

## Формирование устойчивого взаимодействия на конкурентном рынке

Г.И. Алгазин

*Алтайский государственный университет  
algazin@socio.asu.ru*

В последнее время растет внимание к проблеме устойчивого функционирования сетей. Особый интерес в проведении математических исследований конфликтов представляют сети, участниками которых являются целенаправленные субъекты (системы).

Сеть определим как совокупность взаимодействующих активных агентов (участников), находящихся под общим управлением.

Устойчивая сеть – это сеть, которая в определенном оговоренном смысле устраивает всех ее участников.

В данной статье обсуждаются вопросы формирования устойчивого взаимодействия в сети “центр–агент–рынок”, ориентированной на продвижение на конкурентном рынке различного рода товаров и услуг. Для двух базовых теоретико-игровых моделей такой сети при обычных для моделей олигополии предположениях о линейности функций затрат и обратной функции спроса, допускающих аналитическое представление решения, имеются разносторонние исследования равновесных сетей [1–3].

В базовых моделях выделены три группы участников: центр, агенты, рынок.

В них центр – целенаправленный субъект, управляющий сетевым взаимодействием, а управляемый целенаправленный субъект – агент. Рынок – неуправляемый субъект сети.

Центр – единственный участник сети, который имеет возможность координировать взаимодействия в ней. Кроме того, центр может в ряде случаев, в связи с изменением общей ситуации, действовать и как агент, т.е. конкурировать с другими агентами на рынке.

Агенты – это участники сети, которые непосредственно занимаются доведением товаров (услуг) до потребителей. К ним относятся торговые точки, предприятия сферы услуг (сети гостиниц, ресторанов быстрого питания и т.п.) или фирмы-производители. Под активностью  $i$ -го агента  $q_i$  будем понимать объем оказываемых им услуг, объем реализованного товара населению и бизнесу или объем произведенного и реализованного на рынке товара.

Другие предположения состоят в следующем.

Рынок товара (услуг) традиционно описывается невозрастающей функцией спроса. В модели будет использоваться обратная функция спроса, т.е. цены  $p(Q)$ , которая складывается на рынке при объеме предложения товара (услуг)  $Q$ . Учитывается то, что  $p$  и  $Q$  связаны взаимно однозначной зависимостью, а технически удобнее в качестве аргумента рассматривать  $Q$ .

Функции затрат агентов  $\phi_i(q_i)$  считаются зависящими только от активности самого агента. Функция затрат центра  $\phi$  зависит от суммарной активности агентов сети  $Q = \sum_{i=1}^n q_i$  и, если он еще выступает в роли агента, дополнительно от его собственной активности  $q_0$ . Каждый участник располагает полной информацией об обратной функции спроса и о своей функции затрат.

Агенты могут наблюдать лишь сложившиеся цены на рынке. Центр может изменить цены, но для этого ему надо повлиять на суммарный выпуск сети  $Q$ . Например, чтобы повысить активность сети, он может стимулировать агентов, пересмотрев условия договора с ними, добавить в сеть новых агентов и т.д.

Считается, что агенты не кооперируются друг с другом.

Если не принимать во внимание наличие центра, то рассматриваемые модели близки к моделям олигополии, в которых агенты могут повлиять на рынок выбором своего поведения.

*Базовая модель “франчайзер–франчайзи–рынок”* [2]. Рассматривается рынок однородного товара, состоящего из франчайзера и  $n$  фирм-франчайзи. Франчайзи реализует товар (услугу) потребителю по цене  $p$  в объеме  $q_i$ . Величина выручки (дохода)  $pq_i$  распределяется между двумя сторонами. Часть выручки  $kpq_i$  получает франчайзер, а другую ее часть  $(1 - k)pq_i$  – фирма-франчайзи;  $k$  – коэффициент (параметр), определяющий сервисную плату (роялти), которую франчайзер устанавливает для франчайзи в обмен на права на бизнес ( $0 \leq k \leq 1$ ). Предполагается, что только франчайзи этой сети обладают эксклюзивными правами на данный бизнес в рамках определенной территории.

Формально интересы сторон можно записать в виде целевых установок на максимизацию их прибыли:

– для головной фирмы-франчайзера (центра):

$$\begin{aligned} I(p, Q, k) = kpQ &\rightarrow \max_k, \\ k \in [0, 1]; \end{aligned} \quad (1)$$

– для фирмы-франчайзи (агента):

$$\begin{aligned} \Pi_i(p, q_i, k) = (1 - k)pq_i - \varphi_i(q_i) &\rightarrow \max_{q_i}, \\ q_i \in [0, \bar{q}_i], \quad i = \overline{1, n}. \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь  $\bar{q}_i$  – предельно возможный объем активности агента. Франшизный взнос не включен авторами в базисную модель, а учитывается при необходимости.

