

## АГЕНТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЙ

Ю. А. Ивашкин (Москва)

Динамика большой активной системы в большинстве случаев непредсказуема, и конечное ее состояние не может быть прогнозируемо из начального аналитически или путем логического анализа, так как оно является результатом многошагового взаимодействия многих активных элементов системы и окружающей среды. В связи с этим предлагаются модели и алгоритмы *агентно-ориентированной имитации* взаимодействия конфликтующих элементов – *интеллектуальных агентов (ИА)*, варьирующих свои свойства и поведение в зависимости от состояния других элементов и маркетинговой среды. Модели ИА, описывающие индивидуальные характеристики состояния и поведения каждого участника конфликта на каждом шаге взаимодействия, объединяются в *мультиагентную имитационную модель большой активной системы*, воспроизводящей динамическое взаимодействие интеллектуальных агентов с возможностью идентификации их состояния и прогнозирования оптимальных стратегий достижения цели.

Несмотря на многообразие конфликтных ситуаций различной социальной и физической природы, стратегии разрешения конфликта сводятся либо к индивидуальной борьбе с противодействующей стороной, либо к поиску кооперативных совместных решений, ведущих к компромиссному достижению общей цели. При этом реализация стратегий в конкретной среде достигается последовательностью действий, связанных с индивидуальной оценкой и изменением параметров состояния каждого конкурирующего агента.

Характерным примером является конфликтная рыночная ситуация с конкурирующими фирмами – производителями товаров, борющимися за максимальную прибыль и долю рынка. В этом случае *моделирование поведения каждого активного элемента* в условиях противодействия связано с выбором стратегии ценообразования *интеллектуального агента-производителя* в мультиагентной имитационной модели олигополюсного рынка с учетом стратегий других олигополистов-конкурентов.

Из анализа маркетинговых ситуаций видно, что процесс ценообразования имеет две стадии [1]. Первая охватывает время «борьбы» цен, когда каждый агент, следуя стратегии – «каждой цене своя доля рынка», пытается предложить цену ниже цен конкурентов. Во второй стадии каждый продавец вместе с другими продавцами пытается достичь возможно большую совместную прибыль. Таким образом, агент-продавец, анализируя состояние рынка, выбирает одну из следующих стратегий:

– максимизация прибыли за счет увеличения доли рынка путем снижения цены (*Cut-стратегия* [2]);

– кооперация совместных действий [3, 4] по установлению цены, обеспечивающей максимальную общую прибыль, с активным поиском оптимальной цены (*Cooperation-leader*) и пассивной стратегией (*Cooperation-follower*).

В случае *индивидуальной стратегии* (рис. 1) агент-продавец стремится своими действиями захватить желаемую долю рынка *MarketShare* за счет снижения цены до некоторого предельного значения  $p^{min}$  (*lowlimit*).

