ЭКОНОМИКА И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ, 2021, том 57, № 2, с. 135–147

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Компьютерный алгоритм формирования привычки у человека

© 2021 г. В.А. Истратов

В.А. Истратов,
ЦЭМИ РАН, РЭУ им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия; e-mail: istratov@cemi.rssi.ru

Поступила в редакцию 01.12.2020

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 18-010-01091).

Аннотация. Привычки людей давно попали в поле зрения ученых, но до сих пор не выработано ни их единого понимания разными областями знаний, ни предпочтительного способа формализации их самих и процесса их возникновения. Для работы мы опирались на определение привычки как действия, исполнение которого доведено до автоматизма и провоцируется возникновением определенных условий. Эта трактовка была заложена в предлагаемый компьютерный алгоритм формирования привычки. К традиционному требованию, что привычка возникает путем многократного повторения действия, были добавлены важные условия, определяющие возможность и характер формирования привычки: 1) желательность действия; 2) эффективность выполнения действия при определенных внешних условиях; 3) его бессознательное выполнение; 4) постоянство внешних обстоятельств. Бессознательное выполнение действия также было определено через соблюдение ряда условий. Алгоритм рассчитан на модели с дискретным временем. Привычка имеет явное представление в алгоритме: в виде отдельного класса (типа данных в программировании). По возможности предпочтение отдавалось дискретным подходам вместо тех, что используют непрерывные функции. После реализации алгоритма на языке программирования были проведены количественные эксперименты на условных данных. В них алгоритм успешно сформировал привычки во всех экспериментах, не создав при этом неинтерпретируемых вариантов. Алгоритм продемонстрировал значительную гибкость и универсальность по отношению к модели, описывающей поведение. Для прикладных расчетов требуется подобрать пороговые значения определенных переменных, соответствующие объектам исследования.

Ключевые слова: привычка, поведение, принятие решений, моделирование, математическое моделирование, компьютерное моделирование.

Классификация JEL: D03, Y80, C69.

DOI: 10.31857/S042473880014910-0

1. ВВЕДЕНИЕ

Привычки в поведении людей — тема обширная как по содержанию, так и по числу научных источников. И, несмотря на долгую историю ее изучения, по сей день в ней много неясного.

В частности, до конца непонятно, как именно привычка выполняет свою функцию — экономить вычислительные ресурсы мозга при решении повторяющихся задач. Эта неясность касается как физиологических (есть главный кандидат на роль зоны формирования привычки в головном мозге, но не хватает бесспорных аргументов в его пользу), так и психологических аспектов (в традиционном подходе к принятию решения привычка антагонистична целеориентированному поведению (например, (Dolan, Dayan, 2013)), но все чаще появляются теории, объясняющие поведение взаимодействием привычки со стремлением к цели (например, (Malvaez, Wassum, 2018)). Возможно, поэтому отсутствует общепринятая формализованная теория формирования и развития привычки.

Наибольшее внимание привычкам уделяется в психологии, физиологии, медицине. Немало внимания привычкам досталось и в экономической литературе (Истратов, 2019). Однако экономисты чаще работают со зрелыми привычками, нежели изучают их на этапе становления.

2. ПОНИМАНИЕ ПРИВЫЧКИ

В областях знаний, занимающихся исследованиями привычки, парадоксальным образом до сих не выработано ее единого понимания, хотя относительно ее функции консенсус достигнут. Словарной статьи, посвященной привычке, не найти даже в таких больших экономических словарях, как Palgrave Dictionary of Economics (Durlauf, Blume, 2008) и MIT Dictionary of Modern Economics (Pearce, Shaw, 1992). И не только в них. При этом в одной лишь экономической теории используется не менее трех определений привычки: «привычка — устоявшийся образ мыслей, привычка — ослабленная реакция на некоторый стимул, и (наиболее популярная интерпретация) привычка — как действие, доведенное до исполнения, близкого к автоматическому. В литературе встречается не очень четкое деление привычек на индивидуальные и общественные» (Истратов, 2019, с. 61).

В свою очередь, третья из упомянутых трактовок близка к психологическому понятию навыка — «доведенного до автоматизма путем многократных повторений действия; критерием достижения навыка служат временные показатели выполнения, а также тот факт, что выполнение не требует постоянного и интенсивного внимания (контроля)» (Мещеряков, Зинченко, 2009). Для определения привычки Большой психологический словарь Б.Г. Мещерякова и В.П. Зинченко предлагает неоднозначное, трудно формализуемое определение: автоматизированное действие, выполнение которого в определенных условиях стало потребностью.

Пытаясь навести порядок в этом вопросе, эрготерапевты Ф. Кларк с коллегами (Clark et al., 2007) выделили девять различных интерпретаций привычки, существующих в различных науках: тик; нейронные сети; обусловленная реакция; пристрастие; отдельные ежедневные виды деятельности; рутина; обычай, ритуал, обряд или церемония; черта характера; габитус.

Учитывая такую разноголосицу, мы будем для определенности отталкиваться от обобщенного понимания привычки — как действия, исполнение которого доведено до автоматизма и провоцируется возникновением определенных условий. В такой формулировке проявляется некоторое сходство привычки с рефлексом.

3. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРИВЫЧКИ

На фоне обилия работ, занимающихся исследованием привычки, попыток формально описать процесс формирования привычки было предпринято относительно немного. И что важнее — они не привели к созданию модели, которая бы считалась исследователями отправной точкой, стандартом в данной области.

Можно выделить три больших подхода к формализации описания привычки и процесса ее формирования:

1) частотно-индексный;

2) с традиционными математическими методами;

3) с компьютерными методами.

Частотно-индексный подход. Подход, основанный на частотных оценках привычки и индексах, является сугубо прикладным. Традиционно психологи рассчитывали частоту выполнения того или иного действия за некоторый период времени, чтобы оценить уровень формирования привычки (например, (Wood, Quinn, Kashy, 2002)). При этом четкого критерия, какая величина частоты означает наличие привычки, а какая — ее отсутствие, не существует.

Индекс представляет собой число, которое обозначает, в какой мере выражена привычка в конкретный момент времени. Содержательно индекс берет начало в идее частотного измерения привычки. Однако вместо непосредственных замеров частоты выполнения действия используются субъективные оценки, которые дают респонденты в ходе опросов. В качестве примеров индекса можно привести SRHI (Self-Report Habit Index) и SRBAI (Self-Report Behavioural Automaticity Index). Применительно к индексам тоже используют пороговые значения, чтобы отличать наличие привычки от ее отсутствия (например, (Lally et al., 2010)).

