РАЗДЕЛ I. МАТЕМАТИКА

УДК 004.94

DOI: 10.18384/2310-7251-2018-1-6-15

МОДЕЛЬ «УЧИТЕЛЬ–УЧЕНИКИ» В РАМКАХ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ КЛЕТОЧНЫХ АВТОМАТОВ

Адамсон Н.Н., Калашников Е.В.

Московский государственный областной университет

105005, г. Москва, ул. Радио, д. 10А, Российская Федерация

Аннотация. Изучается поведение коллектива «учеников» и влияние этого коллектива на его отдельные персоны под воздействием внешнего возбуждения – «учителя». Строится модель «учитель-ученики». Рассмотрение ведётся в рамках представления клеточных автоматов.

Ключевые слова: массив состояний, параметр состояний, клеточный автомат, самосогласование, эволюция состояний.

A 'TEACHER–STUDENTS' MODEL WITHIN THE FRAMEWORK OF CELLULAR AUTOMATA

N. Adamson, E. Kalashnikov

Moscow Region State University

ul. Radio 10A, 100500 Moscow, Russian Federation

Abstract. The behavior of the collective of 'students' and the influence of this collective on its individual persons under the influence of external excitement – 'teacher' are studied. A 'teacher – students' model is constructed. A cellular automata idea is used to present the behavior of the model.

Keywords: *massive* of states, parameter of states, cellular automata, self-consistence, evolution of states.

Введение

Качество процесса обучения представляет собой всеобщий интерес, как в образовательном, так и в исследовательском и теоретическом аспектах. В настоящее время наблюдается резкий рост числа студентов в высших учебных заведениях. При этом современные технологии предъявляют высокие требования к качеству образования: Примирить эти две противоположные тенденции непросто. Решение этой пробле-

мы, традиционно, ищется в разработке различных методик обучения, которые предполагают поиск средств, обеспечивающих наиболее доступные способы получения знаний [1–7]. (При этом забывают или игнорируют, что обучение это всегда насилие над собой и каких-то особых или специальных путей к получению знаний нет). В классической методической теории главный вопрос сводится к простому обучению учителя знаниям, которые он впоследствии будет передавать ученикам. В работе [1] утверждается, что обучение не пассивный, направленный извне процесс потребления информации, но активный, созидательный и самонаправленный процесс, в котором учитель выстраивает своё внутреннее видение, отражающее собственный образовательный опыт. Также на образование оказывает влияние и коллектив учеников. Например, в [2] говорится о недостатке классового сознания в случае социальной дифференциации учеников. Эта социальная дифференциация может быть обусловлена культурными, экономическими или интеллектуальными факторами.

В [3] рассматривается влияние «оперативности» учителя на эмоциональное образование, что, в свою очередь, влияет на познавательный процесс. Объяснение находят с помощью основополагающей теории притяжения (по-другому, просто, дрессуры) [4]: люди положительно относятся к стимулам, сулящим награду, избегают или нейтрально относятся к стимулам, не сулящим награду или обеспечивающим наказание. Тот же вывод следует из работ других авторов [5–7].

В [7], в частности, отмечена сильная связь между типами обучения и мотивацией студентов. Классический подход к образованию с акцентом на внешнее регулирование работает лишь с небольшим количеством студентов. Наиболее эффективный подход заключается в формировании у студента определённой стратегии с элементами саморегулирования.

Саморегулирование предполагает, что ученики представляют собой подобие активной среды, способной со временем менять состояние каждого ученика и состояние коллектива учеников. Можно сказать, что каждый ученик – это элемент активной среды, и каждый ученик проходит через одни и те же состояния. Такая формулировка предполагает идею клеточного автомата (КА). Каждый ученик представляет собой клетку в пространстве. Каждая клетка снабжена определённым числом состояний и взаимодействует с соседними клетками.

Модель, основанная на клеточных автоматах, представляет собой сетку, клеткам (ячейкам) которой задаётся состояние и правила перехода.

