

Исследование разностной СОЧИ-модели распределения ресурсов в маркетинговых сетях методами имитационного моделирования

Е.А. Химич, О.И. Горбанева

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: В статье рассматривается разностная модель согласования общих и частных интересов (СОЧИ-модель) при распределении ресурсов в маркетинговых сетях. Динамика управляемой системы описывает взаимодействие членов целевой аудитории (базовых агентов), ведущее к изменению их мнений (расходов на покупку товаров и услуг фирм, конкурирующих на некотором рынке). Выигрыш каждой фирмы включает две слагаемых: суммарное мнение базовых агентов с учётом маркетинговых затрат (общий интерес для всех агентов влияния) и доход от инвестиций в некоторую частную деятельность. Координирующий Центр определяет маркетинговые бюджеты фирм и максимизирует суммарное мнение базовых агентов с учётом выделяемых фирмам ресурсов. Найдены выигрыши Центра и агентов влияния. Проведён анализ результатов и сделан вывод об оптимальном распределении ресурсов.

Ключевые слова: СОЧИ-модели, имитация, моделирование, маркетинг, распределение ресурсов, бюджет, частная деятельность.

Введение

Модели согласования общественных и частных интересов изучаются в экономике общественных благ [1]. В этих моделях предполагается, что каждый агент делит свои ресурсы между частной деятельностью и производством общего для всех агентов блага.

В статье рассматривается разностная СОЧИ-модель распределения ресурсов в маркетинговой сети. Авторская постановка моделей согласования общественных и частных интересов при распределении ресурсов (СОЧИ-моделей) приведена в [2], примеры приложения СОЧИ-моделей в различных предметных областях описаны в [3,4]. На верхнем уровне управления находится координирующий Центр, распределяющий маркетинговые бюджеты между фирмами (агентами влияния) с целью максимизации суммарных мнений [5-7].

Динамика мнений базовых агентов определяется их взаимодействием и маркетинговым взаимодействием нескольких конкурирующих фирм [8].

Выигрыш каждой фирмы включает две слагаемых: суммарное мнение базовых агентов с учётом маркетинговых затрат (общий интерес для всех агентов влияния) и доход от инвестиций в некоторую частную деятельность [9].

В настоящей работе приведены результаты нахождения выигрышей Центра и агентов влияния, а также анализ полученных результатов и сделан вывод об оптимальном распределении ресурсов.

Разностная модель согласования общественных и частных интересов

Далее представлена исследуемая модель, приводятся условные обозначения, структура системы, вводятся целевые функции участников системы.

$$J_0 = \sum_{t=1}^T e^{-\rho t} \left[\sum_{j=1}^n x_j(t) - \sum_{i=1}^m r_i(t) \right] \rightarrow \max$$

$$r_i(t) \geq 0,$$

$$\sum_{k=1}^m r_k(t) \leq R, i = 1, \dots, m; t \in [0, T];$$

$$J_i = \sum_{t=1}^T e^{-\rho t} \sum_{j=1}^n [x_j(t) + p_i(r_i(t) - \sum_{i=1}^m u_{ij}(t)) - s_{ij} u_{ij}(t)] \rightarrow \max$$

$$0 \leq \sum_{j=1}^n u_{ij}(t) \leq r_i(t), i = 1, \dots, m; t \in [0, T];$$

$$x_j(t+1) = x_j(t) + \sum_{i=1}^m b_{ij} \sqrt{u_{ij}(t+1)} + \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j(t),$$