Данный подход не раскрывает внутренней сути процесса формирования привычки, но предлагает возможность отслеживать изменение силы проявления привычки (путем регулярного проведения опросов и расчета индекса). Точность оценок, предлагаемых данным

подходом, — вопрос дискуссионный. Сильной стороной данного подхода является содержательная простота.

Подход с традиционными математическими методами. Особенностью данного направления можно считать смысловую чужеродность идеи привычки применяемым методам, которые вырабатывались для решения иных задач. Эти методы не улавливают сути привычки: специфики ее формирования и функционирования. Со временем применение этих методов было механически распространено на область исследования привычки благодаря их абстрактности. Результат в целом выглядит неорганичным, хотя и приемлемым в отдельных ситуациях.

К таким традиционным методам относится регрессионный анализ. Он позволяет включить в уравнение регрессии любой фактор (в том числе привычку), коль скоро этот фактор имеет количественное выражение. Но обыкновенное представление привычки в виде слагаемого или множителя в регрессионном уравнении вызывает сомнения, поскольку не передает сути привычки (рождающейся в ответ на некоторую потребность при многократном повторении одного и того же действия в одних и тех же условиях и срабатывающей при возникновении тех же условий).

Регрессионный анализ требует количественных оценок параметров. На роль числовых оценок привычки хорошо подходят индексы, о которых речь шла выше. Впрочем, любой другой способ количественного представления привычки формально подходит для проведения построения регрессии. Примеры использования регрессионного анализа для оценки привычек — работы М. Фурнье (Fournier et al., 2017), А. Гербера (Gerber et al., 2003).

Схожим образом привычка реализована в рамках другого традиционного для экономического анализа метода — решения оптимизационных задач. Привычка представляется числовым параметром в целевой функции и иногда — в функциях-ограничениях. Такому представлению свойственны те же трудности в раскрытии содержания привычки, что возникают и у регрессионного анализа. Все же в некоторых работах (например, (Stigler, Becker, 1977)) привычка предстает функцией от других параметров, что позволяет более детально рассматривать процесс ее образования. Но способ воздействия привычки на окончательное решение остается принципиально тем же: аддитивно-мультипликативным, — т.е. мы имеем дело с несколькими факторами, чье взаимодействие сведено к нескольким стандартным операциям (сложения, умножения и родственным им). Оптимизационная задача требует только числовых переменных, не накладывая на них содержательных ограничений. Поэтому в качестве измерителя привычки можно брать как индексы, так и любые иные формы численного выражения — на усмотрение исследователя. Другие примеры решения оптимизационных задач с привычкой — в работах (Carroll, Overland, Weil, 2000; Faria, León-Ledesma, 2004).

В рамках оптимизационного направления особо выделяются работы об устойчивости привычки (habit persistence), рассматривающие привычку в качестве центрального объекта исследований. Однако привычка в них понимается весьма своеобразно: как некое общее влияние прошлого потребления на текущее, некая форма стабильного от периода к периоду потребления. Показательно уравнение из статьи Р. Хирагучи (Hiraguchi, 2011, p. 431) $s_{t+1} = c_t$, где c_t — потребление в период t; s_t — привычка в период t. Формы математического выражения главной идеи разнообразны, и, как правило, в них используются намного более сложные математические зависимости, чем в приведенном примере. Такой подход позволяет в явном виде изучать динамику привычки, однако нечеткость и узость ее определения создают трудности, которых не было у предыдущих методов. Другие работы по устойчивости привычки — (Pollak, 1970; Abel, 1990).

Иногда в основе подхода лежат функции вероятности. Например, в модели П. Гудвина (Goodwin, 1977) такая функция определяет выбор одного из альтернативных решений человека. Однако автор интерпретирует привычку как некий дисконт для издержек и просто вычитает этот дисконт из величины издержек. Гудвин рассматривает два случая, когда привычка выражена числовым параметром и когда привычка определена вероятностной функцией. Второй случай в отличие от первого дает возможность изучать причины возникновения привычки.

Подход с компьютерными методами. Специфика компьютерных подходов в том, что они могут выступать как в роли графической оболочки для традиционных методов, так и использовать специфические компьютерные методы вычислений. Очень часто в рамках одной модели применяются и традиционные, и сугубо компьютерные методы. Более того, авторы нередко добавляют в свои компьютерные модели оригинальные элементы, которые плохо поддаются классификации.

В случае если компьютерная программа — лишь оболочка, результат достигается с помощью обычных математических методов, но описанных языком программирования, что дает новое визуальное представление (отслеживание значений показателей в режиме реального времени, динамические графики и т.п.) и ускорение расчетов. В ситуациях, когда скорость вычислений или наглядность являются критическими, востребованы такие модели. Однако будучи лишь оболочкой, программа воспроизводит содержательные достоинства и недостатки используемых математических методов.

Так, например, в работе (Linkola, Andrews, Schuetze, 2013) для решения поставленной задачи использовалось вполне традиционное для психологии представление привычки как частоты выполнения действия за некоторый период времени.

Примером промежуточного варианта, когда к традиционным математическим методам добавляются компьютерные, может служить модель Ходжсона–Кнудсена (Hodgson, Knudsen, 2004). В основе их компьютерной модели лежит математическая модель, представляющая собой систему уравнений с лагированными переменными. Авторы представили привычку как произведение трех множителей (привыкания — степени выраженности привычки, гена привычки — экзогенного параметра, описывающего стремление человека учитывать в своем поведении приобретенное привыкание, и веса привычки — постоянного неотрицательного коэффициента). Привычка формируется постепенно от такта к такту (время в модели дискретно) — по мере совершения человеком действий.

К сугубо компьютерным методам относятся, например, различные способы машинного обучения, которые часто используются при моделировании привычки. Среди них особенно популярно обучение с подкреплением, суть которого заключается в том, что чем чаще действие успешно выполняется в определенных обстоятельствах, тем выше вероятность того, что это действие станет привычным, а эти обстоятельства позже станут провоцировать срабатывание привычки (например, (Han et al., 2009)). На эту традиционную основу могут накладываться самобытные авторские идеи, как, например, концепция итерационной изменяемой сенсомоторной среды Эгберта–Барандиарана (Egbert, Barandiaran, 2014).

