

УДК 519.713

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ КЛАСТЕРОВ ПРИ ПОМОЩИ КЛЕТОЧНЫХ АВТОМАТОВ

НИЖЕГОРОДЦЕВ Р. М.,
д-р экон. наук, зав. лаб. Института
проблем управления РАН (г. Москва)

В статье рассматриваются результаты исследования развития региональных кластеров при помощи клеточных автоматов дискретной динамической системы. Определены основные свойства классической модели клеточных автоматов, которые характеризуют локальность и однородность системы, конечность множества возможных состояний клетки и одновременность изменения значений во всех клетках решетки.

Ключевые слова: региональные кластеры; классическая модель; клеточные автоматы; дискретная динамическая система.

У статті розглядаються результати дослідження розвитку регіональних кластерів за допомогою клітинних автоматів дискретної динамічної системи. Визначено основні властивості класичної моделі клітинних автоматів, які характеризують локальність і однорідність системи, кінцівку безлічі можливих станів клітини і одночасність зміни значень у всіх клітинах решітки.

Ключові слова: регіональні кластери; класична модель; клітинні автомати; дискретна динамічна система.

The article considers results of research concerning the development of regional clusters by means of cellular automaton within the discrete dynamical system. Defined basic properties of the cellular automaton in classical model, which characterize the locality and homogeneity of the system, the finiteness of a plurality concerning possible states of cells and simultaneity of changing values in all grid cells.

Keywords: regional clusters; classical model; cellular automaton; discrete dynamic system.

Актуальность темы. Под клеточным автоматом понимают совокупность клеток, формирующих некоторую периодическую решетку. Состояние клетки в каждый следующий момент времени определяется заданными правилами перехода через состояние соседних с ней клеток в текущий момент времени. На практике обычно рассматриваются автоматы, в которых состояние клетки определяется предшествующим состоянием самой клетки, а также ее ближайших соседей.

Клеточный автомат является дискретной динамической системой. Поведение данной системы полностью определяется в терминах локальных зависимостей. Любое изменение состояния решетки называется итерацией. В рассматриваемой модели время дискретно, а каждая итерация соответствует определенному моменту времени. Значение, содержащееся в клетке в следующий момент времени, определяется правилами в зависимости от значений, содержащихся в других клетках в текущий момент, а также в некоторых случаях и от значения, содержащегося в самой клетке в текущий момент времени. В случае, если новое состояние клетки зависит от ее текущего состояния, клеточный автомат называется автоматом с памятью [1]. Окрестностью клетки, за исключением ее самой, является множество клеток, влияющих на ее значение. Главным отличием клеточных автоматов от других вычислительных систем является то, что в других системах присутствуют две принципиально разные части: архитектурная, непосредственно выполняющая операции, являющаяся фиксированной и активной, и набор данных, являющийся переменным и пассивным. В случае клеточных автоматов обе эти части формируются принципиально неотличимыми друг от друга элементами. Благодаря этому

клеточный автомат может оперировать своей материальной частью, расширять и модифицировать себя, а также строить себе подобных [2].

Изложение основного материала исследования. Основными свойствами классической модели клеточных автоматов являются следующие.

1) Локальный характер правил. Новое состояние клетки (ячейки) определяется предшествующим состоянием элементов ее окрестности, а также, в некоторых случаях, и самой этой ячейки.

2) Однородность системы. Данное свойство подразумевает, что ни одна область решетки не может быть отлична от другой по каким-то признакам, связанным с характером вычислений. Однако на практике каждая решетка является конечным множеством клеток, что связано с невозможностью выделения неограниченного объема данных. Вследствие этого возможны краевые эффекты, т. е. принцип заполнения клеток, находящихся на краю решетки, обычно отличается от принципа заполнения остальных клеток. Для того, чтобы избежать их, необходимо вводить периодические (или непериодические) краевые условия.

3) Конечность множества возможных состояний клетки. В соответствии с этим условием для перехода любой клетки в новое состояние требуется конечное число операций.

4) Одновременность изменения значений во всех клетках решетки. Это изменение происходит на каждом шаге итерации, и его результат не зависит от порядка перебора клеток при совершении итерации.

На практике иногда возникает потребность в отказе от последних трех свойств.

Язык клеточных автоматов идеально подходит для описания закономерностей территориального развития. На практике при управлении развитием территорий постоянно возникает необходимость прогнозирования последствий принимаемых хозяйственных решений и оптимизации режимов развития отдельных частей территории. Исходя из этих потребностей, были составлены программы в среде MATLAB, предназначенные для имитационного моделирования развития территорий, различные части которых управляются в разных режимах [3, 4], что в конечном итоге при определенных условиях обеспечивает выход всей системы на траекторию сбалансированного роста с учетом региональных приоритетов и особенностей развития.

Упомянутый комплекс программ предназначен как для разработки и отслеживания сценариев развития территориальных макросистем в режиме кумулятивного роста с диссипацией (рис. 1), так и для построения прогнозных сценариев, предполагающих внесение управляющих воздействий, в том числе связанных с возможным неблагоприятным влиянием среды (рис. 2).

