

Приводной клеточный автомат и алгоритм его работы

Driving cellular automaton and algorithm of its operation

Ключевые слова: мультиагентное моделирование – multi-agent simulation; агент – agent; клеточный автомат – cellular automata; скалярное поле – the scalar field; пассажиропоток – passenger traffic; транспорт – transport..

В данной статье рассмотрен принцип действия и алгоритм приводного клеточного автомата, разработанного для формирования скалярных полей в двухмерных модельных пространствах системы мультиагентного моделирования пассажиропотока.

In this article the principle of the algorithm and the drive of a cellular automaton, developed for the formation of scalar fields in two-dimensional model spaces of multi-agent simulation of traffic flow.

Для осуществления процессов моделирования транспортных систем на основе мультиагентного подхода необходимо в модельном пространстве, внутри которого движутся отдельные агенты-участники движения (пассажиры или транспортные средства) предусмотреть механизм, позволяющий каждому отдельному агенту находить наиболее оптимальный путь движения к тому объекту транспортной системы, которого ему необходимо достичь. При моделировании с использованием клеточных автоматов [2, 3] наиболее удобным представляется сформировать в модельном пространстве скалярное поле, силовые линии которого направлены от границ пространства до той или иной цели, расположенной в минимуме (или максимуме) данного поля. Также должна быть предусмотрена возможность формировать поле с учетом обхода препятствий, находящихся в модельном пространстве и соответствующих реальным препятствиям в моделируемой системе (стены, колонны, конструктивные элементы станций, переходов, транспортных узлов). В рамках диссертационного проектирования по разработке системы моделирования пассажиропотоков был разработан приводной клеточный автомат.

КУЛЯНИЦА /

Андрей Леонидович

(kulyanitsa@gmail.com)

доктор технических наук, профессор,
Московский государственный Горный Университет,
Москва

БАРЗИКОВ / BARZIKOV K.

Константин Васильевич

(barzikov@gmail.com)

аспирант, Московский государственный
Горный Университет,
Москва

ФОМИЧЕВА / FOMICHEVA O.

Ольга Евгеньевна

(olga_fom@mail.ru)

кандидат технических наук, доцент,
Московский государственный Горный Университет,
Москва

Приводной клеточный автомат служит для создания двухмерного скалярного поля [4] в произвольной матрице P , при помощи которого агенты движутся к тому или иному приемнику наискратчайшим путем. Скалярное поле, задается в виде значений элементов некоторой матрицы P , так, что $P_{i,j} = f(i, j)$. При условии полного отсутствия препятствий и наличии точечного приемника агентов в начале координат функция поля близка к уравнению Евклидовой метрики для плоскости и аппроксимируется клеточным автоматом в виде, представленном на рисунке 1(а). На рисунке 1(б) представлен градиентный график, выполненный оттенками серого, как более удобный при работе с клеточными полями.

Входной информацией для приводного клеточного автомата служат данные из матрицы M , определяющей геометрическую конфигурацию и положение в пространстве элементов модели, используется информация о препятствиях и приемниках агентов.

При формировании скалярного поля элементы приводной матрицы P могут быть рассмотрены, как элементы множества: $p \in P \equiv \{0, 1, \dots, k, \dots, n\}$, изменение состояний элементов происходит в

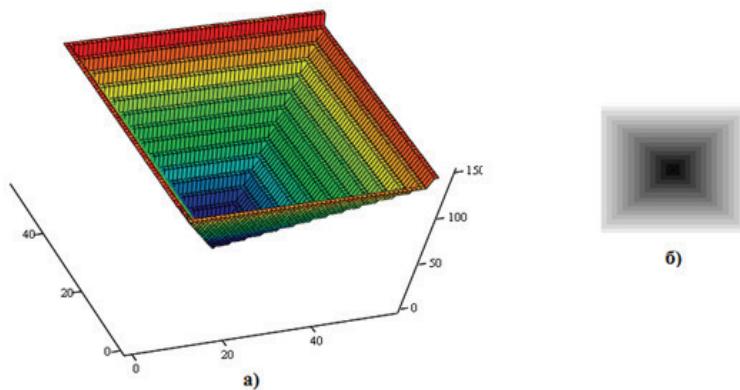


Рис. 1. График функции поля, сформированного приводным клеточным автоматом

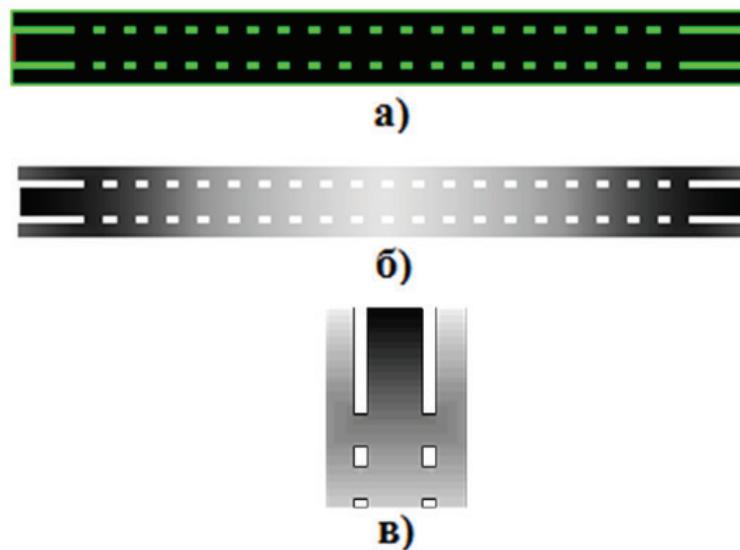


Рис. 2. Модель станции метрополитена с приемниками агентов в местах выходов.