Общая идея обучения с подкреплением может просматриваться и в простых моделях, формально не реализующих данный способ машинного обучения. Например, в модели Робертс–Ли (Roberts, Lee, 2012) привычка представлена отдельной переменной, и в каждый такт времени (время в модели дискретно), когда человек совершает правильное действие, величина этой переменной увеличивается на фиксированное число, усиливая привычку. Усиление привычки постепенно снижает вариативность поведения: человек все чаще отдает предпочтение привычному действию.

Также популярны искусственные нейронные сети. Однако нет общепринятого приема, как представлять привычку с их помощью. Поэтому авторы предлагают собственные подходы. Например, в (Read et al., 2018) привычка представлена как связь между слоями нейронной сети.

Очень характерна для компьютерного подхода концепция, включающая множество разнообразных авторских методов. Она заключается в описании привычки как многопараметрического объекта с набором явно выписанных правил поведения. Правило может выглядеть, например, как сочетание условия и вытекающего из него результата (поведения), как в работе (Klein et al., 2011). Сильная сторона этой концепции — в большой гибкости. Недостатки и остальные достоинства зависят от конкретных способов реализации концепции.

Наконец, существует огромный пласт моделей, которые не опираются ни на традиционные математические методы, ни на популярные компьютерные методы вычислений. Они самобытны в той мере, в которой различается пересказ одних и тех же событий разными людьми, и могут насчитывать всего несколько аналогов, поэтому их трудно классифицировать в крупные категории.

Например, в (Amouroux et al., 2014) в понимании привычки авторы отталкиваются от стабильности выполнения действий во времени: если действие выполняется достаточно регулярно в одно и то же время, то считается, что имеет место привычка. Авторы анализируют динамику четырех переменных, объединенных в кортеж, который полностью характеризует выполнение действия: период выполнения действия; частоту выполнения за этот период; вариативность частоты (представляющей собой качественную величину с возможными значениями «малая», «средняя», «большая») и набор предпочтительных подпериодов внутри периода.

Подробнее о различных способах формализации привычки и способов ее формирования см. в (Истратов, 2020а).

4. АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИВЫЧКИ

При разработке алгоритма формирования привычки важно учесть те факторы, которые отражают суть феномена привычки. Мы выделили следующие факторы (Истратов, 2020б).

1. Повторяемость действия. Привычка формируется благодаря многочисленным выполнениям одного и того же действия в одних и тех же обстоятельствах. Открытыми остаются вопросы, как много требуется повторов и насколько одинаковыми должны быть обстоятельства, чтобы возникла привычка.

2. Результативность действия. Успешное получение ожидаемого результата от выполнения действия делает возможным формирование привычки. Не во всех работах этому фактору уделяется внимание, но в компьютерных моделях, использующих обучение с подкреплением, он является одним из основных.

3. Неизменная цель действия. Выполнение одного и того же действия с разными целями затруднит формирование привычки.

4. Важность действия. На протяжении всего периода формирования привычки соответствующее действие должно оставаться более или менее важным для человека. В случае повышенной изначальной важности в какой-то момент она должна начать снижаться, давая возможность отвлечь внимание и автоматизировать выполнение действия.

5. Сложность обстоятельств. По всей видимости, сложность среды и условий исполнения действия влияет на скорость формирование привычки двояко. С одной стороны, трудности с выделением сигналов из среды затрудняют возникновение привычки. С другой стороны, чем сложнее среда, тем больше экономия мыслительных ресурсов при переходе на автоматизированное выполнение действия (при выборе адекватных сигналов), а это быстрее закрепляет возникшую привычку.

Кроме того, полезно помнить про два косвенных признака, которые зачастую используют для обнаружения привычки в поведении (например, (Pauli et al., 2018)):

а) выполнение привычного действия не реагирует на уменьшение значимости результата (т.е. человек, у которого сформировалась привычка, продолжает выполнять привычное действие, даже если результат этого действия потерял для него ценность);

б) выполнение привычного действия не реагирует на изменение результата (т.е. человек повторяет привычное действие, даже когда оно перестает давать желаемый результат).

Мы будем исходить из того, что учет названных факторов и обнаружение упомянутых признаков будет свидетельствовать о достаточном качестве алгоритма формирования привычки.

Что касается реализации и вопроса о явном или неявном представлениях привычки, то мы склоняемся к ее явному представлению — в виде отдельного параметра/ переменной/ программного типа данных (класса). Неявное представление (например, в виде конфигурации нейронных сетей или динамических эффектов) интуитивно кажется ближе к тому, как информация о привычке кодируется в мозге, но оно проигрывает явному — в возможностях отладки, верификации и интерпретации содержания параметров и результатов. Поэтому на начальном этапе исследования явное представление привычки приобретает дополнительную ценность.

Кроме того, на наш взгляд, у сознания человека много дискретных (прежде всего дихотомических) аспектов. При моделировании полагаться лишь на непрерывные (а уже тем более на гладкие) функции — слишком сильное допущение, оправданное лишь отсутствием более подходящего инструментария. Поэтому мы стараемся по возможности использовать дискретный подход, например, опирающийся на качественные понятия (Истратов, 2018).

Описание алгоритма. По содержанию процесс формирования привычки мы разбили на три этапа. Эти этапы не в равной мере отражены в алгоритме: акцент сделан на втором и третьем этапах.

На первом этапе человек учится выполнять новое действие. С первым успешным выполнением действия первый этап завершается.

Однако для формирования привычки простого умения выполнять действие недостаточно. Поскольку все затруднения в процессе исполнения требуют сознательного решения, то они замедляют автоматизацию действия. Следовательно, нужно, чтобы выполнение протекало без сбоев, и когда число срывов становится минимальным, второй этап считается завершенным.

