

УДК 330.16

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В ЦЕЛЯХ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Вайберт Анастасия Евгеньевна, аспирантка 2-го года обучения Государственного университета «Дубна»

Волкова Анна Андреевна, старший преподаватель Государственного университета «Дубна»

Шокин Ян Вячеславович, доктор экономических наук, доцент, профессор Государственного университета «Дубна»

Аннотация

В данной статье описываются промежуточные результаты исследования авторского коллектива, направленного на создание эмпирически достоверной модели потребительского поведения для прогнозирования и управления социально-экономическими системами различного типа. Для достижения поставленной задачи применяются программные средства по нейросетевому моделированию (DataBase Deductor Academic), методы кластерного анализа, а также макросы и стандартные логические функции MS Excel. На настоящий момент разработан тестовый вариант модели, представлена его формализация и алгоритм обучения модели в целях достижения наибольшей эмпирической достоверности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: имитационное моделирование, искусственные нейросети, поведение потребителей, устойчивое развитие, социально-экономические системы.

MODELLING A CONSUMER BEHAVIOUR IN ORDER TO MANAGE THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF SOCIO-ECONOMICAL SYSTEMS

Vajbert Anastasia Yevgenyevna, 2nd year postgraduate of State University “Dubna”

Volkova Anna Andreyevna, senior lecturer of State University “Dubna”

Shokin Yan Vyacheslavovich, doctor of economical science, assistant professor, professor of State University “Dubna”

Abstract

This article describes intermediate results of the research held by the team of authors, aimed to building an empirically reliable model of consumer behavior, in order to forecast and manage some socio-economical systems of different types. To achieve the aim neural-network modelling software is applied (DataBase Deductor Academic), and also clusterization methods, macroprogramming and standard logical functions in MS Excel are used. Up to the moment the test version of the model is built, its formalization and learning algorithm of the model are presented in order to achieve the best empirical credibility.

KEY WORDS: imitational modelling, artificial neural networks, consumer behaviour, sustainable development, socio-economical systems.

Актуальность исследования

Стратегия развития любой социально-экономической системы, отвечающая ключевым принципам устойчивого развития, имеет в конечном счете своей целью улучшение качества жизни людей в долгосрочной перспективе. Это справедливо как для стратегий управления региональным развитием, так и для стратегий, разрабатываемых для муниципальных, корпоративных и даже районных систем управления. В сочетании с

нарастающей глобальной тенденцией к повсеместной индивидуализации производства (ставшей в последние десятилетия практически осуществимой, в первую очередь, благодаря возможностям точечной контекстной рекламы и неуклонному росту онлайн-продаж) этот тезис обнажает одно из белых пятен современной экономической теории, а именно – практически полную невозможность прогнозирования поведения потребителей. По существу, единой и достаточно достоверной в статистическом отношении модели поведения потребителя на современном рынке не существует. Известные модели, такие как модель принятия решений фон Неймана-Моргенштерна, модель потребительских предпочтений Фишбейна и ряд других, имеют весьма жесткие ограничения по применимости, поскольку не учитывают большого числа факторов потребительского поведения. Этому обстоятельству посвящен, в частности, хорошо известный «парадокс Алле», сформулированный будущим Нобелевским лауреатом Морисом Алле еще в 1950-е гг. [2]. По этой причине на протяжении последних 25-30 лет появилась масса исследований, посвященных уточнению полной картины факторов, оказывающих детерминирующее воздействие на реально наблюдаемое в рыночных условиях потребительское поведение. К числу подобных исследований можно отнести, бесспорно, работы классиков поведенческой экономической теории Дэниела Канемана и Амоса Тверски [13; 14], Роберта Шиллера, Ричарда Талера, Дэна Ариэли [12]; также необходимо отметить российских авторов, уделяющих пристальное внимание данной проблематике – А.В. Белянина [3; 4], В.И. Ключарёва [6; 7], В.С. Автономова [1]. Этой же проблеме посвящен ряд публикаций авторов [5; 8-11].

