

**ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ВЫБОРА ГРУПП СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ
ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ РЕКЛАМЫ****Екатерина Борисовна ГРИБАНОВА**кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизированных систем управления,
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск, Российская Федерация
katag@yandex.ru**История статьи:**Получена 24.07.2017
Получена в доработанном
виде 14.08.2017
Одобрена 29.08.2017
Доступна онлайн 27.10.2017

УДК 519.852.6

JEL: C38, C58

Аннотация**Предмет.** Оптимизация маркетинговой деятельности в социальной сети, в частности определение групп для размещения рекламы исходя из ее стоимости и характеристик, определяющих распространение информации о товарах и услугах среди пользователей.**Цели.** Разработка моделей выбора групп социальной сети для размещения рекламы. Реализация стохастических алгоритмов решения задачи целочисленного программирования.**Методология.** Для разработки оптимизационных моделей использовались методы исследования операций. Для решения задачи целочисленного программирования были использованы методы случайного поиска граничных точек, в частности простой случайный поиск, адаптивный поиск и поиск с изменяющимися вероятностями. Также был использован многомерный сравнительный анализ для формирования интегральной характеристики аргументов, используемой в алгоритме адаптивного поиска граничных точек.**Результаты.** Разработаны модели выбора групп социальной сети для размещения рекламы. Доработаны существующие алгоритмы случайного поиска с учетом специфики задачи: предложена модификация адаптивного алгоритма поиска граничных точек, предполагающая расчет интегрального показателя каждого аргумента целевой функции на основе нормированных значений. Выполнена программная реализация алгоритмов случайного поиска граничных точек. Проведены вычислительные эксперименты и сравнение результатов, полученных с помощью рассмотренных алгоритмов решения задачи. Наиболее точное решение было получено с помощью адаптивного алгоритма, наиболее простым в реализации является алгоритм случайного поиска граничных точек.**Выводы.** Разработанные модели могут быть использованы экономическими агентами при выборе групп социальной сети для размещения рекламы. Представленная модификация адаптивного алгоритма поиска граничных точек может быть использована в решении задач целочисленного программирования.**Ключевые слова:**целочисленное
программирование,
социальные сети, реклама,
случайный поиск

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2017

Для цитирования: Грибанова Е.Б. Оптимизационные модели выбора групп социальной сети для размещения рекламы // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2017. – Т. 16, № 10. – С. 1989 – 2000.
<https://doi.org/10.24891/ea.16.10.1989>**Введение**

Социальные сети являются в настоящее время популярной площадкой для общения пользователей, а наличие публикуемой информации, а также объединение участников в группы по интересам позволяет фирмам находить потенциальных клиентов, что может способствовать значительному увеличению объемов продаж и прибыли.

Преимущества использования социальных сетей для организаций описаны в работе S. Goyal, J. Gagnon [1]. Для

информирования клиентов о своих товарах и услугах организации могут проводить различные маркетинговые мероприятия, одним из распространенных их видов является размещение рекламы в популярных группах.

При выборе групп для размещения рекламы рекламодатели сталкиваются с необходимостью анализа различных характеристик группы: количества подписчиков, популярности (сумма лайков, репостов и комментариев, приходящихся на одну запись), активности (среднее количество записей на стене в день),

стоимости рекламы. В интересах рекламодателя при ограниченном количестве денежных средств ознакомить со своим предложением как можно большее число пользователей сети. В статье [2] приводится описание расчета интегрального показателя оценки групп социальной сети «ВКонтакте» на основе их характеристик, и в данной работе будут использованы полученные численные результаты. Задача оптимизации выбора групп может быть представлена в виде задачи целочисленного программирования.

Задача целочисленного программирования формулируется следующим образом: найти такие целые значения аргументов, которые обеспечили бы наилучшее значение целевой функции при заданных ограничениях. К отдельной группе относят задачи, в которых аргументы могут принимать только два значения: 0 и 1. Такие задачи называются задачами псевдодвулевой оптимизации и подробно описаны в статье А.Н. Антамошкина и И.С. Масича [3].