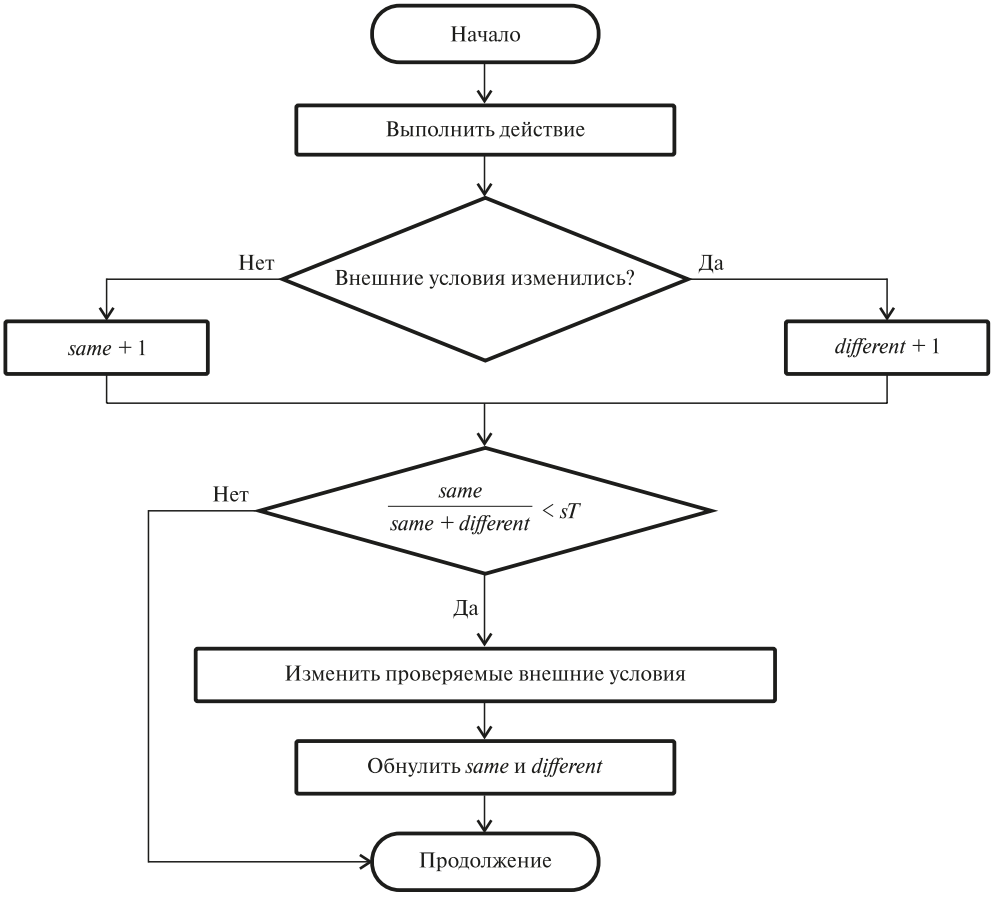

Рис. 1. Компьютерный алгоритм формирования привычки. Стабильность обстоятельств

На третьем этапе происходит работа над автоматизацией выполнения действия, и завершается он, когда действие успешно выполняется без участия сознания. Итогом третьего этапа становится формирование привычки.

Алгоритм предполагает, что в начале такта (алгоритм рассчитан на модели с дискретным временем) человек в компьютерной модели выполняет действие, после чего проводятся расчеты, связанные с привычкой (рис. 1). Сначала проверяется, насколько актуальны внешние условия при выполнении действия. Внешнее условие — значение параметра, характеризующее какое-либо обстоятельство выполнения действия. Если обстоятельства не изменились (по сравнению с предыдущими выполнениями того же самого действия), то возрастает на единицу значение переменной, которая отсчитывает случаи совпадения обстоятельств выполнения (*same*). В противном случае увеличивается на единицу значение переменной, отсчитывающей случаи несовпадения (*different*) обстоятельств.

После этого проверяется необходимость смены внешних условий. Если доля случаев выполнения действия при одних и тех же обстоятельствах окажется слишком низкой (меньше порога стабильности *sT*), то внешние условия изменяются и переменные-счетчики (*same* и *different*) обнуляются. В противном случае изменений не происходит.

Затем (рис. 2) определяется число случаев успешного (*successes*) и безуспешного (*fails*) выполнения действий при данных обстоятельствах (учитываются не все возможные обстоятельства, а только те, которые влияют на формирование привычки). Выполнение считается успешным, если от выполнения действия человек получал результат, на который рассчитывал, и безуспешным — в ином случае. Если доля успехов среди всех случаев выполнения действия не ниже порога успешности (*mT*), считаем, что человек отточил выполнение данного действия.

Отточенность исполнения — необходимое условие для перехода к бессознательному выполнению действия, которое, в свою очередь, является важнейшим условием формирования привычки. Смоделировать бессознательную или подсознательную деятельность — отдельная

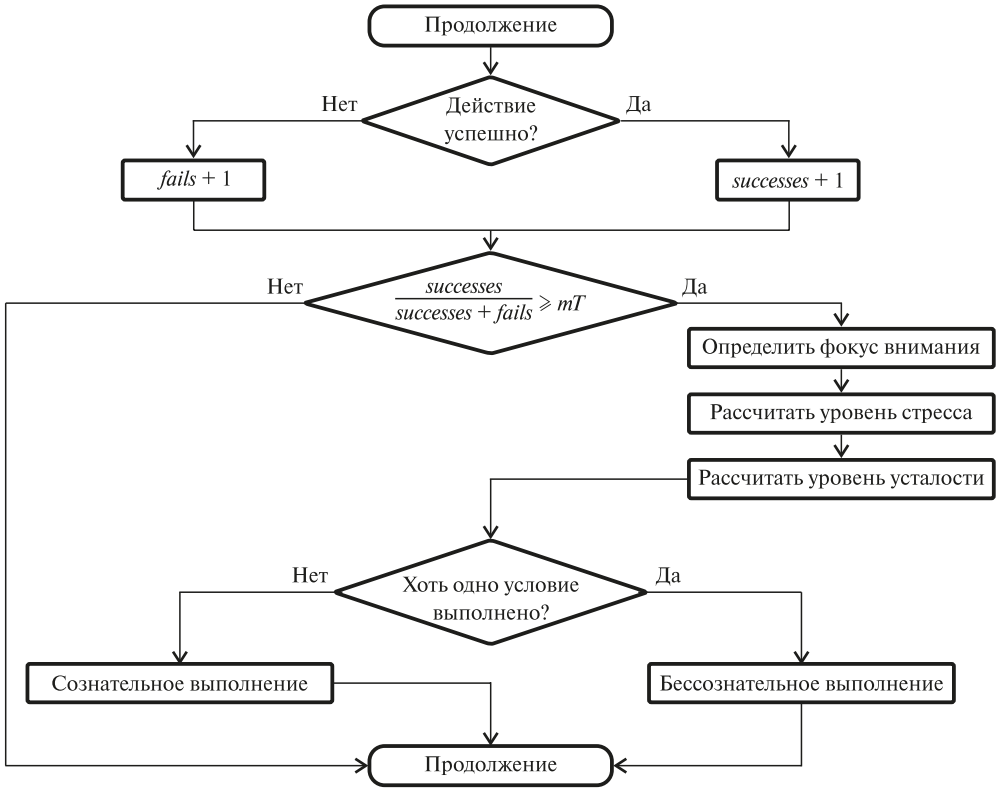

Рис. 2. Компьютерный алгоритм формирования привычки. Бессознательность выполнения