*Базовая модель “производитель–посредник–рынок”* [3]. Рассматривается рынок однородного товара, состоящего из одного его производителя и  $n$  торговых посредников. Посредник продает потребителю товар по цене  $p$ , покупая его у производителя по цене  $(1 - k)p$ . Таким образом, величина  $kp$  есть разница между ценой спроса и ценой предложения на данном рынке. Эта разница и формирует доход посредника. В модели значение параметра  $k$  определяется фирмой-производителем.

Интересы сторон представляются в виде целевых установок на максимизацию их прибыли. Эта модель включает:

– задачу фирмы-производителя (центра):

$$\begin{aligned} I(p, Q, k) = (1 - k)pQ - \varphi(Q) &\rightarrow \max_{Q, k}, \\ Q \in [0, \bar{Q}], \\ k \in [0, 1]; \end{aligned} \quad (3)$$

– задачу посредника  $i$  (агента):

$$\Pi_i(p, q_i, k) = kpq_i - \varphi_i(q_i) \rightarrow \max_{q_i}, \quad i = \overline{1, n}. \quad (4)$$

Здесь  $\bar{Q}$  – предельно возможный объем активности производителя.

Как в той, так и в другой модели полагается, что цена продукции и затраты субъектов определяются следующими выражениями:

$$p(Q) = a - bQ, \varphi(Q) = c_0Q + d_0, \varphi_i(q_i) = c_iq_i + d_i, i = \overline{1, n}. \quad (5)$$

Здесь цена продукции – линейная функция общего объема выпуска агентами;  $a$  – спрос на продукцию;  $b$  – снижение цены при увеличении на единицу общего выпуска; издержки фирм  $\phi$  и  $\phi_i$  являются также линейными функциями, а  $c_0$  и  $c_i$  – предельные переменные издержки;  $d_0$  и  $d_i$  – постоянные издержки фирм, они не будут оказывать влияние на решение задач оптимизации участников.

Как в одной, так и в другой модели центр наделен полномочиями в решении системной задачи регулирования конфликтов и обеспечения стабильности (устойчивости) сети.

Данная задача обусловлена тем, что формирование и функционирование сетей не всегда проходят обоюдновыгодно для их участников. Конфликты могут возникать как между агентами за свою долю рынка, так и между центром и агентами. Центр заинтересован в максимальном объеме продаж и минимальном риске и поэтому в случае благоприятной конъюнктуры будет стремиться к росту числа агентов, работающих на данном рынке. Агент в общем случае заинтересован в ограниченном присутствии других агентов и, как правило, в монопольном обслуживании территории.

Основным параметром согласования условий договора франшизы между центром и агентами выступает роялти. Формально интересы сторон с учетом параметра роялти  $k$  записаны в выражениях (1) и (2) в виде целевых установок на максимизацию их прибыли. Интересы участников проявляются в том, чтобы отстоять желаемые для себя значения этих параметров и соответственно получить выгодные условия договора.

Взаимодействие в посреднической сети строится на актах “купли-продажи”. Центр, выступая в роли продавца, заинтересован в продаже товара (услуги) по максимальной цене. Агент, действуя в роли покупателя и продавца, заинтересован в приобретении товара (услуги) у центра по минимальной цене и реализации его на рынке по максимальной цене. В базовой прикладной модели посредничества основным параметром согласования интересов центра и агентов выступает параметр цены  $k$ , который определяет распределение дохода между ними.

Вместе с тем, продвижение товаров (услуг) на рынке с участием франчайзинговых и посреднических агентов, наряду со стремлением участников франшизы получить наиболее выгодные для себя условия, предполагает учет интересов потребителей, согласование спроса и предложения, поиск равновесных решений. В этих вопросах параметром согласования выступает объем активности агентов по выпуску (реализации) товаров или услуг  $q$ . Центр может выбором параметра  $k$  влиять и на активность агентов.

Базовые подходы к устойчивости сетей опираются на классические теоретико-игровые концепции, когда рациональные исходы некоторого конфликта должны быть в том или ином смысле стабильны относительно отклонения от них одного (равновесие Нэша,

Байеса-Нэша) или нескольких (сильное равновесие Нэша,  $C$ -ядро кооперативных игр) агентов.

При формировании устойчивых сетей на конкурентных рынках автор статьи и его коллеги в своих исследованиях опирались на три концепции решения некооперативных игр – равновесия Курно-Нэша, равновесия по Штакельбергу и неравновесия по Штакельбергу.