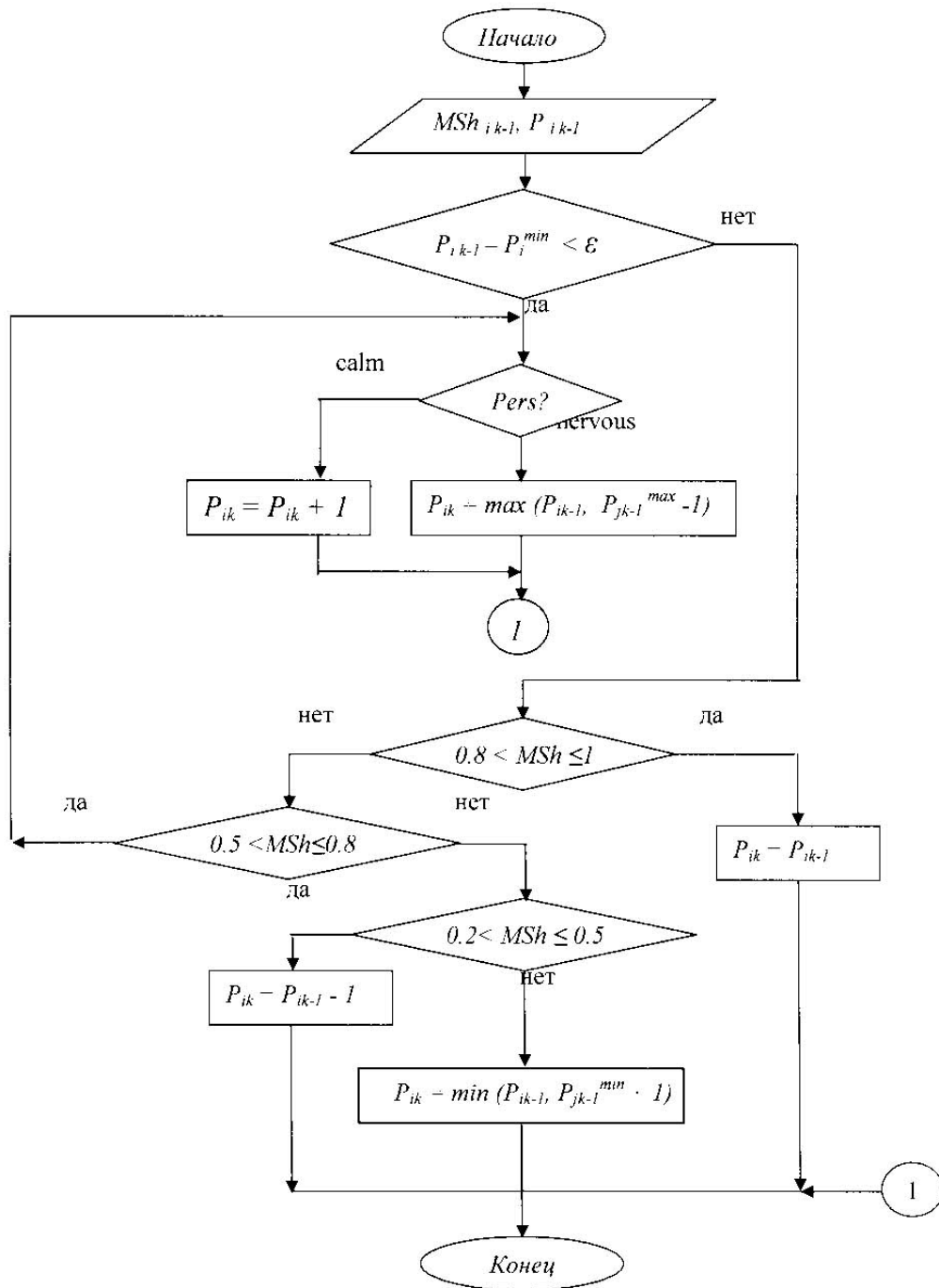


Рис. 1. Блок-схема алгоритма поведения агента-продавца при индивидуальной стратегии захвата рынка

При высокой доле рынка 0,8–1,0 продавец доволен и оставляет принятую цену без изменений  $P_{ik} = P_{ik-1}$ . В случае среднего или низкого уровня он уменьшает цену на единицу, чтобы привлечь большее число покупателей и если доля рынка совсем низка (меньше 0,2), прибегает к резкому снижению цены до уровня на единицу выше самой низкой цены предшествующего периода

$$P_{ik} = \min(P_{ik-1}, P_{jk-1}^{\min} + 1); \quad i, j = 1, n; \quad i < j. \quad (1)$$

Находясь в зоне достаточно высокой рыночной доли 0,5–0,8, агент может пытаться увеличить прибыль, повышая цену. Величина изменения в этом случае зависит от персональных признаков продавца *Personality (calm, nervous)* так, что нервный продавец повышает цену максимально до нижней цены конкурентов, а спокойный – лишь на единицу.

Если цена подошла к своему нижнему пределу  $P_{i\ k-1} - P_i^{min} < \varepsilon$ , продавцу невыгодно торговать, и нервный продавец поднимает цену до уровня на единицу ниже самой высокой цены предшествующего периода

$$P_{ik} = \max(P_{ik-1}, P_{jk-1}^{max} - 1); i, j = 1, n; i < j, \quad (2)$$

а спокойный повышает цену на единицу.

При **пассивной кооперативной стратегии** агента-продавца *Cooperation-follower*, цель которой сводится к достижению максимальной средней доли рынка, также используются переменные *MarketShare* (доля рынка) и *Personality (calm, nervous)* – персональный признак.

Если доля рынка находится в пределах низкого или очень низкого уровней, то производитель, считая, что его цена очень высока, уменьшает ее, прибегая к действиям спокойного или нервного продавца (1) так, чтобы приблизиться к средней рыночной доле – 100/n %. В случае высокой или очень высокой доли продавец, желая приблизиться к среднему уровню, повышает цену также действиями спокойного или нервного агента (2).

При сохранении доли рынка *пассивного агента-продавца* на среднем уровне, его тактика ценообразования остается неизменной, т. е.  $P_{ik} = P_{ik-1}$ .