Исходя из вышесказанного, чрезвычайно актуальным направлением в русле проектирования социально-экономических систем, ориентированных на принципы устойчивого развития, следует считать исследования в области имитационного моделирования поведения потребителей, выполняемые коллективом авторов при финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований №18-010-00291 «Моделирование поведения потребителей с применением искусственных нейронных сетей».

Основная задача исследования

Основная задача описываемого в настоящей статье исследования – моделирование поведения социально-экономических систем, в первую очередь – рынков, групп и сегментов потребителей, трудовых коллективов (в целях дальнейшего прогнозирования поведения всех этих систем). В основу исследования закладывается исходное предположение о том, что любую социально-экономическую систему можно представить как взаимодействие множества отдельно взятых субъектов, каждый из которых руководствуется одними и теми

же общими принципами. Исходя из этого, в случае достоверного моделирования поведения отдельно взятого субъекта и его реакций на любые внешние воздействия появляется возможность моделирования поведения социально-экономических систем в целом, при условии, что известен ряд ключевых параметров подобных систем. При этом ставится задача научиться идентифицировать тип конкретной системы без уточнения и идентификации типа каждого ее составляющего элемента (поскольку это бы, во-первых, крайне увеличило трудоемкость анализа, и, во-вторых, затронуло проблему приватности в случае с трудовыми коллективами), что возможно делать по распознаванию характерных признаков поведения всей системы в целом.

Следует особо отметить, что данное исследование носит глубоко междисциплинарный характер, поскольку постановка задачи определяет необходимость серьезного симбиоза теоретических знаний экономической и психологической сфер, а также сферы ИТ. Широта постановки цели (моделирование поведения в целом, с выделением потребительского поведения лишь в качестве частного случая) подразумевает необходимость проведения многолетних исследований с привлечением максимально обширного эмпирического материала, а также широкого круга специалистов во всех трех указанных областях. При этом, авторским коллективом принято решение об отказе от использования метода анкетирования в целях сбора эмпирических данных, который использовался при проведении прошлых исследований в 2011-2018 гг., в силу следующих причин:

- 1) невозможность собрать количество анкет, которое можно было бы считать достаточным для формулирования каких-либо статистически достоверных выводов;
- 2) практически полная невозможность (вследствие неизбежной трудоемкости процедуры анкетирования, что, в свою очередь, суживает поле поиска респондентов почти исключительно до студенческой аудитории) обеспечения репрезентативности полученных данных;
- 3) невозможность обеспечения достоверности полученных в ходе анкетирования ответов респондентов.

Если в исследованиях, проводимых в предшествующие периоды, не ставилась задача получения сколько-нибудь значимой статистической достоверности результатов, а лишь проводилась проверка той или иной гипотезы (например, о принципиальном наличии либо отсутствии влияния какого-либо поведенческого фактора), а в описываемом исследовании подобная задача уже становится актуальной, то метод анкетирования был заменен на

компьютерное имитационное моделирование с последующей пошаговой адаптацией тестового алгоритма моделирования для достижения максимально возможной эмпирической достоверности полученной на каждом шаге модели.

Концепция модели принятия решений

Основная задача исследования – построение компьютерного алгоритма, позволяющего возможно более точно имитировать процесс принятия решений человеком в динамическом аспекте.

При этом важной особенностью является то, что предлагается отказаться от обучения искусственной нейросети распознаванию схем поведения отдельных анкетированных респондентов (поскольку очевидны два слабых места подобного подхода: неизбежная ограниченность объема выборки и высокая вероятность «зацикливания» нейросети, когда она досконально выучивает поведение данной группы респондентов, но при этом теряет предсказательные способности при попытке прогнозирования поведения иных респондентов, не входящих в исходную выборку). Вместо этого предлагается формировать для компьютерного алгоритма всевозможные наборы входных переменных и задавать ему тестовые варианты алгоритма принятия решений некоторым условным «субъектом» на основе этих данных, что позволит получить десятки и сотни тысяч решений, сгенерированных данной моделью. Функция искусственной нейросети при этом сводится к поэтапной подстройке (через алгоритм подбора синаптических весов сети) основных параметров обучаемой модели. Для проверки адекватности полученной модели для каждого тестового варианта алгоритма предлагается использовать две процедуры:

1) кластеризацию решений, полученных от разных «субъектов», на предмет выявления характерных повторяющихся поведенческих паттернов; критерием достоверности тестируемого алгоритма следует считать выделение числа и пропорционального распределения паттернов, аналогичных распределению в реальных сообществах;

2) анализ рядов динамики на предмет выявления сходимости ряда значений выбора «субъекта» к максимальному значению ожидаемой полезности; наличие подобной сходимости ряда следует считать критерием достоверности тестируемого алгоритма и «рациональности»¹ полученной модели.

Дополнительным критерием высокой достоверности полученной модели можно считать такой ход обучения модели, в процессе которого в поведении «субъекта» начнут просматриваться психологические явления, характерные для реальных людей (например,

¹ Кавычки здесь использованы, поскольку правомерность использования понятия «рациональность» применительно к неодоушевленной модели вызывает большие сомнения.

устойчивые поведенческие схемы, стереотипное мышление, фобии, дурные привычки, комплексы и т.д.).

Для построения модели необходимы следующие наборы переменных:

- «память», “background” субъекта – совокупность формализованных событий, состоявшихся ранее в жизни субъекта, с фиксацией привязки к одной из жизненных сфер и возникших в связи с ними положительных и отрицательных эмоций;

- система эмоциональных приоритетов субъекта – индивидуальная значимость эмоции каждого вида;

- алгоритм установления ассоциативных связей между оцениваемыми перспективами развития событий и памятью; для этого необходимо идентифицировать всевозможные виды деятельности субъекта и возможные сценарии для каждого вида деятельности (при моделировании предлагается исходить из того, что распознаются именно сценарии, а не отдельные объекты);

- функционирование модели имеет привязку к фактору времени, поэтому необходим счетчик условного времени в модели; он может работать дискретно, то есть на каждом шаге, к примеру, исходить из того, что с прошлого шага прошел 1 день или 1 месяц;

- параметр, описывающий процесс ослабления ассоциативных связей с течением времени (чтобы отразить тот факт, что давнишний опыт влияет на принятие решений в значительно меньшей степени, нежели недавно пережитый);

- алгоритм собственно принятия решений на основе оценки (сверки с памятью через алгоритм выявления ассоциативных связей) ожидаемых эмоциональных эффектов и оценки их субъективной значимости.

Способы описания и задания переменных

«События» в памяти представляются в виде принятых решений (бинарная переменная выбора = 1, в противном случае (отвергнутые решения) = 0), с порождаемыми ими эмоциональными состояниями по каждой жизненной сфере, протекающими во времени. Соответственно, динамический рисунок протекания этих эмоциональных состояний закладывается разработчиками и в ряде случаев может отличаться от ожидаемых на момент принятия решения эмоциональных состояний.

Для этого задаются:

- перечень типов переживаемых эмоциональных состояний;

- атрибутивная шкала интенсивности переживания эмоциональных состояний (принимает различные значения для каждого конкретного объекта-решения; зависит от

параметров объекта, задаваемых разработчиками, субъективной значимости эмоциональных состояний и ассоциаций с прошлым опытом);

- оценки субъективной значимости эмоциональных состояний (зависят от темперамента субъекта, задаются разработчиками перед запуском модели; не меняются по ходу работы модели);

- параметры объекта, задаваемые для каждого объекта-решения разработчиками.

