

УДК 004.02

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ КОНВЕРСИИ РЕКЛАМЫ



### APPLYING GRAPH THEORY TO OPTIMIZE AD CONVERSION RATES

**Мурлина Владислава Анатольевна**

кандидат технических наук, доцент,  
ст. преподаватель кафедры информационных систем  
и программирования,  
Кубанский государственный технологический университет  
murlina.v@yandex.ru

**Урвачев Павел Михайлович**

ст. преподаватель кафедры информационных систем  
и программирования,  
Кубанский государственный технологический университет  
89183154047a@mail.ru

**Васильева Анастасия Романовна**

студент,  
Кубанский государственный технологический университет  
asyavasileva99@yandex.ru

**Богданова Елена Николаевна**

студент,  
Кубанский государственный технологический университет  
elenabogdanova33@mail.ru

**Аннотация.** Цель исследования – изучить применение теории графов для оптимизации конверсии рекламы на примере веб-сайта, предоставляющего услуги, используя алгоритм поиска кратчайшего пути и CRO (conversion rate optimization, оптимизация конверсии) – процесс, целью которого является увеличение полезных конверсий целевой аудитории при применении маркетинговых каналов. Увеличение конверсии позволяет повысить количество продаж, уменьшить стоимость привлечения клиентов, сократить затраты на рекламу и в перспективе увеличить доход. Теория графов активно применяется в области компьютерных наук, в социальных сетях, для многих целей, связанных с моделированием и анализом структур, а также в маркетинге. Применение теории графов позволило авторам смоделировать стратегию развития проекта, оптимизировать расходы на привлечение клиентов, расставить приоритеты в действиях по оптимизации конверсии.

**Ключевые слова:** теория графов, конверсия, реклама, поиск кратчайшего пути.

**Murlina Vladislava Anatolievna**

Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor, Senior Lecturer  
at the Department of Information Systems  
and Programming,  
Kuban State University of Technology  
murlina.v@yandex.ru

**Urvachev Pavel Mikhailovich**

Senior Lecturer at the Department  
of Information Systems and Programming,  
Kuban State University of Technology  
89183154047a@mail.ru

**Vasileva Anastasia Romanovna**

Student,  
Kuban State University of Technology  
asyavasileva99@yandex.ru

**Bogdanova Elena Nikolaevna**

Student,  
Kuban State University of Technology  
elenabogdanova33@mail.ru

**Annotation.** The purpose of the research is to study the application of graph theory to optimize advertising conversion on the example of a website providing services, using the shortest path search algorithm and CRO (conversion rate optimization) – a process whose purpose is to increase useful conversions of the target audience when using marketing channels. An increase in conversion allows to increase the number of sales, reduce the cost of attracting customers, reduce advertising costs and increase revenue in the future. Graph theory is actively used in computer science, in social networks, for many purposes related to modeling and analysis of structures, as well as in marketing. The use of graph theory allowed the authors to model the project development strategy, optimize the costs of attracting customers, and prioritize actions to optimize conversion.

**Keywords:** graph theory, conversion, advertising, shortest path search.

Концепции теории графов потенциально применимы в области компьютерных наук для многих целей. Теория графов применяется в кластеризации веб-документов, криптографии и анализе выполнения алгоритмов. Кроме того, концепции теории графов могут быть использованы для упрощения и анализа электронных схем. В последнее время графы широко используются в социальных сетях для многих целей, связанных с моделированием и анализом структур социальных сетей, моделированием их работы, анализом пользователей и многими другими смежными аспектами. Также теория графов применима в маркетинге – в этой статье рассматривается применение метода конверсионного графа в целях оптимизации рекламы.

CRO (conversion rate optimization, оптимизация конверсии) – процесс, целью которого является увеличение полезных конверсий целевой аудитории при применении маркетинговых каналов. Цели, достигаемые посредством оптимизации конверсии на примере сайта приведены ниже:

1. Понимание поведения целевой аудитории. В digital-маркетинге важно знать причины посещения сайта пользователем и совершения им каких-либо действий. Важны все факторы: мотивы покупки, возраст и уровень заработной платы, географическое положение и т.д. Исследование рынка позволяет выявить мотивы и профиль аудитории. Изучение действий пользователя и анализ воронки позволяют узнать слабые места сайта, и правильным образом их изменить.

