

УДК 519.87:339.13

Исследование эффектов субсидирования производства на товарном рынке при пространственной рассредоточенности участников

К.И. Костюк

Алтайский государственный университет (Барнаул, Россия)

Studying the Effects of Subsidizing Production in a Goods Market with Spatial Distribution of Agents

K.I. Kostyuk

Altai State University (Barnaul, Russia)

Исследуется рынок однородного продукта при пространственной рассредоточенности агентов-продавцов, формирующих множество локальных рынков. Спецификой моделируемого товарного рынка является государственное регулирование в форме субсидирования или налогообложения на единицу производства продукции. Издержки транспортировки продукции лежат на стороне покупателя. В соответствии с подходом Хотеллинга рассматривается модель пространственной конкуренции, в которой агенты-продавцы могут менять не только свое местоположение, но и цену. На основе имитационной модели в программной системе NetLogo изучены равновесные ситуации в многоагентной модели при различных начальных условиях. Показано, что при множестве агентов эффект минимальной пространственной дифференциации (при равенстве ставок) отсутствует, а субсидирование играет неоднозначную роль на рынке, поскольку, с одной стороны, обеспечивает дополнительные преимущества «сильным», эффективным производителям, а с другой стороны, не обеспечивает «слабым» и менее эффективным необходимой поддержки в развитии.

Ключевые слова: товарный рынок, пространственная рассредоточенность, равнозначные цены, субсидирование, налогообложение, пространственная конкуренция.

DOI 10.14258/izvasu(2019)1-14

Введение

Исследование пространственно рассредоточенных товарных рынков базируется на предложенной в 1929 г. модели пространственной конкуренции Хотеллинга [1]. Различные модификации этой модели учитывают особенности распределения транспортных расходов между потребителем и производителем, плотность населения, выбор местоположения и дифференциацию затрат агентов, которые представлены в многочислен-

In the paper, a homogeneous goods market with a spatial distribution of agents-sellers which form a set of local markets is investigated. The specificity of the modelling market lies in consideration of state regulation by using additional payments for sellers (subsidy or tax) per unit of goods. Consumers pay transport costs of delivering goods. According to the Hotelling approach, the model of spatial competition on the plane with agents-sellers able to move to different locations within the town is considered. Equilibrium states under different initial conditions are found using a multi-agent simulation model developed in the NetLogo software simulation system. The obtained results demonstrate that for a number of agents (more than two), the effect of minimal spatial differentiation of agents is not observed. State regulation (subsidy or tax) plays an ambiguous role in the multi-agent market. On the one hand, it provides additional advantages to "strong" and highly effective sellers. On the other hand, it does not have positive effects to support the development of "weak" and not so effective sellers.

Key words: good market, spatial distribution, equilibrium price, subsidies, taxes, spatial competition.

ных исследованиях, в частности В.Г. Иванова [2], М.Б. Исакова [3], К.Н. Кудрявцева [4], А.В. Мельник [5], А.В. Щипцовой [6–7]. Варианты рассредоточенного рынка при различных способах распределения транспортных расходов между потребителем и производителем рассмотрены в работе Е.В. Понькиной, Ю.А. Захаровой [8], а в случае барьеров на вход — Е.В. Понькиной и соавторов [9].

Исследование влияния высоких процентных ставок на заемный капитал, кредитные ограничения

рассмотрены К. Сахрбахером и другими учеными на основе результативной модели AgriPoliS [10–11]. Детальный анализ моделей коллективного поведения в условиях олигополии с лидерами приведен в работе Г.И. Алгазина и Д.Г. Алгазиной [12]. Несмотря на достаточно хорошую изученность модели, в литературе нами не обнаружена модификация модели пространственной конкуренции Хотеллинга на плоскости в условиях субсидирования/налогообложения на единицу выпуска продукции при множестве агентов.

Таким образом, изучение эффектов субсидирования на товарном рынке при пространственной расщепленности производителей на основе базовой модели пространственной конкуренции Хотеллинга на плоскости позволит, во-первых, оценить влияние субсидирования на экономические результаты деятельности агентов, во-вторых, определить варианты субсидирования, обеспечивающие устойчивое функционирование рынка в целом.

Модель пространственной конкуренции Хотеллинга описывает ситуацию, в которой агенты-продавцы изменяют свое расположение в рамках ограниченного пространства (города), условно представленного в виде прямоугольника на плоскости. В теоретическом городе улицы проходят параллельно осям x и y и формируют равномерную сетку (рис.). Покупатели в городе располагаются равномерно вдоль улиц и передвигаются по ним, причем расстояние $p(x^*, y^*)$, пройденное покупателем из точки (x_0, y_0) в точку (x^*, y^*) , удовлетворяет метрике расстояния Манхэттена. Хорошо изученная классическая модель представлена в работах [13–15].

