УДК 339.138

90. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИРУСНОГО МАРКЕТИНГА НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ СЛУЧАЙНЫХ ГРАФОВ И ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Пателина У. А., Гаврукович А. В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Русина Н. В. – ст. преп., каф. ЭИ

Данная работа посвящена моделированию вирусного маркетинга с использованием теории случайных графов и анализа процесса распространения информации. В рамках работы рассматриваются основные принципы вирусного маркетинга, теория случайных графов, включая модель Эрдёша–Реньи и её применение к социальным сетям, а также модели распространения информации, такие как независимая каскадная модель и модель порогового эффекта. Проведён экспериментальный анализ, в ходе которого изучено влияние параметров сети, таких как плотность связей и вероятность передачи информации, на итоговый охват аудитории и скорость насыщения сети. На основе результатов исследования даны рекомендации по оптимизации стратегий вирусного маркетинга, подчеркнута важность выявления «суперраспространителей», а также предложены перспективы дальнейших исследований, включая интеграцию с реальными данными и разработку гибридных моделей.

Эффективное продвижение продуктов или услуг среди широкой аудитории с минимальными затратами — сложная задача, требующая инновационного подхода. Вирусный маркетинг решает эту проблему, обеспечивая экспоненциальное распространение рекламных сообщений между потребителями, которые делятся рекламными сообщениями со своим социальным окружением, что позволяет охватить широкую аудиторию при относительно низких затратах.

Весь процесс воспроизводства вирусного маркетинга можно смоделировать математически через теорию случайных графов. Это позволяет анализировать структуру социальных сетей, выявлять «суперраспространителей» и оценивать влияние плотности связей на скорость и масштаб распространения информации. Помимо анализа, применение моделей случайных графов открывает новые возможности для оптимизации маркетинговых стратегий, повышая точность прогнозирования и снижая затраты. Этот метод как никогда актуален в эпоху цифровых коммуникаций.

Математическая модель вирусного маркетинга, основанная на случайных графах, рассматривает вершины как пользователей, а рёбра как каналы коммуникации между ними, характеризуемые направлением, весом и типом связи. Основные параметры сети включают вероятность установления связи между узлами, плотность сети (отношение реальных рёбер к максимальному количеству возможных связей) и распределение степеней вершин, где степень показывает количество связей каждого узла. В реальных социальных сетях важную роль играют «суперраспространители» с высоким числом связей, способные ускорять диффузию информации. Пример случайного графа, на котором красным выделены «суперраспространители», приведён на рисунке 1.

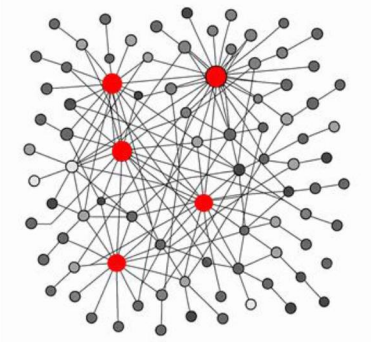

Рисунок 1 – Пример случайного графа математической модели вирусного маркетинга

Наиболее распространённые модели включают: 1) независимая каскадная модель (каждый инфицированный узел с заданной вероятностью α передаёт информацию своим соседям, а процессы передачи между разными парами узлов рассматриваются как независимые); 2) модель порогового эффекта (узел принимает новую информацию, если доля уже инфицированных его соседей превышает установленный порог). Эти модели позволяют прогнозировать динамику распространения и конечный охват рекламной кампании.

Случайный граф будет в себя включать ограничения, влияющие на скорость и масштаб распространения рекламной информации:

1. Структура сети: плотность связей, распределение степеней, наличие кластеров.
2. Вероятность передачи информации (α): определяет шансы успешного «заражения» узла.
3. Роль влиятельных узлов: «суперраспространители» могут существенно ускорять диффузию.

В качестве примера использования случайных графов для моделирования вирусного маркетинга можно рассмотреть схему по модели Эрдёша–Реньи, в которой каждая пара узлов соединяется с вероятностью pp, задание начального состояния с небольшой группой инфицированных узлов (около 5 %), и применение независимой каскадной модели, где каждый инфицированный узел пегредаёт информацию соседям с вероятностью α\alpha. Процесс анализируется с учётом изменения параметров pp и α\alpha, чтобы оценить итоговый охват аудитории и время достижения насыщения сети.

Пример таблицы результатов моделирования:

Таблица 1 – Результаты моделирования вирусного маркетинга на основе модели Эрдёша–Реньи.

Параметры модели	Вероятность связи p	Вероятность передачи α	Итоговая доля охвата (%)	Время до насыщения (итераций)
Эксперимент 1	0.05	0.2	35	25
Эксперимент 2	0.05	0.5	60	15
Эксперимент 3	0.1	0.2	50	20
Эксперимент 4	0.1	0.5	85	10

Экспериментальные данные показывают, что при низких значениях pp и α\alpha охват аудитории остаётся ограниченным, что подчёркивает важность стимулирования коммуникаций. Увеличение параметров сети приводит к экспоненциальному росту числа инфицированных узлов, подтверждая «вирусный» характер распространения информации. