

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
Национального исследовательского
Томского государственного университета,
доктор физико-математических наук



И.В. Ивонин

« 04 » сентября 2017 г.

Отзыв

ведущей организации на диссертационную работу

Витовой Татьяны Брониславовны

«Построение и исследование клеточно-автоматной стохастической модели движения людей», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Диссертационная работа Т.Б. Витовой посвящена разработке и исследованию клеточно-автоматной стохастической модели движения людей в зданиях и сооружениях различной геометрии.

Моделирование движения людей является актуальной научно-практической задачей; эта задача представляет интерес, как с научной точки зрения, так и с точки зрения практических приложений. Обеспечение безопасности движения (эвакуации) людей в зданиях и сооружениях является главной задачей для проектировщиков и ответственных за эксплуатацию зданий и сооружений лиц, и решение этой задачи невозможно без разработки моделей движения людей. Несмотря на активные исследования и большое количество публикаций в этой области, разработанные модели имеют определенные ограничения, и развитие моделей продолжается с целью более адекватного описания движения людей в различных ситуациях. Одной из наиболее активно исследуемых моделей в последнее время стала модель клеточного автомата (КА-модель), которая привлекательна, как возможностью достаточно «стандартного» расширения значений параметров, так и очень хорошими возможностями для визуализации. Предметом исследования в моделях, основанных на теории клеточных автоматов, является определение вероятностей перехода и правил перехода, таким образом, чтобы воспроизводить направленное к цели движение людей в зданиях и сооружениях различной геометрии, чтобы сохранить свойства движения людей при моделировании их поведения. Соответственно, актуальным вопросом является исследование построенной модели на предмет соответствия свойствам и особенностям движения людей, в том числе подготовка тестовых задач, на которых можно было бы сравнивать адекватность и точность различных моделей.

Содержание. Диссертация объёмом 171 страницу состоит из введения, четырёх глав и заключения, списка литературы из 144 источников и двух приложений.

Во введении обоснована актуальность, сформулированы цели работы, приведены положения, выносимые на защиту согласно пунктам паспорта специальности, научная новизна работы, её теоретическая и практическая значимость.

Первая глава представляет собой литературный обзор. Представлены данные о движении людей и выбраны те, которые будут внедряться в модель. Введены понятия стратегий терпеливого человека, кратчайшего пути и быстрого пути. Приведены классификация и примеры моделей движения людей, способы их исследования. Отдельно рассмотрены клеточно-автоматные модели движения людей. Следует отметить, что соискатель отмечает существенный вклад в решение проблемы Российскими исследователями.

Вторая глава посвящена формализованному описанию разработанной клеточно-автоматной стохастической модели движения людей, содержит постановку задачи и основные составляющие модели, такие как правила переходов, переходные вероятности, параметры модели, статическое поле (поле расстояний). Автор вводит в модель стратегии терпеливого человека, кратчайшего пути и быстрого пути; эти понятия формализуются и на их основе разрабатываются правила переходов и переходные вероятности. Формальное представление в КА-модели стратегий терпеливого человека, кратчайшего пути и быстрого пути является одним из новых научных результатов, полученных автором работы. Анализируются способы использования поля расстояний в формуле переходных вероятностей.

Диссертационная работа направлена на практическое использование предложенных решений, поэтому в третьей главе представлены блок-схемы алгоритмов моделирования и разработанный пакет прикладных программ. Приведены исследования разработанной модели на тестовых задачах. Исследуются зависимость времени выхода из расчётной области от плотности расположения частиц в расчётной области, интегральные характеристики движения частиц (интенсивность, конфликтность, простаивание, двигательная активность), частоты выбора направлений. Рассмотрено влияние параметров модели на время выхода и характер движения частиц. Изучена и проиллюстрирована разница стратегий кратчайшего пути и быстрого пути. Показано, что реализуется растекание потока. Изучено пересечение и слияние потоков в модели. В конце главы рассмотрен пример движения частиц в здании учебного заведения.

Четвёртая глава посвящена исследованию модели на соответствие фундаментальным диаграммам (зависимость потока от плотности расположения частиц в расчётной области), сравнению с данными натурных экспериментов из литературных источников посредством фундаментальных диаграмм. Фундаментальные диаграммы рассматриваются как на прямых участках пути, так и на участках с поворотами и в сужениях. Изучено влияние различных поворотов на фундаментальные диаграммы. Проведено уточнение определения скорости движения людского потока для вычисления времени выхода из расчётной области в естественных единицах измерения (в секундах). На основании данного уточнения проводится сравнение с фундаментальными диаграммами из литературных источников. Установлено, что фундаментальные диаграммы, построенные по модельным данным, соответствуют фундаментальным диаграммам из литературных источников до плотности 2,88 человек на квадратный метр.

Рассмотрен пример эвакуации из Малого и Камерного залов Красноярской краевой филармонии. Можно было бы пожелать автору рассмотреть КА-модель с бóльшим количеством соседей, чтобы оценить соответствие модели фундаментальным диаграммам с бóльшими значениями плотности, но, по-видимому, это будет одним из направлений дальнейшей работы автора.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

В приложениях приведены дополнительные графики по исследованию модели и акты о внедрении.