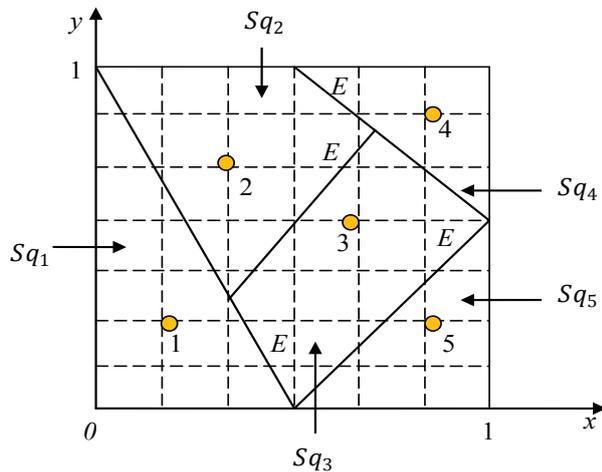


Схема пространственного расположения агентов в модели Хотеллинга на плоскости

$$E_{ij} = \{(x, y) \in R_+ : (p_i - p_j + 2tx + 2ty + t(x_i + x_j) + t(y_i + y_j)) = 0\}, \quad (1)$$

где (x, y) — расположение потребителя; $2tx + 2ty$ — затраты потребителя на доставку товара.

Доля площади рыночного спроса для каждой из фирм i , в зависимости от линии покупательской способности, E_{ij} имеет вид

Модель пространственной конкуренции Хотеллинга на плоскости с учетом государственного регулирования

Рассмотрим модификацию модели пространственной конкуренции Хотеллинга на плоскости в случае государственного регулирования N производителей, в виде субсидирования, на единицу реализации продукции либо дополнительного налогообложения производителей по ставкам s ($s = (s_1, \dots, s_N)$). Субсидирование обеспечивает более защищенное, надежное функционирование местных производителей (*domestic firm*), а дополнительные потери в виде уплаты налогов (налоговых пошлин) иными производителями (*foreign firm*) могут ограничивать возможности внешних фирм. При наличии N фирм-производителей на рынке возникает конкуренция не только по местоположению, но и по цене. Местоположение агента-продавца в пространстве (x_p, y_p) и назначаемая им цена реализации товара p_i определяют долю общего рыночного спроса q_i и, соответственно, экономические результаты его деятельности. Важным допущением модели Хотеллинга является выполнение предположений об однородности продаваемого товара и равномерности распределения потребителей на всей территории «города».

Совокупный спрос потребителей, предпочитающих приобретение товара у i -й фирмы, будет соответствовать доле от общего числа потребителей, проживающих в городе, при их равномерном распределении по территории. Общий покупательский спрос составляет $Q = \sum_{i=1}^N q_i = L^2$, где $Q=1$ площади города. Соответственно рассматривается город, территория которого описывает квадрат со стороной L ($L = 1$).

Покупатели сравнивают затраты на приобретение товара для каждой из фирм, причем затраты складываются из цены на товар p_i и издержек транспортировки t ($t > 0$) на единицу расстояния $p(x, y)$: $L_i = p_i + tp(x, y)$, $i = 1, \dots, N$.

Учитывается однородность товара. Потребитель выбирает фирму i , обеспечивающую минимум затрат на покупку:

$$L_i^* = \min_{i=1, N} \{L_i\}, i^* = \arg \min_{i=1, N} \{L_i\}.$$

Границей зон обслуживания рынка фирмой i является линия безразличия (E_{ij}), определенная ценами продаж соседствующих конкурентов j ($j = 1, N; j \neq i$), их расположением на плоскости (x_p, y_p) :

$$q_i = S \left(\bigcap_{\substack{j=1, \dots, N \\ i \neq j}} E_{ij} \right).$$

Учитывая предположение о рациональности поведения фирм, в качестве целевой функции агента-

продавца рассмотрим максимум прибыли реализации товара:

$$\pi_i(p, s, x, y) = p_i q_i(p, x, y) + s_i q_i(p, x, y) \rightarrow \max_{p_i, x_i, y_i}, i = 1, \dots, N, \quad (2)$$

где p_i — рыночная цена продажи фирмой i ; q_i — количество проданного товара (спрос); s_i — ставка субсидии/налога.