Значительно сложнее **активная кооперативная стратегия** агента-лидера *Cooperation-leader*. Ее цель заключается в том [3, 4], чтобы совместно с другими производителями-продавцами найти цену, дающую максимальную общую прибыль при равномерном распределении долей рынка. При поиске оптимальной цены агент-лидер должен учитывать поведение всех других агентов-продавцов, также участвующих в этом процессе, как с пассивной кооперативной стратегией, так и с индивидуальной стратегией захвата. Поиск общей оптимальной цены начинается [4] только тогда, когда все остальные продавцы переходят на *Cooperation-follower* и возникает вопрос, как должен вести себя лидер, если еще существует хотя бы один *Cut*-конкурент. В этом случае большим скачком цены

$$P_{ik} = INT(P_{ik-1} * (1 + T/a)), \quad (3)$$

где  $a$  – константа, управляющая величиной ценового скачка наряду с временем  $T$ ; лидер сигнализирует *Cut*-конкуренту о своем желании изменить стратегию, и если желание не воспринято, он доводит свою цену до уровня цены *Cut*-конкурента

$$P_{ik} = \min(P_{jk-1}); j = 1, n; j < i. \quad (4)$$

Этот процесс продолжается до тех пор, пока последний агент с индивидуальной стратегией не переключится на *Cooperation-follower*. С переходом всех продавцов на *Cooperation* – стратегию начинается поиск оптимальной цены.

Для управления стратегией поведения агента-продавца вводятся две переменные, описывающие тип *Strategie (Cut, Cooperation-leader, Cooperation-follower)* и критерий эффективности *Credibility(Real)* действующей стратегии относительно достижения цели. Вначале моделирования для всех участников рынка устанавливается стратегия *Cut* и начальное значение критерия *Initialcredit*. Для оценки эффективности стратегии прибыль в текущем периоде  $G_{ki}$  сравнивается с ее предшествующим значением  $G_{ki-1}$

и, если стратегия была успешна, коэффициент доверия к ней увеличивается на 30% и наоборот. Первоначальная *Cut*-стратегия сохраняется до тех пор, пока коэффициент доверия не станет ниже нуля, после чего она заменяется одной из кооперативных стратегий *Cooperation* с установкой в *Credibility* исходного значения критерия эффективности *Initialcredit*. Последующий выбор определяется тем, существовал ли ранее кооперативный лидер. Если да, то агент-продавец избирает пассивную стратегию *Cooperation-follower*. В противном случае он сам становится лидером со стратегией *Cooperation-leader*.

Механизм оценки и изменения критерия эффективности кооперативной стратегии в принципе аналогичен действиям при индивидуальной стратегии захвата рынка. Прибыль текущего периода сравнивается с максимальной прибылью, которая достигалась при равенстве цен всех продавцов и одинаковых предпочтениях покупателей, т.е. в тот период, когда все агенты-продавцы имели равные доли рынка.

В эксперименте [5,6] в универсальной имитационной системе *Simplex3* [7] с двумя спокойными агентами-продавцами с начальными значениями кредита доверия *InitCredit* 150 и 100 условных единиц и 16-ю покупателями оба агента не прибегают к резким действиям типа (1) и (2). В соответствии с алгоритмом поведения (рис. 1) и управления стратегиями агент-2 с меньшим начальным кредитом доверия к индивидуальной *Cut*-стратегии (*InitCredit* = 100.00) откажется от нее раньше 1-го агента-продавца и как кооперативный *Cooperation* - лидер попытается переключить своего конкурента на кооперативную стратегию. Если величина *Credibility* 1-го продавца также перешла за пороговое значение, он примет пассивную кооперативную стратегию *Cooperation-follower* поиска общей оптимальной цены.

На рис. 2 показаны кривые изменения ценовой политики двух конкурентов – олигополистов в переходном процессе стабилизации рынка.