Клеточные автоматы (КА) предполагают дискретность. Это означает, что на каждом шаге рассчитывается состояние каждой ячейки, связанное с её состоянием и состояниями окружающих ячеек. Расчёт проводится последовательно для требуемого количества шагов. Фон Нейман [8] был первым, кто принял во внимание подобную модель, включив КА в свой «универсальный конструктор». Этот «универсальный конструктор» представляет собой устройство, воспроизводящее самоё себя при движении.

Главное преимущество данного вида моделей – возможность их повсеместного применения во многих областях [9], включая биологию и химию. С их помощью можно наглядно продемонстрировать, как изначально простые структуры самоорганизуются и приходят к совершенно другому виду. КА могут быть разных форм и

видов. Одно из основных свойств – вид сетки, на котором рассчитывается модель. Простейший вариант – одномерная сетка, представляющая собой линию. В таком случае у клетки есть соседи только слева и справа. В двухмерном пространстве могут быть использованы квадратная, треугольная и гексагональная сетки. Также можно использовать декартову сетку произвольного числа измерений.

Число состояний КА, которое он может принимать, также должно быть задано. Простейший вариант – два состояния (для этой бинарной опции традиционно обозначают ноль белым цветом, а единицу – чёрным). Тем не менее, КА модель с непрерывным интервалом возможных значений состояния тоже имеют место быть. Также количество соседних ячеек, оказывающих влияние на исходную, должно быть задано. В простейшем случае это ближайшие соседи, т.е. чьи ячейки имеют общую сторону с данной.

Пример использования клеточных автоматов, а именно, вероятностных клеточных автоматов, можно увидеть в работе [10], где рассматривается процесс формирования общественного мнения через модель вероятностных клеточных автоматов. Клеточные автоматы – математическая система, демонстрирующая самоорганизацию. По состоянию системы можно «распознать» информацию о начальном её состоянии. Таким образом, по видам изменения структуры можно создать языки. Структуры, «слова» в языках распознаются, и компьютер возвращает им заданный символ [11].

Модели обучения с помощью клеточных автоматов рассматриваются в [12]. Здесь представлены две модели обучения.

Первая модель основана на вероятностных клеточных автоматах:

- В ней задаётся правила вычисления вероятностей понять или не понять материал (помимо образовательных процессов эта модель может быть применима к созданию роботов и систем искусственного интеллекта).

- По мере прохождения курса ученик увеличивает свою вероятность к усвоению уроков. Однако недостаток модели в том, что в ней отсутствует коллективное взаимодействие.

Вторая модель делает акцент на контакт учителя с учеником и также использует вероятностный подход. Но главной целью автор ставит прохождение учеником последовательности операций и вмешательства учителя при ошибке подопечного. В модели учитель присутствует как внешнее, детерминированное воздействие.

В обоих случаях процесс обучения индивидуализирован.

Ситуация, которая исследуется в настоящей работе, рассматривает взаимодействие «учителя» с коллективом «учеников» так, что, помимо «учителя», сам этот коллектив воздействует на каждого «ученика» этого коллектива. Воздействие коллектива может ограничить развитие состояния клетки или, наоборот, способствовать её развитию.

Модель

2а. Построение массива состояний

1) Рассматриваем коллектив учеников. N – число учеников. Для определённости возьмём $N = 15$. Коллектив учеников представляет собой конкурентную

среду, в которой ученики взаимодействуют между собой путём обмена мнением (информацией)

2) Учитель взаимодействует со всеми учениками сразу. Учитель – источник внешнего воздействия на ученика. Считаем это внешнее воздействие детерминированным. Это значит, что воздействие выступает как параметр состояния каждого ученика.

3) Для учителя исходное состояние каждого ученика в коллективе неизвестно. Все ученики в исходном состоянии для учителя одинаковы и независимы. На этом этапе изучения поведения коллектива основную роль играет **состояние** ученика.