На втором этапе — нахождение равновесного расположения фирмы:

$$(x_i^*(s), y_i^*(s)) = \arg \max_{x_i, y_i \geq 0} \pi_i(p_i^*(s, x_i, y_i), s, x, y); i = 1, \dots, N.$$

Равновесной ситуацией на рынке является такая ситуация $(p^*(s), x^*(s), y^*(s))$, при которой все участники рынка достигают максимума прибыли $\pi_i(p, s, x, y)$ при независимом принятии решений и в предположении о реализации конкурентами оптимальных стратегий. Очевидно, что равновесие на рынке зависит от $s^*(s_1, s_2, \dots, s_N)$ назначенных субсидий. Равновесие по Нэшу в модели (2) находится методом обратной индукции.

Равновесная цена $p_i^*(s, x_i^*(s), y_i^*(s))$ в оптимальных с точки зрения прибыли локациях определяет в итоге экономические результаты деятельности агента: $\pi_i(p_i^*(s), x^*(s), y^*(s)); i = 1, \dots, N$ при заданных условиях субсидирования и налогообложения.

На первом этапе осуществляется нахождение «промежуточных» равновесных цен:

Частный случай модели: дуополия

Рассмотрим случай дуополии. Функция прибыли для фирм 1 и 2, модели (2) примет следующий вид:

$$p^*(s, x, y) = (p_1^*(s, x, y), \dots, p_N^*(s, x, y));$$

$$p_i^*(s, x, y) = \arg \max_{p_i \geq 0} \pi_i(p, s, x, y); i = 1, \dots, N.$$

$$\begin{cases} \pi_1(p_1, p_2, s_1, s_2, x_1, x_2, y_1, y_2) = q_1(p_1, p_2, x_1, x_2, y_1, y_2)(p_1 + s_1) \rightarrow \max_{p_1, x_1, y_1}; \\ \pi_2(p_1, p_2, s_1, s_2, x_1, x_2, y_1, y_2) = q_2(p_1, p_2, x_1, x_2, y_1, y_2)(p_2 + s_2) \rightarrow \max_{p_2, x_2, y_2}. \end{cases} \quad (3)$$

Используя значение (1), определим линии безразличия покупательской способности в величины совокупного спроса q_1 и q_2 так:

Дифференцируя функцию прибыли модели (3) относительно (p_1, p_2) , получим стационарную точку (p_1^*, p_2^*) , являющуюся точкой максимума прибыли:

$$q_1 = \frac{p_2 - p_1}{2t} + \frac{(x_1 + x_2)}{2} + \frac{(y_1 + y_2)}{2} - \frac{1}{2};$$

$$q_2 = \frac{p_1 - p_2}{2t} - \frac{(x_1 + x_2)}{2} - \frac{(y_1 + y_2)}{2} + \frac{1}{2}.$$

$$\begin{cases} p_1^* = -\frac{2s_1}{3} - \frac{s_2}{3} + \frac{t}{3} + \frac{t(x_1 + x_2)}{3} + \frac{t(y_1 + y_2)}{3}; \\ p_2^* = -\frac{2s_2}{3} - \frac{s_1}{3} + \frac{5t}{3} - \frac{t(x_1 + x_2)}{3} - \frac{t(y_1 + y_2)}{3}. \end{cases}$$

Каждая фирма устанавливает цену p_1 и p_2 на единицу товара продукции такую, чтобы при существующей конкуренции прибыль была максимальной.

Ценовая конкуренция при фиксированном местоположении фирм формирует равновесный по цене спрос:

$$\begin{cases} q_1^* = q_1(p_1, p_2, x_1, x_2, y_1, y_2) = \frac{s_1}{6t} - \frac{s_2}{6t} + \frac{s}{6} + \frac{(x_1 + x_2)}{6} + \frac{(y_1 + y_2)}{6}; \\ q_2^* = q_2(p_1, p_2, x_1, x_2, y_1, y_2) = -\frac{s_1}{6t} + \frac{s_2}{6t} + \frac{5}{6} - \frac{(x_1 + x_2)}{6} - \frac{(y_1 + y_2)}{6}. \end{cases}$$

Если субсидии $s_1, s_2 > 0$ обеспечивают снижение равновесных цен, то дополнительное налогообложение $s_1, s_2 < 0$, наоборот, — рост цен. При неравных ставках субсидии/налога $s_1 \neq s_2$ наблюдается неравное распределение доли покупательского спроса на товарном рынке. Если же $s_1 = s_2, p_1 = p_2$ и фирмы поровну делят рынок, то будут стремиться к центру города, присоединяя к своей доле рыночного спроса в ходе конкуренции покупателей соперника. В равновесии оба продавца окажутся в центре города, тем самым обнаруживается эффект минимальной пространственной дифференциации, выявленный Хотеллингом [1].

