

## РАЗРАБОТКА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРОВ ПОВЕДЕНИЯ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ТОЛПЫ

Р. В. Гребенников

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 25.05. 2008 г.

**Аннотация.** В истории всегда существовал довольно большой интерес к попытке понять и управлять движением и поведением больших групп людей. Основной целью исследования является создание модели для изучения влияния индивидуальных характеристик отдельных агентов на общую эффективность эвакуации и влияние их на локальные взаимодействия объектов. Приводится подробное описание разработанного алгоритма. Дается сравнение найденного решения с существующими аналогами.

**Ключевые слова:** моделирование, поведение больших групп, взаимодействие объектов.

**Abstract.** History reveals a great amount of interest in understanding and controlling the motion and behavior of crowds of people. The goal of this paper is to present a model for studying the impact of the agent's individual characteristics in emergent groups obtained on the evacuation efficiency and its dependence on local interactions. Detailed description of developed algorithm is given. Comparison between found decision and existing analogues is made.

**Key words:** modeling, behavior of crowds of people, interactions of objects.

### ВВЕДЕНИЕ

В истории всегда существовал довольно большой интерес к попытке понять и управлять движением и поведением больших групп людей. Зачастую, поведение толпы исследовалось в рамках социологии и психологии, с целью исследования событий, случающихся в группах людей, объединенных общей целью, и функционирующей как единое целое. В таких случаях люди начинают терять свою индивидуальность и совершать поступки в рамках общего поведения толпы.

Также, поведение и движение толпы изучалось и моделировалось с использованием компьютеров. В данном случае, построенная модель пытается имитировать движение толпы в случае эвакуации людей из большого помещения, такого как стадион или здание.

Основной целью исследования являлось создание модели для изучения влияния индивидуальных характеристик отдельных агентов на общую эффективность эвакуации и влияние их на локальные взаимодействия объектов. Отправной точкой создания данной модели является обобщенная модификация модели Хелбинга [1], позволяющая учитывать индивидуальные характеристики объектов и групп.

Хелбинг предложил модель, базирующуюся на физических и социально-физиологических силах и описывающую поведение толпы в экстремальных ситуациях. Она основывается на системе частиц, где каждая частица  $i$  массы  $m_i$  имеет скорость  $v_i^o$ , желаемое направление  $e_i^o$ , в соответствии с которым пытается адаптировать свою текущую скорость  $v_i$  в рамках интервала времени  $T_i$ . Помимо этого, частицы пытаются держать определенную дистанцию от других частиц  $j$  и стен  $w$  на основе сил взаимодействия  $f_{iw}$  и  $f_{ij}$ . Изменение скорости во времени  $t$  определяется следующим выражением:

$$m_i \frac{d\vec{v}_i}{dt} = m_i \frac{v_i^o(t)\vec{e}_i^o(t) - \vec{v}_i(t)}{T_i} + \sum_{j \neq i} \vec{f}_{ij} + \sum \vec{f}_{iw}. \quad (1)$$

Эта модель позволяет создать реалистичную имитацию поведения толпы на выходе. [2]

Обобщенная модель, основанная на модели Хелбинга, позволяет учесть такой факт, что люди в толпе могут поступать по-разному, в зависимости от индивидуальных характеристик и групповой структуры. Для примера, любители адреналина менее подвержены панике в экстремальных ситуациях. Также, в зависимости от групповой структуры, индивидуальное поведе-

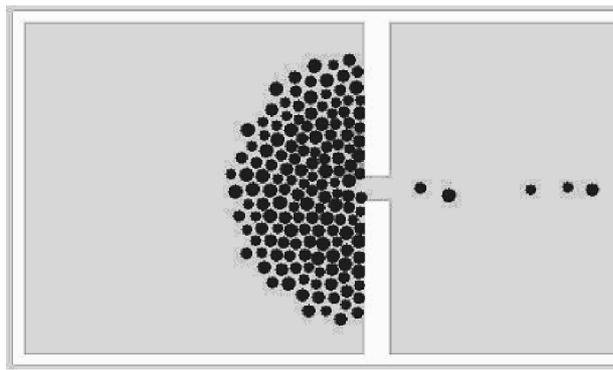


Рис. 1. Визуализация процесса симуляции по Хелбингу

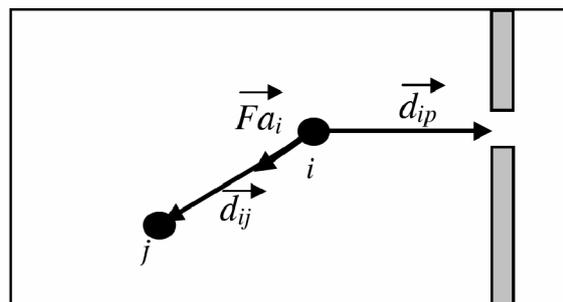


Рис. 2. Векторы для двух агентов

ние некоторых агентов может меняться в попытке спасти других членов группы.

