

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ
ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 330.46: 330.162: 519.876.2

Солодухин С.В.кандидат экономических наук, доцент,
декан факультета экономики и менеджмента
Запорожской государственной инженерной академии**ОСНОВНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ СТАДНОГО ПОВЕДЕНИЯ ВО ВНЕШНЕЙ И ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЕ ПРЕДПРИЯТИЙ**

В статье рассматриваются вопросы построения комплекса базовых моделей стадного поведения во внешней и внутренней среде предприятия. Приведен анализ основных проблем применения стандартных моделей управления предприятием для учета проявления стадного поведения агентов и предложен концептуальный базис построения таких моделей во внешней и внутренней среде предприятия, включая модели состояний и модели действий в условиях однородных и разнородных популяций с учетом авторитета и склонности к стадному поведению. Использование типовых моделей позволяет упорядочить процессы моделирования и сократить затраты времени на создание моделей для конкретных сфер применения во внутренней и внешней среде предприятия.

Ключевые слова: моделирование, принятие решений, модели управления предприятием, внешняя и внутренняя среда, стадное поведение, стадность, популяция.

У статті розглянуто питання побудови комплексу базових моделей стадної поведінки у зовнішньому і внутрішньому середовищі підприємства. Приведено аналіз основних проблем застосування стандартних моделей управління підприємством для врахування проявів стадної поведінки агентів та запропоновано концептуальний базис побудови таких моделей у зовнішньому і внутрішньому середовищі підприємства, включаючи моделі станів і моделі дій в умовах однорідних і різнорідних популяцій з урахуванням авторитету і схильності до стадної поведінки. Використання типових моделей дає змогу впорядкувати процеси моделювання і скоротити витрати часу на побудову моделей для конкретних сфер застосування у внутрішньому і зовнішньому середовищі підприємства.

Ключові слова: моделювання, прийняття рішень, моделі управління підприємством, зовнішнє і внутрішнє середовище, стадна поведінка, стадність, популяція.

Постановка проблеми. В современных условиях развития рыночной конъюнктуры при управлении предприятием повышается значимость скорости и качества управленческих решений, направленных на своевременную реакцию на изменения во внешней и внутренней среде предприятия. Можно утверждать, что в последние годы динамика функционирования предприятий характеризуется высокой волатильностью рыночной среды, курсов валют, стоимости сырьевых активов, спроса на продукцию на внешних и внутренних рынках, действий контрагентов. В таких условиях характерны информационная неполнота, асимметричность информации, что вызывает менеджмент предприятия для повышения качества управленческих решений активно искать новые источники информации, в том числе обращать внимание на решения других участников рынка. Именно наблюдаемые решения других рыночных агентов в некоторых слу-

чаях становятся определяющей информацией для принятия решений. Такое поведение агентов в экономической литературе получило название «стадное поведение» (herd behavior) [1, с. 797–802; 2, с. 3–6; 3, с. 465–467] и связано с проявлением массовых одинаковых действий.

Анализ последних исследований и публикаций. Традиционная экономическая теория базируется на рациональных мотивах в принятии решений агентами, согласно которой поиск оптимального решения состоит в вероятностной оценке возможных вариантов и рациональном выборе наилучшего из них. Так, ожидания будущей прибыли инвестора позволяют ему сформировать оптимальный портфель активов при допустимом уровне риска. Однако в мировой практике известны случаи иррационального поведения отдельных агентов и рынка в целом, которые невозможно объяснить при помощи рациональных моделей [8]. Стоит подчеркнуть, что в настоящее время

в современной экономической литературе уделяется значительное внимание изучению феномена иррациональных мотивов при принятии решений агентами в рыночной среде. Аспекты коллективного поведения агентов исследованы в работах Х. Лебенштейна, Л. Фестингера, И. Джаниса, М. Грановеттера, нобелевских лауреатов Г. Саймона, Д. Аркелофа, Д. Стиглица, Т. Шеллинга, изучающих информационное и психологическое влияние на принятие решений экономическими агентами.