Подобные задачи широко распространены в различных областях экономики, управления, статистики. К классическим задачам псевдодвулевой оптимизации относят задачи, представленные, в частности, в работах S. Bradley, A. Нах, T. Magnanti [4], И.В. Бурковой [5], L. Kaufman, M. Vanden, P. Hansen [6], а именно:

- задача выбора объектов вложения средств: определение такого плана распределения инвестиций, чтобы прибыль от вложений была максимальной, при этом используемые ресурсы не превышали имеющихся или планируемых запасов;
- задача о размещении складов: выбор расположения действующих складов и предприятий таким образом, чтобы операционные расходы и расходы на доставку были минимальны, а спрос покупателей был полностью удовлетворен;

- задача о назначениях: распределение работ между сотрудниками таким образом, чтобы при выполнении плана затраты времени (или других ресурсов) были минимальными;

- задача о коммивояжере: составление плана обхода городов в целях минимизации суммарного пути и т.д.

Модели данных задач применяются на практике, а также встречаются их модификации. Можно привести следующие модели, разработанные для решения реальных задач.

В работе J. Sejka [7] описана модель оптимизации движения общественного транспорта. В качестве критерия оптимальности выступает максимизация количества пассажиров, которые добираются до места назначения без пересадок при условии, что два района могут быть соединены только одним маршрутом.

В статье Y. Ming, Y. Yurong [8] приводится описание модели выбора победителей обратного аукциона. В качестве целевой функции выступает интегральный показатель (рейтинговая оценка) участников. В задаче предусмотрено ограничение на минимальное и максимальное количество победителей, стоимость предметов аукциона не должна превышать бюджета закупок, а полезность предметов аукциона определяется линейной функцией.

Работа И.С. Масича [9] посвящена решению задачи оптимизации для планирования загрузки литейного производства таким образом, чтобы были полностью и своевременно выполнены заказы, а количество перенастроек оборудования было минимальным. В статье Г.Г. Забудского, И.В. Алексеенко [10] приводится решение задачи оптимизации технологических процессов при производстве меховых изделий.

Также в литературе часто встречаются задачи об оптимальном размещении

различных объектов (коммунальной сферы, торговли и т.д.), например, решение задачи размещения объектов обслуживания рассмотрено в работе М. Джамрада, О.А. Романченко, О.Н. Толстиковой [11].

При небольшом количестве переменных задача целочисленного программирования может быть решена простым перебором. При этом количество возможных вариантов без учета ограничений составит 2^n (n – число аргументов целевой функции). Однако с увеличением количества аргументов такой вариант решения задачи становится неприемлемым в связи с необходимостью выполнения большого числа вычислений. Детерминированные методы решения задач целочисленного программирования – динамическое программирование, метод ветвей и границ, отсечений и другие – также при большом количестве аргументов часто оказываются неспособными найти решение за отведенное время (в работе А.В. Овчинникова [12] приводятся характеристики подобных алгоритмов). Кроме того, данные алгоритмы в ряде случаев не позволяют учесть сложных, алгоритмически вычисляемых ограничений и целевой функции. В работе А.Н. Антамошкина, И.С. Масича [13] отмечается, что в этом случае оправданным является использование стохастических методов, в частности, методов случайного поиска, основные идеи которого приведены в трудах Л.А. Растригина, С.Н. Гринченко [14, 15]. Однако простой случайный поиск также является малоэффективным, поэтому разрабатываются его различные модификации, в том числе основанные на идее эволюции, описанные в работах F. Glover [16], J.P. Pedroso [17], T. Jansen, I. Wegener [18], П.В. Галушкина, О.Э. Семенкиной [19].

