

# Модели движения толпы

Tatiana SCOROHODOVA, Liuba GONTA

Universitatea Tehnică a Moldovei

[tatiana.scorohodova@ati.utm.md](mailto:tatiana.scorohodova@ati.utm.md), [liuba.gonta@ati.utm.md](mailto:liuba.gonta@ati.utm.md)

**Аннотация** — Моделирование поведения людей — очень важная задача при анализе и прогнозе количества пострадавших в чрезвычайных ситуациях. Главной задачей при данном моделировании является создание наиболее правдоподобного поведения людей. Замечено, что в ситуации паники человек ведет себя нестандартно. Необходимо подобрать такую модель поведения, чтобы максимально обеспечить безопасность людей и сократить количество жертв при возникновении нестандартной ситуации. На данный момент существует несколько математических моделей, среди которых стоит отметить модель притягивающихся сил, модель обслуживания очередей, клеточные автоматы, газокINETическая модель, модель социальных сил, расчетные модели. Каждая из них будет рассмотрена в данной статье.

**Ключевые слова** — модель, толпа, паника, поведение, потоки.

## I. ВВЕДЕНИЕ

Моделирование человеческого поведения является интересной, важной и относительно молодой областью. Самая главная проблема, которая возникает при воссоздании поведения людей, — правдоподобность их действий [1]. Ведь в результате паники человек ведет себя нестандартно. Возникает давка, которая очень опасна для многолюдных мест. Было создано множество моделей, которые более или менее отражают поведение потоков людей.

## II. МОДЕЛЬ ПРИТЯГИВАЮЩИХСЯ СИЛ

Согласно модели притягивающихся сил, люди и препятствия на их пути состоят из положительного заряда. Пешеходы стремятся попасть к отрицательному заряду, которым являются выходы из помещения. При этом человек избегает столкновения с другими людьми или препятствиями, так как они несут такой же заряд. Данная модель несет ряд недостатков, среди которых стоит отметить, что пешехода невозможно индивидуализировать, невозможно учесть нестандартное поведение, человек будет всегда стремиться к тому, чтобы достигнуть выхода из помещения и избежать столкновения с людьми и препятствиями на пути.

## III. МОДЕЛЬ ОБСЛУЖИВАНИЯ ОЧЕРЕДЕЙ

Модель обслуживания очередей является стохастической моделью, которая организует потоки людей в помещении как сеть очередей. Узлы в

созданной сети очередей представляют собой комнаты, а связи рассматриваются как дверь [2]. Пешеход выбирает такой новый узел, при котором вероятность того, что с течением времени в помещении не останется людей, наиболее высокая. Таким образом можно оценить насколько эффективной является эвакуация.

## IV. КЛЕТОЧНЫЕ АВТОМАТЫ

Самым простым и быстрым способом моделирования потоков людей является модель клеточных автоматов. В данной модели поле состоит из клеток, которые могут быть заняты только одним человеком. Выделяют два элемента пешеходного движения: движение вперед и разрешение конфликтов. При движении вперед человек стремится выбраться из помещения. При разрешении конфликтов он старается избежать столкновения с препятствиями или другими людьми. Движение пешеходов происходит в несколько этапов, при которых определяется маршрут и скорость движения для каждого.

## V. ГАЗОКИНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

При описании взаимодействий между пешеходами как череды столкновений, в которых частицы обмениваются импульсами и энергией, гомогенная толпа, может быть описана кинетической теорией газов [3]. Однако интерпретация количеств не является полностью четкой. К примеру, аналоги давления и температуры находятся в контексте пешеходного движения. Температура может быть

соотнесена со скоростным различием, которое связано с распределением требуемых скоростей, тогда как давление выражает требование переместиться против силы в определенное направление. У газокINETических моделей имеются проблемы при низкой плотности пешеходного потока, что является общей проблемой для всех макроскопических моделей.

## VI. МОДЕЛЬ СОЦИАЛЬНЫХ СИЛ

Модель социальных сил состоит из большого количества сил, которые представляют различные влияния, воздействующие на пешехода в реальности. Сумма всех сил описывает перемещение и направление пешехода. В зависимости от моделируемого случая все силы не обязательно должны рассматриваться, например, физической силой можно пренебречь, если никакой процесс паники или эвакуации не моделируется.

## VII. РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ

При составлении расчетной модели проводится масштабный эксперимент с участием большого количества людей [4]. Данный эксперимент позволяет воссоздать чрезвычайную ситуацию, выявить, как ведут себя люди в состоянии паники и определить, насколько хорошо помещение подготовлено к быстрой эвакуации людей.

## VIII. МОДЕЛЬ МИНИМАЛЬНОГО ПУТИ

Данная модель была разработана после рассмотрения предыдущих моделей. В определенный отрезок времени на поле накладывается сетка. Путь к каждой клетке имеет свою цену. Составляется таблица штрафов, которые назначаются при попытке пересечь данную клетку. Если на клетке уже расположен объект, штраф увеличивается, если человек пытается выбраться через окно, штраф, также, увеличивается и т.д. После определения таблицы штрафов составляются две таблицы минимальных путей. Одна для нормальных людей, другая — для людей с высоким уровнем паники. Делается ход в соответствии с таблицами минимальных путей. Достоинства данной модели заключаются в том, что она сравнительно легка в реализации и не требует много времени на выполнение одного шага, так как таблица минимальных путей составляется для всех пешеходов, а не высчитывается для каждого в отдельности.

## VIII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Каждая из представленных моделей относительно точно моделирует поведение толпы в чрезвычайной ситуации. Одни просты в исполнении и не затрагивают больших ресурсов, другие же наиболее точно воссоздают человеческое поведение. Выбор зависит от задачи, которую необходимо реализовать.

## БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Моделирование динамики толпы [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://tm.spbstu.ru/Моделирование\\_динамики\\_толпы](http://tm.spbstu.ru/Моделирование_динамики_толпы)
- [2] Введение в моделирование пешеходных потоков [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/158975/>
- [3] Агентная модель поведения толпы в условиях чрезвычайной ситуации для оценки интенсивности фронта выходного потока [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.hse.ru/data/2016/04/12/1126956578/1dissertation.pdf>
- [4] Social force model for pedestrian dynamics [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/cond-mat/9805244.pdf/>