Целью исследования является обоснование разработки комплекса базовых моделей стадного поведения во внешней и внутренней среде предприятия, включая модели состояний и модели действий, модели однородных и разнородных популяций, а также модели с учетом авторитета, склонности к стадному поведению и модели с учетом дополнительных факторов. Данный комплекс моделей позволяет упорядочить процессы моделирования, обеспечивая сокращение затрат времени на создание моделей для конкретных сфер применения.

Изложение основного материала исследования. Основные трудности при применении стандартных моделей управления предприятием для учета проявления стадного поведения агентов связаны со следующими концептуальными и практическими недостатками таких моделей:

1. Попытки создать универсальную модель [6; 13], которая будет применима для всех предметных областей, для всех объектов исследования и для всех случаев, когда автор заявляет, что именно эта модель лучше всего описывает стадные процессы. Концептуальным недостатком такого подхода является то, что универсальных моделей не существует в принципе и необходим учет и корректировка моделей в зависимости от объекта исследования и целей исследования.

2. Отсутствие учета прочих факторов, кроме стадности [11; 13], т. е. попытка объяснить какое-либо явление исключительно с позиций стадности без учета прочих факторов, как если бы поведение соответствующего субъекта определялось исключительно его склонностью к стадному поведению и больше ничем. В то же время стадность является лишь одним из факторов, определяющих поведение тех или иных представителей популяции или группы, поэтому даже если вклад стадности в итоговые решения или действия очень велик, он не является исчерпывающим, что требует учета не только стадности, а и других факторов при построении моделей.

3. Отсутствие учета субъективных факто-

ров [5; 12], когда, кроме стадности как явления и особенности принятия решений, в модель включаются лишь факторы с объективным характером влияния (например, учитываются условия внешней среды, которые могут подтолкнуть представителей популяции или группы к тем или иным решениям), однако не учитываются индивидуальные особенности представителей группы.

4. Чрезмерное усложнение моделей. Многие авторы [4; 6; 9] идут по пути максимального усложнения моделей, включая увеличение количества факторов, усложнение математического аппарата (нейронные сети, дифференциальные уравнения и т. п.), а также «нечетких переменных» или иных факторов, нуждающихся в проведении серии дополнительных расчетов. Такой подход может быть хорошим теоретическим упражнением и может произвести впечатление красотой математических построений, однако зачастую оказывается малоприменим на практике ввиду невозможности собрать данные, необходимости больших вычислительных мощностей, сложности интерпретации, необходимости наличия у специалистов-практиков в сфере управления предприятиями глубоких познаний в математической теории и моделировании.

5. Использование не поддающихся или сложно поддающихся формализации факторов. Так, ряд моделей [10] включает факторы, сбор исходных данных о которых требует прямого доступа к представителю соответствующей популяции или группы (например, интенции, внутренние мотивы и т. п.), или же абстрактные факторы, которые не формализованы в исходном виде и при включении в модель интерпретируются достаточно субъективно («сигналы», «информированность» и т. п.). Поэтому в модели должны включаться факторы, которые либо уже представлены в численно измеримом виде (статистические данные), либо могут быть собраны и приведены к такому виду с помощью доступных стандартных методов (например, опросы, психологические методы и т. п.).

Таким образом, при моделировании проявлений стадного поведения при поддержке решений в управлении предприятиями следует учитывать вышеизложенные концептуальные недостатки существующих подходов.

На основе выполненного в работе анализа можно прийти к выводу, что ключевым проявлением стадного поведения в принятии решений является зависимость вероятности принятия некоторого состояния или выполнения некоторого действия субъектом популяции от того, какие состояния приняли другие субъекты

данной популяции, в частности от того, какой процент представителей популяции принял это состояние или выполнил это действие и кто именно из представителей популяции принял это состояние или выполнил это действие.