Равновесие Курно-Нэша является на сегодняшний день наиболее распространенной классической концепцией. Равновесие Курно-Нэша – это ситуация, когда каждый агент выбирает наилучшую для себя стратегию при условии, что другие агенты не меняют свои стратегии. В проведенной с участием автора статьи реализации этой концепции такими стратегиями агентов выступает их активность на конкурентном рынке. Различные авторы придавали большее значение разным аспектам применения модели Курно. Одни авторы рассматривают модель, в которой все фирмы идентичны. Другая группа авторов исследует равновесие на рынке, где необязательна идентичность всех фирм-агентов, используя те или иные предположения о свойствах обратной функции спроса, функций затрат и функций прибыли. В ряде исследований внимание акцентировано на методах поиска решений. Рассматривались вместо стандартной гипотезы Курно гипотезы более общего вида и модели олигополии с рынками производственных факторов.

В значительном числе публикаций в дополнение к модели Курно вводится модель фирмы, действующей по особым правилам. В отличие от фирм Курно эта фирма, обладая возможностью первого хода, доминирует на конкурентном рынке, максимизируя собственную прибыль при явном учете реакции остальных фирм на изменение ее поведения. Остальные же фирмы, как и раньше, максимизируют собственную прибыль на основе принципа Курно-Нэша о неизменности поведения других фирм. Эту фирму-лидер называют еще фирмой Штакельберга, так как он первым ввел такую модель поведения.

В классической модели Штакельберга один из агентов учитывает реакцию остальных агентов на изменение объемов его выпуска: для любого объема  $q_1$  его собственного выпуска может рассчитать их равновесные (оптимальные активности) объемы выпуска  $q_2(q_1), \dots, q_n(q_1)$  и далее использовать эти объемы при максимизации собственной прибыли. Так как в модели Штакельберга сетевые взаимодействия организованы таким образом, что функции при-

были всех агентов достигают максимума, а спрос и предложение сбалансированы, то соответствующее состояние сети естественным образом трактуется как равновесное.

В ряде сетевых моделей, использующих концепции Штакельберга, таких агентов может быть несколько. Сеть, в которой все агенты ведут себя согласно модели Штакельберга (такая ситуация называется неравновесием по Штакельбергу), также имеет стационарные точки, определяющие состояние равновесия. Такая стабильная сеть рассмотрена на базовой линейной модели сетевого взаимодействия [2, 3].

При предположении Курно агенту нет необходимости знать что-либо о поведении других агентов. Он знает свои объемы, но никакой информацией об объемах других агентов не располагает, да она ему и не требуется. Следуя же предположению Курно-Штакельберга, агент должен быть уверен, что располагает полной информацией о поведении остальных агентов. Вместо такой классической интерпретации предположений Курно и Курно-Штакельберга можно считать, что каждый агент располагает некоторой гипотезой о скорости изменения общего объема  $Q$  в зависимости от изменения его собственного объема  $q_i$  (или гипотезой о влиянии изменения его собственного объема на цены: локально цены меняются пропорционально вариациям объемов. Учитывая опять, что  $p$  и  $Q$  связаны взаимно однозначно, то это техническая, а не принципиальная сторона вопроса). Заметим, что в проведенных с участием автора статьи исследованиях разные агенты могут придерживаться разных гипотез. В частности, если  $i$ -й агент действует в рамках традиционных предположений Курно, то изменения в общем объеме  $Q$ , которые вносят другие агенты, игнорируются, т.е. агент придерживается гипотезы  $\partial Q/\partial q_i = 1$ . Если же  $i$ -й агент следует предположениям Курно-Штакельберга, то для базовой линейной модели сетевого взаимодействия  $\partial Q/\partial q_i = 1/n$ .

В классическом подходе принципы поведения Курно и Штакельберга рассматриваются в применении к фирмам-производителям. Определенный шаг на пути обобщения использования принципов Курно и Штакельберга сделан в монографии [2]. В проведенных в ней модельных исследованиях франчайзинговых сетей на рынке олигополии агенты (франчайзи-конкуренты) не различаются как фирмы-производители, торговые точки или предприятия сферы услуг.

## Библиографический список

1. Алгазин Г.И. Модели системного компромисса в социально-экономических исследованиях. — Барнаул : Азбука, 2009.
2. Алгазин Г.И., Алгазин Д.Г. Моделирование многоагентных франчайзинговых систем. — Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2009.
3. Алгазин Г.И., Алгазин Ю.Г. Моделирование поведения экономических агентов в системе “производитель–посредник–конкурентный рынок” // Управление большими системами. Вып. 32. — М. : ИПУ РАН, 2011.