Публикации и соответствие автореферата диссертационной работе.

Основные результаты диссертационной работы Витовой Т.Б. опубликованы в 8 статьях в журналах из списка, рекомендованного ВАК, в 5 статьях в других рецензируемых изданиях, в 11 трудах и тезисах конференций. Следует отметить, что автором (совместно с соавторами) опубликован ряд работ в престижном международном журнале *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, что безусловно позволяет автору быть в курсе исследований в настоящей области не только в России, но и во всем мире.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа Витовой Т.Б. соответствует следующим пунктам паспорта специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ:

Пункт 1. Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений.

Пункт 4. Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента.

Пункт 6. Разработка новых математических методов и алгоритмов проверки адекватности математических моделей объектов на основе данных натурного эксперимента.

Пункт 8. Разработка систем компьютерного и имитационного моделирования.

Научные результаты и их новизна:

1. Предложена и программно реализована клеточно-автоматная стохастическая модель движения людей, в которой впервые сформулированы и формализованы понятия стратегий «терпеливого человека», «кратчайшего пути», «быстрого пути», для чего преобразованы стандартные правила и вероятности переходов.
2. Предложен новый способ использования поля расстояний в формуле переходных вероятностей, который снимает существующие ограничения на размеры расчётной области в сравнении с аналогичными моделями.
3. Проведены численные эксперименты для ряда тестовых задач. Предложены новые тестовые задачи для моделей движения людей: растекание потока, построение фундаментальных диаграмм при наличии поворотов. Показана применимость

разработанной модели для движения людей в разнообразных геометриях расчётной области.

4. Предложено и обоснованно уточнение скорости движения для перевода дискретных временных шагов в естественные единицы измерения (в секунды). Показано, что модель соответствует фундаментальным диаграммам до плотности людей в расчетной области 2,88 человек на квадратный метр.

Теоретическая и практическая значимость

Теоретическая значимость результатов состоит в развитии клеточно-автоматной стохастической модели движения людей. Введены и формализованы стратегии движения «терпеливого человека», «кратчайшего пути», «быстрого пути», предложен способ уточнения скорости движения для перевода дискретных временных шагов в естественные единицы измерения (в секунды).

Модель может быть использована для исследования и визуализации процесса движения людей, когда не требуется точное воспроизведение линейных размеров зданий и сооружений, и в качестве обучения правилам эвакуации.

Результаты диссертации могут быть использованы в специализированных организациях, занимающихся вопросами пожарной безопасности, эвакуацией (ФГБУ ВНИИПО МЧС России, Академии ГПС МЧС России, ФГБОУ ВО «Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России» и др.); в научных организациях и вузах, занимающихся развитием методов математического моделирования пешеходного движения (ИВМ СО РАН, НИУ ВШЭ, ФГБОУ ВО ПГУТИ и др.).

Замечания:

1. Работа написана хорошим языком, однако в ней присутствуют орфографические ошибки, такие как отсутствие запятой перед словами «либо», «при которой» (стр. 4, стр. 129) и др. Особенно хотелось бы отметить пунктуацию при перечислении, в различных частях работы пунктуация различная. В ряде мест (см., например, стр. 107) после точки текст начинается с маленькой буквы, а в конце пункта стоит запятая. В некоторых местах заметно, что текст является переводом с английского, см. например, на стр. 3 предложение, заканчивающееся «... существенное *улучшение над* другими моделями».
2. Положения, выносимые на защиту, оформлены несколько нестандартно: после пункта 1 следует пункт 4 и т.д. Из автореферата можно понять, что автор хотел подчеркнуть соответствие полученных результатов паспорту специальности, но, возможно, читателю было бы проще, если бы результаты, выносимые на защиту, были представлены в виде простого перечисления.
3. Мы также отмечаем, что обзор современных программных продуктов в исследуемой области мог бы быть более полным, принимая во внимание, что практически все коммерческие продукты имеют бесплатные демоверсии.

Перечисленные выше недостатки не снижают ценности работы.

Заключение.

Диссертационная работа Витовой Татьяны Брониславовны «Построение и исследование клеточно-автоматной стохастической модели движения людей» является научно-квалифицированной работой, соответствующей требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук, установленным «Положением о присуждении учёных степеней», а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Диссертация и отзыв рассмотрены и обсуждены на семинаре Института прикладной математики и компьютерных наук 01 сентября 2017 года, протокол № 1.

Заведующий лабораторией компьютерных наук
Томского государственного университета,
доктор технических наук по специальности 05.13.01,
профессор



Евтушенко Нина Владимировна

Профессор кафедры программирования
Томского государственного университета,
доктор технических наук по специальности 05.13.01,
профессор

системный анализ, управление и обработка информации



Матросова Анжела Юрьевна

01.09.2017

Сведения о ведущей организации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36
Телефон: (3822) 52-98-52
Адрес электронной почты: rector@tsu.ru
Web-сайт организации: <http://www.tsu.ru>