колоссальная задача, которая еще никем не решена в общем виде, она представляет собой один из крупнейших вызовов для моделирования мышления человека. Поэтому было решено немного срезать углы: мы не стали пытаться воспроизвести в модели сознательное и подсознательное мышление человека, однако мы предположили (вполне в духе качественного моделирования — см. (Истратов, 2018)), в каких ситуациях сознание может уступать контроль бессознательному. В итоге мы выделили три условия: если во время исполнения действия мысли человека заняты другой проблемой, если он находится в состоянии сильного стресса или если он сильно устал (см. рис. 2). И в дальнейшем мы исходили из того, что при возникновении любого из этих условий действие выполняется бессознательно. Эти три условия выбраны не за их особую важность, а по причине удобства моделирования. Если продолжать эту линию рассуждений, то можно выделить еще множество обстоятельств, приводящих к бессознательным решениям.

Отдельная проблема — конкретная программная реализация выбранных условий. Здесь мы исходили из возможностей модели поведения человека (Истратов, 2009), на которой апробировали алгоритм формирования привычки. А именно: в модели у агентов есть показатели стресса и усталости. Мы ввели пороговые значения этих показателей: их превышение означало выполнение соответствующих условий, т.е. человек находится в сильном стрессе и/или сильно устал. Сложнее было моделировать, чем заняты мысли человека. Мы вновь обратились к качественному подходу, чтобы найти условие, позволяющее небезосновательно считать, что мысли человека заняты не тем, что он делает. Было решено, что если есть другие действия с текущей склонностью (т.е. с силой намерения человека выполнить данное действие), превышающей текущую склонность выполняемого в данный момент действия, то это и будет считаться ситуацией, когда агент делает одно действие, а мысли его заняты другим действием. Поскольку по разным причинам наиболее желательное действие (с наибольшей текущей склонностью) может оказаться невыполнимым в данный момент.

Если выполнение действия стало бессознательным, то мы проверяем остальные критерии возникновения привычки: а) желательность действия, б) эффективность выполнения действия при проверяемых внешних условиях, в) соблюдение проверяемых внешних условий. Если эти

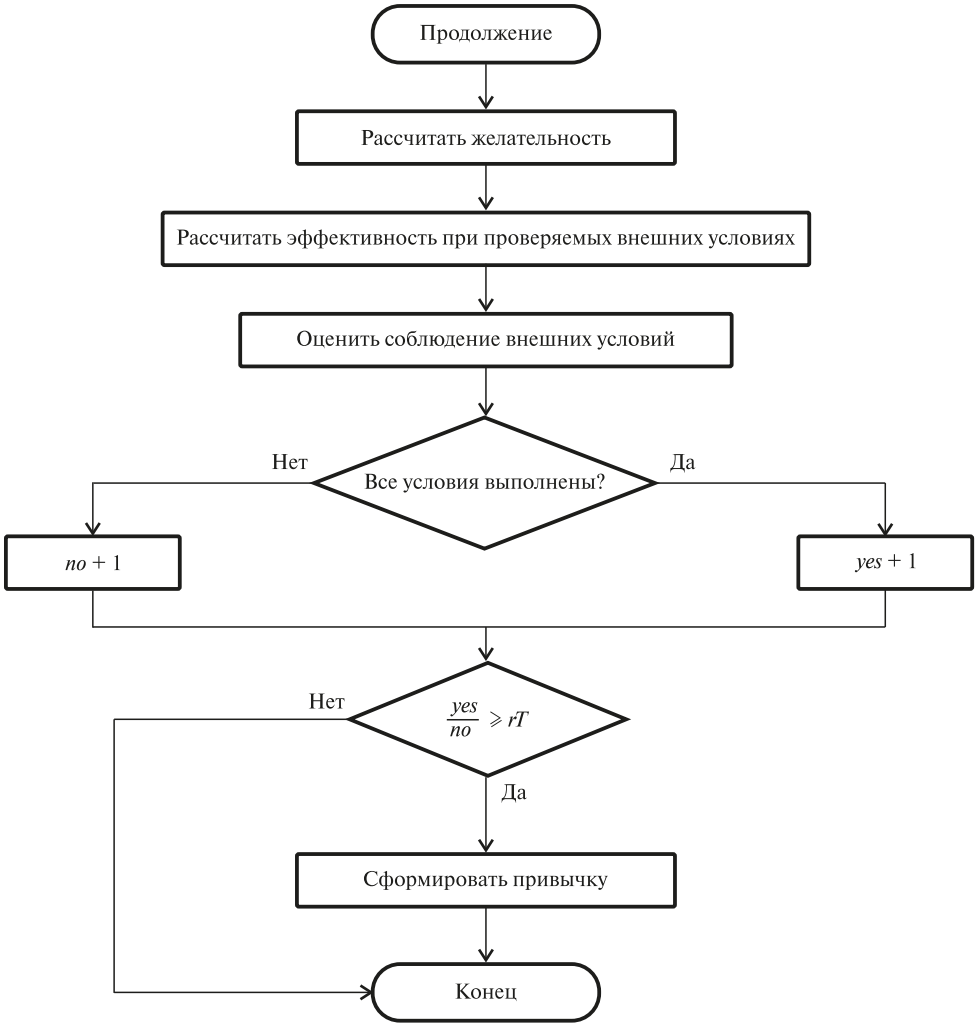

Рис. 3. Компьютерный алгоритм формирования привычки. Окончательная проверка

три критерия возникновения привычки также выполнены, то значение переменной, которая хранит число случаев соблюдения всех четырех условий (*yes*), возрастает на единицу, в противном случае на единицу возрастает значение переменной, которая хранит число случаев, когда хотя бы одно условие было нарушено (*no*) (рис. 3).

Затем проверяется отношение переменных *yes* и *no*: если оно оказывается не ниже порога готовности (rT), то формируется привычка (т.е. на уровне программы создается экземпляр класса «привычка»). В противном случае привычки не возникает.

