общий выпуск и этот рост выпуска обеспечивается исключительно за счет новых агентов.

Принимая во внимание полученные выше выводы, можно также ожидать, что конкуренция между агентами усиливает положительные отношения между величиной дохода франчайзера и развитием его сети.

Библиографический список

1. Алгазин Г.И., Алгазина Д.Г. Моделирование многоагентных франчайзинговых систем / Монография. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2009. – 91 с.

2. Алгазина Д.Г., Алгазин Г.И. Модельные исследования сетевого взаимодействия на конкурентных рынках с нефиксированными ролями участников. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2015. – 146 с.

3. Губко В.М. Управление организационными системами с сетевым взаимодействием агентов. I. Обзор теории сетевых игр // Автоматика и телемеханика, 2004. – №8. – С. 115–132.

4. Новиков Д.А. Игры и сети // Математическая теория игр и ее приложения, 2010. –Том 2. –Вып.1. – С.107–124.

5. Novikov D.A., Chkhartishvili A.G. Reflexion and Control: Mathematical Models. Leiden: CRC Press, 2014. – 298p.

6. Jackson M.O. Social and Economic Networks. – Princeton University Press, 2008. – 520 p.

7. Алгазина Д.Г., Алгазин Г.И. Моделирование взаимосвязи прибыли франчайзера и развития франчайзинговой системы на конкурентном рынке // Известия Алтайского государственного университета, 2011. – №2/1(70). – С. 261–264.

УДК 519.8

Возвратные последовательности в исследовании конкурентных рынков

Г.И. Алгазин, Е.В. Коптевич
АлтГУ, г. Барнаул

На рынке олигополии любая фирма в условиях неполной информации вынуждена в динамике уточнять свой объем выпуска так, чтобы он был оптимальным ответом на действия конкурентов.

В статье рассматривается классическая модель однопродуктового конкурентного рынка в классе линейных функций спроса и издержек фирм (агентов). Один из агентов занимает лидирующее положение среди остальных агентов, полагая, что точно знает их ответ на его выбор объема выпуска. Агента, выбирающего свои действия по такому правилу, называют ведущим или фирмой Штакельберга. Остальные агенты максимизируют собственную прибыль, основываясь на предположении Курно о неменяющемся выпуске других агентов.

Модель динамического уточнения выпуска предполагает, что в t-м периоде агенты изменяют свой выпуск за предыдущий $(t-1)$-й период, делая от него шаг по направлению к текущему оптимальному выпуску. Величину шага определяют параметры $\gamma_1^t, \gamma^t \in [0; 1]$. Полагается, что агент-лидер выбирает значения параметра γ_1^t, остальные агенты (действующие по Курно) выбирают γ^t. При $\gamma_1^t = \gamma^t = 0$ агенты не меняют выпуск, «стоят на месте»; при $\gamma_1^t = \gamma^t = 1$ выбирают наилучший ответ (текущий оптимальный выпуск) на ту обстановку, которая с их точки зрения должна сложиться. Показано [1], что динамика процесса может быть представлена в виде линейной возвратной последовательности с переменными коэффициентами и начальными значениями y_0, y_1:

$$y_t = p_t y_{t-1} + g_t y_{t-2}, \ (t \geq 2),$$

где
$$p_t = \frac{\gamma_1^{t+1}}{\gamma^{t-1}\gamma_1^t}\left[\gamma^t\left(1-\gamma^{t-1}\frac{n}{2}\right)+\gamma^{t-1}\left(1-\gamma_1^t\right)\right],$$

$$g_t = \frac{\gamma_1^{t+1}\gamma^t}{\gamma^{t-1}}\left[\frac{n(n-1)}{2(n+1)}\gamma^{t-1} - \frac{1}{\gamma_1^{t-1}}\left(1-\gamma_1^{t-1}\right)\left(1-\gamma^{t-1}\frac{n}{2}\right)\right],$$

и n – общее число агентов на рынке. Ниже, чтобы исключить деление на ноль, будем полагать $\gamma_1^t, \gamma^t \neq 0$.

Сходимость процесса к положению равновесию (т. е. состоянию, когда все агенты не будут заинтересованы, чтобы в одиночку изменить свои выпуски) означает, что $y_t \to 0$. В нашем случае условия сходимости к равновесию, если оно существует, относятся к параметрам γ и начальным приближениям y.

Получить аналитические выражения для y_t и аналитически исследовать сходимость такого процесса в настоящее время не представляется возможным (см., например, [2, 3]), поэтому в качестве метода исследования в статье используется метод численного моделирования.

Цель работы состоит в постановке и проведении численных экспериментов по проверке следующих двух гипотез.

Гипотеза 1. При небольших γ_1^t, γ^t процесс сходится. Чем больше γ_1^t и γ^t, тем меньше число участников рынка *n*, при которых процесс сходится.

Гипотеза 2. Сходимость процесса не зависит от начальных значений y_0, y_1.

Характер экспериментов по проверке гипотез проиллюстрируем для изменения значений параметров в диапазоне [0,5; 0,6].

Используя генератор случайных чисел с равномерным законом распределения, задаем параметры γ_1^t и γ^t. Многочисленные эксперименты, в которых генерировались новые значения параметров, показали, что при $n = 2,\ldots,5$ процесс сходится, а, начиная с $n = 6$, расходится. Соответствующие ситуации проиллюстрированы на рисунках 1 и 2. Как видно, на рисунке 1 процесс сходится к нулю, а на рисунке 2 расходится.