$$x_j(0) = x_{j0}, j = 1, \dots, n;$$

$$s_{ij} = \begin{cases} 1; & b_{ij} > 0, \\ 0; & b_{ij} = 0 \end{cases}$$

$$p_i(0) = 0 \text{ (при } \sum_{j=1}^n u_{ij}(t) = r_i(t));$$

Здесь m – число конкурирующих торговых фирм (агентов влияния); n – общая численность целевой аудитории (число базовых агентов); R – общий маркетинговый бюджет Центра; J_0, J_i – суммарный дисконтированный доход Центра и i -й фирмы соответственно; $r_i(t)$ – маркетинговый бюджет, выделяемый Центром i -й фирме в момент t ; $x_j(t)$ – мнение j -го базового агента в момент t ; $u_{ij}(t)$ – расходы i -го агента влияния на маркетинговое воздействие на j -го базового агента в момент t ; a_{ij} – коэффициент влияния i -го базового агента на j -го; b_{ij} – коэффициент воздействия i -го агента влияния на j -го базового агента; $P_i(\cdot)$ – функция дохода i -й фирмы от инвестиций не в маркетинг; T – период рассмотрения; ρ – коэффициент дисконтирования.

Пример

Проведем исследование динамической иерархической СОЧИ-модели для следующего набора входных данных:

$$n = 2, m = 3, T = 2, R = 45, \rho = 0.094, a = \begin{bmatrix} 0.7 & 0.3 \\ 0.2 & 0.8 \end{bmatrix}, b = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.5 \\ 0.7 & 0.3 \\ 0.2 & 0.8 \end{bmatrix}, x_0 = [5 \ 0], p = [3 \ 2 \ 3], r = \begin{bmatrix} 8.82 & 0.76 \\ 8.83 & 1.75 \\ 15.38 & 0.24 \end{bmatrix},$$

где n – количество базовых агентов, m – количество агентов влияния, T – период прогнозирования, ρ – коэффициент дисконтирования.

В матрице a , например, значение 0.7 - коэффициент влияния первого базового агента на самого себя, 0.3 - коэффициент влияния первого базового агента на второго базового агента и т.д. В матрице b , например, значение 0.5 - коэффициент воздействия первого агента влияния на первого базового

агента, 0.5 - коэффициент воздействия первого агента влияния на второго базового агента и т.д. В массиве x_0 значение 5 - начальное мнение первого базового агента, 0 - начальное мнение второго базового агента. В матрице r , например, 8.82 - начальное распределение ресурсов Центра для первого агента влияния в первый момент времени, 0.76 - начальное распределение ресурсов Центра для первого агента влияния во второй момент времени и т.д.

При фиксированных величинах распределения ресурсов Центра агентам влияния находим те сценарии, которые дают выигрышу Центра наибольшее значение [10]. В результате получен оптимальный (и близкий к лучшему результату) сценарий для Центра и агентов влияния.

Таблица № 1

Значения переменных x, r, u для вышеописанной модели

x	r	u
11,165950416535500	8,817567240361850	2,8385302945697100
5,128185572478590	8,832126920498960	5,3899832178828500
21,333772171583400	15,382493622779100	5,2667737879513000
12,300832721543300	0,762133011949310	1,9207740893408400
	1,745559122294910	1,1782213115189700
	0,2359102574344300	10,1728522011567000
		0,3501650805515800
		0,2782878625485260
		0,4481616659098360
		1,1669246791715900
		0,0593236831266814
		0,0969316320329281

Таблица №2

Суммарный дисконтированный доход Центра и агентов влияния

J_0	J_1	J_2	J_3
10,360378971720 400	57,210257286300 200	50,937469134443 400	68,337581152649 500
9,8336195751917 60	55,183753871224 700	50,377930128440 300	62,767527323550 100

Из данных таблиц можно сделать вывод об оптимальном распределении ресурсов. Для Центра на 1 этапе выделяется ~ 70% бюджета. Для Центра на 2 этапе выделяется ~ 5% бюджета. Для первой фирмы на 1 этапе Центр выделяет ~ 10% своих ресурсов. Для первой фирмы на 2 этапе Центр выделяет ~ 75-80% своих ресурсов. Для второй фирмы на 1 этапе Центр выделяет ~ 10% своих ресурсов. Для второй фирмы на 2 этапе Центр выделяет ~ 25-30% своих ресурсов. Для третьей фирмы на 1 этапе Центр выделяет ~ 20% своих ресурсов. Для третьей фирмы на 2 этапе Центр выделяет ~ 75-80% своих ресурсов.