Следует обратить внимание на принципиальную разницу между двумя проявлениями стадного поведения, которые упомянуты в приведенном выше определении, – это категории действия и состояния. Основным отличием действия от состояния является то, что состояние представляет собой некоторую характеристику, которая может меняться с течением времени, а действие, будучи выполненным, не может быть отменено. Следует подчеркнуть, что как действия, так и состояния объектов во внешней и внутренней среде предприятия могут быть подвержены стадным эффектам и моделирование обеих данных категорий представляет научный и практический интерес. В табл. 1 для иллюстрации различий между данными категориями приведены основные проявления действий и состояний, которые могут быть подвержены стадности.

Прежде чем переходить к построению модели, следует сделать ряд концептуальных пояснений к приведенному выше определению ключевого проявления стадного поведения в принятии решений:

– стадное поведение возможно именно в некоторой популяции, причем влияние решений или действий некоторого представителя популяции на других представителей популяции возможно лишь в том случае, когда представитель популяции, подвергающийся влиянию, осознает как свою принадлежность, так и принадлежность представителя популяции, оказывающего влияние, к этой популяции;

– каждое действие за рассматриваемый период времени отдельный представитель популяции может выполнить только один раз, то есть при построении модели исключается

ситуация, когда один и тот же представитель популяции может выполнять одно и то же действие несколько раз или же отменить его выполнение;

– в течение рассматриваемого периода времени отдельный представитель популяции может принимать различные состояния, которые с течением времени могут меняться.

Общая постановка модели имеет следующий вид. Популяция состоит из K представителей, каждый отдельный представитель популяции обозначается $k=1..K$. В каждый момент времени t , $t=1..T$ (в модели рассматривается всего T моментов времени) каждый представитель популяции может выполнить определенное действие, причем общий набор возможных действий ограничен M , каждое возможное действие обозначается $m=1..M$. Если в момент времени t представитель популяции k предпринял действие m , это будет обозначаться $A_{k,m}^t=1$, в противном случае $A_{k,m}^t=0$ (дискретный случай). Кроме случая, когда действие носит дискретный характер (например, потребитель может оформить или не оформить годовую подписку на некоторую услугу), возможны предметные области, предполагающие определенную интенсивность действий (например, потребитель может приобрести различный объем продукции). В случае если для предметной области важна интенсивность действия, целесообразно выразить действие определенным диапазоном, т. е. в момент времени t представитель популяции k предпринимает действие m с определенной интенсивностью, которую во избежание чрезмерного усложнения модели следует ограничить диапазоном $A_{k,m}^t \in [0;1]$. Так, если под действием будет пониматься приобретение продукции, то целесообразно оценивать ее не в натуральном или денежном выражении, а, например, в доле, приходящейся на конкретного поставщика, что позволит при построении моделей нивелиро-

Таблица 1

Характеристика категорий состояния и действия в контексте объектов внешней и внутренней среды предприятий, которым могут быть свойственны проявления стадности

Состояния	Действия
<i>Внешняя среда</i>	
Доверие к производителю со стороны потребителей	Приобретение товара
Доверие к предприятию как к заемщику	Предоставление предприятию кредита
Доверие к предприятию как к партнеру	Реализация совместных проектов
<i>Внутренняя среда</i>	
Уровень поддержки решений руководства коллективом	Организационное сопротивление или организационная поддержка
Уровень удовлетворенности персонала	Увольнение с работы Забастовка
Отношение к технике безопасности	Нарушение техники безопасности

вать разницу в объемах приобретаемой продукции.

Кроме того, каждый представитель популяции может пребывать или не пребывать в каждом из возможного набора состояний: $s=1..S$. Если в момент времени t представитель популяции k пребывает в состоянии s , это будет обозначаться $S_{k,m}^t = 1$, в противном случае $S_{k,m}^t = 0$ (дискретный случай). Если речь идет о том, что каждое состояние может иметь определенную интенсивность (например, уровень репутации предприятия в глазах контрагента), то следует установить, что $S_{k,m}^t$ может пребывать в определенном диапазоне значений, которые для упрощения модели целесообразно ограничить диапазоном $S_{k,m}^t \in [0;1]$.

