

ОЛИГОПОЛИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КОНКУРИРУЮЩИХ АГЕНТОВ РЕСУРСОВ НА ВИРТУАЛЬНОМ РЫНКЕ

А.И. Коваленко

Институт проблем управления сложными системами РАН

Россия, 443020, Самара, Садовая ул., 61

E-mail: annushka199@bk.ru

Ключевые слова: виртуальный рынок, агент ресурсов, олигополия, кооперативное и некооперативное равновесие, канонические правила принятия решений, равновесие по Штакельбергу, Парето-оптимальность.

Аннотация: При решении задач распределения ресурсов в сложных системах эффективно используется мультиагентный подход. При этом выделяют агенты ресурсов, которые стремятся обеспечить максимальную реализацию своих возможностей на виртуальном рынке. Взаимоотношения между однотипными агентами ресурсов носят децентрализованный конкурентный характер. С учетом указанных соображений предлагается рассматривать олигополистические модели рыночных отношений как формализацию отношений конкурирующих агентов ресурсов. Применимость моделей дуополии и олигополии для описания такого рода отношений зависит от степени обобщенности и степени разрешимости самих моделей. Выполнен обзор известных обобщений рыночных моделей олигополии, которые достаточно хорошо изучены с экономической и математической точки зрения и могут стать базовыми моделями взаимодействий агентов ресурсов при некоторых допущениях. Анализ несложных моделей олигополии при различных объемах однородных ресурсов позволил выделить общие тенденции и сделать качественные выводы о стратегиях агентов.

1. Введение

Одной из важнейших задач управления сложными системами является задача распределения ресурсов. Для ее решения в условиях неопределенности и непредсказуемых изменений среды все чаще используются мультиагентные системы [1-4]. При этом выделяют агенты ресурсов, которые стремятся обеспечить максимальную реализацию своих возможностей на виртуальном рынке [1]. Примеры формализации различных задач распределения ресурсов в соответствии с мультиагентным подходом можно найти в [3, 4].

Взаимоотношения между однотипными агентами ресурсов имеют следующие характеристики:

- децентрализованность – не каждый агент системы может взаимодействовать со всеми остальными агентами [3];
- конкурентность — конфликтные ситуации с различными интересами агентов и стремлением каждого из них принимать оптимальные решения, которые реализуют минимум функции затрат и влияют на решения других сторон [5-7].

Указанные соображения позволяют рассматривать олигополистическую модель виртуального рынка как формализацию отношений конкурирующих агентов ресурсов.

Олигополия занимает промежуточное положение между монополией и рынком с совершенной конкуренцией. В отличие от рынка с совершенной конкуренцией, каждый из олигополистов при формировании своей экономической политики вынужден принимать во внимание реакцию со стороны конкурентов. Олигополистические модели достаточно хорошо изучены с экономической и математической точки зрения [8,9]. Они могут стать базовыми моделями взаимодействий агентов ресурсов при некоторых допущениях.

2. Постановки задач в моделях олигополий

Анализ дуополии как простой формы олигополии впервые был совершен в 1838 г. французским математиком, философом и экономистом А.О. Курно. Модель Курно исходила из следующих предположений:

- 1) Конкуренты имеют однородный ресурс.
- 2) Конкурентам известна кривая рыночного спроса.
- 3) Каждый считает выпуск конкурента постоянным.
- 4) Функции потерь конкурента зависят от объема ресурса обоих игроков.
- 5) Каждый конкурент преследует цель достижения максимального суммарного дохода от реализации своего ресурса (подход Леона Вальраса).
- 6) Конкуренты не узнают о своих ошибках [9].

Дальнейшие исследования были направлены на обобщение наивной модели дуополии Курно. Эти обусловленные практической необходимостью обобщения касаются увеличения количества олигополистов, неоднородности выпускаемого конкурентами товара, разнообразия и адаптивности стратегий конкурентов, неоднородности периодов ценообразования, включения в модель кривых реагирования, доказательства существования точек равновесия, развития численных алгоритмов решения [10,11] и др.

В целом, постановка задачи для олигополии n конкурентов такова: каждый игрок i может выбирать стратегию x_i из множества стратегий E_i .

Пусть $E = \prod_{i=1}^n E_i$ – множество мультистратегий $x = (x_1, \dots, x_n)$. С точки зрения игрока i множество E мультистратегий можно рассматривать как объединение множества E_i стратегий, которые он может выбирать из множества $\bar{E}_i = \prod_{j \neq i} E_j$ стратегий других игроков, на которые при отсутствии кооперации он не может оказывать никакого влияния. Поэтому, для i -го игрока множество E можно записать как множество мультистратегий $E = E_i \times \bar{E}_i$.

Выбор стратегии игроками можно описать с помощью правила принятия решения. Правило принятия решения игрока i — это многозначное отображение $C_i : \bar{E}_i \rightarrow E_i$, которое сопоставляет мультистратегии, выбранной другими игроками, множество стратегий игрока i . Аналогично можно описать остальные $n-1$ игроков через их правила принятия решения C_i . Возникает необходимость рассматривать согласованные мультистратегии. Мультистратегия $x \in E$ называется согласованной, если

$$\forall i = 1, \dots, n \quad x_i \in C_i(x_i).$$

Иначе говоря, множество согласованных мультистратегий – это множество неподвижных точек многозначного отображения $\bar{C} : E \rightarrow E$, определенного по формуле

$$\bar{C}(x) = \prod_{i=1}^n C_i(x_i).$$

Теорема Какутани о неподвижной точке дает условия существования согласованных мультистратегий [12].