По всей видимости, в процессе обучения модели не удастся (по крайней мере, на первоначальном этапе, дабы не усложнять чрезмерно модель) задать реальные параметры объектов (то есть, например, для человека – пол, рост, цвет волос, возраст и т.д., для машин – форму, тип кузова, цвет, состояние и т.д.), поскольку в реальной жизни разнообразие объектов чрезвычайно велико; кроме того, разные люди в любом случае одни и те же свойства объектов воспринимают и оценивают по-разному. По этой причине предлагается для пробного варианта модели задать некоторое стартовое количество (например, сотню) универсальных параметров, не прописывая их конкретные черты и привязку к конкретным типам объектов, а ограничившись их простой нумерацией; при формировании же разработчиками «памяти» каждому «состоявшемуся» событию должны быть приписаны определенные параметры. Ассоциативные связи выстраиваются нейросетью (через отдельный слой связей) именно по сочетанию определенных объектов-решений, заданных через их определенные параметры, с «переживаемыми» после принятия решений эмоциональными состояниями с учетом субъективной значимости. При этом нужно учитывать, что одни и те же параметры могут для одного «субъекта» распознаваться как связанные с одной жизненной сферой, а для другого – с совсем иной. Распознавание принадлежности объекта-решения к той или иной жизненной сфере происходит именно по значению параметров, сопровождающих оцениваемый объект-решение, и по сопоставлению с памятью.

Модель исходит из того, что субъект постоянно стремится максимизировать переживание положительных эмоций и одновременно минимизировать переживание отрицательных; при этом сам он не в состоянии полностью управлять собственными эмоциональными состояниями – то есть, он не может точно прогнозировать, какие именно объекты и события переживание каких эмоций в нем вызовут, и ориентируется только по собственному жизненному опыту и по мнению (советам) других людей (то есть косвенно учитывает ИХ жизненный опыт и ИХ ассоциативные связи).

Каждый объект-решение должен описываться не одним, а множеством параметров, поскольку в реальной жизни именно распознавание определенной комбинации параметров

приводит человека к тем или иным выводам относительно ожидаемых эмоциональных состояний.

Для нейросети имеем три группы входов:

- вектор значимости эмоции каждого вида (лингвистическая переменная);
- состояние памяти в текущий момент времени t (множество уже принятых решений, каждое из которых описывается набором параметров – они, в свою очередь, делятся на ожидаемые на момент принятия решения эффекты и на реальное текущее состояние этих эффектов (то, по какому конкретно сценарию пошли развиваться события после принятия решения в прошлом, должно определяться рандомизацией); также учитывается время, прошедшее с момента принятия решения);
- вектор параметров оцениваемых решений (в качестве параметров задается только обладание решений теми или иными свойствами; на текущем этапе исследования свойства будут не атрибутивными, а просто пронумерованными).

Алгоритм принятия решения

В описываемой модели используется следующий алгоритм, основанный на вышеперечисленных предпосылках (в виде блок-схемы алгоритм представлен на рис. 1):

Образ решения (выбор из 2-3 заданных альтернатив) со всеми параметрами (свойствами) → непосредственная реакция на свойства решения (сверка с собственной системой предпочтений в отношении свойств (базирующейся исключительно на опыте взаимодействия с аналогичными свойствами в прошлом; имеется в виду непосредственная реакция на сами свойства, а не на опыт принятия нами решений в прошлом и их последующую реализацию) и с системой предпочтений в отношении эмоций) → сверка с памятью (если имеется опыт в отношении решений с похожим набором свойств; если такого опыта нет, то решение принимается только на основании непосредственной реакции, либо принимается решение о поиске дополнительных данных (о чужом жизненном опыте)) → корректировка по итогам сверки с памятью непосредственной оценки → формирование вектора ожидаемых эмоциональных состояний по каждой альтернативе → выбор одной из альтернатив.