Представленный комплекс имитационных стохастических моделей, построенных на языке клеточных автоматов, позволяет: 1) отслеживать неравномерность роста различных составных частей замкнутых территорий; 2) фиксировать закономерности территориальной динамики, присутствующие в развитии отдельных стран и регионов; 3) моделировать в различных режимах последствия как уже произошедших, так и предполагаемых фактов быстрых локальных изменений разной природы (в том числе техногенных или природных катастроф или, напротив, режима сверхбыстрой аллокации ресурсов – так называемая «ударная стройка»); 4) используя различные управляющие воздействия, моделировать последствия принимаемых решений по распределению ресурсов и развитию территорий, разные части которых развиваются и управляются в различных режимах.

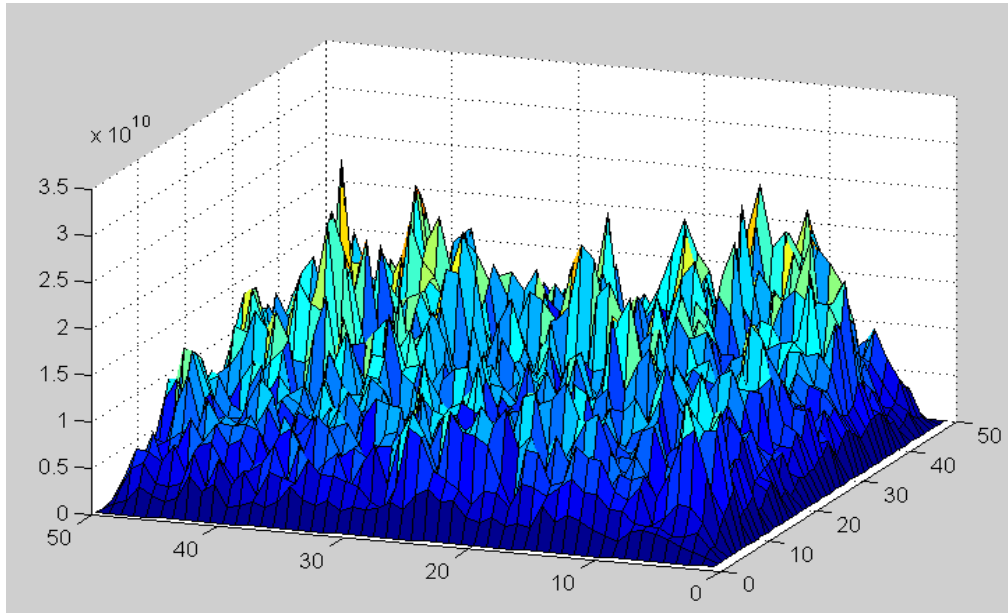


Рис. 1. Динамика территории в режиме кумулятивного стохастического роста

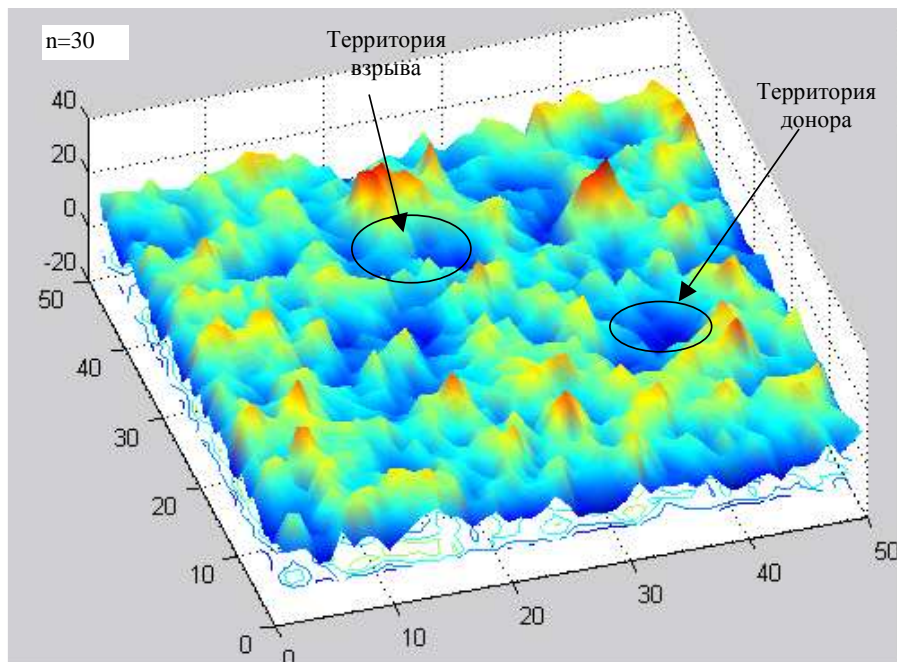


Рис. 2. Построение сценариев развития территории с учетом внесения целенаправленных управляющих воздействий

Реализация некоторых других возможностей данного программного аппарата позволяет решать следующие задачи.