4) Для анализа поведения такого коллектива удобнее перейти на «язык» состояний. Коллективу из N объектов будет теперь отвечать массив состояний $N \times N$. Каждый ученик может находиться в любом из пятнадцати состояний ($N = 15$). Поэтому общее число независимых состояний равно 15×15 состояний. Исходный массив состояний 15×15 представлен на (рис. 1). Этот массив состояний можно рассматривать как однородную среду. Такую среду можно разбить на клетки так, что каждая клетка соответствует одному из 225 возможных состояний ученика.

0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a
0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a
0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a
0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a
0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a
0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a
0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a
0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a
0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a
0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a
0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a
0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a
0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a
0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a
0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a
0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a

Рис. 1. Исходный массив для $N = 15$.

2b. Свойства и развитие клеток

а) Каждая клетка (её состояние) характеризуется двумя позициями. Первая позиция означает «вес» W клетки, который она набирает в процессе обучения (рис. 1) от нуля баллов до какого-то количества баллов. Вторая позиция указывает на готовность клетки к развитию и переходу в другое, следующее состояние – на другой уровень таких же состояний и зависит от ближайших соседей (рис. 2).

б) Каждая клетка может транслироваться по строке и по столбцу. Поэтому максимальное число соседей равно четырём (рис. 1). Соответственно, число соседей у клетки, прилегающей к стороне квадрата массива, равно трём, а число соседей у клетки в углу массива равно двум.

Рис. 2. Развитие состояния клетки. Первый (нижний) уровень:

Вход на первый уровень характеризуется вероятностью $p_1 = 1/2$ и принимает «0» или «1». Клетка, получив «1» пробегает позиции a, b, c . Клетка выходит с первого уровня с вероятностью $p_1 = 0,7$, соответствующей усвоению информации, получает вес $W = +1$ и переходит на следующий уровень состояния клетки в позицию a . Второй (и следующие) уровень начинается с весом клетки $W = +1$ и свойством a попадает в состояние « b ». Переход в состояние « c » происходит при условии, что окружающие, ближайшие клетки находятся в состояниях a, b, c . Клетка выходит с этого уровня с вероятностью $p_2 = 0,7$, получает вес $W = +1$ и переходит на следующий уровень, но теперь с весом $W = +2$, в состояние a

с) Первоначальный массив строится произвольно: с вероятностью $1/2$ первая позиция в клетках заполняется «1» и «0». Состояние «1» соответствует состоянию, при котором ученик понял материал со слов учителя, «0» – не понял.

Сразу же второй позиции всех клеток массива присваивается «состояние» клетки « a ».

д) Каждая клетка массива получает шанс на обучение и переходит в новое состояние со способностью « b ». Последующее полное состояние клетки зависит от ближайшего окружения:

е) Клетка переходит из « b » в состояние « c », если «вес» ближайших соседей отличен от нуля (число соседей в углу равно 2, у стенки – 3, в середине массива – 4).

ф) Если в состоянии « c » «вес» ближайших соседей отличен от нуля, то клетка увеличивает «вес» на «1» переходит на следующий свой внутренний уровень в состояние « a », иначе, переходит в состояние « a » без увеличения «веса».

Решение

В исходном (рис. 1) массиве задаём случайную генерацию состояний клеток. Результат приведён на рис. 3. После 10-ти шагов в массиве возникли области с весом клеток, превышающем «1». Они заштрихованы на рис. 4. Начальные стадии развития клеток из заштрихованных областей приведены на рис. 5. Здесь рассмотрены особенности развития состояний клеток в зависимости от количества ближайших соседей. Как видно, на начальных стадиях развитие клеток зависит от числа соседей. В частности, клетка (в углу), имеющая только двух соседей, развивается медленнее других.

