

УДК 656.13

А.П.Преображенский  
**ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ  
ПЕШЕХОДНЫХ ПОТОКОВ**

*Воронежский институт высоких технологий*

*В работе рассматриваются особенности моделирования движения пешеходов. Приведены характеристики основных физических законов, лежащих в основе описания основных методик, применяемых при решении подобных задач. Описываются практические приложения моделирования пешеходных потоков.*

**Ключевые слова:** моделирование, пешеход, движение, поток, система, дорога, организация.

Уже довольно давно процессы движения людей представляют собой одно из интересных и практически важных направлений при планировании. Всегда государство и соответствующие структуры стремились к тому, чтобы были обеспечены безопасность и комфорт при движении пешеходов [1-3].

Характеристики моделирования пешеходных потоков приобретают все большее значение при условиях увеличивающегося населения в крупных городах и роста объемов строительства зданий.

Целью данной работы является рассмотрение особенностей моделирования движения пешеходных потоков.

Условия безопасности перемещения пешеходов и то, как происходит разграничение их по отношению к транспортным средствам, может быть соблюдено на основе формирования тротуаров при более высоких уровнях и путем того, что они отделяются от дороги при помощи колонн, портиков.

Поведение пешеходов можно рассматривать как весьма сложный процесс, в этой связи, когда идет планирование объектов, имеющих высокую плотность пешеходного движения и ограниченное пространство, при проведении процессов оптимизации пешеходных потоков, будет гарантировано предотвращение дискомфорта и уменьшаются задержки, а также повышается безопасность движения, при этом используют имитационное моделирование. Оно будет полезно, в том числе, и при решении таких задач:

- исследование взаимодействия пешеходов и других видов транспорта;
- осуществление проведения мероприятий для большого скопления людей;
- проведение массовой эвакуации людей с тех мест, где их большая концентрация;
- проведение проверки функционирования пропускных систем.

Среди многих задач, связанных с моделированием больших потоков людей следует выделить имитацию того, как эти потоки двигаются при наличии различных ограничителей.

Помимо того, что имитируются препятствия, решаются задачи, нацеленные на анализ причин, способных изменить в течение короткого времени направления движения людей, их настроения, логики перемещения. Иногда говорят о таких исследованиях как об изучении явления «поведение толпы».

В течение последнего времени исследователями были разработаны некоторые модели для того, чтобы моделировать потоки пешеходов. Большой частью в них применяются определенные физические законы, для того, чтобы свести пешеходов как объектов к представлению их в виде элементарных частиц. Подобные модели имеют, например, такие признаки [4-6]:

- 1) Модели магнитных сил пешеходов рассматривают как заряды, которые помещают в магнитное поле. При этом пешеходы и препятствия имеют положительный заряд, а цель движения - отрицательный;
- 2) Рассматривают воздействие двух сил на заряды - одна из них позволяет учесть эффекты отталкивания между пешеходами, чтобы они не столкнулись, а вторая сила - это сила Кулона.
- 3) Преимущества данной модели определяются тем, что поскольку расчеты ведутся на основе аналитических формул, будет обеспечиваться быстрый расчет, а сама модель довольно простая.
- 4) В качестве недостатков модели можно отметить трудности определения индивидуальных характеристик пешеходов, связанных с их предпочтениями, особенно в условиях чрезвычайных ситуаций или паники.
- 5) Модели, в которых используется теория очередей, то есть при рассмотрении движений пешеходов необходимо привлекать вероятностные функции.
- 6) Можно ввести вероятность прибытия пешеходов в определенное место, где они ожидают некоторое время и затем двигаются дальше. Очереди могут объединяться в сеть, содержащую некоторое количество узлов, по мере перемещения от узла к узлу меняется вероятность их выбора и осуществляется оценка количества пешеходов в выбранный момент времени.
- 7) Модели, в которых движение пешеходов рассматривается с использованием теории клеточных автоматов. Пространство представляют в виде сетки. Пешеход может разместиться только в одной клетке. Процесс движения пешеходов моделируют как

перехода их между клетками на основе определенных правил, то есть пешеход рассматривается как автомат.

8) Модель на основе газо-кинетического подхода позволяет рассматривать поведение пешеходов таким же образом как двигаются молекулы в газе. Нельзя знать какова точная скорость пешехода и какое его положение, поэтому пользуются статистическим распределением частиц. При этом при встрече с препятствиями поведение пешеходов и молекул будет похожим.

9) Модель социальных сил, основывается на Ньютоновской механике для того, чтобы описывать движение пешеходов. То есть, в классической механике силы являются причиной движения. В рассматриваемой модели силы возникают вследствие социальных взаимодействий. Силы определяются из решения соответствующих дифференциальных уравнений.

Существуют характерные особенности движения пешеходов. Пешеход, ориентируясь в текущей ситуации, стремится к выбору самого короткого пути. Движение каждого из них индивидуально. Пешеходам приходится находиться на определенных расстояниях друг от друга, чтобы не столкнуться. Величина этого расстояния определяется плотностью потока людей и тем, какова их скорость движения.

Если пешеходы слишком близко приблизятся друг к другу, то будет возникать сила трения.

Но также есть и так называемые аттракторы, то есть области, которые привлекают пешеходов.

В отличие от обычного закона движения заявок в системах массового обслуживания, люди при движении могут изменять параметры своего движения, причем, иногда, весьма существенным образом. Та область, которая в данный момент видна пешеходу, является более предпочтительной, с точки зрения анализа.