В работе А.Н. Антамошкина, И.С. Масича [3] показано, что оптимальное решение, как правило, является граничной точкой между областью допустимых значений и областью недопустимых значений. В связи с этим разработаны алгоритмы поиска граничных

точек, которые подразумевают постепенное включение аргумента i в решение: присвоение переменной x_i значения 1, либо исключение из него: присвоение переменной x_i значения 0. Если поиск осуществляется из области допустимых значений, то условием завершения алгоритма является невыполнение ограничений задачи, если поиск осуществляется из области недопустимых значений, то работа алгоритма прекращается при выполнении ограничений задачи.

Модели выбора групп социальной сети

Были рассмотрены две задачи выбора групп социальной сети. Первая задача заключается в определении такого набора групп социальной сети, который при заданном бюджете обеспечил бы максимальное значение интегрального показателя групп. Полученная модель имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} f(x) &= a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n \rightarrow \min; \\ s_1x_1 + s_2x_2 + \dots + s_nx_n &\geq v; \\ q_1x_1 + q_2x_2 + \dots + q_nx_n &\geq h; \\ p_1x_1 + p_2x_2 + \dots + p_nx_n - \\ -cross_{1,2}x_1x_2 - \dots - cross_{n-1,n}x_{n-1}x_n &\geq l; \\ x &\in \{0,1\}, \end{aligned} \quad (1)$$

где s_i – среднее число лайков, репостов и комментариев, приходящихся на одну запись группы i (показатель популярности группы);

v – минимальное значение суммарного числа лайков, репостов и комментариев, приходящихся на одну запись;

q_i – среднее число записей в день группы i (активность группы);

h – минимальное значение суммарного количества записей на стене в день;

p_i – число подписчиков группы i ;

$cross_{r_1,r_2}$ – пересечение подписчиков между группами с номерами r_1 и r_2 ;

l – минимальное число подписчиков.

Методы решения задачи

Для решения задачи выбора групп были использованы следующие методы:

- случайный поиск граничных точек;
- адаптивный поиск граничных точек;
- поиск граничных точек с изменяющимися вероятностями.

При реализации методов была использована стратегия «включения в решение», то есть изначально все аргументы равны 0, и далее последовательно осуществляется выбор аргументов для изменения их значения. Таким образом, для задачи (1) поиск начинается из области допустимых значений, а для задачи (2) – из области недопустимых значений. После остановки алгоритма происходит повторная генерация решения в течение заранее заданного количества итераций. Из всего набора полученных решений выбирается решение с наилучшим значением целевой функции. При случайном поиске граничных точек выбор переменной x_j для изменения ее значения осуществляется случайным образом. Так, вероятность, что аргумент j , равный 0, примет значение 1, составит

$$p_j = \frac{1}{\sum_{l=1}^n (1-x_l)}.$$

Выбор переменной для изменения значения выполняется с помощью расчета кумулятивной вероятности

$$y_k = \sum_{i=1}^k p_k$$

и определения интервала попадания случайной величины, равномерно распределенной на (0;1).

Адаптивный поиск граничных точек основан на жадном алгоритме и отличается от случайного поиска расчетом вероятности. Для каждой переменной вычисляется некоторая оценка λ , и

вероятность выбора аргумента j для изменения его значения определяется величиной

$$p_j = \frac{\lambda_j}{\sum_{l=1}^n \lambda_l}.$$

В жадном алгоритме происходит последовательный отбор переменных с наибольшим значением λ_j . При решении первой задачи (1) для выбора элементов использовалось значение

$$\lambda_i = \begin{cases} \frac{c_i}{a_i}, & x_i = 0; \\ 0, & x_i = 1. \end{cases}$$

Данный способ расчета оценки λ приводится в работе А.Н. Антомошкина, И.С. Масича [3].