Заключение

В статье рассмотрена динамическая модель согласования общественных и частных интересов распределения ресурсов в маркетинговой сети, представляющая собой иерархическую игру Центра с несколькими агентами влияния. Полученные расчёты позволили сделать вывод об адекватности предложенной математической модели и можно утверждать, что увеличение части прибыли, идущей на развитие производства, незначительно, но увеличивает прибыль агентов и Центра.

В дальнейшем планируется анализ и, возможно, совершенствование решения с изменением количества агентов влияния.

Литература

1. Long N.V. (2010). A Survey of Dynamic Games in Economics. World Scientific Publishing Company.

2. Горбанева О.И. Модели сочетания общих и частных интересов независимых агентов // МТИП, 80:9 (2019), с.1745–1753.

3. Ougolnitsky, G., Anopchenko, T., Gorbaneva, O., Lazareva, E., & Murzin, A. (2018). Systems Methodology And Model Tools For Territorial Sustainable Management. Advances in Systems Science and Applications, 18(4), pp.1-13.

4. Угольницкий Г.А., Усов А.Б., Алгоритмы решения дифференциальных моделей иерархических систем управления // Автоматика и телемеханика, 2016, № 5, с. 148–158.

5. Кононенко А.Ф. Теоретико-игровой анализ двухуровневой иерархической системы управления // ЖВМ и МФ, 1974, 14(5), с.1161-1070.

6. Горелов М.А., Кононенко А.Ф. Динамические игры. III. Иерархические игры // Автоматика и телемеханика, 2015 (2), с. 89-106.

7. Прилуцкий М.Х., Колосовская У.С. Распределение ресурсов в иерархических системах транспортного типа с интервальными значениями критериев оптимальности // Инженерный вестник Дона, 2015, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3212

8. Жуковская Н.К., “Согласование интересов в иерархических системах”, Инженерный вестник Дона, 2011, №4. URL: www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/584

9. Бунаков А.Э., Кононенко А.Ф., Чистяков Ю.Е. Иерархические дифференциальные (динамические) игры и их приложения // Кибернетика и вычислительная техника. 1987, №3, с. 140-154.

10. Faisca N.P., Saraiva P.M., Rustem B., and Pistikopoulos E.N., “A multi-parametric programming approach for multilevel hierarchical and decentralized optimization problems”, Computational Management Science, 2009, vol. 6, № 4, pp.377-397.

References

1. Long N.V. (2010). A Survey of Dynamic Games in Economics. World Scientific Publishing Company.

2. Gorbaneva O.I., МТИР, 80:9 (2019), pp.1745–1753.

3. Ougolnitsky, G., Anopchenko, T., Gorbaneva, O., Lazareva, E., & Murzin, A. (2018). Advances in Systems Science and Applications, 18(4), pp.1-13.



4. Ugoľniczkij G.A., Usov A.B., Avtomatika i telemexanika, 2016, № 5, pp.148–158.
5. Kononenko A.F. ZhVM i MF, 1974, 14(5), pp.1161-1070.
6. Gorelov M.A., Kononenko A.F. Avtomatika i telemexanika, 2015 (2), pp. 89-106.
7. Priluczkiy M.X., Kolosovskaya U.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2015, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3212
8. Zhukovskaya N.K., Inzhenernyj vestnik Dona, 2011, №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/584
9. Bunakov A.E., Kononenko A.F., Chistyakov Yu.E., Kibernetika i vy`chislitel`naya texnika. 1987, №3, pp. 140-154.
10. Faisca N.P., Saraiva P.M., Rustem B., and Pistikopoulos E.N. Computational Management Science, 2009, vol. 6, № 4, pp. 377-397.