Пешеход может при своем движении идти вместе с кем-то, при этом, когда они встречают определенные препятствия, их закономерности перемещения могут существенным образом различаться, причем отличия бывают и от хорошо известных и используемых законов и закономерностей.

Пешеход должен обладать определенной свободой, которая выражается в возможностях движения с той скоростью, которую он желает, обгона других людей и изменения направлений своего движения, но при этом для других пешеходов не создаются помехи.

Отличия от обычных закономерностей могут возникать и не только при групповом движении пешеходов, но и индивидуальном.

В модель социальных сил входит большое число сил, представляющих собой разные влияния, которые воздействуют на

пешеходов в действительности. На основе суммы всех сил можно описать перемещения и направления пешеходов.

Для того, чтобы воспроизвести правдоподобное поведение моделей для пешеходных потоков необходимо осуществлять обработку больших массивов информации, относящихся к другим дисциплинам - педагогике, психологии и др.

Если мы воспринимаем такую информацию, то можем более полным образом строить модель поведения пешеходов.

Когда выбирается модель, то требуется осуществить определение совокупности параметров, которые входят в модель:

Модель может быть микроскопическая и макроскопическая. В первом случае характеристики отдельных пешеходов могут быть выделены и отслежены. Во втором случае поток рассматривается целиком, без выделения отдельных пешеходов.

Для детерминированных моделей мы имеем информацию по всем параметрам движения пешеходов. В стохастических моделях пешеходы могут разным образом вести себя в одних и тех же ситуациях.

Модели, могут базироваться на правилах, или на силах. В первом случае решения принимаются, исходя из данных, касающихся настоящего состояния пешехода. Во втором случае решение со стороны пешехода создается на основе той информации, которую он получает из внешней среды, и чем внешнее воздействие больше, тем в большей степени решение пешехода от него зависит.

С точки зрения практических приложений моделирования пешеходных потоков, можно отметить такие [7-11]:

- проведение расчетов характеристик пропускной способности помещений. Предположим, что требуется осуществить постройку торгового центра, подземного пешеходного перехода, автовокзала и других крупных объектов. В таких случаях возникают задачи: каким образом проводить конфигурирование помещений так, чтобы не было помех пешеходных потоков друг для друга, людям было бы комфортно, но при этом их обслуживание было бы на должном уровне.
- решение задач, направленных на организацию пешеходного движения. Когда происходит строительство крупных развлекательных центров, музеев, стадионов, то требуется создавать организацию движения людей, при этом необходимо проводить анализ по всем объектам, которые могут встретиться на пути пешеходов. Задача будет тем сложнее, чем больший размер имеет помещение, большее количество людей перемещается, большее число параметров рассматривается.

- проведение работ по планированию эвакуации людей. Существуют особенности поведения людей в чрезвычайных ситуациях, связанные с тем, что проявляется агрессия. Вследствие того, что люди должны максимально быстрым образом покидать опасные места, должны быть предусмотрены возможности быстрого изменения параметров их движения в таких ситуациях.

Проведение моделирования эвакуации людей и того, каким образом изменяются опасные факторы пожара в определенной мере применяется при нормировании параметров эвакуационных путей для зданий и сооружений, имеющих разное назначение. Понятие норм, касается степени отображения моделями реального мира на текущий момент.

С одной стороны, в математическом представлении необходимо представить наиболее полное описание характеристик, относящимся к реальным явлениям. Но, с другой стороны, должна быть достигнута приемлемая точность модели, которая определяется используемым математическим аппаратом и характеристиками вычислительной техники.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Helbing, D. et al, Simulating dynamical features of escape panic, Nature, v. 407, pp 487-490, 2000.
2. Бадалян А.М., Ерёмин В.М. Компьютерное моделирование конфликтных ситуаций для оценки уровня безопасности движения на двухполосных автомобильных дорогах - М.:ИКФ "Каталог", 2007.-240 с.
3. <http://metodist.lbz.ru/authors/informatika/8/files/10kl-g3.pdf>
4. <http://old.ptv-vision.ru/assets/Uploads/data/publication-Modelirovanie-peshehodnyh-potokov.pdf>
5. Малинецкий Г.Г., Степанцов М.Е. Применение клеточных автоматов для моделирования движения группы людей / Журнал вычислительной математики и математической физики, 2004. № 44. С. 2094 -2098.
6. Akopov S., Beklaryan A. Simulation of human crowd behavior in extreme situations / International Journal of Pure and Applied Mathematics, v. 79, № 1, 2012, p. 121-138.
7. Холщевников, В.В. Людские потоки в зданиях, сооружениях и на территории их комплексов : дис. : докт. техн. наук, М., 1983. - 479 с.
8. Аристов А. О. О многосортности потоков в квазиклеточных сетях / Научный вестник МГГУ. - 2014. - № 1 (46). - С. 8-14.
9. <http://vestnik.msmu.ru/files/2/20110624134027.pdf>
10. Рябчинский А.И. Организация перевозочных услуг и безопасность транспортного процесса. - М.: Академия, 2011. - 319 с.

11. Кисляков В. М., Филиппов В. В., Школяренко И. А. Математическое моделирование и оценка условий движения автомобилей и пешеходов / М. : Транспорт, 1979, 200 с.

A. P.Preobrazhensky

**THE PROBLEM OF MODELING THE PEDESTRIAN FLOW**

*Voronezh Institute of high technologies*

*The paper discusses the modeling of pedestrian traffic. The characteristics of the main physical laws that form the basis of the description of the basic techniques used in solving such problems. The practical applications of modeling pedestrian flows is described.*

**Keywords:** simulation, pedestrian, traffic, flow, system, road, organization.