Во второй задаче модели (2) «наилучшие» переменные будут иметь наименьшее значение a_i и наибольшие значения s_i , q_i , p_i , поэтому была выполнена модификация расчета оценок λ_i , в частности, использовались следующие показатели, соответствующие каждому аргументу x_i в ограничении:

$$\begin{aligned} w_{1i} &= s_i / v / a_i; \\ w_{2i} &= q_i / h / a_i; \\ w_{3i} &= p_i / l / a_i. \end{aligned}$$

При расчете показателя, соответствующего числу подписчиков, необходимо также учесть пересечение пользователей в группах: если между группами i и k есть пересечение $cross$, то расчет показателя будет выполнен следующим образом:

$$\begin{aligned} w_{3i} &= (p_i - x_k cross) / l / a_i; \\ w_{3k} &= (p_k - x_i cross) / l / a_k. \end{aligned}$$

Далее было выполнено нормирование полученных величин. Для этого использовался метод эталонного значения:

$$w_{ki}^* = \frac{w_{ki}}{\max\{w_{ki}\}}, \quad k = 1..3.$$

Наконец, определяется сумма полученных величин:

$$\lambda_i = w_{1i}^* + w_{2i}^* + w_{3i}^*.$$

В случае поиска с изменяющимися вероятностями, описание которого приводится, в частности в работе Л.А. Казаковцева, А.А. Ступиной [20], задается начальный вектор вероятностей, в соответствии с которым происходит моделирование некоторого количества наборов решений. После этого осуществляется отбор решения с наилучшим значением целевой функции и выполняется модификация вектора вероятностей.

В данной работе каждой переменной x_i ставится в соответствие число Nv_i (изначально равно 1), на основе которого происходит расчет вероятности выбора:

$$p_i = \begin{cases} \frac{Nv_i}{\sum_{j=1}^n Nv_j}, & x_i = 0; \\ 0, & x_i = 1. \end{cases}$$

Из полученного набора решений выбирается вариант с наилучшим значением целевой функции. Для переменных со значением 1 происходит увеличение числового показателя:

$$Nv_i = Nv_i + hv.$$

Для переменных со значением 0 числовой показатель уменьшается:

$$Nv_i = Nv_i - hv.$$

Результаты моделирования

Решение задач было выполнено с использованием данных 10 групп Томска. Исходные данные представлены в *табл. 1*.

Пересечение подписчиков между группами 1 и 2 равно 47 044, между группами 3 и 9 – 10 104. Для решения задачи (1) было использовано значение минимальной стоимости рекламы b равное 1 700.

Результаты моделирования для 10 случайных генераций решений представлены в *табл. 2*.

На *рис. 1* представлены средние значения интегрального показателя, полученные в результате применения трех стохастических методов: случайного поиска, адаптивного поиска и поиска с изменяющимися вероятностями. Для моделирования было использовано 5, 10 и 15 генераций решения, число случайных реализаций равно 10 000. Наибольшие значения целевой функции были получены с помощью метода адаптивного поиска граничных точек. Были выполнены эксперименты для определения среднего, минимального и максимального числа генераций решений, необходимых для определения точного решения с использованием стохастических методов (для получения результатов было использовано 10 000 случайных реализаций). Полученные результаты представлены в *табл. 3*. Наилучшие характеристики также были получены с помощью метода адаптивного поиска граничных точек.

Для решения задачи (2) были использованы следующие ограничения суммарных показателей: $l = 320\,000$, $h = 119$, $v = 370$. Поскольку группы 1, 2 и 3, 9 включают одних и тех же подписчиков, то третье ограничение модели (2) будет иметь следующий вид:

$$110\,509x_1 + 87\,358x_2 + 141\,133x_3 + 69\,775x_4 + 34\,033x_5 + 22\,749x_6 + 27\,647x_7 + 8\,828x_8 + 11\,625x_9 + 7\,000x_{10} - 47\,044x_1x_2 - 10\,104x_3x_9, \quad i \leq l.$$

Решение задачи (2), полученное с помощью полного перебора:

$$x = (1; 0; 1; 1; 0; 1; 0; 0; 0; 0), f(x) = 1\,699 \text{ руб.}$$

С помощью жадного алгоритма было найдено следующее решение:

$$x = (1; 1; 1; 0; 1; 1; 0; 0; 0; 0), f(x) = 2\,030 \text{ руб.}$$

Из стохастических алгоритмов наилучшее решение было получено с помощью адаптивного случайного поиска. На *рис. 2*