2. Повышение продаж. Это одна из важнейших целей оптимизации конверсии, увеличивающая значение ROI (return on investment – финансовый коэффициент, иллюстрирующий уровень доходности или убыточности бизнеса, учитывая сумму сделанных в этот бизнес инвестиций). Каждую вершину конверсионного графа необходимо анализировать, чтобы получить максимальный суммарный ROI.

3. Увеличение доли на рынке. Увеличение конверсии делает сайт более интересным для целевой аудитории на фоне конкурентных аналогов, что увеличивает его долю на рынке.

4. Уменьшение стоимости лида (заинтересованного пользователя). Многие коммерческие сайты используют платную рекламу. Оптимизация конверсии позволяет максимизировать число людей, которые придут на сайт и выполнят определенное конверсионное действие. В результате стоимость одного лида снизится, а рентабельность рекламной кампании вырастет.

5. Накопительный эффект. Повышение конверсии даже на небольшой процент в долгосрочной перспективе приносит дополнительный доход.

6. Улучшение показателей для поисковой оптимизации. Алгоритм поисковых систем ранжирует выше сайт, полезный для посетителя. CRO позволяет создать максимально полезный для посетителя сайт – это повысит его позиции в выдаче по целевым запросам.

7. Увеличение «времени жизни» клиента. Большая часть пользователей предпочитает совершать покупки на одном и том же сайте, если ресурс позволяет посетителю легко найти и купить нужный товар или услугу.

Посетители в разной степени заинтересованы в покупке товаров или услуг, поэтому от первичного касания до покупки пользователь проходит несколько стадий, где каждая стадия является степенью заинтересованности, и с каждой стадией количество заинтересованных пользователей сокращается – этот процесс можно отследить, используя конверсионную воронку. Каждый этап воронки ведёт клиента к совершению целевого действия. Сначала человек видит рекламу, получает e-mail рассылку, звонок и т.д. – это первое касание. Далее переходит на сайт – появляется интерес. На сайте видит акции, выгодные предложения, подходящую информацию и т.д. Тогда человек оставляет свой контакт, с ним связывается менеджер и при благоприятном исходе клиент совершает покупку. Так из «холодного» клиента пользователь превращается в «тёплого». На каждом этапе воронки можно рассчитать конверсию и увидеть, где есть отток клиентов, кто является целевым клиентом (насколько предполагаемая целевая аудитория соответствует действительной), насколько эффективно работает реклама. Пример конверсионной воронки приведен на рисунке 1, где рассматривается воронка для сайта, при переходе на который пользователь может оставить заявку на или оформить бронь услуги или товара, а затем совершить покупку.

Классическая воронка продаж, которая была рассмотрена, является частным случаем конверсионного графа и подходит для расчета конверсии по одному каналу привлечения клиентов, либо сведения всех каналов в один, что является грубым упрощением рекламной стратегии. Более точным методом является построение конверсионного графа.

Граф представляет собой набор узлов и ребер. Узлы называются вершинами, а ребра – это линии или дуги, соединяющие любые два или несколько узлов в графе. В рассматриваемом конверсионном графе вершинами являются источники потенциальных клиентов, представляющие собой стадию продвижения клиентов от этапа знакомства с продуктом до покупки. Ребро графа – это, соответственно, путь клиента от одной вершины к другой.

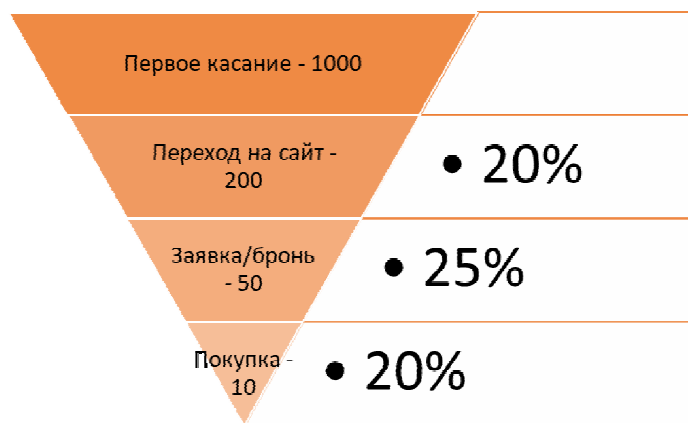


Рисунок 1 – Конверсионная воронка

На примере веб-сайта, предоставляющего пользователям услуги или товары, маркетинговыми инструментами, используемыми для привлечения пользователей, являются:

1. SEO – это продвижение сайтов через поисковые системы. Чем выше позиция сайта в выдаче по запросу в поисковой системе, тем более он заметен среди конкурентов, что повышает количество пользователей и долю на рынке.

2. PPC (Pay per click – «платить за клик») – это рекламная модель, в которой рекламодатель размещает рекламу на сайтах и платит их владельцам за нажатие пользователем на размещённый баннер либо «тело» документа. Таким образом, рекламодатель «покупает» себе клиентов в интернете.

3. SMM – маркетинг в социальных сетях. Через социальные сети сейчас также можно получать трафик пользователей, заявки на покупку товара или услуги, или переходы на сайт. Для этого нужно грамотно вести социальные сети и использовать различные способы продвижения, например, таргет.

4. E-mail маркетинг – рассылки пользователям для конвертации посетителей в покупателей для стимуляции повторных покупок (заявок), поддержка связи с клиентами. Может происходить по базе «холодных» пользователей, которые еще не пользовались предлагаемыми услугами, и по базе «теплых» пользователей, чтобы обеспечить возвращаемость клиентов.

5. Холодные и теплые звонки – реклама посредством звонков по базе теплых и холодных пользователей, аналогично e-mail маркетингу.

Перечисленные инструменты являются вершинами конверсионного графа.

Коэффициент конверсии каждой вершины определяется из отношения исходящего трафика к входящему. Увеличение коэффициента конверсии требует вложения финансов, и поэтому на практике для каждого маркетингового инструмента важно не само значение коэффициента, а стоимость каждой конверсии в пределах этого инструмента.

Для рассмотренных инструментов конверсиями будут являться: оставленные пользователями заявки на обратный звонок или бронь товара или услуги, подписка на e-mail рассылку с новыми предложениями и акциями, подписка на социальные сети. Поскольку результатом каждого маркетингового инструмента является количество конверсий, а также он стоит определенную сумму, формирующую бюджет на рекламу, для каждой конверсии или конверсионного действия вычисляется стоимость из расчета:

$$\frac{\text{рекламный бюджет}}{\text{количество конверсий}} = \text{стоимость конверсионного действия}. \quad (1)$$

Для наглядного отображения работы конверсионного графа, предположим некие суммы для каждого конверсионного действия. Например, стоимость конверсии подписки на e-mail рассылку пользователей, пришедших благодаря SEO = 350 р. и т.д. Исходя из описанных выше данных, построим граф, представленный на рисунке 2.

На рисунке 2 каждая вершина – это источник клиентов, ребро – стоимость конверсии из этого источника, вес каждого ребра – это стоимость каждой конверсии.

