
УДК 519.834

Агентно-ориентированная модель конкуренции на рынке высокотехнологичной продукции (на примере основных производителей самолетов боевой авиации)

Бабенко Е.А.

Статья посвящена разработке и исследованию агентно-ориентированной модели конкуренции игроков (компаний) на рынке высокотехнологичной продукции на примере основных производителей самолетов боевой авиации. Исследуется динамика олигополистических конкурентных ситуаций, которые вызваны действиями компаний в высокотехнологичном секторе рынка с целью выбора наиболее перспективной стратегии достижения максимальной прибыли для одной из компаний.

Ключевые слова:

теоретико-игровая модель; теория компромиссных игр; конкурентная стратегия; разрешение конфликтов на высокотехнологичном рынке; многоагентная система

В исследовании конкуренции нуждается каждый участник высокотехнологичного рынка независимо от масштабов бизнеса, т.к. важно правильно оценить ситуацию во внешней и внутренней среде компании для формирования конкурентной стратегии. В частности, такое исследование применимо для оценки современного состояния авиационной промышленности, особенностей нынешнего этапа развития мировой авиакосмической индустрии на примере разработки истребителей 5-го поколения. Конкуренция на мировом рынке вооружений развернулась в первую очередь именно в секторе создания новых истребителей, первые представители которого сегодня приняты на вооружении в США (F-22 Raptor), а в России они находятся на этапе летных испытаний (ПАК ФА Т-50). Также параллельно идет разработка китайского истребителя J-20.

Конкурентный анализ заключается в исследовании конкурентной ситуации и оценке степени конкурентных преимуществ компании (производителя истребителей 5-го поколения) и её соперников для выбора наилучшего поведения в рассматриваемом секторе рынка с целью определения преимуществ компании и конкурентоспособности её продукции, а также оценки, как это преимущество можно сохранить в конкретной ситуации и какое выбрать конкурентное поведение на рынке. При этом задача усложняется тем, что, кроме действий основных игроков, необходимо учитывать параметры внешней среды компании, а также изменения конкурентной ситуации на рынке. Используемые сегодня модели конкуренции не в полной мере отражают конкурентные ситуации на высокотехнологичных рынках, поэтому цель данного исследования – разработать агента-ориентированную модель конкуренции, которая позволит исследовать динамику олигополистических конкурентных ситуаций и выбрать конкурентную стратегию компании.

Существует несколько основных подходов к исследованию конкуренции с помощью методик конкурентного анализа. В рамках данной работы рассмотрим два подхода:

- a) на основе анализа внешней среды компании;
- b) с помощью теоретико-игровых моделей.

Первый подход наглядно представлен в работе М. Портера [1] моделью «пяти сил конкуренции», где показано, что уровень конкуренции в отрасли зависит от взаимодействия пяти основных сил, включающих в себя (рис. 1):

- **F1** – угрозу появления продуктов-заменителей;
- **F2** – угрозу появления новых игроков;
- **F3** – влияние рыночной власти потребителей;
- **F4** – влияние рыночной власти поставщиков;
- **F5** – уровень конкурентной борьбы основных игроков.

