

Качественно репрезентативные сценарии имитационного моделирования маркетинговых воздействий

М.Т. Агиева

Ингушский государственный университет, Назрань

Аннотация: Рассмотрено применение метода качественно репрезентативных сценариев имитационного моделирования к решению задач управления в маркетинге. Описаны качественно репрезентативные сценарии маркетинговых воздействий на целевую аудиторию при различных постановках задач управления.

Ключевые слова: имитационное моделирование, модели управления, маркетинговые исследования, целевая аудитория.

Введение

Модели влияния и управления в социальных сетях на базе цепей Маркова описаны в работах [1-5]. Авторский подход к использованию этих моделей в приложении к управлению целевой аудиторией в маркетинге представлен в статьях [6-10]. Задачи оптимального управления и их приложения подробно описаны в [11]. Основная идея здесь заключается в том, что достаточно воздействовать на выявляемых на этапе анализа членов сильных подгрупп, полностью определяющих финальные мнения всех членов целевой аудитории, что существенно сокращает расходы на управление. Метод качественно репрезентативных сценариев имитационного моделирования, позволяющий избежать полного перебора всех допустимых планов вычислительных экспериментов, изложен в статье [12].

В настоящей статье рассмотрено применение метода качественно репрезентативных сценариев (КРС) имитационного моделирования к решению задач управления в маркетинге. Описаны качественно репрезентативные сценарии маркетинговых воздействий на целевую аудиторию для конкретной постановки задачи управления.

Метод качественно репрезентативных сценариев имитационного моделирования

Метод имитационного моделирования состоит в проведении вычислительных экспериментов с программной реализацией модели управляемой динамической системы, позволяющих оценить влияние различных управляющих воздействий на поведение системы. Важнейшую роль в имитационном моделировании играет вопрос о том, какие именно сценарии имитации нужно выбирать. Поскольку полный перебор невозможен, то необходимо предложить и обосновать некоторый способ частичного перебора. Такой способ предлагает метод КРС, основанный на идее о том, что для качественной оценки последствий управляющих воздействий достаточно рассмотреть очень небольшое число значений каждой управляющей переменной, отражающих характерные принципиально различные варианты воздействия на управляемую динамическую систему.

Рассмотрим задачу оптимального управления в разностной постановке:

$$J = \sum_{t=1}^T e^{-\rho t} g(x^t, u^t) \rightarrow \max \quad (1)$$

$$0 \leq u_i^t \leq 1, i = 1, \dots, n; \quad (2)$$

$$x^{t+1} = x^t + f(x^t, u^t), x^0 = x_0. \quad (3)$$

Для удобства введем для модели (1)-(3) ряд упрощающих предположений, не ограничивающих общности рассмотрения. Здесь x^t - фазовая переменная, характеризующая состояние моделируемой динамической системы в момент времени t . Будем для простоты считать её скалярной. Через u^t обозначена переменная управления размерности n ; $g(x^t, u^t)$ - текущая целевая функция субъекта управления; J - его суммарный функционал выигрыша; T - период рассмотрения; $\rho \in [0,1]$ - коэффициент дисконтирования.

В общей постановке ограничения на управления задаются в виде $u^t \in U$, однако использованная в соотношении (2) гипотеза $U = [0,1]^n$ не нарушает общности. Уравнение (3) задает динамику управляемой системы с помощью нелинейной функции $f(x^t, u^t)$. Вновь в общем случае возможен переход от шага t к $t + \Delta t$, однако примем $\Delta t = 1$.

Теперь можно сформулировать постановку задачи имитационного моделирования. Предположим, что в модели (1)-(3) заданы функции f, g со всеми своими числовыми параметрами, а также параметры T, ρ и начальные условия x_0 . Тогда для каждого набора управляющих воздействий (j -го сценария имитации) $\{u_{(j)}^t\}_{t=1}^T$ модель (1)-(3) как вычислительная схема определяет соответствующую фазовую траекторию $\{x_{(j)}^t\}_{t=1}^T$ и значение выигрыша $J^{(j)}$. Задавая различные сценарии $j = 1, \dots, N$, можно с помощью модели оценивать их влияние на управляемую динамическую систему.

Идея метода КРС заключается в том, что даже три сценария дают в первом приближении достаточно хорошую качественную картину возможных воздействий на управляемую систему и их последствий. Три сценария описывают минимальное, среднее и максимальное воздействие.

Проверить обоснованность этой гипотезы позволяет следующий подход. Пусть $\Omega = U_1 \times \dots \times U_n$ - множество допустимых управлений. Метод КРС исходит из предположения $U_i = U_i^{QRS}, i = 1, \dots, n$, где множества U_i^{QRS} содержат качественно репрезентативные стратегии. Предположим дополнительно, что мощность множеств $U_i^{QRS} (i = 1, 2, \dots, n)$ достаточно мала, так что они содержат по малому числу K элементов, т.е. $|U_i^{QRS}| = K$. Тогда $QRS = U_1^{QRS} \times \dots \times U_n^{QRS}$ есть множество КРС данной игры, которое включает $m = K^n$ элементов.