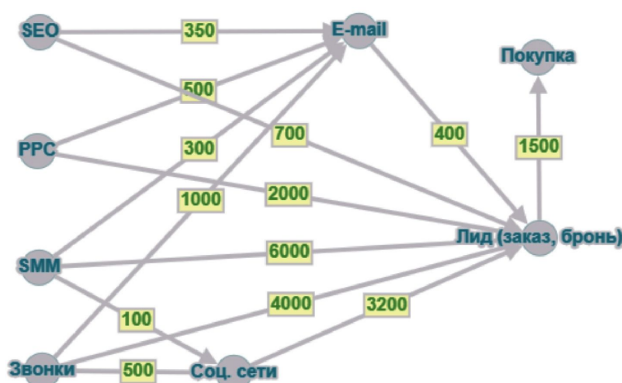


Рисунок 2 – Конверсионный направленный граф

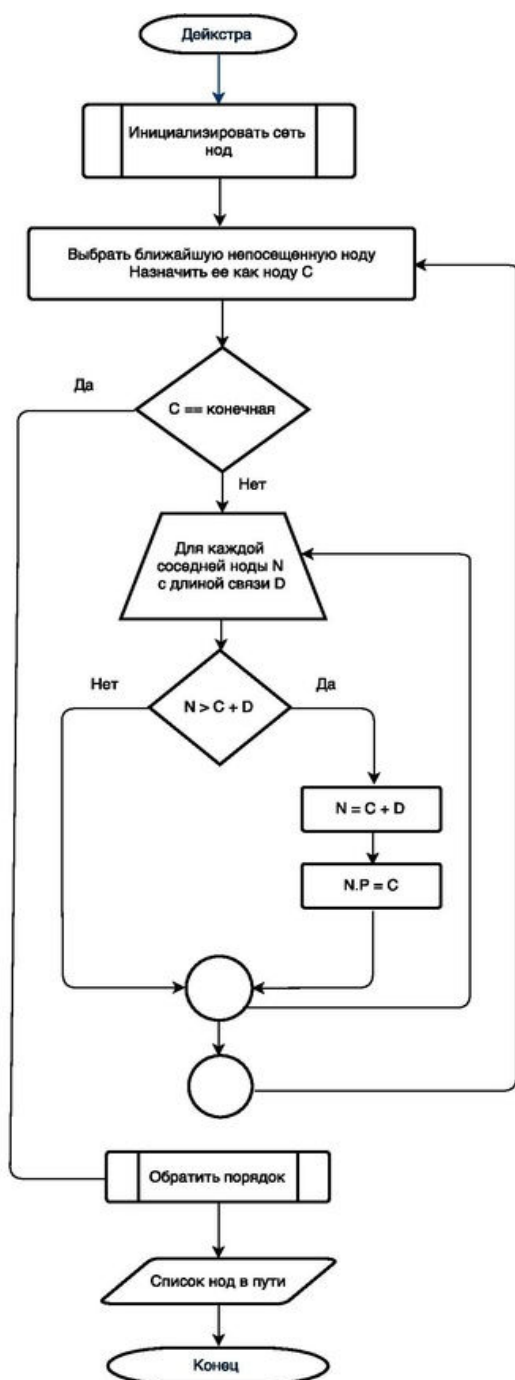


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма Дейкстры

Теория графов включает в себя различные алгоритмы, используемые для вычисления необходимых параметров. В данном случае используется поиск кратчайшего пути, реализованный посредством алгоритма Дейкстры, который позволяет найти самый дешевый путь клиента к покупке, своеобразная разновидность задачи коммивояжера. На рисунке 3 представлена схема работы алгоритма Дейкстры.

Запустив алгоритм поиска кратчайшего пути, можно увидеть результаты, представленные на рисунках 4–7.

Проанализировав полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

1. Через рекламный источник SEO приходят самые дешевые заинтересованные клиенты, что лучше всего конвертируется в покупки.

2. Рекламные каналы PPC и SMM приводят более холодную аудиторию, готовую подписаться на e-mail рассылку или подписаться на социальные сети.

3. Конверсия email-подписчиков самая низкая.

4. Социальные сети довольно дорого конвертируют подписчиков в заинтересованных клиентов в связи с высокой стоимостью ведения сетей и подготовки качественного контента.

5. Звонки являются самым затратным источником, приводящим меньше всего клиентов к покупке.

6. Граф поможет расставить приоритеты в действиях по оптимизации конверсии (CRO).

Часть программной реализации алгоритма Дейкстры представлена на листинге ниже. Первый представленный метод инициализирует объекты (стартовая и конечная точка для алгоритма в графе).