представлено среднее значение стоимости рекламы, полученное с помощью данного метода в зависимости от количества генераций (число случайных реализаций равно 10 000). В задаче (2) в качестве ограничений показателей популярности и активности вместо суммарных характеристик могут быть также указаны средние значения:

$$\frac{s_1x_1 + s_2x_2 + \dots + s_nx_n}{\sum_{i=1}^n x_i} \geq sd;$$

$$\frac{q_1x_1 + q_2x_2 + \dots + q_nx_n}{\sum_{i=1}^n x_i} \geq hd.$$

Нахождение решения в этом случае является более трудоемкой задачей, область допустимых значений может быть не достигнута. Для решения данной задачи ($sd = 110$, $hd = 34$) были рассмотрены два алгоритма: случайный поиск и адаптивный поиск граничных точек. При выполнении 10 000 случайных реализаций среднее количество генераций, необходимое для нахождения точного решения методом адаптивного поиска, равно 41,4087, а методом случайного поиска – 120,2725.

Заключение

Приведена модель выбора групп социальной сети для размещения рекламы.

Таблица 1

Исходные данные

Table 1

Inputs

№ группы	Значение интегрального показателя	Стоимость размещения рекламы, руб.	Число подписчиков	Активность	Популярность
1	0,57	500	110 509	25	165,87
2	0,74	500	87 358	16,67	215,68
3	0,55	500	141 133	64	110,03
4	0,24	499	69 775	14,29	70,85
5	0,15	330	34 033	50	38,44
6	0,14	200	22 749	16,67	24,97
7	0,13	708	27 647	33,33	7,53
8	0,2	300	8 828	9,09	16,05
9	0,13	150	11 625	25	17,64
10	0,01	567	7 000	4	5,98

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рассмотрены стохастические алгоритмы решения задачи целочисленного программирования, которые позволяют учитывать сложные правила и ограничения, а также находить приближенное решение при большом числе переменных. Были рассмотрены следующие алгоритмы: случайный поиск граничных точек, адаптивный поиск граничных точек, поиск с изменяющимися вероятностями. Рассмотрено решение двух задач: максимизации интегрального показателя группы при ограниченном бюджете и минимизации стоимости рекламы при заданном количестве подписчиков и значении показателей активности и популярности. При этом учитывалось наличие пересечения подписчиков отдельных сообществ.

Наилучшие результаты были получены с помощью адаптивного поиска граничных точек, который основан на выборе аргументов в целях изменения их значений путем расчета интегральных оценок переменных, получаемых с помощью нормирования показателей методом эталонного значения. Наиболее простым в реализации методом является случайный поиск граничных точек. Представленные модели и методы могут быть использованы при принятии решений экономическими агентами о размещении рекламы и решении задач целочисленного программирования.

Таблица 2

Решение задачи

Table 2

Problem solution

Метод	Значение целевой функции	Стоимость, руб.	Решение/наилучшее решение
Полный перебор	2	1 700	(1;1;1;0;0;1;0;0;0;0)
Жадный алгоритм	1,99	1 650	(1;1;1;0;0;0;0;0;1;0)
Случайный поиск граничных точек	1,67	1 699	(0;1;1;1;0;1;0;0;0;0)
Адаптивный поиск граничных точек	2	1 700	(1;1;1;0;0;1;0;0;0;0)
Поиск с изменяющимися вероятностями, $h\nu = 0,05$	1,21	1 700	(0;0;1;1;1;1;0;0;1;0)

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 3

Сравнение стохастических алгоритмов

Table 3

Comparison of stochastic algorithms

Метод	Среднее число поколений	Минимальное число поколений	Максимальное число поколений
Случайный поиск граничных точек	9,9871	1	84
Адаптивный поиск граничных точек	5,8595	1	16
Поиск с изменяющимися вероятностями	10,9059	1	51