- А) – исходное растровое изображение;
- Б) – результат работы программы (приводная матрица);
- В) – увеличенный фрагмент около приемника агентов

дискретном времени в соответствии с правилом перехода $p_{i,j}(t+1) = \varphi(p_{k,l}(t) | p_{k,l}(t) \in N)$, где N – окрестность Мура, которая может быть выражена, как $N_M^1(i, j) = \{p_{k,l} | |i - k| \leq 1, |j - l| \leq 1\}$, φ – функция перехода, которую можно сформулировать следующим образом:

Если $p_{i,j} = \mu$, где μ – некоторое вспомогательное значение, соответствующее точке модельного пространства, подлежащей обработке на данном шаге, тогда $p_{i,j} = t \forall p_{i,j} \in P, p'_{i,j} = \mu \forall p'_{i,j} \in R'$ где P' – вспомогательная матрица с размерностью той же, что и P . Затем Если $p'_{i,j} = \mu$, тогда $\forall p_{k,l} \in N_M^1(i, j)$ таких, что $m_{k,l} \neq \Pr, m_{k,l} \in M, p_{k,l} = \mu, p'_{i,j} = 0$.

В качестве примера можно рассмотреть резуль-

таты работы программной реализации приводного клеточного автомата. В качестве исходных данных для формирования матрицы M было построено растровое изображение, представленное на рисунке 2(а), где обозначены клетки, являющиеся препятствием, а также приемники агентов.

Результатом работы программной реализации является приводная матрица, представленная в виде растрового изображения, представленного на рисунке 2(б). Оттенками серого представлены различные значения элементов матрицы, образующие скалярное поле. Элементы матрицы, соответствующие препятствиям, обозначены белым (как не достижимые по определению).

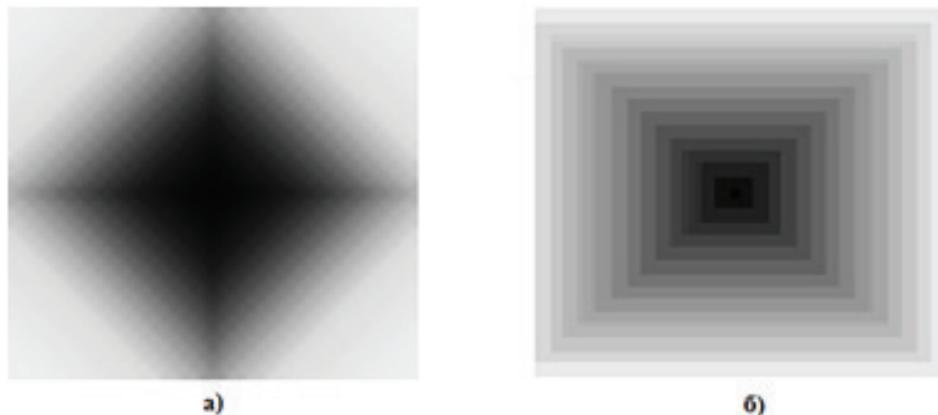


Рис. 3. Приводные матрицы для точечных приемников агентов, построенные клеточными автоматами с окрестностью: а) Фон Неймана и б) Мура

На увеличенном фрагменте полученной приводной матрицы (рис. 2(в)) можно более подробно рассмотреть, как было сформировано скалярное поле.

В некоторых случаях, например для увеличения быстродействия процесса моделирования, представляется возможным реализовать приводной клеточный автомат на окрестности Фон Неймана $N_N^1(i, j) = \{p_{k,l} \mid |i - k| + |j - l| \leq 1\}$ вместо окрестности Мура $N_N^1(i, j) = \{p_{k,l} \mid i - k \leq 1, |j - l| \leq 1\}$. Получающиеся при этом скалярные поля несколько отличаются от таких при использовании окрестности Мура (см. рис. 3).

Литература

1. Тoffoli T., Margolus N. Машины клеточных автоматов. М: Мир, 1991.
2. Фомичева О.Е., Барзиков К.В. Анализ и оптимизация транспортных систем с использованием клеточных автоматов. Доклад. Первая Российская конференция "Системный анализ и семиотическое моделирование SASM-2011", секция №. 4, доклад №. 8 25 февраля 2011г.
3. Фомичева О.Е., Барзиков К.В. Анализ и оптимизация транспортных систем при помощи клеточных автоматов. Доклад. Неделя Горячка-2011, семинар №. 15
4. Гольдфайн И.А. Векторный анализ и теория поля. М.: Наука, 1968.