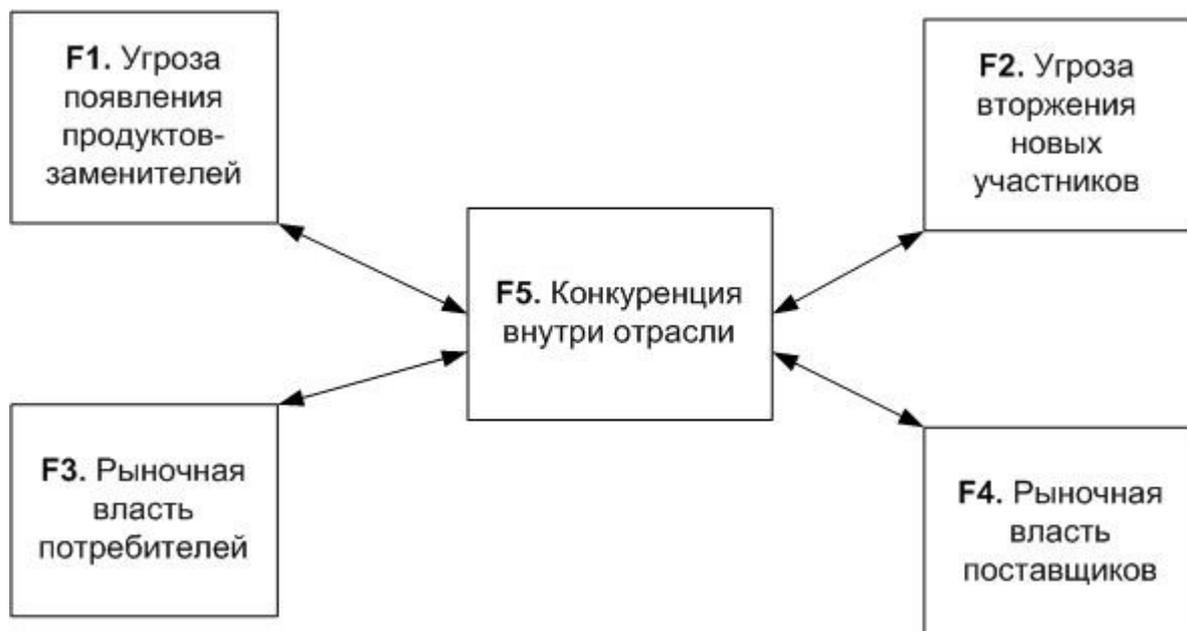


Рис. 1. Схематическое представление пяти сил конкуренции М. Портера

Таким образом, при проведении конкурентного анализа изучаются пять фундаментальных конкурентных сил (F1,...,F5), которые определяют степень привлекательности отрасли. Конкурентный анализ помогает понять зависимости, существующие в отрасли (во внешней среде для определенной компании), а также – оценить динамику их изменений, что даёт возможность компании принимать стратегические решения исходя из наиболее защищенной и экономически привлекательной позиции.

Наиболее известными теоретико-игровыми моделями олигополии (именно такая структура рынка характерна для высокотехнологичных компаний) являются модели Г. Штакельберга и А. Курно [2-4]. Данные модели представляют собой статическую (Курно) и динамическую (Штакельберг) игру с разными начальными условиями: информационная асимметрия (Штакельберг) и полная информация о действиях других фирм (Курно). Но при этом не учитывают данные внешней среды компании и рассматривают только взаимодействие основных игроков на рынке.

Конкурентные стратегии преследуют цель обеспечить конкурентное преимущество предприятия на рынке относительно фирм-конкурентов для удержания предприятием определенной доли рынка (отдельного рыночного сегмента) или ее увеличения. На рынке с небольшим количеством участников (олигополия), характерном для высокотехнологичных секторов экономики, можно выделить следующие виды поведения [5]:

1. Независимое поведение. Действия фирмы совершаются без учета действий и/или противодействий конкурентов. Характерно для принятия второстепенных решений или в случае доминирования компании на рынке.

2. Кооперативное поведение. Соответствует благожелательной позиции конкурентов, стремящихся скорее к мирному сосуществованию, чем к открытой конфронтации. Характерно для малых и средних инновационных фирм (в виде согласия), для крупных компаний на нерегулируемых государством рынках (в виде явных соглашений).

3. Адаптивное поведение. Основано на явном учете действий конкурентов и приспособлении к ним. Если все конкуренты принимают такой тип поведения, то рынок в итоге приходит к ситуации стабилизации.

4. Опережающее поведение. Заключается в стремлении предвидеть реакцию конкурентов на действие фирмы при условии, что они сохранят свою линию поведения. Является наиболее сложным типом конкурентного поведения, требующим от компании постоянного наблюдения за своими конкурентами и определения реакции конкурентов. По мере развития технологий и появления новых моделей конкуренции такой тип поведения чаще всего применяется на олигополистическом рынке.

5. Агрессивное поведение. Предвидение неблагоприятной позиции и реакции конкурентов. Чаще всего такое поведение встречается в ситуации олигополии при фиксированном спросе, когда компания может увеличить свои объемы продаж только за счет конкурентов.

Согласно общей конкурентной матрице М. Портера [6], конкурентное преимущество предприятия на рынке может быть обеспечено с помощью одной из трех базовых стратегий:

1. «Ценовое лидерство» - снижение издержек при широкой области конкуренции.
2. «Продуктовое лидерство» - дифференциация продукции при широкой области конкуренции.
3. «Лидерство в нише» - снижение издержек при узкой области конкуренции.

Продуктовое лидерство основывается на политике дифференциации товаров. Основное внимание уделяется совершенствованию товаров, приданию им большей потребительской полезности, развитию марочной продукции, дизайну, сервисному и гарантийному обслуживанию, формированию привлекательного имиджа и др. Повышение ценности товара для потребителей приводит к тому, что он готов платить за нужный ему товар более высокую цену. Вместе с тем, повышение цены, приемлемое для покупателя, должно быть больше повышения издержек, которые несет предприятие, чтобы производить и поддерживать элемент дифференциации.

Ценовое лидерство обеспечивается на основе возможности предприятия снижать затраты на производство продукции. Здесь доминирующую роль играет производство. Особое внимание уделяется стабильности инвестиций, стандартизированным товарам,

строгому управлению издержками, внедрению рациональных технологий, контролю расходов и т.п.

Лидерство в нише связано с фокусированием продуктового или ценового преимущества на узком сегменте рынка, не охватывая весь рынок. Кроме того, выбранный предприятием специализированный сегмент не должен привлекать особого внимания более сильных конкурентов. Такое лидерство чаще всего используется предприятиями малого бизнеса.

«Три основные стратегии представляют собой альтернативы надежных подходов к конкуренции. Фирма, не сумевшая направить свою стратегию по одному из трех путей, — это фирма, «застрявшая на полпути». Она оказывается в чрезвычайно плохом стратегическом положении» [6].

После того, как компания определилась с конкурентными преимуществами (существующими или ожидаемыми) и базовой стратегией, предстоит выбрать конкурентную стратегию из классического набора стратегий [7] (рис. 2).