Мультиагентная имитационная модель товарного рынка на плоскости

Реализация имитационной модели осуществлена в среде программного приложения NetLogo, в которой изучены следующие варианты моделирования рассредоточенного товарного рынка в условиях олигополии:

- A** — управление только ценой при фиксированном местоположении агентов;
- B** — управление только местоположением при фиксированной цене агентов;
- C** — рыночная ситуация, когда агенты могут одновременно перемещаться в пространстве и дифференцировать цену.

Использована процедура генерации начальных условий методом случайного выбора ставок субсидирования/налогообложения для каждого агента, их местоположения, начальных цен:

$$(s_i \in [-6;6]; t = 1; p_i \in [0;16]; N = 1, \dots, 10).$$

Модифицирована процедура пересчета цен и вычисления прибылей фирм-продавцов с учетом

ставки s . Шаг изменения цены $\Delta p_i = 1$. Процесс моделирования проводится в диалоговом и графическом режиме, результаты выводятся и экспортируются в электронные таблицы.

Результаты имитации и оценка рыночных равновесий при различных начальных параметрах приведены в таблицах 1–3.

Таблица 1

Параметры и результаты моделирования сценария А

Фирма	Данные	Ставка субсидии/ налога, $s(i)$	Цена, $p(i)$	Спрос, $q(i)$	Прибыль, $\pi(i)$
1	Начальные	-1	6	224	1120
	Равновесные		15	228	3192
2	Начальные	0	0	660	0
	Равновесные		9	641	5769
3	Начальные	3	5	118	944
	Равновесные		8	217	2387
4	Начальные	1	1	400	800
	Равновесные		14	314	4710
5	Начальные	-1	6	279	1395
	Равновесные		16	281	4215
Итого	Начальные*	456	5	1681	4259
	Равновесные*		12	1681	20273

* — сумма выплаченных субсидий за минусом налога по всем агентам, совокупный спрос, сумма прибылей, средняя рыночная равновесная цена.

Результаты моделирования варианта А формы рыночных отношений описывают ситуацию, при которой у агентов отсутствует возможность изменения пространственного местоположения, равновесные цены существенно дифференцированы. Так, при положении на рынке пяти производителей заметно, что в ус-

ловиях государственного регулирования цены в некоторых фирмах с учетом субсидии ниже, чем в других фирмах, обременяемых налогом, в два раза. Эффект связан с тем, что в модели Хотеллинга спрос неэластичен по цене, а постоянен и распределяется между агентами в зависимости от ставки субсидии/налога.

Таблица 2

Параметры и результаты моделирования сценария В

Фирма	Данные	Ставка субсидии/ налога, $s(i)$	Цена, $p(i)$	Спрос, $q(i)$	Прибыль, $\pi(i)$
1	Начальные	3	5	600	4800
	Равновесные		5	464	3712
2	Начальные	0	9	276	2484
	Равновесные		9	217	1953
3	Начальные	3	7	369	3690
	Равновесные		7	130	1300
4	Начальные	-3	9	97	582
	Равновесные		9	81	486
5	Начальные	-1	2	339	339
	Равновесные		2	789	789
Итого	Начальные*	2277	6	1681	11895
	Равновесные*		6	1681	8240

Вариант моделирования В показывает, что каждый продавец стремится к очень тесному контакту с конкурентом, чтобы заполучить как можно больший сегмент рынка с высоким уровнем потребительского спроса за счет перемещения ближе к нему. Ставка субсидии/налога не повлияла на уровень соответствующего спроса, так как цена является

фиксированной. Таким образом, магазин, увеличивающий сегмент своей деятельности, также будет увеличивать уровень дохода, поскольку это является целью каждого продавца. Следовательно, высокую цену и ставку налога/субсидии нельзя считать главным фактором потери потенциальных клиентов в пользу конкурента.