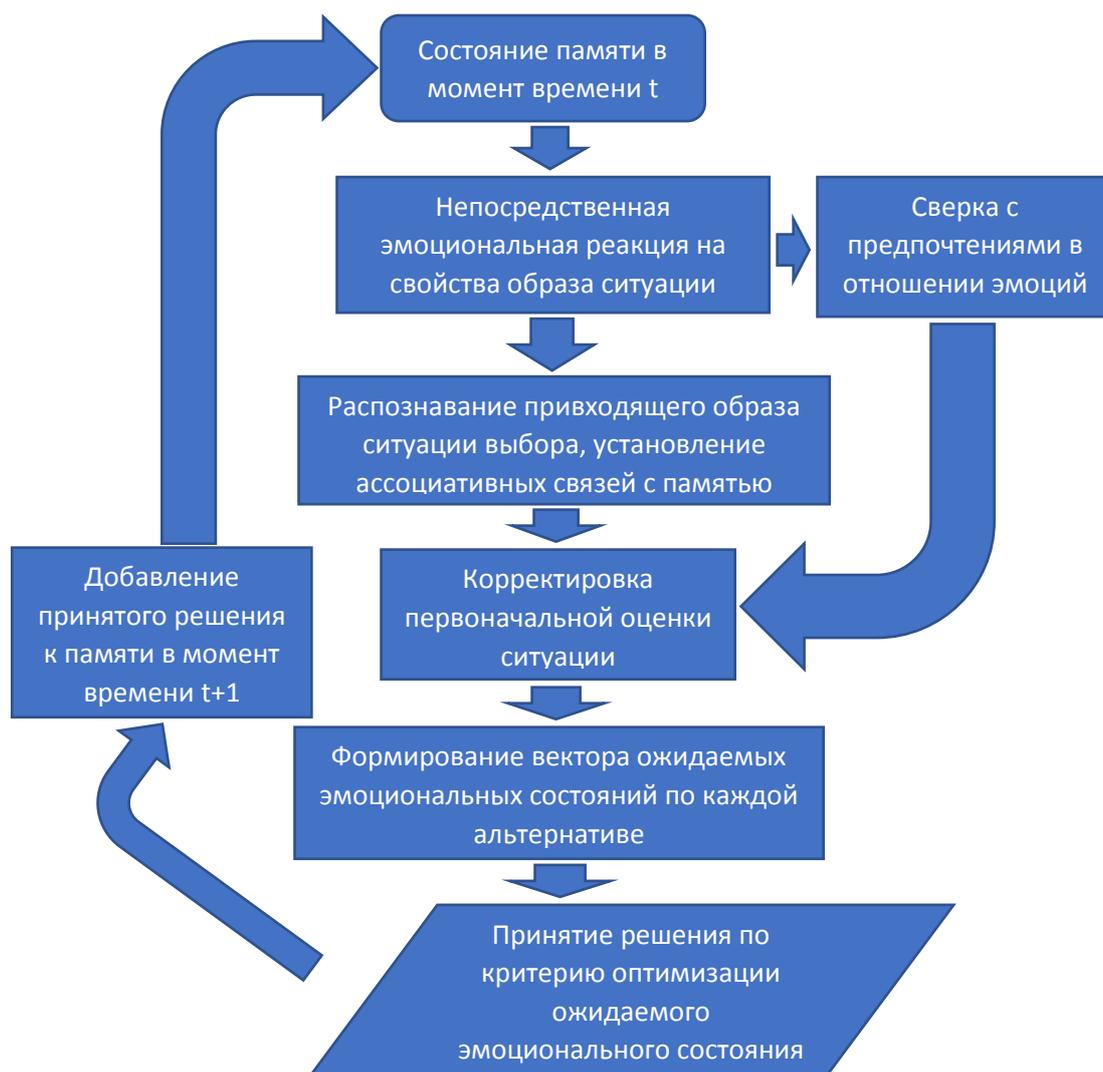


Рис. 1. Алгоритм принятия решений субъектом, используемый в данной модели

Эта процедура выполняется для каждой альтернативы, после чего решение принимается в пользу той из альтернатив, которая приносит наибольший ожидаемый эмоциональный эффект.

То, каким образом события развиваются после принятия решения (в зависимости от параметра t), закладывается в модель заранее; по каждому решению запрограммирован (в виду набора соответствующих функций) динамический рисунок переживаемых эмоциональных состояний, например, радость обладания ослабевает довольно быстро, в соответствии с законом убывающей предельной полезности; эстетическая радость ослабевает намного медленнее, поскольку благо долго «придается», страх отрицательных последствий медленно, но верно нарастает, и т.д.. При этом предлагается заложить случайные вариации для каждой из функций ослабления эмоций с течением времени, то есть в каждом конкретном случае задавать немного различную степень крутизны этих функций.