Источник: авторская разработка

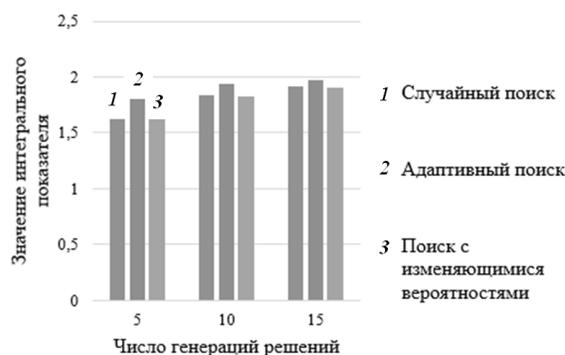
Source: Authoring

Рисунок 1

Значение целевой функции

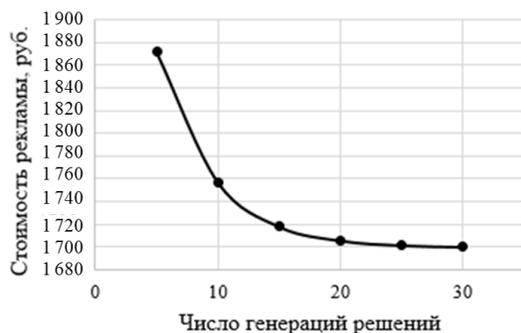
Figure 1

The target function value



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 2**Стоимость рекламы****Figure 1****Advertising rate**

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Goyal S., Gagnon J. Social networks and the firm. *Revista de Administração*, 2016, vol. 51, pp. 240–243. doi: 10.5700/rausp1237
2. Грибанова Е.Б., Катасонова А.В. Модель оценки групп социальной сети для реализации маркетинговых мероприятий // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2017. № 2. С. 68–72.
3. Антамошкин А.Н., Масич И.С. Поискковые алгоритмы условной псевдобулевой оптимизации // Системы управления, связи и безопасности. 2016. № 1. С. 103–145. URL: <http://sccs.intelgr.com/archive/2016-01/06-Antamoshkin.pdf>
4. Bradley S., Hax A., Magnanti T. *Applied Mathematical Programming*. Addison-Wesley, 1977, 716 p.
5. Буркова И.В. Метод сетевого программирования в задачах дискретной оптимизации // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. № 8. С. 54–159.
6. Kaufman L., Vanden M., Hansen P. A plant and warehouse location problem. *Journal of Operation Research Society*, 1977, vol. 28, iss. 3, pp. 547–554. doi: 10.1057/jors.1977.104
7. Čejka J. Transport planning realized through the optimization models. *Procedia Engineering*, 2016, vol. 161, pp. 1187–1196. doi: 10.1016/j.proeng.2016.08.538
8. Ming Yan, Yurong Yuan. A multi-attribute reverse auction decision making model based on linear programming. *Systems Engineering Procedia*, 2012, vol. 4, pp. 372–378. doi: 10.1016/j.sepro.2011.11.089
9. Масич И.С. Комбинаторная оптимизация для планирования загрузки литейного производства // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета. 2009. № 2. С. 40–44.
10. Забудский Г.Г., Алексеенко И.В. Оптимизация технологических схем процессов изготовления изделий из меха // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. 2008. № 1. С. 25–33.