Определение [12]. Множество $QRS = \{u^{(1)}, \dots, u^{(m)}\}$ называется множеством КРС задачи оптимального управления (1)-(3) с точностью Δ , если:

- (а) для любых двух элементов этого множества $u^{(i)}, u^{(j)} \in QRS$ справедливо $|J^{(i)} - J^{(j)}| > \Delta$;
- (б) для любого другого элемента $u^{(l)} \notin QRS$ найдется элемент $u^{(j)} \in QRS$ такой, что $|J^{(l)} - J^{(j)}| \leq \Delta$.

Здесь $J_0^{(i)}, J_0^{(j)}, J_0^{(l)}$ - соответствующие значения целевого функционала (1); $J^{(s)} = J(u_1^{(s)}, \dots, u_n^{(s)})$, $s = i, j, l$; $\Delta > 0$ - константа, определяющая точность. Таким образом, КРС ведут к существенному различию в значениях целевого функционала, а различие между одним из репрезентативных и любым другим сценарием в этом смысле несущественно.

Сценарии маркетинговых воздействий на целевую аудиторию

В статье [9] приведены примеры задач управления целевой аудиторией в маркетинге. Одним из наиболее практичных методов их решения представляется описанный выше метод качественно репрезентативных сценариев имитационного моделирования. Рассмотрим его для ещё одной постановки задачи управления - максимизации суммы мнений членов целевой аудитории на периоде $t=1, \dots, T$ путём воздействия в программных стратегиях на текущие мнения членов сильных подгрупп. Задача имеет вид

$$J = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^r \left[\sum_{j=1}^{m_i} (x_j^t + u_j^t) + \sum_{j=m_i+1}^{n_i} x_j^t + \sum_{j=1}^{m_i} [u_j^t]^p \right] \rightarrow \max \quad (4)$$

$$\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^{m_i} [u_j^t]^p \leq R, \quad (5)$$

$$x_j^{t+1} = \sum_{k=1}^r \left[\sum_{i=1}^{m_k} a_{ij} (x_i^{(k)t} + u_i^{(k)t}) + \sum_{i=m_k+1}^{n_k} a_{ij} x_i^{(k)t} \right], x_j^0 = x_{j0}, \quad j = 1, \dots, n. \quad (6)$$

Здесь $x_i^{(k)t}$ - текущие мнения членов k -й сильной подгруппы, $u_j^{(k)t}$ - воздействие на текущее мнение j -го члена k -й сильной подгруппы, причем воздействию подвергаются первые m_k членов; n_i - общая численность i -й сильной подгруппы, r - общее число сильных подгрупп, R - маркетинговый бюджет фирмы, максимизирующей целевой функционал (4); p - параметр степенной функции затрат на управление; n - общая численность целевой аудитории.

Для решения задачи (4)-(6) методом качественно репрезентативных сценариев имитационного моделирования необходимы следующие данные.

1. Общая численность целевой аудитории n и маркетинговый бюджет фирмы R известны. Период моделирования T задаётся. Число сильных подгрупп r выявляется на этапе анализа целевой аудитории. Будем считать для простоты, что воздействие оказывается только на одного члена каждой сильной подгруппы, т.е. $m_k = 1, k = 1, \dots, r$ (другие варианты можно рассмотреть при более детальном исследовании).

2. Главные входные данные модели - вектор начальных мнений x_0 и матрица влияния $A = \|a_{ij}\|$. Для идентификации этих данных необходимы исследования, проводимые по специальной методике, которой будет посвящена отдельная публикация.

3. Важную роль играет параметр функции затрат p . Если $p < 1$, то затраты на управление не слишком велики по сравнению с ожидаемым результатом (управление высокоэффективно), а если $p > 1$, то наоборот. Поэтому в соответствии с идеей качественно репрезентативных сценариев естественно в первом приближении рассмотреть значения $p \in \{1/2, 1, 2\}$. В частности, в промежуточном случае $p = 1$ можно искать аналитическое решение линейной задачи управления.

4. Наконец, собственно сценарии имитационного моделирования образуют значения управлений $u_j^t, t = 1, \dots, T, j = 1, \dots, m_i, i = 1, \dots, r$. В принятом предположении $m_i = 1, i = 1, \dots, r$ они образуют двумерный массив $\|u_i^t\|_{i=1}^r \|_{t=1}^T$, т.е. для моделирования надо заполнить таблицу

	t=1	t=2	...	t=T
i=1	u_1^1	u_1^2	...	u_1^T
i=2	u_2^1	u_2^2	...	u_2^T
...
i=r	u_r^1	u_r^2	...	u_r^T

Обязательным требованием при выборе сценариев служит выполнение бюджетного ограничения (5). Далее, обязательно рассмотреть базовый сценарий $u_i^t \equiv 0$ (отсутствие управления), с которым следует сравнивать все остальные для сравнительного анализа эффективности управления.