Заключение

В настоящий момент на основе разработанной авторским коллективом компьютерной модели поведения потребителя чрезвычайно активно ведутся работы по подготовке к запуску непосредственного обучения модели на искусственно сгенерированных примерах с последующей пошаговой адаптацией параметров модели с использованием искусственных нейросетей. Наибольшей проблемой данного этапа является разработка соответствующего программного обеспечения, необходимого для успешного функционирования модели, в тех пределах, в которых использование макросов и готовых логических формул MS Excel оказывается недостаточным.

Можно надеяться, что в течение календарного года будут получены первые полноценные результаты процесса моделирования потребительского поведения, которые можно будет использовать для решения задач проектирования социально-экономических систем различного типа, ориентированных на принципы устойчивого развития.

Литература

1. Автономов В.С. Постоянная и переменная рациональность как предпосылка экономической теории // Журнал Новой экономической ассоциации, 2017. – №1 (33). С. 142-146.
2. Алле М. Условия эффективности в экономике. М.: Науч.-изд. центр “Наука для общества”, 1998. – 304 с.
3. Белянин А. Дэниел Канеман и Вернон Смит: экономический анализ человеческого поведения // Вопросы экономики, 2003. – №1.
4. Белянин А.В., Колесникова Д.П. Калибрация прогнозов в задачах бинарного выбора // Психология. Журнал Высшей школы экономики, 2013. – Т. 10. №4. С. 42-66.
5. Вайберт А.Е., Шокин Я.В. Имитационное моделирование хозяйственного поведения с применением нейросетевых методов // Сетевое электронное периодическое научное издание «Проблемы региональной экономики». Том 36, 2016 г. Режим доступа: свободный по ссылке <https://elibrary.ru/item.asp?id=29156371>
6. Ключарев В.А. Свобода воли: Нейроэкономический подход // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова, 2017. – Т. 67. № 6.
7. Ключарев В.А., Зубарев И.П., Шестакова А.Н. Нейробиологические механизмы социального влияния // Экспериментальная психология, 2014. – Т. 7. № 4. С. 20-36.
8. Кузнецова К.П., Хромова Е.А., Шокин Я.В. Analisi dello sviluppo del fenomeno di "economia consumatore" in moderna economia Russa (Анализ развитости феномена «экономики потребления» в современной российской экономике) // Italian Science

- Review. 2015. 2 (23). PP. 93-96. (доступ к полному тексту по ссылке <http://ias-journal.org/archive/2015/february/Kuznetsova.pdf>)
9. Романовский А.В., Шокин Я.В. Нейроэкономика и ее интеграция в экономическую науку // Научно-информационный журнал «Экономические науки». №4, 2010. — С. 42-45.
 10. Шокин Я.В. Психологические факторы принятия экономических решений // Психологический журнал Государственного университета «Дубна» (Dubna psychological journal). 2015. №2. С. 36-41. (доступ к полному тексту по ссылке <http://psyanima.ru/wp-content/uploads/issues/2015n2a3.pdf>)
 11. Шокин Я.В. Анализ и моделирование экономического поведения с применением нейросетевых технологии // Сетевое электронное периодическое научное издание «Проблемы региональной экономики». Том 36, 2016 г. Режим доступа: свободный по ссылке <https://elibrary.ru/item.asp?id=29156370>.
 12. Ariely D. (2010). Predictably Irrational: The Hidden Forces That Shape Our Decisions. – New York, Harper Collins.
 13. Kahneman D., Tversky A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk // Econometrica. V. 47. No. 2. P. 263-291.
 14. Tversky A., Kahneman D. (1986). Rational Choice and the Framing of Decisions // The Journal of Business. October. Vol. 59. N 4. Part 2: The Behavioral Foundations of Economic Theory. P. 251-278.