Из приведенного выше определения стадности следует, что вероятность выполнения некоторого действия субъектом популяции или его пребывания в определенном состоянии зависит от того, какие действия предприняли другие субъекты данной популяции или в каких состояниях они пребывают. В самой простой ситуации такая вероятность будет зависеть от того, какой процент представителей популяции выполнил это действие или пребывает в этом состоянии, в более сложных ситуациях такая вероятность будет также зависеть от того, кто именно из представителей популяции выполнил это действие или пребывает в этом состоянии, от интенсивности действия или состояния, от склонности представителя популяции к стадному поведению,

Рассмотрим первоначально самую простую ситуацию – **однородную популяцию**, которая характеризуется следующими особенностями: представители популяции в одинаковой мере реагируют на выполнение другими представителями популяции определенных действий (независимо от того, какой конкретно представитель популяции их предпринял) т. е. нет «вожаков», за которыми популяция бы следовала; представители популяции в равной мере склонны к стадному поведению, т. е. нет представителей популяции, которые были бы в большей мере склонны к стадному поведению, чем другие.

В случае **однородной популяции и дискретного случая** вероятность выполнения представителем популяции k действия m в момент времени t будет зависеть от того, количества представителей популяции, выполнивших к этому моменту соответствующее действие, и рассчитываться по следующей формуле:

$$P_{k,m}^t = f\left(\frac{K_m^{t-1}}{K}\right), \quad (1)$$

где K_m^{t-1} – количество представителей популяции, которые на момент времени уже

выполнили действие m , K_m^{t-1} рассчитывается по формуле:

$$K_m^{t-1} = \sum_{z=1}^{t-1} \sum_{x=1, x \neq k}^K A_{x,m}^z. \quad (2)$$

Пример графика вероятности выполнения представителем популяции определенного действия в зависимости от того, какое количество представителей популяции уже к этому моменту соответствующее действие

($P_{k,m}^t$ как функция от $\frac{K_m^{t-1}}{K}$), показан на рис. 1.

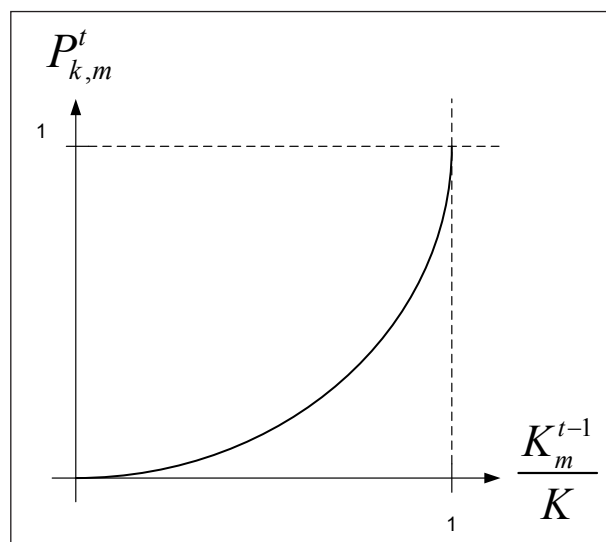


Рис. 1. Пример графика, иллюстрирующего функцию стадности

Источник: составлено автором

В случае однородной популяции и учета различной интенсивности действий интенсивность выполнения представителем популяции k действия m в момент времени t будет зависеть от средней интенсивности выполнения соответствующего действия другими представителями популяции и рассчитываться по аналогичной дискретному случаю формуле (однако ее смысловая нагрузка будет несколько иной):

$$A_{k,m}^t = f\left(\frac{A_m^{t-1}}{K}\right), \quad (3)$$

но при этом A_m^{t-1} – сумма интенсивностей действия m в исполнении всех представителей популяции:

$$A_m^{t-1} = \sum_{z=1}^{t-1} \sum_{x=1, x \neq k}^K A_{x,m}^z. \quad (4)$$

Следует подчеркнуть, что для **однородной популяции и дискретного случая** речь идет о вероятности выполнения представителем популяции определенного действия, а в случае **однородной популяции и учета различной интенсивности действий** – об интенсивности действия. Следовательно, в первом случае действие может быть выполнено или не выполнено (с соответствующей вероятностью), а во втором – оно будет выполнено с опред-