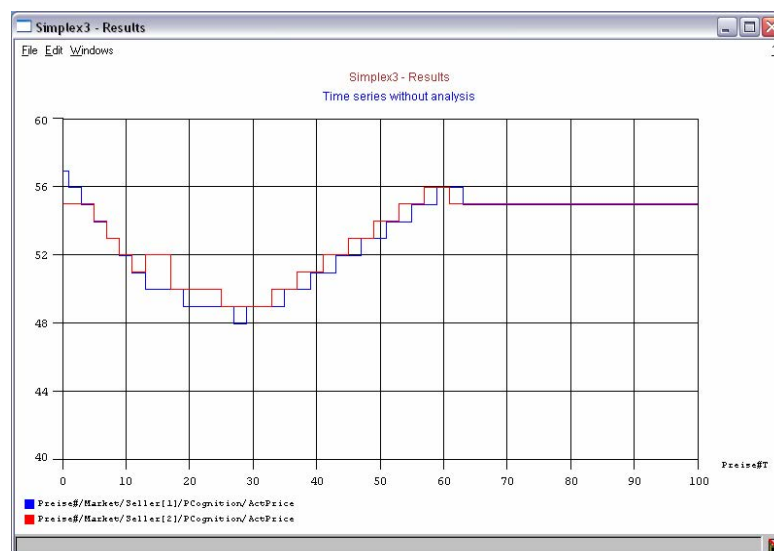


Рис. 2. Процесс взаимодействия двух спокойных конкурентов с разными исходными ценами

В момент  $T = 12$  агент-2 преодолевает пороговое значение *Credibility* и изменяет свою стратегию на кооперативную. Так как первый продавец продолжает сохранять индивидуальную *Cut*-стратегию, агент-2 сам становится кооперативным лидером и повышает цену на единицу, сигнализируя тем самым 1-му, что он отказывается от своей индивидуальной стратегии. В следующем периоде агент-1 узнает, что агент-2 перешел

на кооперативную стратегию, так как его сдвиг цены был нетипичным для *Cut*-стратегии. Тем не менее, *агент-1* продолжает *Cut*-стратегию, ожидая увеличения своей доли рынка, в то время как доля его конкурента *агента-2* из-за большой цены через несколько периодов должна соответственно снизиться. Однако отсутствие изменений цен обоих агентов-продавцов до момента  $T=16$  говорит *агенту-2* о том, что его конкурент не желает изменять *Cut*-стратегию. Поэтому *агент-2* приводит свою цену на уровень цены *агента-1*, который, следуя индивидуальной стратегии захвата рынка, снижает цену еще на единицу. *Агент-2*, в свою очередь, сохраняет цену, ожидая, что предпримет его конкурент. В момент  $T=26$  лидер вновь снижает цену до уровня конкурента, но конкурент вновь повторяет свои индивидуальные действия. Наконец, в период  $T=30$  *агент-1* исчерпывает свой кредит доверия, опускаясь ниже порогового значения, и принимает пассивную кооперативную стратегию *Coopfollower*. В последующие периоды до  $T=64$  отыскивается оптимальная цена. При этом *Cooperation-leader* делает первый шаг и ожидает, пока пассивный агент *Cooperation-follower* не последует за ним со своим предложением цены.

В качестве основных **выводов** следует отметить:

– мультиагентная имитация активной системы вскрывает и объясняет механизм стратегий противодействия конкурирующих активных элементов в конфликтных ситуациях;

– принятие решений направлено на идентификацию и прогнозирование процессов стабилизации систем при различных возмущениях с выбором оптимальных стратегий в текущих условиях;

– разработка мультиагентных имитационных моделей, отражающих многообразие поведения и взаимодействия автономных звеньев системы, представляет новые возможности для оценки сложных ситуаций и компьютерной поддержки принятия ответственных решений.

### Литература

1. Schmidt B., Toussaint A. Referenzmodell SSA für Strategien in: SiP – Simulation in Passau; Heft 3. 1996. – P. 8–15.
2. Caldas J. C., Coelho H. Strategic Interaction in Oligopolistic Markets in: Castelfranchi, C.; Werner, E. (Hrsg.): Artificial Social Systems, Springer-Verlag 1992, Seite 147–163.
3. Bauer R., Schwingenschlögl A., Vetschera R. Corporate Strategy in an Artificial Economy//3-nd Workshop on Agent-Based Simulation., SCS-Europe BVBA. Ghent, Belgium, 2002.
4. Hoggatt A. C., Friedma J. W., Gill S. Experimental Economics. Price Signaling in Experimental Oligopoly//The American Economic Review. – 1976. – Vol. 66.
5. Шмидт Б., Вепнер Г., Ивашкин А. Ю. и др. Мультиагентное имитационное моделирование маркетинговых ситуаций//Доклады 5-й Международной научно-технической конференции. «Пища. Экология. Человек». – М., 2003. – С. 89–92.
6. Weppner H. Individuenbasierte Simulation eines oligopolischen Marktes auf Basis des Referenzmodells PECS. Lehrstuhl fuer Operations Research und Systemtheorie, Universitaet Passau, 1998.
7. Шмидт Б. Искусство моделирования и имитации. Введение в имитационную систему Simplex 3/Пер. с нем. языка под ред. Ю.А. Ивашкина и В.Л. Конюха. – Гент.: Бельгия, SCS, 2003. – 550 с.