Популяция агентов создается путем генерации разнородных объектов с различными характеристиками:

- ID — идентификатор объекта;
- IDFamily — идентификатор группы агентов;
- $DE_i$  — уровень зависимости агента от других агентов;
- $AL_i$  — Уровень альтруизма, т.е. тенденции помогать другим агентам в группе;
- $v_i^o$  — желаемая скорость агента.

Пытаясь смоделировать эффект уровня зависимости индивидуального агента,  $v_i^o$  вычисляется как функция от  $DE_i$  и максимальной скорости  $v_i^m$ :

$$v_i^o = (1 - DE_i)v_i^m. \quad (2)$$

Если уровень зависимости  $DE_i$  равен 1, т.е. объект полностью зависим, со его скорость будет равна 0. Это является правдивым для инвалидов, маленьких детей и т.д. В случае  $DE_i = 1$ , в результате обобщенная модель сведется к оригинальной модели Хелбинга.

Формирование групп основывается на  $Fa_i$  (силе альтруизма), которая реализована как взаимодействие между двумя или более агентами в рамках одной группы. Результирующий вектор представлен как:

$$F\vec{a}_i = K \sum_j AL_i DE_j \left| \vec{d}_{ij} - \vec{d}_{ip} \right| \vec{e}_{ij}. \quad (3)$$

Вектор  $d_{ij}$  является собой дистанцию между двумя агентами, а вектор  $d_{ip}$  — дистанция между ведущим агентом и дверью.  $K$  — константа,  $e_{ij}$  — общий вектор движения.

Таким образом, чем больше значение  $AL_i$ , тем больше результирующая сила альтруизма.

Анализ результатов моделирования проводился в два этапа. На первом анализировалось влияние параметров  $AL$  и  $DE$  на итоговый поток эвакуирующихся людей. А на втором анализировались различные выходные потоки людей при различном распределении параметров популяции.

Вариант популяции А представляет собой модель Хелбинга, т.е. все агенты считаются одинаковыми без признаков альтруизма и зависимости. Популяция В довольно сложную ситуацию, в которой большинство агентов альтруистичны, но также и зависимы. Таким образом, такие агенты пытаются помочь окружающим, но их способность выбраться довольно ограничена. Популяция С довольно эгоистична, а популяция D описывается нормальным рас-

Таблица 1.

DE	Отклонение DE	AL	Отклонение AL
0.5	0.5	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9	0.1

Таблица 2.

DE	Отклонение DE	AL	Отклонение AL
0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9	0.5	0.5	0.5

Таблица 3.

DE	Отклонение DE	AL	Отклонение AL
0	0	0	0
0.9	0.2	0.9	0.2
0.8	0.2	0.1	0.2
0.5	0.5	0.5	0.5
0.1	0.2	0.9	0.2