Расстояние между вершинами 2200: SEO⇒Лид (заказ, бронь)⇒Покупка

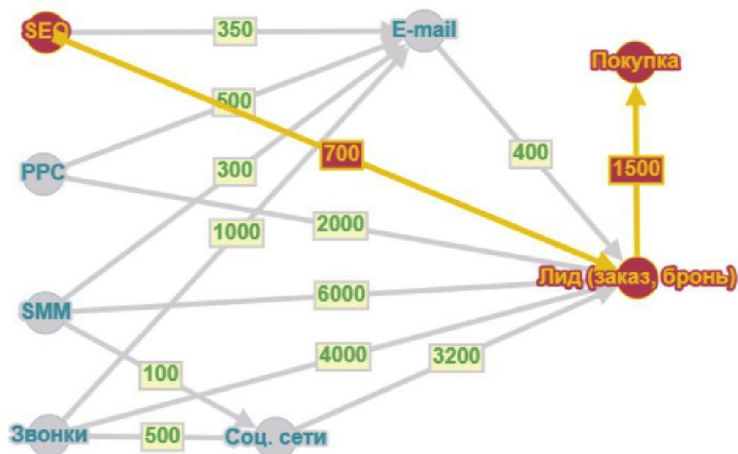


Рисунок 4 – Путь от SEO к покупке

Расстояние между вершинами 2400: PPC⇒E-mail⇒Лид (заказ, бронь)⇒Покупка

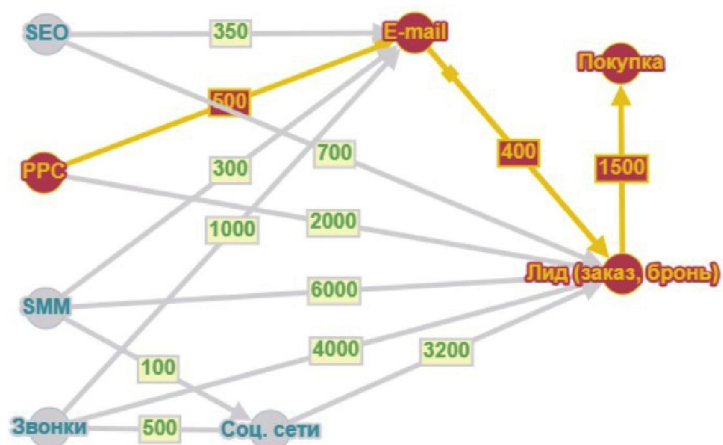


Рисунок 5 – Путь от PPC к покупке

Расстояние между вершинами 2200: SMM⇒E-mail⇒Лид (заказ, бронь)⇒Покупка

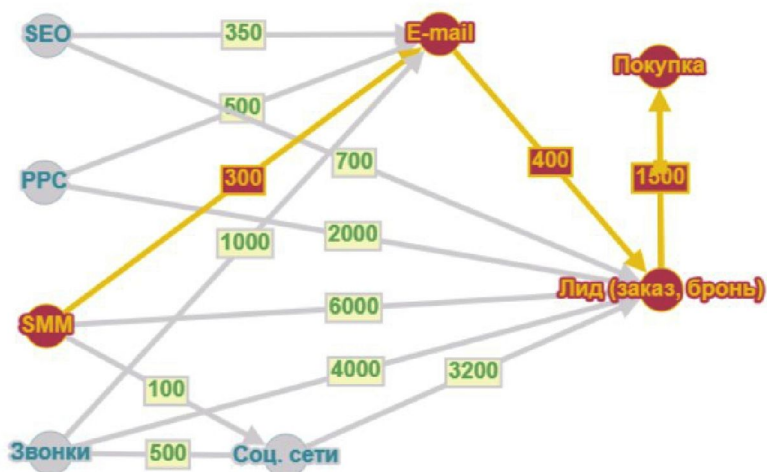


Рисунок 6 – Путь от SMM к покупке

Расстояние между вершинами 2900: Звонки⇒E-mail⇒Лид (заказ, бронь)⇒Покупка

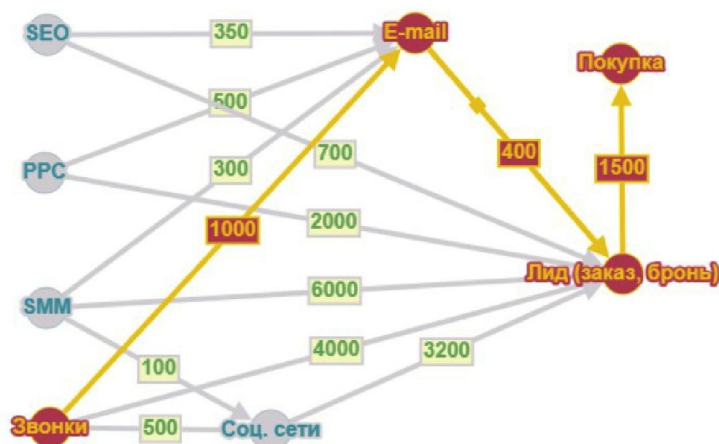


Рисунок 7 – Путь от звонков к покупке

```
FindShortPathNew.prototype.result = function(resultCallback)
{
  if (this.firstObject && this.secondObject)
  {
    this.outResultCallback = function (result ) { resultCallback(result); };
    self = this;
    this.CalculateAlgorithm(«dsp»,
    [
      {name: «start», value: this.firstObject.id},
      {name: «finish», value: this.secondObject.id}
    ], function (pathObjects, properties, results)
    {
      self.resultCallback(pathObjects, properties, results);
    });
  }
  return null;
}
```

Листинг, приведенный ниже, представляет собой алгоритм поиска кратчайшего пути в графе.

```
FindShortPathNew.prototype.resultCallback = function(pathObjects, properties, results)
```

```
{
  var outputResult = {};
  outputResult[«version»] = 1;
  outputResult[«minPath»] = true;
```

```
this.pathObjects = pathObjects;
this.properties = properties;
```

```
var bFound = results.length > 0 && results[0].value < this.infinityValue && (results[0].type == 1 || results[0].type == 2);
```

```
if (bFound)
{
  this.selectedObjects = {};
```

```
for (var i = 0; i < pathObjects.length; i++)
{
  this.selectedObjects[pathObjects[i].id] = 1;
}
```

```
this.message = g_shortestPathResult.replace(« %d», (results[0].value * 1).toString());
```

```

var nodesPath = this.GetNodesPath(results, 1, results.length - 1);
outputResult[«paths»] = [];
outputResult[«paths»].push(nodesPath);

this.message = this.message + «: «;
for (var i = 0; i < nodesPath.length; i++)
{