Алгоритм рассчитан на модели с дискретным временем, поэтому в следующий такт времени вся описанная процедура повторяется с учетом последствий нового выполнения действия.

5. ЭКСПЕРИМЕНТЫ

Главная цель экспериментов — проверить способность предложенного алгоритма генерировать осмысленные привычки. Алгоритм был реализован на языке программирования Java.

Исходя из возможностей модели поведения человека, было решено воспроизвести формирование двух конкретных привычек: а) выполнять действие в одно и то же время (например, в 7 утра), б) выполнять действие следом за определенным действием (помимо распространения в быту, такая привычка является краеугольным камнем для различных подходов, использующих концепцию макродействия (например, (Dezfouli, Balleine, 2012)).

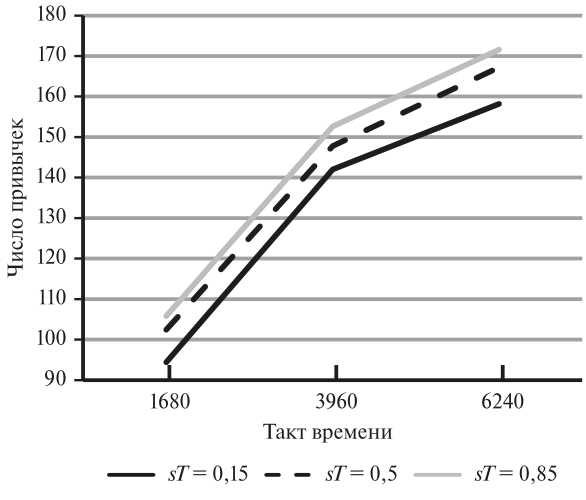

Рис. 4. Формирование привычек в зависимости от времени при разных значениях порога стабильности *sT*

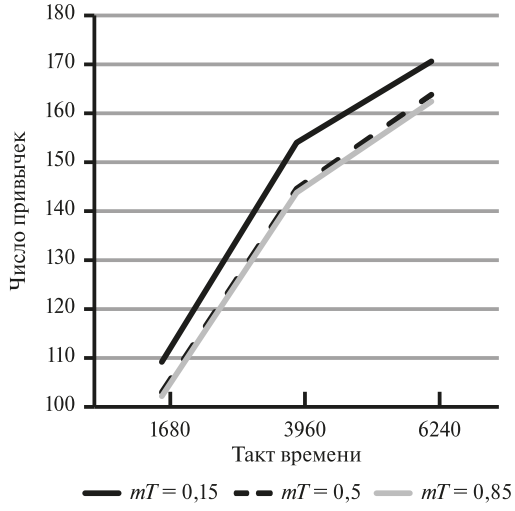

Рис. 5. Формирование привычек в зависимости от времени при разных значениях порога успешности *mT*

Нам удалось добиться возникновения обоих видов привычек, в некоторых случаях даже применительно к одному и тому же действию. Также в порядке вещей были ситуации, когда у человека формировалось более одной привычки (к различным действиям). Привычки смогли возникнуть ко всем девяти доступным в модели поведения действиям. Все это свидетельствует о широкой применимости и универсальности алгоритма.

Чтобы оценить влияние пороговых параметров (*sT*, *mT*, *rT*), были проведены дополнительные эксперименты. При их планировании мы исходили из оценок, по которым привычка в среднем формируется за 66 дней и, как правило, не более чем за 254 дня (Lally et al., 2010, p. 1002). Поэтому мы подсчитывали сформированные привычки через 70, 260 дней от нулевого периода и для равномерности — в середине этого интервала, т.е. через 165 дней. В каждом модельном дне было по 24 дискретных временных такта, поэтому выбранные точки отсчета, измеренные не в днях, а в тактах, выглядят так: 1680, 3960 и 6240.

Для каждой точки было проведено по пяти прогонов и взято среднее значение для компенсации разброса, связанного с другими параметрами модели поведения человека. Население модели во всех экспериментах составляло 100 человек. Большее число людей нелинейно увеличивало время работы модели, но дополнительно ничего не давало для оценки возможностей алгоритма. Область значений всех трех параметров: $sT, mT, rT \in [0;1]$.

Результаты расчетов приведены в таблице и на рис. 4–6.

В соответствии с нашими ожиданиями число привычек монотонно росло со временем, а величина прироста постепенно уменьшалась. Влияние порогов также соответствовало ожиданиям. Параметры *rT* и *sT* были связаны положительно с числом сформированных привычек: чем

Таблица. Число сформированных привычек на 100 человек

Название параметра	Такты времени	Значение параметра		
		0,15	0,5	0,85
sT	1680	94,4	102,4	105,8
	3960	142,0	147,8	152,6
	6240	158,2	167,2	171,6
mT	1680	109,2	103,0	102,2
	3960	154,0	144,6	143,8
	6240	170,6	163,8	162,4
rT	1680	99,0	102,2	101,6
	3960	142,6	143,8	149,2
	6240	159,8	162,4	170,2

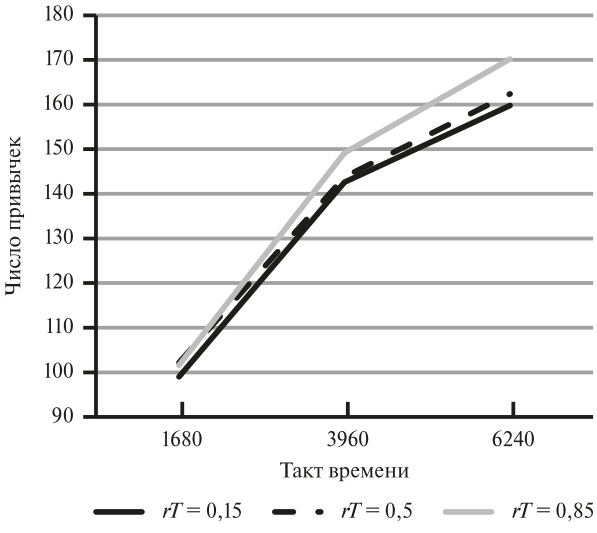

Рис. 6. Формирование привычек в зависимости от времени при разных значениях порога готовности *rT*

выше порог, тем больше привычек формируется. Тогда как параметр *mT* был связан отрицательно: чем выше порог, тем меньше привычек формируется.