Если правила принятия решения определены через функции $f_i: E \rightarrow R$, которые оценивают затраты i -го игрока. Отображение мультизатрат определяется формулой

$$\forall x \in E \quad \vec{f}(x) = (f_1(x), \dots, f_n(x)) \in R^n.$$

Традиционно рассматриваются следующие стратегии конкурентов:

а) Каноническая стратегия, определяющая точку некооперативного равновесия; каждый агент минимизирует свою функцию затрат.

б) Стратегия Штакельберга. Предполагается, что один игрок первым выбирает свою стратегию, рассчитывая на ответ партнера канонической стратегией.

в) Последовательный выбор правил принятия решения по Штакельбергу. Предполагается, что оба игрока последовательно выбирают стратегию пункта в), адаптируясь к решению, принятому конкурентом на предыдущем шаге.

г) Кооперативное поведение конкурентов

Точки равновесия можно определять двумя способами:

1) решением систем уравнений с количеством неизвестных соответствующим количеству игроков;

2) по некоторому алгоритму. Если игроки принимают решения согласно выбранным правилам по очереди, то последовательность решений игрока является подпоследовательностью элементов принятия решений в игре.

Второй способ является более наглядным с точки зрения динамики процесса принятия решений и большей универсальности (даже в простых моделях не представляется возможным определение неподвижной точки первым способом при последовательном принятии решений по Штакельбергу). Кроме того, этот способ дает возможность построения алгоритмов определения неподвижной точки для обобщенных моделей рынков. К сожалению, несправедливо утверждение, что такие алгоритмы сходятся в играх общего вида.

3. Заключение

Безусловно, применимость моделей дуополии и олигополии для моделирования отношений между конкурирующими агентами ресурсов в мультиагентных системах зависит от степени обобщенности рыночных моделей. Однако даже несложные модели олигополий при различных объемах ресурсов позволяют провести анализ различных стратегий агентов-конкурентов, представляющих свои возможности (ресурсы) на виртуальном рынке, и выделить общие тенденции. Например:

1) В некооперативной точке равновесия, достигнутой при использовании канонических стратегий всеми производителями, расходы всегда превышают оптимальные по Парето.

2) Использование стратегии Штакельберга лишь одним (несколькими) игроком (игроками) выгодно для него (них), в то время как одновременное использование этой стратегии всеми игроками приводит к значительным потерям всех участников.

3) При использовании стратегии Штакельберга игрок имеет те же расходы, что при кооперативном поведении. Остальные игроки при этом Парето-оптимальности не достигают. Чем больше игроков, тем хуже, в этом смысле, будут результаты всех вместе.

4) Минимизируя функцию затрат кооперативно, можно добиться оптимальных по Парето расходов. Однако именно некооперативное поведение лучше отражает конкурентное поведение агентов одного типа и наличие определенной автономности агента в принятии решений.

Преимуществом олигополистических моделей отношений конкурирующих агентов ресурсов является аналитическое описание, доказуемость существования, единственности и оптимальности точек кооперативного и некооперативного равновесия, возможность обобщений игр и нахождения точек равновесия с помощью вычислительных алгоритмов.

Список литературы

1. Ржевский Г.А., Скобелев П.О. Как управлять сложными системами? Мультиагентные технологии для создания интеллектуальных систем управления предприятиями. Самара: ООО «Офорт», 2015. 290 с.
2. Прохоров А.В., Пахнина Е.М. Мультиагентные технологии управления ресурсами в распределенных вычислительных средах // Труды II Международной конференции «Кластерные вычисления» СС '13. Львов, 3-5 июня 2013 г. С. 184-190.
3. Мальковский Н.В., Граничин О.Н., Амелин К.С. Распределение ресурсов в контексте мультиагентных систем // Труды XII Всероссийского Совещания по проблемам управления ВСПУ-2014. Москва, 16-19 июня 2014 г. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014. С. 9003-9013.
4. Витих В.А., Скоблев П.О. Метод сопряженных взаимодействий для управления распределением ресурсов в реальном масштабе времени // Автометрия. 2009. Т. 45, № 2. С. 84-86.
5. Зайцев И.Д. Многоагентные системы в моделировании социально-экономических отношений: исследование поведения и верификация свойств с помощью цепей Маркова [Текст]: дис. ...канд. тех. наук: 05.13.10. Институт систем информатики им. А.П. Ершова Сибирского отделения РАН. Новосибирск, 2014. 142 с.
6. Yoav Shoham, Kevin Leyton-Brown Multiagent Systems. Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations. Cambridge, 2009. 513 p.
7. Neumann J., Morgenstern O. Theory of Games and Economic Behavior. Princeton University Press, 1944. 625 p.
8. Обэн Ж.-П. Нелинейный анализ и его экономические приложения. М.: Мир, 1988. 264 с.
9. Алипрантис К.Д., Чакрабартти С.К. Игры и принятие решений. М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2016. 543 с.
10. Tonu Puu Oligopoly: Old Ends – New Means. Berlin, Heidelberg: Springer, 2011. 180 p.
11. Koji Okuguchi, Ferenc Szidarovsky The Theory of Oligopoly with Multi-Product Firms. Berlin, Heidelberg: Springer, 1999. 273 p.
12. Данилов В.И. Лекции о неподвижных точках. М.: Российская экономическая школа, 2006. 30 с.