Таблица 3

Параметры и результаты моделирования сценария С

Фирма	Данные	Ставка субсидии/ налога, $s(i)$	Цена, $p(i)$	Спрос, $q(i)$	Прибыль, $\pi(i)$
1	Начальные	-2	2	296	0
	Равновесные		3	37	37
2	Начальные	-3	5	366	732
	Равновесные		14	289	3179
3	Начальные	-1	6	481	2405
	Равновесные		3	225	450
4	Начальные	1	3	257	1028
	Равновесные		3	394	1576
5	Начальные	4	4	281	2248
	Равновесные		1	736	3680
Итого	Начальные*	-790	5	1681	6413
	Равновесные*		6	1681	8922

В соответствии с вариантом С возрастание цены не всегда предоставляет фирме высокий доход. Понижение дохода каждого магазина будет зависеть от потери потенциальных клиентов в пользу конкурента, а также от полученной равновесной цены с учетом ставки субсидии/налога. Все продавцы стремятся к пространственной дифференциации с целью увеличения клиентуры и дохода за счет изменения цен. Перемещение каждого агента происходит в направлении увеличения потенциального дохода. Двигаясь по направлению к центру города, каждый агент-продавец стремится присоединить к своей клиентуре покупателей конкурента (принадлежащих к другому сегменту либо находящихся на границе между магазинами), не теряя при этом покупателей на противоположащих сегментах.

Заключение

Проведенный анализ и найденные решения показывают, что различия в субсидировании агентов

стимулируют, либо, наоборот, снижают продажи агентов. Агенты-продавцы, получающие большую величину субсидий, имеют большие возможности для расширения рынков и могут позволить себе снизить цены ниже, чем у конкурента. При этом возрастающий эффект масштаба обеспечивает им большую величину прибыли. Перемещение каждого агента происходит в направлении увеличения потенциального дохода. В итоге, наличие субсидий приводит к нивелированию эффекта минимальной дифференциации и пространственного «оттеснения» аутсайдера в пространстве рынка. Таким образом, предложенная имитационная модель рассредоточенного, мультиагентного товарного рынка позволяет детально рассмотреть влияние эффектов дифференциации равновесных цен и формы пространственного расположения агентов на экономические результаты их функционирования.

Библиографический список

1. Hotelling H. Stability in Competition // Economic Journal. 1929. March. Vol. 39, № 153.
2. Иванов В.Г. Агентное моделирование эволюции партийной системы РФ на основе распределений Парето и Хо-

теллинга // Вестник Новосибирского гос. ун-та. Серия: Социально-экономические науки. 2009. Т. 9, вып. 1.

3. Исаков М.Б. Полное решение задачи Хотеллинга: концепция равновесия в безопасных стратегиях для игры

определения цен // Журнал новой экономической ассоциации. М., 2005.

4. Кудрявцев К.Н., Стабулит И.С. Гарантированное по Парето равновесие в дуополии Хотеллинга на плоскости // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. Серия: Математическое моделирование и программирование. 2012. № 14.

5. Мельник А.В. Равновесие в теоретико-игровых моделях массового обслуживания : автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. СПб., 2014.

6. Щипцова А.В. Задача о размещении на рынке товаров двух видов // Труды научного Карельского центра РАН. 2011. №5.

7. Щипцова А.В. Мультиномиальный логит-анализ и конкурентное поведение на рынке // Труды научного Карельского центра РАН. 2011. №5.

8. Понькина Е.В., Захарова Ю.А. Модель рассредоточенного при асимметрии распределения транспортных расходов между агентами // Известия Алтайского гос. ун-та. 2013. №1(77). DOI: 10.14258/izvasu(2013)1.2-18.

9. Понькина Е.В., Маничева А.С. Имитационное моделирование рассредоточенного, мультиагентного рын-

ка зерна // Вестник Новосибирского гос. ун-та. Серия: Информационные технологии. 2010. Т. 8, вып. 2.

10. Kellermann K., Happe K., Sahrbacher C., Balmann A., Brady M., Schnicke H., Osuch A. (2008). AgriPoliS 2.1 — Model documentation. Technical Report, October 2008, IAMO, Halle.

11. Sahrbacher C., Sahrbacher A., Ostermeyer A. Simulation Results of AgriPoliS about Diminishing Capital Subsidies and Restrictions. Factor Markets Working Paper No. 55, June 2013, CEPS, Brussels.

12. Алгазин Г.И., Алгазина Д.Г. Динамика рефлексивного коллективного поведения в модели олигополии с лидерами // Известия Алтайского гос. ун-та. 2018. № 1 (99). DOI: 10/14258/izvasu(2018)1-11.

13. Дмитриенко К.Ю. Моделирование оптимального поведения фирмы на рынке олигополии при условии неценовой дифференциации товара // Вестник Новосибирского гос. ун-та. Серия: Социально-экономические науки. 2009. Т. 9, вып. 1.

14. Мазалов В.В. Математическая теория игр и приложения. СПб., 2016.

15. Salop S. Monopolistic Competition with Outside Goods // Bell Journal of Economics. 1979. Vol. 10.