11. Джамрад М., Романченко О.А., Толстикова О.Н. Размещение объекта обслуживания населения на основе метода дискретной оптимизации // Управление большими системами: сборник трудов. 2006. № 14. С. 123–134. URL: <http://www.mathnet.ru/links/d026e4cbb17d633af7950bd65bc05262/ubs200.pdf>
12. Овчинников В.А. Систематизация точных методов дискретной оптимизации // Наука и образование. 2015. № 6. С. 288–304.
13. Антамошкин А.Н., Масич И.С. Гриды-алгоритмы и локальный поиск для условной псевдоболевой оптимизации // Исследовано в России. 2003. № 177. С. 2143–2149. URL: <http://elibrary.lt/resursai/Uzsienio%20leidiniai/MFTI/2003/177.pdf>
14. Растрингин Л.А. Адаптация сложных систем. Рига: Зинатне, 1981. 375 с.
15. Гринченко С.Н. Метод «проб и ошибок» и поисковая оптимизация: анализ, классификация, трактовка понятия «естественный отбор» // Исследовано в России. 2003. № 104. С. 1228–1271. URL: <http://elibrary.lt/resursai/Uzsienio%20leidiniai/MFTI/2003/104.pdf>
16. Glover F. Tabu search. Part I. *INFORMS Journal on Computing*, 1989, vol. 1, pp. 190–206. doi: 10.1287/ijoc.1.3.190
17. Pedroso J.P. An evolutionary solver for linear integer programming. *BSIS Technical Report*, 1998, no. 98-7, pp. 1–15.
18. Jansen T., Wegener I. A comparison of simulated annealing with a simple evolutionary algorithm on pseudo-boolean functions of unitation. *Theoretical Computer Science*, 2007, vol. 386, iss. 1-2, pp. 73–93. doi: 10.1016/j.tcs.2007.06.003
19. Галушин П.В., Семенкина О.Э. Разработка и исследование эволюционных алгоритмов дискретной оптимизации // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета. 2011. № 5. С. 25–29.
20. Казаковцев Л.А., Ступина А.А. Параллельная реализация метода изменяющихся вероятностей // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 4. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=6810>

Информация о конфликте интересов

Я, автор данной статьи, со всей ответственностью заявляю о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

OPTIMIZATION MODELS TO SELECT SOCIAL NETWORK GROUPS FOR ADVERTISING**Ekaterina B. GRIBANOVA**Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Tomsk, Russian Federation
katag@yandex.ru**Article history:**Received 24 July 2017
Received in revised form
14 August 2017
Accepted 29 August 2017
Available online
27 October 2017**JEL classification:** C38, C58**Keywords:** integer programming, social network, advertising, random search**Abstract****Importance** The article addresses optimization of marketing activities in social networks, particularly, the determination of groups for advertising based on its cost and characteristics that determine information dissemination about products and services among users.**Objectives** The aims are to develop a model to select groups of a social network for advertising, to modify and implement stochastic algorithms to solve the integer programming problems and compare their characteristics.**Methods** To develop optimization models, I use methods of operations research. The study also employs methods of random search for boundary points to solve the problem of integer programming, in particular, a simple random search, adaptive search and a search with varying probabilities. The multidimensional comparative analysis is applied to formulate integral characteristics of arguments that are used in the adaptive search algorithm.**Results** I developed models to select groups of social network for advertising, modified the adaptive search algorithm for boundary points, implying the calculation of an integral indicator of each variable in the problem based on normalized values, performed computational experiments and comparison of results obtained through the considered algorithms. The most accurate solution is obtained using the adaptive algorithm; the simplest to implement is a random search algorithm.**Conclusions** Economic agents may use the developed models to select groups of social network for advertising. The presented modification of adaptive search algorithm enables to solve integer programming problems.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2017

Please cite this article as: Gribanova E.B. Optimization Models to Select Social Network Groups for Advertising. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2017, vol. 16, iss. 10, pp. 1989–2000.
<https://doi.org/10.24891/ea.16.10.1989>**References**

1. Goyal S., Gagnon J. Social networks and the firm. *Revista de Administração*, 2016, vol. 51, no.2, pp. 240–243. doi: 10.5700/rausp1237
2. Gribanova E.B., Katasonova A.V. [A model to evaluate social network groups for marketing activities implementation]. *Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniya i radioelektroniki = Proceedings of Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics*, 2017, no. 2, pp. 68–72. (In Russ.)
3. Antamoshkin A.N., Masich I.S. [Search Algorithms for Constrained Pseudo-Boolean Optimization]. *Sistemy upravleniya, svyazi i bezopasnosti = Systems of Control, Communication and Security*, 2016, no. 1, pp. 103–145. (In Russ.)
URL: <http://sccs.intelgr.com/archive/2016-01/06-Antamoshkin.pdf>
4. Bradley S., Hax A., Magnanti T. *Applied Mathematical Programming*. Addison-Wesley, 1977, 716 p.
5. Burkova I.V. [Method of network programming in problems of discrete optimization]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = The Bulletin of Voronezh State Technical University*, 2010, no. 8, pp. 154–159. (In Russ.)