еленной интенсивностью (которая может быть также равна 0). Таким образом, модель первого вида следует использовать для моделирования относительно редких действий (например, увольнение работников, появление новых клиентов и т. п.), а модель второго рода – для моделирования действий, которые обязательно выполняются, но с определенной интенсивностью (например, приобретение товаров определенными группами потребителей).

Дальнейшим усложнением модели являются модели **разнородных популяций**, что может быть представлено в виде таких проявлений:

1. Разные представители популяции имеют различную склонность к проявлению стадного поведения, т. е. вероятность выполнения определенного действия или принятия определенного состояния представителем популяции зависит от его индивидуальных особенностей, т. е. в одной и той же ситуации вероятность выполнения определенного действия одним представителем популяции будет равна 50%, а другим представителем популяции – 90%. Такая особенность в данной работе будет называться **склонностью к стадному поведению**.

2. Вероятность выполнения определенного действия или принятия определенного состояния представителем популяции может зависеть не только от процента представителей популяции, выполнивших это действие или принявших это состояние, но и от того, кто именно выполнил это действие или принял это состояние. Т. е. разные представители популяции оказывают разное влияние на других представителей популяции. Ярким примером такого явления в природе является следование стада за вожаком. В экономике проявления могут включать подражание успешным людям, следование за руководителем коллектива и т. п. Такая особенность в данной работе будет называться **авторитетом представителя популяции**.

В психологии под авторитетом понимается «влияние умственное, побуждающее уважение, доставляемое обладанием превосходной и признанной власти или выдающейся и признанной мудрости, знания, добродетели, а также влияние индивида, основанное на занимаемом им положении, должности, статусе и т. д.» [7]. В таком контексте, очевидно, авторитет отдельных представителей популяции будет оказывать влияние на действия других представителей популяции:

чем больше такой авторитет у представителя популяции, тем более склонны следовать за ним другие представители популяции, что диктует необходимость учета авторитета в моделях стадного поведения во внешней и внутренней среде предприятия.

В отличие от природы, где стадность объясняется преимущественно инстинктами, склонность представителей популяции стадному поведению в экономике, как правило, обусловлена совокупностью следующих факторов: недостатком знаний; недостатком информации; нежеланием самостоятельно принимать решения и нести за них персональную ответственность; доверием авторитетным представителям популяции; подражанием успешным представителям популяции; субъективными особенностями, лежащими в области психологии и типа личности.

Выводы из проведенного исследования. Таким образом, выделены основные недостатки существующих моделей стадного поведения, включая попытки создания универсальных моделей; отсутствие учета прочих факторов, кроме стадности; отсутствие учета субъективных факторов; чрезмерное усложнение моделей и использование не поддающихся или сложно поддающихся формализации факторов. Обоснована целесообразность формирования базы типовых моделей, позволяющих упорядочить процессы моделирования и сократить затраты времени на создание моделей для конкретных сфер применения. В качестве ключевых факторов, которые должны учитываться во всех моделях стадного поведения независимо от предметной области, выделены: процент представителей популяции, которые уже выполнили определенное действие или приняли определенное состояние; авторитет представителей популяции в глазах друг друга, индивидуальная склонность к стадному поведению. В соответствии с разработанным подходом к моделированию, предложен комплекс базовых моделей стадного поведения во внешней и внутренней среде предприятия, включая модели состояний и модели действий, модели однородных и разнородных популяций, а также модели с учетом авторитета, склонности к стадному поведению и модели с учетом дополнительных факторов.