Рис. 2. Основные виды конкурентных стратегий

Стратегии олигополистического рынка:

- Стратегия “лидера”. Лидер рынка – это фирма, которая занимает доминирующую позицию на рынке, причем это признается и большинством покупателей, и конкурентами компании. Чаще всего лидер рынка представляет собой “точку отсчета” для конкурентов, которые либо атакуют, либо имитируют, либо избегают его (рис. 3.1). В распоряжении лидера находится наибольшее число стратегических приемов, т. к. он контролирует рынок и навязывает ему свои условия. Основной риск данной стратегии заключается в том, что фирма-лидер вынуждена расплывать свои ресурсы на поддержание лидерства и отражение атак конкурентов.

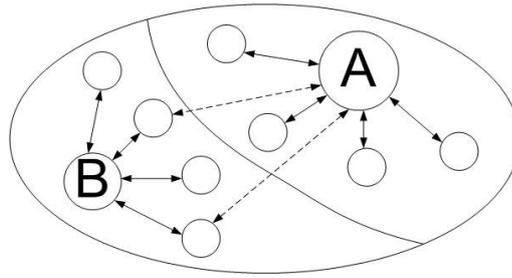


Рис. 3.1. Концептуальная картина олигополистического рынка. Стратегия «лидер»

- Стратегия “бросающего вызов”. Фирма, которая не занимает лидирующих позиций, но стремится к этому, чаще всего избирает стратегию “бросающего вызов”. При выборе данной стратегии компания должна знать слабости лидера и иметь возможность использовать эти слабости для достижения лидирующих позиций (рис. 3.2). Основным риском стратегии “бросающего вызов” заключается в том, что компания, уделяя слишком много сил конкурентной борьбе может упустить из виду реальные потребности рынка. Компании, претендующей на лидерство, необходимо, прежде всего, определить цели стратегии. Большинство компаний в качестве главной долгосрочной задачи ставит расширение доли рынка. Таким образом, решение о переходе в наступление взаимосвязано с выбором объекта атаки.

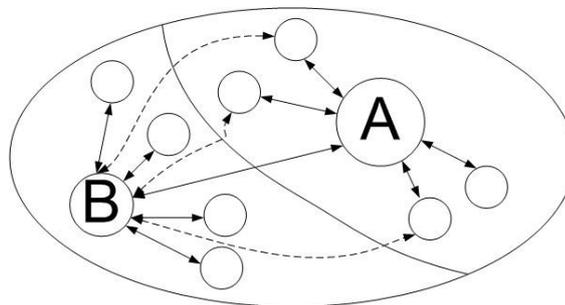


Рис. 3.2. Концептуальная картина олигополистического рынка.

Стратегия «бросающего вызов»

- Стратегия “следующего за лидером”. Основа стратегии “следующего за лидером” - адаптивное поведение, согласованное с действиями конкурентов и стремление доминировать по издержкам (рис. 3.3). Подобная стратегия предполагает “мирное сосуществование”, осознанный раздел рынка и выбирается тогда, когда возможности дифференциации малы, а ценовая борьба ведет в итоге к потерям для всех конкурентов.

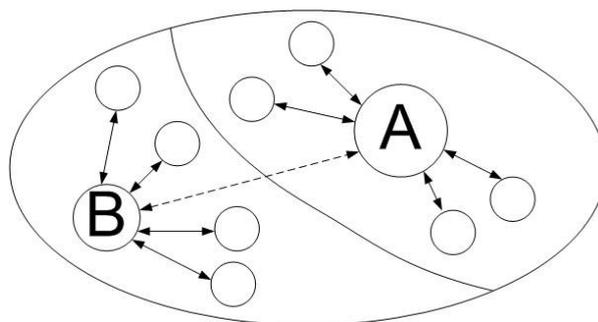


Рис. 3.3. Концептуальная картина олигополистического рынка.

Стратегия «следующего за лидером»

Многие компании предпочитают следовать в кильватере лидеров рынка, однако последние весьма ревниво относятся к их попыткам переманить партнеров и клиентов. Если последователь предлагает низкие цены, услуги высокого качества или улучшенный продукт, лидер имеет возможность мгновенно предпринять адекватные шаги. Практически лидер превосходит последователей во всех видах конкурентной борьбы. Поскольку схватка, что наиболее вероятно, приведет к ослаблению обеих компаний к радости конкурентов, последователь должен семь раз отмерить, прежде чем броситься в атаку [7]. В случае если последователь не в силах нанести упреждающий удар в виде нового продукта или резкого расширения системы распределения, ему следует держаться за лидером, не пытаясь атаковать его.

- Стратегия “специалиста”. Стратегия “специалиста” предполагает, что компания проявляет интерес не к рынку в целом, а к его конкретному сегменту. Является логическим продолжением базовой стратегии специализации и предполагает значительную дифференциацию товара фирмы.

Для построения математической модели конкуренции на высокотехнологичном рынке на первом этапе представим рынок в виде многоагентной системы.

Определение 1. Многоагентная система (МАС, Multi-agent system) – это система, образованная несколькими взаимодействующими интеллектуальными агентами.