При этом относительно невелик был разброс числа привычек (в среднем разница составила 10–15 привычек к 6200 такту), формирующихся при почти полярных значениях параметров *sT*, *mT* и *rT* (0,15 и 0,85), что свидетельствует о стабильности результатов вычислений.

Из пяти названных в предыдущем разделе факторов были учтены первые четыре (повторяемость, результативность, важность и неизменность цели действия). Пятый фактор (сложность обстоятельств) в итоге было решено не учитывать в алгоритме из-за масштабности задачи. Под «обстоятельством» можно понимать почти что угодно: место или время выполнения действия, предметы окружающей обстановки, людей, находящихся поблизости или участвующих в действии, ощущения и мысли человека (внутренние обстоятельства) и т.д. Учет пятого фактора потребовал бы детальной проработки большого числа разнородных обстоятельств выполнения, относящихся более чем к одному действию, и разработки процедуры выделения релевантных и наиболее значимых обстоятельств из набора произвольных обстоятельств (т.е. моделирования тех элементов мышления, которые находятся за передовой решения задач искусственного интеллекта).

У поведения человека после возникновения привычки автоматически появились указанные ранее признаки привычки (исполнение привычного действия не должно реагировать на уменьшение значимости результата и на изменение самого результата), поскольку, согласно алгоритму, сформировавшаяся привычка срабатывает только при наступлении определенных обстоятельств.

Количественные эксперименты показали, что представленный алгоритм адекватно воспроизводит процесс формирования привычек (пример часто возникавшей привычки — читать перед сном), не создавая бессмысленных и необъяснимых вариантов. Для прикладных расчетов потребуется подобрать пороговые значения, соответствующие объектам исследования.

6. ВЫВОДЫ

В сравнении с общим числом научных работ, в которых рассматриваются привычки в поведении человека, доля тех, в которых фигурируют формальные модели развития и формирования привычки, незначительная. А имеющиеся работы трудно поддаются исчерпывающей классификации. Все это открывает простор для поиска новых способов формализации того, как возникает привычка в поведении человека.

Предложенный в данной статье алгоритм описывает процесс зарождения привычки с момента начала освоения нового действия до момента формирования поведенческой привычки.

Согласно данному алгоритму привычка явно представляется в виде объекта соответствующего класса. Мы отказались от неявного представления привычки, поскольку посчитали важными наглядность и легкость интерпретации, которые есть у моделей с явным представлением и которые отсутствуют у моделей с неявным представлением. Кроме того, весь процесс формирования привычки происходит на виду с выделением всех ключевых факторов.

Содержательно мы дистанцировались от подходов, когда привычка формируется лишь за счет числа повторов. Мы добавили условия, из-за которых число повторов действий, необходимых для возникновения привычки, может существенно меняться, а сам процесс рождения привычки становится более осмысленным и менее механическим. Поэтому стали возможны ситуации, как и в жизни, когда, несмотря на большое число повторений действий, привычки не возникает. При этом повторы продолжают играть очень важную роль в нашем алгоритме.

Так, было выделено четыре условия возникновения привычки, на которых строился алгоритм: 1) бессознательность выполнения действия, 2) желательность действия, 3) эффективность выполнения действия при определенных внешних условиях, 4) постоянство внешних обстоятельств. В свою очередь, условие бессознательности было сведено к другому набору условий: 1) выполнение действия должно быть отточено, 2) человек должен быть усталым, находиться в состоянии сильного стресса или быть занят другими проблемами.

И в целом при разработке алгоритма мы старались отказываться от непрерывных функций, несмотря на все удобства их использования, и отдавали предпочтение, где возможно, дискретным подходам.

Использование экзогенных пороговых параметров (типа *sT*, *mT*, *rT*) удобно практически, но, по нашему мнению, является теоретической слабостью алгоритма. В дальнейшем планируется сделать эти пороги эндогенными и менее жесткими.

В количественных экспериментах представленный алгоритм адекватно воспроизвел процесс зарождения привычек, успешно сформировав привычки во всех экспериментах и не создав неинтерпретируемых вариантов. Алгоритм продемонстрировал существенную гибкость и универсальность. Для прикладных расчетов потребуется подобрать пороговые значения, соответствующие объектам исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

Истратов В.А. (2009). Агенто-ориентированная модель поведения человека: не в деньгах счастье? // *Экономика и математические методы*. Т. 45. № 1. С. 129–140. [**Istratov V.A.** (2009). Agent-based model of human behavior: Is money able to buy you happiness? *Economics and Mathematical Methods,* 45, 1, 129–140 (in Russian).]

Истратов В.А. (2018). Структурно-целевой подход к качественным оценкам // *Экономика и математические методы*. Т. 54. № 2. С. 104–126. DOI: 10.7868/S0424738818020085 [**Istratov V.A.** (2018). The goal-structure approach to qualitative valuation. *Economics and Mathematical Methods,* 54, 2, 104–126. DOI: 10.7868/S0424738818020085 (in Russian).]

Истратов В.А. (2019). Концепции привычки в экономической теории и их пригодность для алгоритмизации // *Журнал Новой экономической ассоциации*. № 1 (41). С. 34–66. [**Istratov V.A.** (2019). Habit concepts in economic theory and their algorithmization suitability. *Journal of the New Economic Association,* 1 (41), 34–66 (in Russian).]

Истратов В.А. (2020а). Формализация описания привычки: обзор подходов // *Экономика и математические методы*. Т. 56. № 1. С. 128–146. DOI: 10.31857/S042473880005782-9 [**Istratov V.A.** (2020a). Formalizing habit description: Approaches review. *Economics and Mathematical Methods,* 56, 1, 128–146. DOI: 10.31857/S042473880005782-9 (in Russian).]

Истратов В.А. (2020б). О развитии компьютерного алгоритма формирования привычки // *Искусственные общества*. Т. 15. № 3. DOI: 10.18254/S207751800010916-6 [**Istratov V.A.** (2020b). On the development of a computer algorithm for habit formation. *Artificial Societies,* 15, 3. DOI: 10.18254/S207751800010916-6 (in Russian).]

Мещеряков Б.Г., Зинченко В.П. (ред.) (2009). Большой психологический словарь. М.: АСТ, Прайм-Еврознак. [**Meshcherjakov B.G., Zinchenko V.P.** (eds.) (2009). *The big psychological dictionary.* Moscow: AST, Praim-Evroznak (in Russian).]