Анализ бюджетного ограничения (5) должен выявить ограничения сверху на возможные значения управляющих воздействий (максимально допустимые значения u^{\max} такие, что $0 \leq u_i^t \leq u^{\max}, i = 1, \dots, r, \dots, t = 1, \dots, T$). Тогда простейший кандидат в качественно репрезентативные сценарии имеет вид $u_i^t \in \{0, u^{\max} / 2, u^{\max}\}, i = 1, \dots, r, t = 1, \dots, T$. Для этого сценария необходимо вычислить значения целевого функционала (4) и проверить выполнение свойств (а) и (б) из данного выше определения. Если они выполняются для некоторого не слишком большого $\Delta > 0$, то действительно найдено множество качественно репрезентативных сценариев, в противном случае придётся выбирать другие значения управляющих воздействий, исходя из разумных соображений об их смысле с обязательным выполнением бюджетного требования (5). Метод КРС носит эвристический характер, поэтому универсальные рекомендации здесь невозможны и следует руководствоваться спецификой конкретных маркетинговых акций.

Заключение

В настоящей работе показаны возможности применения метода качественно репрезентативных сценариев имитационного моделирования [12] к решению задач управления целевой аудиторией в маркетинге. Дано краткое описание метода и его спецификация для одной из постановок задач управления. В дальнейшем предполагается провести вычислительные эксперименты с моделями по указанному методу для реальных социально-экономических объектов.

Литература

1. French J.R. The Psychological Review. 1956. №63, pp.181-194.
2. Harary F. Studies in Social Power. Michigan: Institute of Sociological Research, 1959. pp.168-182.
3. De Groot M.H. Journal of American Statistical Association. 1974. №69, pp.118-121.
4. Roberts F. Discrete Mathematical Models with Applications to Social, Biological, and Environmental Problems. Prentice-Hall, 1976. 486 p.
5. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства. М.: Издательство физико-математической литературы, 2010. 228 с.
6. Агиева М.Т. Модели управления на социальных сетях в маркетинге. Инженерный вестник Дона. 2018. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4670.
7. Агиева М.Т. Задачи анализа на социальных сетях в маркетинге // Инженерный вестник Дона. 2018. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4889.
8. Агиева М.Т. Задачи прогноза на социальных сетях в маркетинге // Экономика и менеджмент систем управления. 2018. №4.1(30). С.110-117.

9. Агиева М.Т. Классификация моделей управления сетевой аудиторией в маркетинге // Инженерный вестник Дона. 2019. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5612.

10. Agieva M.T., Ougolnitsky G.A. Regional Sustainable Management Problems on Networks // Proceedings of the International Scientific Conference "Competitive, Sustainable and Secure Development of the Regional Economy: Response to Global Challenges" (CSSDRE 2018). Ed. E. Russkova. Advances in Economics, Business and Management Research (AEBMR), volume 39, pp.6-9. Atlantis Press, 2018. doi:10.2991/cssdre-18.2018.2.

11. Grass D., Caulkins J.P., Feichtinger G., Tragler G., Behrens D.A. Optimal Control of Nonlinear Processes (with Applications to Drugs, Corruption, and Terror). Springer, 2008. 529 p.

12. Ougolnitsky G.A., Usov A.B. Computer Simulations as a Solution Method for Differential Games // Computer Simulations: Advances in Research and Applications. Eds. M.D. Pfeffer and E. Bachmaier. - N.Y.: Nova Science Publishers, 2018. pp.63-106.

References

1. French J.R. The Psychological Review. 1956. №63, pp. 181-194.
2. Harary F. Studies in Social Power. Michigan: Institute of Sociological Research, 1959, pp.168-182.
3. De Groot M.H. Journal of American Statistical Association. 1974. №69, pp.118-121.
4. Roberts F. Discrete Mathematical Models with Applications to Social, Biological, and Environmental Problems. Prentice-Hall, 1976. 486 p.
5. Gubanov D.A., Novikov D.A., Chkhartishvili A.G. Sozialnye seti: modeli informazionnogo vliyania, upravleniya i protivoborstva. [Social Networks: Models of Informational Impact, Control, and Confrontation]. M.: Izdatelstvo fiziko-matematicheskoi literatury, 2010. 228 p.



6. Agieva M.T. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus). 2018. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4670.
7. Agieva M.T. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus). 2018. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4889.
8. Agieva M.T. Ekonomika i menedzhment sistem upravleniya. 2018. №4.1(30). pp.110-117.
9. Agieva M.T. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus). 2019. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5612.
10. Agieva M.T., Ougolnitsky G.A. Proceedings of the International Scientific Conference "Competitive, Sustainable and Secure Development of the Regional Economy: Response to Global Challenges" (CSSDRE 2018). Ed. E. Russkova. Advances in Economics, Business and Management Research (AEBMR), volume 39, pp.6-9. Atlantis Press, 2018. doi:10.2991/cssdre-18.2018.2.
11. Grass D., Caulkins J.P., Feichtinger G., Tragler G., Behrens D.A. Optimal Control of Nonlinear Processes (with Applications to Drugs, Corruption, and Terror). Springer, 2008. 529 p.
12. Ougolnitsky G.A., Usov A.B. Computer Simulations: Advances in Research and Applications. Eds. M.D. Pfeffer and E. Bachmaier. N.Y.: Nova Science Publishers, 2018. pp.63-106.