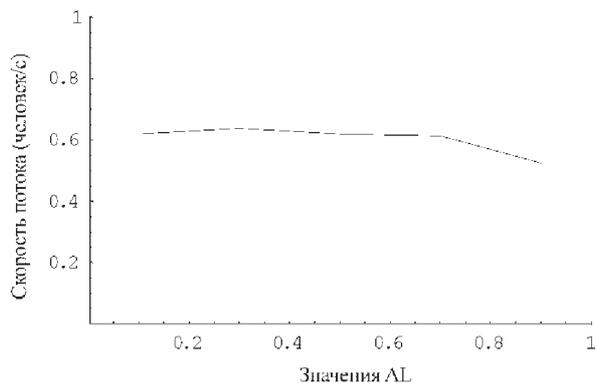


Рис. 3. Зависимость потока от AL

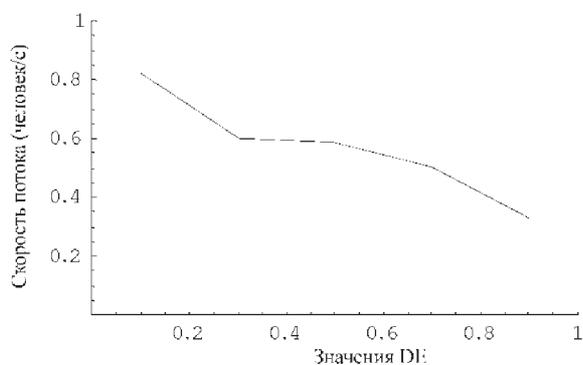


Рис. 4. Зависимость потока от DE

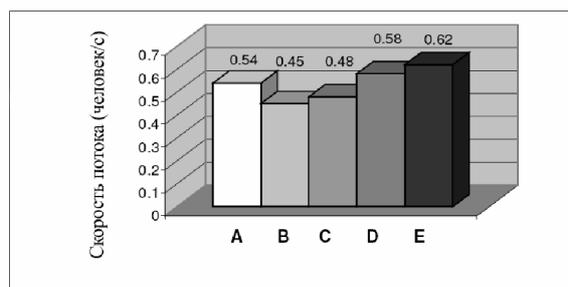


Рис. 5. Различные варианты распределения параметров

пределением. Популяция E — альтруистична, но агентов, которым необходима помощь не много.

Сравнивая полученные результаты, можно сделать вывод, что полученная модель позволяет симулировать различные типы популяций, например школьников (B) или подготовленных людей (E).

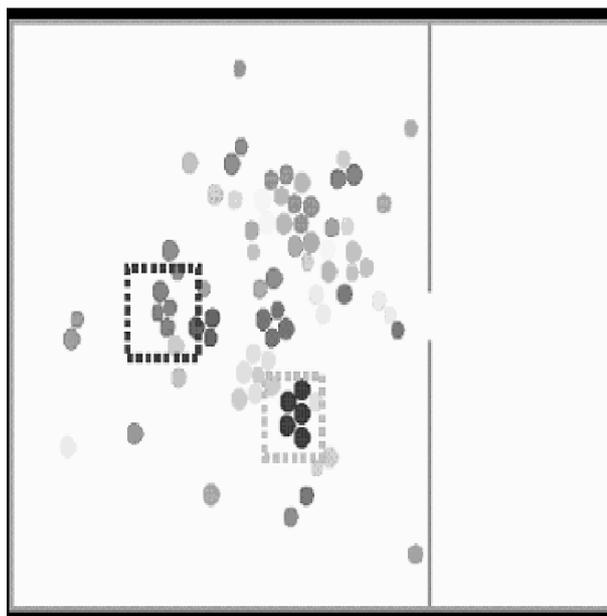
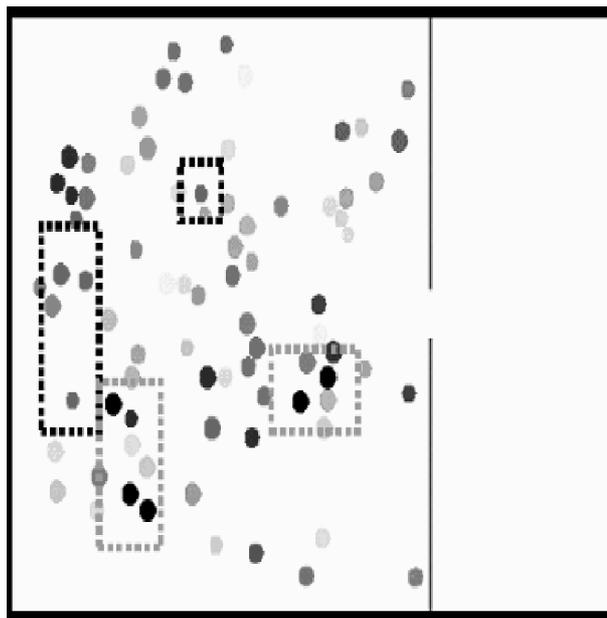


Рис. 6. Визуализация групп агентов

В результате симуляции, проведенной в соответствии с предложенным алгоритмом, наблюдается группировка отдельных агентов, изображенная на рис. 6., оказывающая, в конечном итоге, влияние на скорость потока на выходе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Helbing, D.; Farkas, I. and Vicsek, T. "Simulating Dynamical Features of Escape Panic". Nature, Vol. 407, P. 487—490.

2. Modeling Behaviors in Crowd Simulation.  
Adriana Braun, Soraia R. Musse, Luiz P. L. de Oliveira

and Bardo E. J. Bodmann. Av. Unisinos, 950 — Sao  
Leopoldo, RS, Brazil.

---

**Гребенников Роман Владимирович** — аспирант кафедры Программирования и информационных технологий факультета Компьютерных наук Воронежского Государственного Университета. Тел. (4732) 208-470, 8 (910) 340-85-86. E-mail: grv@cs.vsu.ru.

**Grebennikov Roman Vladimirovich** — Post-Graduate Student, the dept. of Programming and Information Technologies, Voronezh State University. Tel. (4732) 208-470, 8 (910) 340-85-86. E-mail: grv@cs.vsu.ru.