0a	1a	1a	0a	1a	1a	0a	0a	1a	0a	1a	1a	1a	0a	0a
1a	0a	0a	0a	0a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	0a	0a	1a	0a
0a	0a	1a	1a	0a	0a	1a	0a	0a	1a	0a	1a	1a	0a	0a
1a	1a	1a	0a	1a	0a	1a	1a	1a	0a	1a	0a	1a	0a	1a
1a	0a	0a	1a	1a	1a	0a	1a	0a	0a	0a	0a	1a	1a	1a
1a	1a	1a	0a	1a	1a	1a	1a	0a	0a	1a	0a	1a	1a	1a
1a	0a	0a	0a	0a	0a	1a	0a	1a	1a	0a	1a	0a	1a	0a
0a	1a	0a	0a	1a	0a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	0a	1a
0a	1a	1a	1a	0a	0a	0a	1a	0a	0a	0a	1a	0a	0a	0a
0a	1a	1a	1a	1a	1a	0a	1a	1a	0a	0a	0a	0a	1a	1a
0a	0a	0a	0a	0a	0a	1a	0a	0a	1a	1a	1a	0a	1a	0a
1a	0a	1a	0a	1a	0a	0a	0a	1a	0a	1a	1a	0a	0a	0a
1a	1a	1a	1a	0a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	0a	1a	1a	1a
0a	0a	1a	1a	1a	0a	1a	1a	1a	0a	0a	0a	1a	0a	1a
0a	1a	0a	1a	1a	0a	1a	1a	0a	0a	1a	1a	0a	0a	0a

Рис. 3. Случайно генерированный массив. Каждой клетке был дан шанс выбрать одно из состояний «1» или «0».

2b	1b	1b	0b	1b	1b	0b	0b	1b	2b	4a	1b	1b	0b	0b
1b	0b	0b	0b	0b	1b	1b	1b	1b	4a	1b	0b	0b	1b	0b
0b	0b	1b	1b	0b	0b	1b	0b	0b	1b	2b	1b	1b	0b	0b
1b	1b	1b	3b	1b	0b	1b	1b	1b	0b	1b	0b	1b	0b	1b
1b	0b	0b	1b	3b	1b	2b	1b	0b	0b	0b	0b	1b	1b	2b
4b	1b	1b	0b	1b	1b	3a	1b	0b	0b	1b	0b	1b	3b	2c
1b	0b	0b	0b	0b	0b	1b	2b	1b	1b	2b	1b	1b	1b	2b
0b	1b	0b	0b	1b	0b	1b	4a	1b	1b	1b	4b	1b	0b	1b
0b	1b	1b	1b	0b	0b	0b	1b	0b	0b	0b	1b	0b	0b	0b
0b	1b	1b	1b	1b	1b	0b	1b	1b	0b	0b	0b	0b	1b	1b
0b	0b	0b	0b	0b	0b	1b	0b	0b	1b	1b	1b	0b	1b	0b
1b	0b	1b	0b	1b	0b	0b	0b	1b	3b	2a	1b	0b	0b	0b
1b	1b	3b	1b	1b	1b	1b	1b	1b	1b	1b	0b	1b	1b	1b
0b	0b	1b	3b	1b	0b	1b	1b	0b	0b	0b	0b	1b	0b	1b
0b	1b	2b	3a	1b	0b	1b	0b	0b	1b	1b	1b	0b	0b	0b

Рис. 4. Массив после 10-ти шагов.

Рис. 5. Начальная стадия развития клеток, имеющих разное число ближайших соседей.

Сплошная линия – клетка в углу, число соседей равно 2; пунктирная линия – клетка прилегает к «стороне» массива, число соседей равно 3; линия из точек – клетка в середине массива, число ближайших соседей равно 4. W – «вес» клетки по оси ординат. По оси абсцисс отложено количество шагов – время, в течение которого наблюдались клетки.

Рис. 6. Массив на 100-ом шаге.

После 100 шагов структура массива не изменилась. Отличие его от предыдущих в том, что «вес» клеток W в заштрихованных областях существенно вырос (рис. 6), а характер эволюции состояний клеток с разным количеством соседей приобрёл одинаковый вид (рис. 7).

Рис. 7. Эволюция состояний клеток на 100-ом шаге.
Обозначения кривых те же, что и на рис. 5.