В многоагентной системе агенты имеют несколько важных характеристик [8]:

- автономность: агенты, хотя бы частично, независимы;
- ограниченность представления: ни у одного из агентов нет представления обо всей системе, или система слишком сложна;
- децентрализация: нет агентов, управляющих всей системой [9].

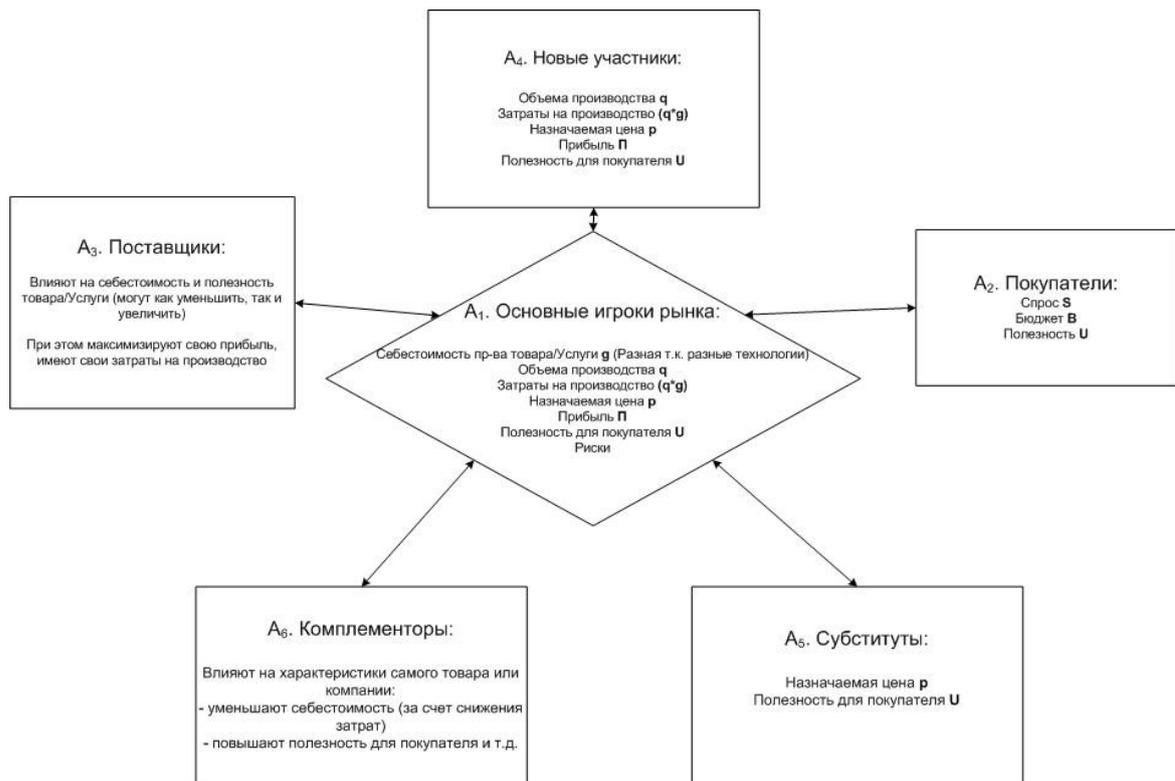


Рис. 4. Представление конкуренции на рынке в терминах агентов. Задание их характеристик
 Типы агентов определяем на основе модели М. Портера [1] (рис. 4):

- основные конкуренты (**A1**) – стараются максимизировать собственную прибыль;
- покупатели (**A2**) – определяют рыночный спрос;
- поставщики (**A3**) – влияют на себестоимость и другие характеристики высокотехнологичного продукта/услуги;
- новые участники рынка (**A4**) – обладают такими же характеристиками, как у основных игроков рынка (**A1**), но при этом позже вступают в конкурентную борьбу и пока не исчерпали запасы ресурсов;
- высокотехнологичные продукты/услуги-заменители (субституты) (**A5**) – могут существенно изменить ситуацию на рынке, если цена их продукта/услуг ниже или другие характеристики выше, чем у основных участников рынка;
- комплементоры, описанные в работе А. Брандербургера и Б. Нейлбаффа [10] – вводятся как новый концепт (**A6**) модели для участников рынка, влияющих на характеристики продукта или на положение игроков на рынке. Комплементоров можно не представлять отдельным типом агентов, в то время как они могут быть представлены в виде воздействий на характеристики и поведение других агентов.

Из работы фон Неймана и Моргенштерна [11] следует, что теория игр представляет логическую основу для математического описания поведения многоагентных систем. Следовательно конкуренцию можно представить в виде игры N игроков с противоположными интересами.

В соответствии с положениями традиционной теории игр [12] (Conventional Game Theory, CGT) зададим общие параметры игры. Определим функции спроса $S(Q, p)$ и предложения P на рынке, прибыль Π основных участников рынка в зависимости от объема производства Q , затрат G и т.д. Затем найдем и исследуем состояния равновесия данной модели при попытке достижения главными игроками своих целей – максимизации прибыли при учете действий других игроков но без сотрудничества с ними. При этом найдем X^* значения параметров¹ для построения оптимальной стратегии.