this.message = this.message + this.graph.FindVertex(nodesPath[i]).mainText + ((i <
nodesPath.length - 1) ? «&rArr;» : ««);
}

this.message = this.message + « < select style = \»float:right\» id = \»enumReport\» > < /select > «;

this.updateUpText();
}
else
{
this.message = g_pathNotExists;
}
this.secondObject = null;
this.firstObject = null;

this.outResultCallback(outputResult);
}

```

### Заключение

На сегодняшний день теория графов находит свое применение во многих сферах. В данном исследовании наглядно показано применение графовой теории для оптимизации конверсии в рекламе с использованием алгоритма поиска кратчайшего пути (алгоритм Дейкстры). Это исследование позволяет оценить применение теории графов в рамках решения конкретной задачи оптимизации. Все полученные результаты и стратегии могут использоваться на практике.

### Литература

1. Теория графов: всесторонний обзор применения теории графов в компьютерных науках и социальных сетях. [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.mdpi.com/2411-5134/5/1/10/htm>
2. Увеличение конверсии рекламы: построение графа, поиск кратчайшего пути клиента и CRO. [Электронный ресурс]. – URL : <https://exiterra.com/blog/marketing-blog/uvelichenie-konversii-reklamy/>
3. Инструмент для работы с графами. [Электронный ресурс]. – URL : <https://github.com/UnickSoft/graphonline>
4. Алгоритм Дейкстры. Разбор задач. [Электронный ресурс]. – URL : <https://habr.com/ru/company/otus/blog/599621/>

### References

1. Graph theory: a comprehensive review of graph theory applications in computer science and social networks. [Electronic resource]. – URL : <https://www.mdpi.com/2411-5134/5/1/10/htm>
2. Increasing advertising conversions: graph construction, finding the shortest customer path, and CRO. [Electronic resource]. – URL : <https://exiterra.com/blog/marketing-blog/uvelichenie-konversii-reklamy/>
3. Tool for working with graphs. [Electronic resource]. – URL : <https://github.com/UnickSoft/graphonline>
4. Dijkstra's algorithm. Parsing tasks. [Electronic resource]. – URL : <https://habr.com/ru/company/otus/blog/599621/>