

УДК 59.01.77

Н.Л.Чурков (4 курс, каф. РВиКС), Ю.Г.Карпов, д.т.н., проф.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО ДВИЖЕНИЯ ТОЛПЫ

Исследование, анализ многих объектов и выработка решений успешно могут производиться с использованием имитационного моделирования. Такой подход находит всё более широкое практическое применение.

В чрезвычайных ситуациях при эвакуации из мест большого скопления людей (например, стадион) у людей часто возникает паника и уже она, превращая их в неуправляемую толпу, провоцирует давки и гибель людей даже в ситуациях, где все могли бы спастись. Например, люди скапливаются полукругом вокруг выхода, создавая давку в центре, у дверей, которая заметно снижает частоту выхода. Другая проблема касается, в основном, сферы транспорта, особенно подземного. Она связана с прохождением большого числа людей по переходам (коридорам различной формы) за единицу времени. Здесь важно понятие формирования потоков пассажиров, особенно при двустороннем движении. Если люди движутся направленными потоками, столкновения минимальны, а, следовательно, увеличивается пропускная способность коридора. Формирование потоков происходит естественным путем, при этом конструктивные особенности некоторых переходов или препятствуют, или помогают этому процессу. Например, если в переходе есть широкое место, то туда будут попадать люди, которые по окончании широкой части будут создавать скопление, нарушающее поток и тормозящее общее движение.

Правильное конструирование здания позволит ускорить эвакуацию во время паники (то есть спасти больше жизней), увеличить пропускную способность переходов (например, в метро). Поэтому очень актуально исследование поведения толпы, больших скоплений людей в различных условиях.

Ввиду невозможности экспериментального строительства (и проведения естественных экспериментов) и отсутствия аналитического решения задачи, единственным выходом является моделирование толпы и окружающей среды с последующими запусками модели с различными параметрами окружения и сбором статистики, определяющей лучший проект строения.

В работе представлена модель целенаправленного движения толпы. Модель реализована в системе AnyLogic с применением Agent-Based подхода, т.е. каждый человек смоделирован как отдельный самостоятельный объект (агент), взаимодействующий с другими такими же агентами и окружающей средой – набором стен. Модель силовая: движения агентов определяют силы, которые рассчитываются по определенным формулам [1,2]. Каждый человек имеет свою предопределенную скорость и направление движения, которые он стремится поддерживать. При этом он старается не подходить близко к другим (действуют экспоненциально убывающие с расстоянием силы отталкивания) и пытается выходить из столкновений с другими агентами и стенами.

Выход из столкновения происходит под действием двух сил: силы с направлением наискорейшего отдаления от объекта столкновения (агента или стены) и силы, вызывающей сдвиг агента вдоль него в направлении предопределенной скорости. Смоделирован процесс объединения людей в группы и помощь «растерявшимся» при эвакуации. Для этого каждому агенту присвоены показатели беспомощности (уменьшении предопределенной скорости движения к выходу – вплоть до нуля) и способности спасти другого (альтруизма). Агент спасает людей только из своей группы, отдавая предпочтение тем, кто находится ближе к выходу. Процесс спасения смоделирован как понижение беспомощности спасенного до уровня спасителя, их группировка и совместное движение. Для влияния на движение людей предусмотрена возможность вводить в модель роботов – таких же агентов, но с заданными массами, размерами, скоростями и направлениями движения. Эти роботы могут или привлекать людей, или, аналогично другим людям, отталкивать человека. При этом они могут быть сбиты толпой с предопределенного курса. Можно добавить в модель статические объекты (например, колонна как робот очень большой массы с нулевой скоростью).

Модель реализована на основе обобщения работ [1,2] и ускорена путем дискретизации дифференциальных уравнений, определяющих движение каждого агента. Произведена настройка параметров модели с целью улучшения соответствия настоящему процессу движения людей. Смоделированные агенты ведут себя аналогично людям, формируя группы, скапливаясь на выходе, образуя потоки при движении по коридорам. Добавлена возможность наблюдения за такими обобщающими характеристиками движения толпы, как эффективность (суммарный показатель соответствия реальных скоростей людей их предопределённым как по модулю, так и по направлению), которая важна при анализе пассажиропотоков, и частота эвакуации (число вышедших из здания людей за единицу времени).

Процесс движения людей отображается в виде 2D-анимации, на которой изображены стены и агенты с визуализацией их размеров и направления движения. Возможно наблюдение за параметрами любого агента. Введены элементы управления для изменения основных параметров модели.

Большая вычислительная сложность математической модели пока не позволяет производить имитацию большого числа агентов (несколько сотен) со скоростью реального времени. Ведётся работа по снижению сложности до уровня, позволяющего производить имитацию в реальном времени. Пока что уровень сложности модели характеризуется возможностью имитировать эвакуацию до 60 человек (это примерно в 4 раз быстрее, чем в [2]) или пассажиропоток до 80 человек в реальном времени на машине средней производительности (1300 MHz CPU, 200MHz DDR).

Итак, предложенная модель может быть использована для анализа поведения толпы в заданном окружении и экспериментирования с различными вариантами проектирования помещений (расположения стен). Результаты работы с моделью могут найти практическое применение в архитектуре, на транспорте и при проведении массовых мероприятий.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Kirkland J.A., Maciejewski A.A. A Simulation of Attempts to Influence Crowd Dynamics. IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, pp. 4328-4333, Washington, DC, Oct. 5-6, 2003.

2. Braun A., Musse S.R., Luiz P.L. de Oliveira, Bodmann B.E.J. Modeling Individual Behaviors in Crowd Simulation. 16th International Conference on Computer Animation and Social Agents (CASA 2003), p. 143, New Brunswick, New Jersey, May 08-09, 2003.