Обсуждение

Одна из задач, которая ставилась при моделировании системы «учитель – ученики», состояла в исследовании влияния ближайших соседей (коллектива) на процесс восприятия информации учеником и её переработки. Наиболее подходящим для этих целей оказался конечный массив состояний 15×15 для 15 учеников. На таком массиве все клетки, находящиеся в углах массива, обладают двумя соседями, а клетки, прилегающие к «сторонам» массива, имеют трёх соседей, и, наконец, клетки внутри массива обладают четырьмя соседями.

Оказалось, что в рамках построенной модели, взаимодействия клеток приводят к возникновению «очагов» повышенной восприимчивости новой информации. Раз возникнув, эти «очаги» не затухают. Достигают не очень больших размеров (3–4 клетки рядом). Эти клетки продолжают развиваться дальше. Но ближайšie к ним соседние клетки работают только на поддержание своего невысокого уровня, обеспечивая интенсивный набор «веса» успешным клеткам состояний. Таким образом, на массиве состояний возникают самосогласованные «очаги» успешного развития состояний.

Выявлено, что на начальных шагах развития состояний (рис. 4) клетки с меньшим числом соседей развиваются немного медленнее, чем клетки с максимальным числом соседей. Но по прошествии значительного периода эволюции характер дальнейшего развития для клеток с разным числом соседей становится мало различимым друг от друга.

Другой важной особенностью явилась сопоставимость количества учеников и количества успешно развитых клеток состояний. Поскольку каждая клетка всего лишь одно из возможных состояний ученика, то количество успешно развитых клеток (их 26) вполне предоставляет возможность всем 15 ученикам успешно в коллективе освоить новую информацию вне зависимости от количества соседей.

Для воспроизведения эксперимента был сделан web-интерфейс, который доступен по адресу: <http://nikola9r.bget.ru/mgou/ka.php>.

Статья поступила в редакцию 06.12.2017 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Duffy T.M., Jonassen D.H. Constructivism: New implications for instructional technology // *Constructivism and the technology of instruction: A Conversation*. 1992. Т. 1. С. 16.
2. Lynch K., O’riordan C. Inequality in higher education: A study of class barriers // *British Journal of Sociology of Education*. 1998. Т. 19. №. 4. С. 445–478.
3. Allen M., Witt P.L., Wheelless L.R. The role of teacher immediacy as a motivational factor in student learning: Using meta-analysis to test a causal model // *Communication Education*. 2006. Т. 55. № 1. С. 21–31.
4. Mehrabian A. *Silent messages: Implicit communication of emotions and attitudes*. Belmont, CA: Wadsworth Pub Co, 1981. 196 С.
5. Kung D., Speer N., Gucler B. Teaching as learning: mathematics graduate students’ development of knowledge of student thinking about limits // *Psychology of Mathematics Education*. 2006. С. 835.
6. Capturing teachers’ generative change: A follow-up study of professional development in mathematics / Franke M L., Carpenter T.P., Levi L., Fennema E. // *American Educational Research Journal*. 2001. Т. 38. №. 3. С. 653–689.
7. Vermunt J.D. The regulation of constructive learning processes // *British Journal of Educational Psychology*. 1998. Т. 68. №. 2. С. 149–171.
8. Von Neumann J. Theory of self-reproducing automata // *IEEE Transactions on Neural Networks*. 1966. Т. 5. №. 1. С. 3–14.
9. Бандман О.Л. Клеточно-автоматные модели естественных процессов и их реализация на современных компьютерах // *Прикладная дискретная математика*. 2017 № 35. С. 102–121.
10. Bagnoli F., Franci F., Rechtman R. Opinion formation and phase transitions in a probabilistic cellular automaton with two absorbing states // *ACRI: International Conference on Cellular Automata*. 2002. С. 249–258.
11. Wolfram S. *Computation theory of cellular automata* // *Communications in Mathematical Physics*. 1984. Т. 96. №. 1. С. 15–57.
12. Майер Р.В. Компьютерное моделирование физических явлений. Глазов: Глазовский государственный педагогический институт. 2009. 112 с.