Каждый из пяти основных типов рыночных агентов ($A1, \dots, A5$) имеет собственные характеристики. Допустим, что производители продукта/услуги сами поставляют его на рынок.

На рынке каждая из N высокотехнологичных компаний-производителей имеет собственную удельную (на единицу блага) себестоимость товара $G_i (i = 1..N)$, т.к. компании используют разные технологии, разработанные ранее в результате НИОКР, имеют разных поставщиков. При этом для рынка поставщиков строится аналогичная модель, данные из которой поступают в текущую. Себестоимость складывается из затрат на НИОКР, распределяющихся на каждую единицу продукта, а также из общих затрат на производство

$$G_i = G_{Ni} + G_{Pi}, i = 1..N \quad (1)$$

Объем производства $Q_i, i = 1..N$ определяется исходя из стратегии компании и потребностей рынка (т.е. покупательского спроса S). Общие затраты составляют $G_i * Q_i, 1 = 1..N$.

Рынок характеризуется потребительским спросом S . В данном рассмотрении положим, что обратная функция спроса на производимую конечную продукцию – линейная [13]:

$$S = f(Q) = A - B * Q \quad (2)$$

¹ Такие параметры определяются индивидуально для каждого сегмента высокотехнологичного рынка и представляют собой **ключевые показатели эффективности (KPI, Key Performance Indicators)**, позволяющие определить достижение стратегических целей компании на данном рынке.

где $Q = \sum_{i=1}^N Q_i$ – суммарный объем выпускаемой продукции или общее предложение на рынке P , A – неснижаемая цена на товар ($A = p(0)$), B – параметр, характеризующий емкость рынка ($Q(p)=0 = \frac{A}{B}$).

Тогда прибыль игрока рынка с учетом (1) и (2) определяется как

$$\Pi_i = p(S) * Q_i - Q_i * G_i, i = 1..N;$$

$$\Pi_i = p(S) * Q_i - Q_i * (G_{Ni} + G_{Pi}), i = 1..N;$$

$$\Pi_i = Q_i * (p(S) - (G_{Ni} + G_{Pi})) - G_i, i = 1..N;$$

$$\Pi_i = Q_i * (A - B * \sum_{i=1}^N Q_i - (G_{Ni} + G_{Pi})) - G_i, i = 1..N;$$

где $G_i, i = 1..N$ – существующие постоянные затраты i -го участника рынка, не зависящие от объема продукции.

Допустим, что удельные затраты на производство единицы продукта или услуги не зависят от объема выпуска $Q_i, i = 1..N$, тогда дальнейший анализ аналогичен модели Курно².

Например, прибыль i -го игрока:

$$\frac{\partial \Pi_i}{\partial Q_i} = \frac{\partial}{\partial Q_i} [A - B * \sum_{i=1}^{i-1} Q_i - B * \sum_{i=i+1}^N Q_i - (G_{Ni} + G_{Pi}) - B * Q_i^2], i = 1..N;$$

$$\frac{\partial \Pi_i}{\partial Q_i} = A - B * \sum_{i=1}^{i-1} Q_i - B * \sum_{i=i+1}^N Q_i - (G_{Ni} + G_{Pi}) - 2B * Q_i, i = 1..N;$$

В биматричной игре, поставленной в соответствие дуополии на рынке, участвуют производители **V1** и **V2** и $Q = Q_1 + Q_2$.

Тогда

$$\frac{\partial \Pi_1}{\partial Q_1} = A - B * Q_2 - (G_{N1} + G_{P1}) - 2B * Q_1;$$

$$\frac{\partial \Pi_2}{\partial Q_2} = A - B * Q_1 - (G_{N2} + G_{P2}) - 2B * Q_2.$$

Согласно предпосылкам модели Курно, игрок, максимизируя свою прибыль, не предполагает реакции конкурента, поэтому $\frac{\partial Q_2}{\partial Q_1} = 0$. Отсюда следует, что оптимальный

² Cournot A. Recherches sur les principes mathematiques de la theorie des richesses. Paris, 1938. P. 59-60.

выпуск производителя **V1** при заданном выпуске производителя **V2** может быть представлен следующим выражениями:

$$Q_1 = \frac{A-2(g_{N_1}+g_{P_1})}{2B} - \frac{Q_2}{2}; \quad (3)$$

$$Q_2 = \frac{A-2(g_{N_2}+g_{P_2})}{2B} - \frac{Q_1}{2} \quad (4)$$

Процесс установления равновесия в модели дуополии Курно может рассматриваться как бесконечная многошаговая динамическая игра: сначала производитель **V2** определяет свой оптимальный выпуск при заданном выпуске производителя **V1**, на следующем шаге производитель **V1** дает свой оптимальный ответ на предыдущий ход конкурента, и т.д. Как показано в ряде работ [12], вне зависимости от начальных условий, выпуски будут стремиться к равновесным значениям. Их можно определить, рассматривая уравнения реакции (3) и (4) как систему алгебраических уравнений, в которой неизвестные выпуски $Q_i, i = 1..N$ принимают равновесные значения. Таким образом, равновесные выпуски конечных благ, производимых **V1** и **V2**, примут следующие значения:

$$q_1 = \frac{a - 2(g_{N_1} + g_{P_1}) + (g_{N_2} + g_{P_2})}{3b};$$

$$q_2 = \frac{a - 2(g_{N_2} + g_{P_2}) + (g_{N_1} + g_{P_1})}{3b}.$$

Применим теорию компромиссных игр (Stirling W.C., 2003) к описанию альянсов на рынке высокотехнологичной продукции. На рынках высокотехнологичной продукции складывается обычно более сложная конкурентная ситуация, которую описать полностью в терминах агентов с индивидуальными целями и предпочтениями не удастся. Поэтому необходимо моделировать схемы прогнозирования и разрешения конфликтов с индивидуальными, а также – с координированными целями. Теория компромиссных игр (Satisficing Game Theory – SGT) дает теоретическую модель, в рамках которой игроки могут координировать свои действия друг с другом. Главное отличие SGT от CGT заключается в том, что агенты формируют собственные предпочтения, принимая во внимание предпочтения других агентов. Такое поведение называют ситуационным альтруизмом (situational altruism) – формой неэгоистичного поведения, при которой одни агенты жертвуют своими предпочтениями, чтобы другие смогли извлечь пользу от такого действия. Подход SGT дает возможность создания коалиций, в которых каждому участнику уделяется достаточное внимание.

Далее рассматриваются теоретические основы SGT, а также разрабатывается способ разрешения конфликтов на высокотехнологичном рынке между его участниками,

основанный на применении многоагентного подхода SGT, при использовании которого все высокотехнологичные участники рынка представляются не традиционными, а новыми агентами, вовлеченными в процесс совместного принятия решений [13]. Агенты способны совмещать собственные предпочтения с предпочтениями окружающих. Такое поведение позволяет рыночным агентам добиваться как индивидуальных, так и групповых целей. В то же время кооперации сложно добиться, если агенты принимают решения, базирующиеся на максимизации только личной цели.

Поэтому предлагается следующий подход. Для каждого агента на рынке строятся две функции:

1). функция преимуществ (ФП), описывающая достижение фундаментальной цели, например, завоевание лидерства на рынке, увеличение прибыли, без учета цены её достижения и не учитывающая риски;

2). функция риска (ФР), минимизирующая издержки при достижении фундаментальной цели.

На каждом шаге при принятии решения агентом вычисляется, будет ли выгоднее стремиться к достижению фундаментальной цели без сотрудничества с другими агентами или вступить с кем-то из них в содружество. В этом случае агент сможет получить лучшую технологию, используемую в производстве партнером, или разделить риски и тем самым снизить затраты на производство и продвижением товаров/услуг. Также, обмениваясь информацией, агенты смогут принимать решения, используя услуги одного поставщика, представляющего лучшие компоненты для производства продукта/услуги; а также совместно принимать меры против выхода на рынок товаров-заменителей (субститутов) и/или новых участников.

Каждый агент обладает упорядоченным по приоритету списком возможных действий. Возможное действие зависит от действий, которые предпринимают другие участники. В системе из N агентов i -ый агент имеет функцию полезности $f(u_1, u_2, \dots, u_n)$, где u_i – действие, предпринимаемое k -ым агентом. ФП отражает эффективность управляющего действия (управления) u_i агента для скорейшего достижения поставленной цели (без учета затраченных ресурсов). ФР агента отражает величину израсходованных ресурсов (затраты на производство, НИОКР, продвижение, человеческие ресурсы, потребление энергии, временные траты и т.п.). В многоагентных системах ФП и ФР являются функциями многих переменных.

Обозначим ФП через P_s , ФР – через P_r , а через P_{sr} – совместную функцию, которая учитывает атрибуты, влияющие на значение как ФП, так и ФР управляющего действия. Для описания n-агентной системы введем совместную функцию $2n$ переменных $P_{S_1, S_2, \dots, S_n, R_1, R_2, \dots, R_n}(u_1, u_2, \dots, u_N)$, где S_1, S_2, \dots, S_n соответствуют набору ролей, в которых функцией полезности выступает ФП, а R_1, R_2, \dots, R_n соответствуют набору ролей, в которых функцией полезности выступает ФР.

Назовем её функцией взаимозависимости (ФВ), где переменные $u_i, где i = 1..N$ соответствуют управлениям, которые доступны i-ому агенту для достижения поставленной цели. Переменные $v_i, где i=1, \dots, N$ показывают управляющие воздействия (управления), которые доступны i-ому агенту для уменьшения издержек. Используя ФВ, можно учесть существующие отношения между агентами, выступающими в разных ролях. Следовательно ФВ описывает все варианты, которые могут повлиять на поведение многоагентной системы. При построении ФВ многоагентной системы (или ее части) можно руководствоваться влиянием ролей разных агентов друг на друга.

Для этого строится направленный ациклический граф, отображающий взаимные зависимости и влияния агентов друг на друга, при этом на графе изображаются как роли, преследующие достижение максимальной прибыли или лидерства на рынке, так и роли, стремящиеся к уменьшению издержек или снижению рисков. Т.к. высокотехнологичные рынки как правило являются олигополистичными, когда на рынке взаимодействует небольшое число агентов, то результаты анализа всех допустимых ролей можно представить в виде графа (рис. 5).