Список использованных источников:

1. Banerjee A. A Simple Model of Herd Behavior / A. Banerjee // Quarterly Journal of Economics. – 1992. – № 3(107).
2. Bikhchandani S. Herd Behavior in Financial Markets: A Review/ S. Bikhchandani, S. Sharma // IMF Working paper. – 2000. – WP. № 00/48. – P. 32.
3. Scharfstein D. Herd Behavior and Investment / D. Scharfstein, J. Stein // American Economic Review. – 1990. – № 80(3). – P. 465–479.

4. Актуальні проблеми прогнозування поведінки складних соціально-економічних систем : [монографія] / За ред. О.І. Черняка, П.В. Захарченка. – Бердянськ : Ткачук О.В., 2016. – 512 с.
5. Андриенко В.Н. Модели реинжиниринга систем управления : [монографія] / В.Н. Андриенко. – Донецк : ДонНУ, 2001. – 184 с.
6. Дербенцев В.Д. Синергетичні та екофізичні методи дослідження динамічних та структурних характеристик економічних систем : [монографія] / В.Д. Дербенцев [та ін.]. – Черкаси : Брама-Україна, 2010. – 287 с.
7. Ефремов И.И. Функции и роль авторитета как феномена социальной жизни / И.И. Ефремов // *Философия и общество*. – 2005. – № 1(38). – С. 38.
8. Канеман Д. Принятие решений в неопределенности: Правила и предубеждения / Д. Канеман, П. Словик, А. Тверски ; пер. с англ. – Х. : Гуманитарный центр, 2005. – 632 с.
9. Матвійчук А.В. Штучний інтелект в економіці: нейронні мережі, нечітка логіка : [монографія] / А.В. Матвійчук. – К. : КНЕУ, 2011. – 439 с.
10. Новиков Д.А. Рефлексия и управление: математические модели / Д.А. Новиков, А.Г. Чхартишвили. – М. : Издательство физико-математической литературы, 2013. – 412 с.
11. Попов Е. Информационные каскады и принятие управленческих решений / Е. Попов, А. Коновалов, Т. Паклина // *Проблемы теории и практики управления*. – 2010. – № 10. – С. 39–49.
12. Современные подходы к моделированию сложных социально-экономических систем : [монографія] / Под ред. В.С. Пономаренко, Т.С. Клебановой, Н.А. Кизима. – Харьков : ФЛП Александрова К.М. ; ИНЖЭК, 2011. – 280 с.
13. Турлакова С.С. Проблемы проявления стадного поведения на уровне предприятия / С.С. Турлакова // *Вісник Донбаської державної машинобудівної академії*. – 2014. – № 2(33). – С. 224–230.

Solodukhin S.V.

THE MAIN PREREQUISITES FOR THE CONSTRUCTION OF MODELS OF HERD BEHAVIOUR IN THE EXTERNAL AND INTERNAL ENVIRONMENT OF ENTERPRISES

The article deals with the construction of basic models of herd behaviour in the external and internal environment of the enterprise. Studying the motives of economically active agents while providing decision-making processes in the market environment and developing appropriate economic and mathematical models is an urgent task of research in the management of an enterprise in conditions of mass behaviour of agents. It is analysed the main problems of applying standard enterprise management models to account for the appearance of herd behaviour of agents. The main difficulties in applying standard enterprise management models to account for the appearance of agent herd behaviour are associated with attempts to create a universal, often extremely complex model that will be applicable for all subject areas, for all research objects and for all cases. It is proposed a conceptual basis for constructing such models in the external and internal environment of the enterprise. The model describes the decision making by the representatives of the population taking into account a possible set of states. The probability of some action by a subject of a population or his stay in a certain state depends on what actions other subjects of a given population have taken or in what states they are staying. It is dealt with the models of states and models of actions under conditions of homogeneous and heterogeneous populations and also models based on authority and propensity to herd behaviour. Using the proposed models allows you to streamline the modelling process and reduce the time required to create models for specific applications in the internal and external environment of the enterprise.

Key words: modelling, decision-making, enterprise management model, external and internal environment, herd behaviour, herding, population.