REFERENCES

1. Duffy T.M., Jonassen D.H. Constructivism: New implications for instructional technology. In: *Constructivism and the technology of instruction: A Conversation*, 1992, vol. 1, pp. 16.
2. Lynch K., O’riordan C. Inequality in higher education: A study of class barriers. In: *British Journal of Sociology of Education*, 1998, vol. 19, no. 4, pp. 445–478.
3. Allen M., Witt P.L., Wheelless L.R. The role of teacher immediacy as a motivational factor in student learning: Using meta-analysis to test a causal model. In: *Communication Education*, 2006, vol. 55, no. 1, pp. 21–31.
4. Mehrabian A. *Silent messages: Implicit communication of emotions and attitudes*. Belmont, CA, Wadsworth Publ., 1981. 196 p.
5. Kung D., Speer N., Gucler B. Teaching as learning: mathematics graduate students. In: *Psychology of Mathematics Education*, 2006, pp. 835.
6. Franke M L., Carpenter T.P., Levi L., Fennema E. Capturing teachers’ generative change: A follow-up study of professional development in mathematics. In: *American Educational Research Journal*, 2001, vol. 38, no. 3, pp. 653–689.
7. Vermunt J.D. The regulation of constructive learning processes. In: *British Journal of Educational Psychology*, 1998, vol. 68, no. 2, pp. 149–171.
8. Von Neumann J. Theory of self-reproducing automata. In: *IEEE Transactions on Neural Networks*, 1966, vol. 5, no. 1, pp. 3–14.

9. Bandman O.L. *Kletочно-avtomatnye modeli estestvennykh protsessov i ikh realizatsiya na sovremennykh komp'yuterakh* [Cellular automata models of natural processes and their implementation on modern computers]. In: *Prikladnaya diskretnaya matematika* [Applied Discrete Mathematics], 2017, no. 35, pp. 102–121.
10. Bagnoli F., Franci F., Rechtman R. Opinion formation and phase transitions in a probabilistic cellular automaton with two absorbing states. In: *ACRI: International Conference on Cellular Automata*, 2002, pp. 249–258.
11. Wolfram S. Computation theory of cellular automata. In: *Communications in Mathematical Physics*, 1984, vol. 96, no. 1, pp. 15–57.
12. Maier R.V. *Komp'yuternoe modelirovanie fizicheskikh yavlenii* [Computer modeling of physical phenomena]. Glazov, Glazovskii gosudarstvennyi pedagogicheskii institut Publ., 2009. 112 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Адамсон Николай Николаевич – аспирант кафедры вычислительной математики и методики преподавания информатики Московского государственного областного университета;
e-mail: nikolay-256@yandex.ru;

Калашников Евгений Владимирович – доктор физико-математических наук, профессор кафедры вычислительной математики и методики преподавания информатики Московского государственного областного университета;
e-mail: ekevkalashnikov1@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Nikolay N. Adamson – postgraduate student at the Department of Computational Mathematics and Methods of Teaching Informatics, Moscow Region State University;
e-mail: nikolay-256@yandex.ru;

Evgeny V. Kalashnikov – Doctor in Physical and Mathematical sciences, professor at the Department of Computational Mathematics and Methods of Teaching Informatics, Moscow Region State University;
e-mail: ekevkalashnikov1@gmail.com

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Адамсон Н.Н., Калашников Е.В. Модель «учитель–ученики» в рамках представления клеточных автоматов // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Физика-математика. 2018. № 1. С. 6–15.
DOI: 10.18384/2310-7251-2018-1-6-15.

FOR CITATION

Adamson N.N., Kalashnikov E.V. A 'teacher – students' model within the framework of cellular automata. In: *Bulletin of the Moscow Region State University. Series: Physics and Mathematics*. 2018. no. 1. pp. 6–15.
DOI: 10.18384/2310-7251-2018-1-6-15.