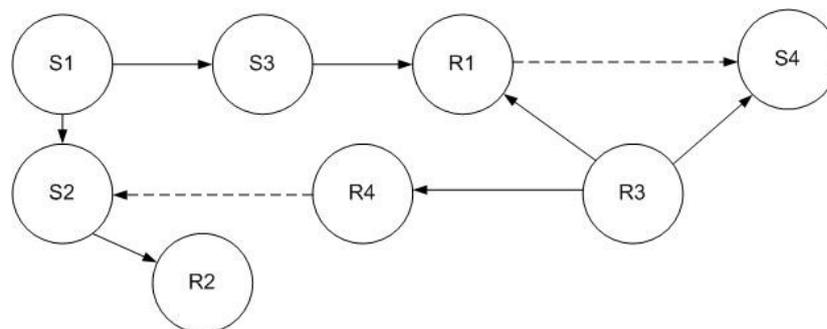


Рис. 5. Граф взаимного влияния четырех агентов

Наличие условных функций взаимозависимости позволяет существовать некоторой форме альтруизма в многоагентной среде. В противоположность категорическому альтруизму (categorical altruism), когда агент отказывается от своих предпочтений, чтобы другие агенты получили выигрыш, условные функции взаимозависимости вносят концепцию

ситуационного альтруизма (situational altruism), благодаря которой агент может изменить свои предпочтения в зависимости от предпочтения другого, но уже не в одностороннем порядке.

Теория компромиссных игр предоставляет математически строгий способ описания упомянутого компромиссного поведения.

Определение 2. Рассмотрим систему из N агентов, и обозначим через U_i множество управлений, доступных для выбора i -ому агенту, $i=1, \dots, N$. Компромиссной игрой будем называть тройку $(N, U_1 \times \dots \times U_N, P_{S_1 S_2 \dots S_N R_1 R_2 \dots R_N})$

Для решения компромиссной игры необходимо рассчитать совместные ФП и ФР, руководствуясь следующими формулами:

$$P_{S_1 S_2 \dots S_N}(u_1, u_2, \dots, u_N) = \sum_{v_1 \in U_1} \dots \sum_{v_n \in U_N} P_{S_1 S_2 \dots S_N R_1 R_2 \dots R_N}(u_1, u_2, \dots, u_N, v_1, v_2, \dots, v_N)$$

$$P_{R_1 R_2 \dots R_N}(u_1, u_2, \dots, u_N) = \sum_{u_1 \in U_1} \dots \sum_{u_n \in U_N} P_{S_1 S_2 \dots S_N R_1 R_2 \dots R_N}(u_1, u_2, \dots, u_N, v_1, v_2, \dots, v_N)$$

Соответственно для индивидуальных предельных значений ФП и ФР i -го агента используются выражения:

$$P_{S_i}(u_i) = \sum_{u_1 \in U_1} \dots \sum_{u_{i-1} \in U_{i-1}} \sum_{u_{i+1} \in U_{i+1}} \dots \sum_{u_N \in U_N} P_{S_1 S_2 \dots S_N}(u_1, u_2, \dots, u_{i-1}, u_i, u_{i+1}, \dots, u_N),$$

$$P_{R_i}(u_i) = \sum_{u_1 \in U_1} \dots \sum_{u_{i-1} \in U_{i-1}} \sum_{u_{i+1} \in U_{i+1}} \dots \sum_{u_N \in U_N} P_{R_1 R_2 \dots R_N}(u_1, u_2, \dots, u_{i-1}, u_i, u_{i+1}, \dots, u_N)$$

Определение 3. Решение компромиссной игры уровня q – подмножество всех векторов опций, удовлетворяющих условию того, что значение совместной ФП больше либо равно произведению значения совместной ФР на скалярный коэффициент q :

$$\sum_q = \{(u_1, u_2, \dots, u_N) \in U_1 \times U_2 \times \dots \times U_N : P_{S_1 \dots S_N}(u_1, \dots, u_N) \geq q P_{R_1 \dots R_N}(u_1, \dots, u_N)\}$$

Показатель q отражает относительный вес между достижением цели и минимизацией издержек или рисков.

Индивидуальное компромиссное (достаточное) решение для каждого агента получается расчетом предельных значений ФП и ФР:

$$\sum_q^i = \{u_i \in U_i : P_{S_i}(u_i) \geq q P_{R_i}(u_i)\}$$

При формировании стратегии высокотехнологичной компании (агента) q рассматривается как параметр: его уменьшение увеличивает размеры множеств индивидуальных компромиссных решений, позволяя агенту «смягчить» правила для достижения компромисса. Значение $q=1$ наделяет одинаковыми весами роли достижения цели и минимизации издержек.