1. Моделирование «распада» единого государства, разрыва хозяйственных связей и т. д. в форме проведения внутри рассматриваемого поля (клеточной решетки) определенной «границы» или ряда «границ», препятствующих перетоку ресурсов.

2. Моделирование «объединения» территорий, развития хозяйственных связей, организации обмена ресурсами, осуществляемого в соответствии с известными теориями международной торговли.

3. Построение определенных сценариев развития, заложенных в программе в форме качественных изменений поведения системы при достижении определенного уровня развития ее

элементов или определенных соотношений между ними.

Клеточные автоматы могут применяться и для построения моделей диффузии инноваций [5]. Однако «встроенными» недостатками подобных моделей являются два обстоятельства.

1. Предполагается, что агенты воздерживаются от инновационных сдвигов постольку, поскольку они «не знакомы» с инновационными решениями в соответствующей области хозяйства. Стоит лишь им «познакомиться» с инновацией, они тут же немедленно начинают ее внедрять. В реальной жизни, разумеется, все обстоит гораздо сложнее, и многие агенты предпочитают придерживаться консервативной стратегии *при наличии* хорошо известных инновационных решений, причем эта стратегия имеет под собой достаточное количество веских оснований [6].

2. В моделях такого рода предполагается, что агенты, однажды принявшие инновацию, «обратно» уже никогда не вернуться, т. е. не смогут отказаться от ее использования. На самом же деле *каждый* промышленный кризис сопровождается техническим регрессом, которым нужно управлять, который нужно осмысливать и моделировать [7].

Для аналитических моделей часто приходится применять принципы разделения «быстрого» и «медленного» времени, чтобы отделить эффект диффузии самой инновации от эффекта расширения ореола ее потенциального распространения. Для упрощения техники моделирования, связанной с переменной потенциальной емкостью рынка, авторы логистических моделей включают в свои построения эффекты адаптации различного рода [8] или прибегают к принципу «наследования» динамических траекторий [9].

Таким образом, эвристические возможности аппарата клеточных автоматов и перспективы его приложения к моделированию задач пространственного развития территорий поистине огромны. Крайне важно, что рассмотренные принципы моделирования региональных кластеров при помощи клеточных автоматов непосредственно применимы к реальностям регионального развития Украины. Противоречия между промышленным Востоком и аграрным Западом, развивающиеся в течение нескольких веков, сегодня достигли опасной черты. В то время как в восточных областях Украины прошла индустриализация 30-х годов, западные области не входили в состав Советского Союза. Однако уже после его развала правительства Украины не уделяли должного внимания проблеме межрегиональной дифференциации, наличию депрессивных регионов, в которых уровень жизни ниже и труднее найти работу. Освоение этих регионов, сглаживание диспропорций станет одной из первоочередных задач любого правительства, которому небезразличны интересы страны и живущих в ней людей.

Литература

1. Hoekstra A.G., Kroc J., Slood P. Simulating complex systems by cellular automata. – New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer, 2010.
2. Тоффоли Т., Марголус Н. Машины клеточных автоматов. – М.: Мир, 1991.
3. Грибова Е.Н., Нижегородцев Р.М. Моделирование локальных траекторий регионального развития: катастрофы и преодоление их последствий // Проблемы управления безопасностью сложных систем: Труды XI Международной конференции / Под ред. Н.И. Архиповой, В.В. Кульбы. Ч. 1. – М.: РГГУ, 2003. – С. 147-151.
4. Нижегородцев Р.М., Грибова Е.Н., Зенькова Л.П., Хатько А.Ю. Нелинейные методы прогнозирования экономической динамики региона: монография. – Харьков: ИД «Инжэк», 2008. – 320 с.
5. Нижегородцев Р.М., Секерин В.Д., Лисафьев С.В. Модели клеточных автоматов в теории диффузии инноваций // Вопросы новой экономики. – 2012. – № 3. – С. 39-43.
6. Нижегородцев Р.М. Инновационные стратегии инвесторов и задачи экономической политики // Вестник Российского гуманитарного научного фонда. – 2008. – № 4. – С. 75-85.
7. Нижегородцев Р.М. Стратегия инновационного прорыва для России // Экономические стратегии. – 2008. – № 1. – С. 28-36.
8. Делицын Л.Л. Анализ динамики проникновения сотовой связи в домохозяйствах и среди индивидов на основе модели диффузии нововведений с растущим потенциалом распространения // Посткризисные очертания инновационных процессов: Материалы Десятих Друкеровских чтений / Под ред. Р.М. Нижегородцева. – М.: Новочеркасск, 2010. – С. 320-329.

9. Афанасьева К.Е., Ширяев В.И. Оценивание процессов по информации об объектах-аналогах // Управление инновациями–2008: Материалы межд. научно-практ. конф. 17-19 ноября 2008 г. / Под ред. Р.М. Нижегородцева. – М.: Доброе слово, 2008. – С. 86-90.