Abel A.B. (1990). Asset prices under habit formation and catching up with the joneses. *American Economic Review*, 80, 2, 38–42.

Amouroux É., Huraux T., Sempé F., Sabouret N., Haradji Y. (2014). SMACH: Agent-based simulation investigation on human activities and household electrical consumption. In: *Agents and artificial intelligence. ICAART 2013.* J. Filipe, A. Fred (eds.) Communications in computer and information science. Berlin, Heidelberg: Springer, 194–210.

Carroll C.D., Overland J., Weil D.N. (2000). Saving and growth with habit formation. *American Economic Review*, 90, 3, 341–355.

Clark F., Sanders K., Carlson M., Blanche E., Jackson J. (2007). Synthesis of habit theory. *OTJR: Occupation, Participation and Health*, 27 (Supplement), 7s-23s.

Dezfouli A., Balleine B.W. (2012). Habits, action sequences and reinforcement learning. *European Journal of Neuroscience*, 35, 1036–1051.

Dolan R.J., Dayan P. (2013). Goals and habits in the brain. *Neuron*, 80, 312–325.

Durlauf S.N., Blume L.E. (eds.) (2008). *The new Palgrave dictionary of economics.* 2nd ed. Basingstoke, UK: Palgrave Macmillan.

Egbert M.D., Barandiaran X.E. (2014). Modeling habits as self-sustaining patterns of sensorimotor behavior. *Frontiers in Human Neuroscience.* Vol. 8. 590 p.

Faria J.R., León-Ledesma M.A. (2004). Habit formation, work ethics and technological progress. *The Manchester School*, 72, 3, 403–413.

Fournier M., d'Arripe-Longueville F., Rovere C., Easthope C.S., Schwabe L., El Methni J., Radel R. (2017). Effects of circadian cortisol on the development of a health habit. *Health Psychology,* 36, 1059–1064.

Gerber A.S., Green D.P., Shachar R. (2003). Voting may be habit-forming: Evidence from a randomized field experiment. *American Journal of Political Science,* 47, 3,540–550.

Goodwin P.B. (1977). Habit and hysteresis in mode choice. *Urban Studies*, 14, 95–98.

Hiraguchi R. (2011). A two sector endogenous growth model with habit formation. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 35, 430–441.

Han Q., Arentze T., Timmermans H., Janssens D., Wets G. (2009). A multi-agent modeling approach to simulate dynamic activity-travel patterns. In: *Multi-agent systems for traffic and transportation engineering.* A.L.C. Bazzan, F. Klügl (eds.). Hershey, New York: Information Science Reference, 36–56.

Hodgson G.M., Knudsen T. (2004). The complex evolution of a simple traffic convention: The functions and implications of habit. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 54, 1, 19–47.

Klein M.C.A., Mogles N., Treur J., Wissen A. van (2011). A computational model of habit learning to enable ambient support for lifestyle change. In: *Modern approaches in applied intelligence. IEA/AIE2011.* K.G. Mehrotra, C.K. Mohan, J.C. Oh, P.K. Varshney, M. Ali (eds.). Lecture notes in computer science, 6704. Berlin, Heidelberg: Springer, 130–142.

Lally P., Jaarsveld C.H.M. van, Potts H.W.W., Wardle J. (2010). How are habits formed: Modelling habit formation in the real world. *European Journal of Social Psychology*, 40, 998–1009. DOI: 10.1002/ejsp.674

Linkola L., Andrews C.J., Schuetze T. (2013). An agent based model of household water use. *Water*, 5, 1082–1100.

Malvaez M., Wassum K.M. (2018). Regulation of habit formation in the dorsal striatum. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 20, 67–74.

Pauli W.M., Cockburn J., Pool E.R., Pérez O.D., O'Doherty J.P. (2018). Computational approaches to habits in a model-free world. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 20, 104–109.

Pearce D.W., Shaw R. (eds.) (1992). *The MIT dictionary of modern economics.* 4th ed. Cambridge, MA: MIT Press.

Pollak R.A. (1970). Habit formation and dynamic demand functions. *Journal of Political Economy*, 78, 4, Part 1, 745–763.

Read S.J., Brown A.D., Wang P., Miller L.C. (2018). The virtual personalities neural network model: Neurobiological underpinnings. *Personality Neuroscience*, 1, E10, 1–11.

Roberts S.C., Lee J.D. (2012). Using agent-based modeling to predict the diffusion of safe teenage driving behavior through an Online Social Network. In: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting,* 5, 1, 2271–2275.

Stigler G., Becker G. (1977). De gustibus non est disputandum. *American Economic Review*, 67, 2, 76–90.

Wood W., Quinn J.M., Kashy D.A. (2002). Habits in everyday life: Thought, emotion, and action. *Journal of Personality and Social Psychology,* 83, 6, 1281–1297. DOI: 10.1037//0022-3514.83.6.1281

Computer algorithm of human habit formation

© 2021 V.A. Istratov

V.A. Istratov,
Central Economics and Mathematics Institute, Russian Academy of Sciences; Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia; e-mail: istratov@cemi.rssi.ru

Received 01.12.2020

This study was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project 18-010-01091).

Abstract. Human habits have long come to the attention of scientists, but so far neither a common understanding of them within different fields of knowledge, nor a preferred way of formalizing both them and the process of their emergence has been developed. For the purpose of our work, we defined habit as an action, execution of which became automatic and is provoked by the occurrence of certain conditions. This interpretation was incorporated into the proposed computer algorithm of habit formation. We extended the conventional requirement that a habit emerges through training with important conditions that determine the possibility and features of habit formation: 1) desirability of action, 2) action effectiveness under certain external conditions, 3) unconsciousness of action performing, 4) stability of external circumstances. Likewise the unconsciousness of action performing was defined through a number of conditions. The algorithm is designed for discrete-time models. A habit is explicitly represented in the algorithm: as a separate class (programming data type). Whenever was possible, we preferred discrete approaches over those employing continuous functions. After the implementation of the algorithm in a programming language, quantitative experiments were carried out on artificial data. The algorithm successfully produced habits in all experiments without creating uninterpretable outcomes. The algorithm has demonstrated significant flexibility and versatility in relation to behavior model. Applied research will require threshold values that describe the object of study.

Keywords: habit, behavior, decision making, modeling, mathematical modeling, computer simulation

JEL Classification: D03, Y80, C69.

DOI: 10.31857/S042473880014910-0