На основании сделанных предположений строится алгоритм принятия решений по позиционированию агента (компании) на высокотехнологичном рынке в соответствии с теорией SGT:

1. На первом шаге применения SGT описываются взаимодействия и взаимные влияния между агентами рынка. Причем учитываются влияния как основных конкурентов $A1$ друг на друга, так и покупателей $A2$, поставщиков $A3$, субститутов $A4$ и новых участников рынка $A5$. Число агентов, с которыми возможно взаимодействие основного участника рынка, ограничивается выбранной им стратегией, политическим, экономическим и другими аспектами и задается заказчиком. Так как ситуация на рынке меняется, необходимо строить модель системы в виде динамического графа.

2. Далее, т.к. при принятии решения на каждом шаге агенту нет необходимости анализировать взаимные влияния со всеми участниками рынка, происходит ранжирование всех агентов рынка по заданному критерию. Этот критерий определяется в зависимости от конкурентной стратегии компании заказчика конкурентного анализа. Так как для стратегии лидера (рис. 2.1), бросающего вызов (рис. 2.2) или следующего за лидером (рис. 2.3) приоритеты влияния других участников рынка (стейкхолдеров) будут очень различаться.

3. Когда все участники рынка проранжированы по приоритету, становится возможным построение динамического графа, характеризующего взаимозависимости участников рынка. Далее выделяются те участники рынка, с которыми необходимо разрешать конфликтные ситуации. Это могут быть как основные конкуренты $A1$, так и представители других групп агентов $A2, \dots, A5$. На основании полученной из конкурентного анализа информации рассчитывается ФР p_{R_i} и ФП p_{S_i} каждого возможного действия (управления) для каждого агента в отношении других участников рынка $u_L^i \in U$. И выбираются действия (управления), для которых разница между значениями функций преимуществ и недостатков максимальна:

$$u_L^{i*} = \operatorname{argmax}_{u_L^i \in U} (P_{S_i}(u_L^i) - P_{R_i}(u_L^i))$$

Другими словами, каждый агент всегда находится в поиске максимальных преимуществ, которые можно получить с наименьшим риском.

4. После того как ФП и ФР для i -го агента определены, выбирается наиболее предпочтительное из возможных управлений. При этом если агент допускает существование риска, то он максимизирует свою ФП. Нерасположенный к риску агент, напротив, минимизирует свою ФР, хотя это и не гарантирует прогресса в продвижении к намеченной цели. Такой подход будет гарантировать наиболее быстрое продвижение к цели вместе с минимальным риском, который при этом возникает. Таким образом, при использовании теории компромиссных игр агентами выбираются решения, близкие к оптимальным.

Таким образом, в результате моделирования конкуренции появляется возможность обмена информацией между агентами в режиме кооперации, что позволяет им планировать и реализовывать конкурентные стратегии в распределенной рыночной среде.

Библиографический список:

1. Портер М. Конкуренция. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 608 с.
2. Stackelberg H. van. Marktform und Gleichgewicht. Wien ; Berlin, 1934.
3. Cournot A. Recherches sur les principes mathematique de la theorie des richesses. Paris, 1938. Ch. VII.
4. Шагин В.Л. Теория игр с экономическими приложениями. Учебное пособие. — М.: ГУ-ВШЭ, 2003, - 215 с.
5. Данченко Л.А. Маркетинг: Учебное пособие, руководство по изучению дисциплины, практикум, учебная программа / Московский государственный университет экономики, статистики и информатики. – М., 2005. – 300 с.
6. Портер М. Е. Конкурентная стратегия: Методика анализа отраслей и конкурентов; Пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – 454 с.
7. Конкурентные стратегии. Url: <http://managment-study.ru/konkurentnye-strategii.html>.
8. Stirling W.C. Satisficing Games and Decision Making: With Applications to Engineering and Computer Science. Cambridge University Press, New York, USA, 2003. – 269 с.
9. Panait L., Luke S. Cooperative Multi-Agent Learning: The State of the Art // Autonomous Agents and Multi-Agent Systems 11(3): 387–434 (2005).
10. Brandenburger A.M., Nalebuff B.J. Co-opetition: A revolutionary mindset that combines competition and cooperation. - NY: Currency Doubleday, 1998. – 288 с.
11. von Neumann J., Morgenstern O. The Theory of Games and Economic Behavior // 2nd ed. Princeton, NJ: Princeton Univ. Press, 1947.

12. Петросян Л.А., Зенкевич Н.А., Семина Е.А. Теория игр: Учеб. Пособие для ун-тов – М.: Высшая школа, Книжный дом «Университет», 1998. – 304 с.
13. Герасименко В.В. Метод определения спроса на основе анализа цен и объемов продаж. Url: http://www.elitarium.ru/2010/01/13/metod_opredelenija_sprosa.html. 13.01.2010; 15.04.2012.
14. Колемаев В.А. Математическая экономика / М.: ЮНИТИ, 1998. – 240с.
15. Hamel G., Prahalad C.K. Competing for the Future. - Boston: Harvard Business School Press, 1994. – 357 с.

БАБЕНКО Екатерина Алексеевна, аспирант Московского авиационного института (национального исследовательского университета).

Ул. Юбилейная, 24 Московская обл., г. Мытищи, 141021;
тел.: 8-926-554-92-35; e-mail: dewdroping@gmail.com