В этих моделях процессы взаимодей-

ствия среди частиц происходят в рамках некоторых правил.

Время, пространство, параметры состояния рассматриваются как дискретные величины. Дискретность по времени означает обновление позиции частиц для четко определенных шагов.

Для компьютерного моделирования реализация происходит на основе параллельного или одновременного обновления, где передвижение всех частиц происходит в одно и то же время. Есть соответствие временного шага естественной шкале времени, ее можно идентифицировать со временем реакции.

Это можно применять при калибровке модели, которая требуется для количественных расчетов. Естественную пространственную дискретизацию можно получить из максимальной плотности, которая наблюдается по плотному потоку, она определяет минимальное пространство, занимаемое лишь одним человеком.

Одной из распространенных является КА-модель, которая базируется на так называемых полях при моделировании движущих сил и взаимодействии с другими людьми.

В такой модели используются два поля – динамическое и статическое. Указанные поля характеризуются такой же дискретной структурой, как и само пространство, по которому идет движение людей в КА моделях.

Есть соответствие динамического поля виртуальному следу, который формируется при движении частиц по одной и той же клетке и существует влияние на движение других. Оно характеризуется своей собственной динамикой, а именно, рассеиванием и забыванием.

Нет изменения статического поля во времени, оно рассматривается как карта местности, на которой каждая ячейка имеет обратное расстояние до ближайшего выхода при учете всех недвижимых препятствий.

Нет зависимости поля от того, есть ли люди в анализируемой области. Идет уменьшение значений статического поля при увеличении расстояния от двери.

В модели применяется полностью параллельное обновление. В этой связи появляются конфликты, которые связаны с тем, что на одну ячейку может претендовать не одна частица. При этом с вероятностью одной из частиц, которую выбирают случайным образом из всех кандидатов, разрешают сделать перемещение в спорную клет-

ку, остальные будут оставлены на своих местах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев С. В. Эвакуация здания массового назначения / С. В. Беляев. – М.: Издат. Всесоюзной академии архитектуры, 1938. – 72с.

2. Предтеченский В. М. Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков: Учеб. пособие для вузов / В. М. Предтеченский, А. И. Милинский. – М.: Стройиздат, 1979. – 375с.

3. Кирик Е. С. О дискретной модели движения людей с элементом анализа окружающей обстановки / Е. С. Кирик, Т. Б. Юргельян, Д. В. Круглов // Журнал Сибирского федерального университета, Серия «Математика и физика». – 2008 – Т. 1. – № 3. – С. 266-276.

4. Львович И. Я. Моделирование процессов освещения помещений с использованием датчиков движения / И. Я. Львович, Я. Е. Львович, А. П. Преображенский,

О. Н. Чопоров // Телекоммуникации. – 2017. – № 1. – С. 45-48.

5. Преображенский А. П. Проблемы моделирования движения пешеходных потоков / А. П. Преображенский // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2015. – № 3 (10). – С. 15.

6. Преображенский Ю. П. Разработка методов формализации задач на основе семантической модели предметной области / Ю. П. Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2008. – № 3. – С. 075-077.

7. Зяблов Е. Л. Построение объектно-семантической модели системы управления / Е. Л. Зяблов, Ю. П. Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2008. – № 3. – С. 029-030.

8. Клименко Г. Я. Методика и результаты преобразования лингвистических характеристик в численные оценки факторов риска / Г. Я. Клименко, В. П. Косолапов, О. Н. Чопоров // Сибирский Консилиум. – 2001. – № 4. – С. 25.

THE SIMULATION OF MOVEMENT OF PEOPLE

© 2017 *Abbas Jassim Hussey, Anderson David*

*The Ministry of higher education and scientific research of the Republic of Iraq
Eastern Michigan University, Ypsilanti, Michigan*

In this paper, the model of flow of people. Specified features of the stochastic and continuous approaches.

Key words: modeling, movement of people, deterministic and stochastic approach.