6. Kaufman L., Vanden M., Hansen P. A plant and warehouse location problem. *Journal of Operation Research Society*, 1977, vol. 28, iss. 3, pp. 547–554.
doi: 10.1057/jors.1977.104
7. Čejka J. Transport planning realized through the optimization models. *Procedia Engineering*, 2016, vol. 161, pp. 1187–1196. doi: 10.1016/j.proeng.2016.08.538
8. Ming Yan, Yurong Yuan. A multi-attribute reverse auction decision making model based on linear programming. *Systems Engineering Procedia*, 2012, vol. 4, pp. 372–378.
doi: 10.1016/j.sepro.2011.11.089
9. Masich I.S. [Combinatorial optimization in foundry production planning]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta = Vestnik SibGAU*, 2009, no. 2, pp. 40–44. (In Russ.)
10. Zabudskii G.G., Alekseenko I.V. [Optimization of technological schemes of processes of manufacturing fur products]. *Nauchnyi vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Science Bulletin of NSTU*, 2008, no. 1, pp. 25–33. (In Russ.)
11. Moutaz J., Romanchenko O.A., Tolstikova O.N. [Locating a public service object based on the discrete optimization method]. *Upravlenie bol'shimi sistemami*, 2006, no. 14, pp. 123–134. (In Russ.)
URL: <http://www.mathnet.ru/links/d026e4cbb17d633af7950bd65bc05262/ubs200.pdf>
12. Ovchinnikov V.A. [Systematization of exact methods of discrete optimization]. *Nauka i Obrazovanie*, 2015, no. 6, pp. 288–304. (In Russ.)
13. Antamoshkin A.N., Masich I.S. [Greedy algorithms and local search for conditional pseudo-Boolean optimization]. *Issledovano v Rossii*, 2003, no. 177, pp. 2143–2149.
URL: <http://elibrary.lt/resursai/Uzsienio%20leidiniai/MFTI/2003/177.pdf> (In Russ.)
14. Rastrigin L.A. *Adaptatsiya slozhnykh sistem* [Adaptation of complex systems]. Riga, Zinatne Publ., 1981, 375 p.
15. Grinchenko S.N. [Trial and error method and search optimization: Analysis, classification, interpretation of the natural selection concept]. *Issledovano v Rossii*, 2003, no. 104, pp. 1228–1271. (In Russ.) URL: <http://elibrary.lt/resursai/Uzsienio%20leidiniai/MFTI/2003/104.pdf>
16. Glover F. Tabu search. Part I. *INFORMS Journal on Computing*, 1989, vol. 1, pp. 190–206.
doi: 10.1287/ijoc.1.3.190
17. Pedroso J.P. An evolutionary solver for linear integer programming. *BSIS Technical Reports*, 1998, no. 98-7, pp. 1–15.
18. Jansen T., Wegener I. A comparison of simulated annealing with a simple evolutionary algorithm on pseudo-boolean functions of unitation. *Theoretical Computer Science*, 2007, vol. 386, iss. 1-2, pp. 73–93. doi: 10.1016/j.tcs.2007.06.003
19. Galushin P.V., Semenkina O.E. [Development and evaluation of evolutionary algorithms for discrete optimization]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta = Vestnik SibGAU*, 2011, no. 5, pp. 25–29. (In Russ.)

20. Kazakovtsev L.A., Stupina A.A. [Parallel implementation of the changing probabilities method]. *Sovremennye Problemy Nauki i Obrazovaniya*, 2012, no. 4. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=6810> (In Russ.)

Conflict-of-interest notification

I, the author of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.