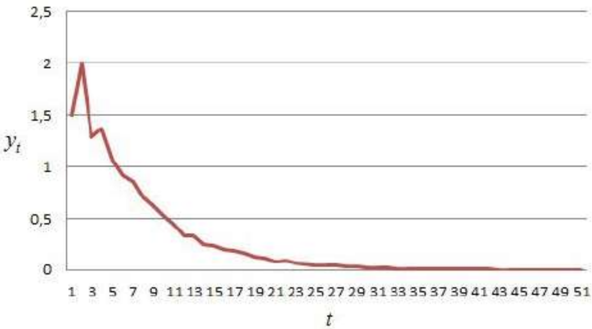

Рисунок 1 – Динамика процесса в диапазоне [0,5; 0,6] при $n = 5$

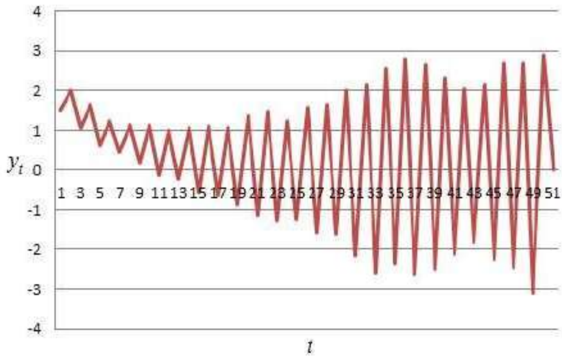

Рисунок 2 – Динамика процесса в диапазоне [0,5; 0,6] при $n = 6$

Для проверки второй гипотезы также, используя генератор случайных чисел, меняем начальные значения процесса y_0, y_1. Эксперименты показывают, что даже значительные изменения начальных значений не влияют на сходимость процесса. Соответствующие ситуации проиллюстрированы на рисунках 3 и 4. Как видно на этих рисунках, увеличение начальных значений на 3 порядка не влияет на сходимость.

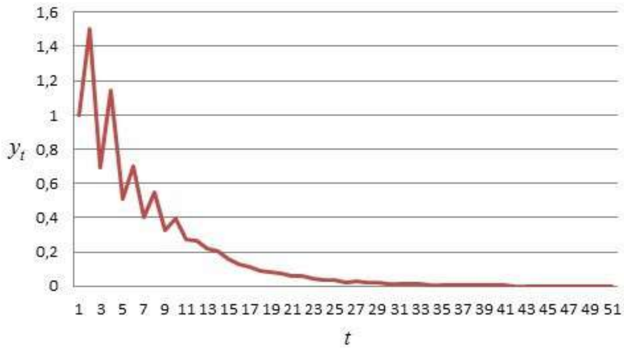

Рисунок 3 – Динамика процесса в диапазоне [0,5; 0,6] при начальных значениях $y_0 = 1$, $y_1 = 1{,}5$

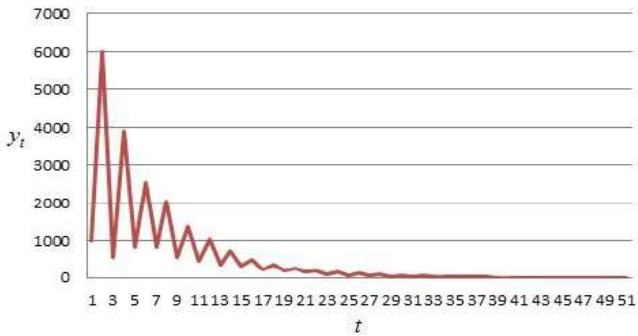

Рисунок 4 – Динамика процесса в диапазоне [0,5; 0,6] при начальных значениях $y_0 = 1000$, $y_1 = 6000$

Аналогичным образом данные гипотезы проверялись для других диапазонов. Сводные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты проверки гипотез о сходимости процесса

№	Диапазон изменения параметров	Максимальное значение *n*, при котором процесс сходится
1	(0; 0,1]	Сходится всегда
2	[0,1; 0,2]	25
3	[0,2; 0,3]	15
4	[0,3; 0,4]	9
5	[0,4; 0,5]	7
6	[0,5; 0,6]	5
7	[0,6; 0,7]	4
8	[0,7; 0,8]	3
9	[0,8; 0,9]	3
10	[0,9; 1]	2

Перспективными представляются исследования сходимости возвратных последовательностей в случае, когда агентами значения параметров выбираются из разных диапазонов.

Библиографический список

1. Алгазин Г.И., Алгазина Д.Г. Коллективное поведение в модели Штакельберга в условиях неполной информации // Автоматика и телемеханика. – 2017. – № 9. – С. 91–105.

2. Маркушевич А.И. Возвратные последовательности. Популярные лекции по математике. – М.: Наука, 1950. – 52 с.

3. Глухов М.М., Елизаров В.П., Нечаев А.А. Алгебра. Т.2. – М.: Гелиос АРВ, 2003. – 416 с.

УДК 004.93

Основные принципы создания рекомендательных систем

П.Е. Анафия[1,2], Г.И. Алгазин[1], А.С. Тлебалдинова[2]

[1]АлтГУ, г. Барнаул; [2]ВКГУ им. С.Аманжолова, г. Усть-Каменагорск

В этой статье описываются рекомендательные системы, реализованные в них алгоритмы и проблемы при разработке.

Рекомендательная система – это система, которая стремится прогнозировать или фильтровать предпочтения в соответствии с выбором пользователя. Рекомендательные системы используются в различных областях, включая фильмы, музыку, новости, книги, научные статьи, поисковые запросы, социальные теги и продукты в целом. Рекомендательные системы изменили способы взаимодействия неодушевленных вебсайтов со своими пользователями. Вместо предоставления статической информации, когда пользователи ищут и, возможно, покупают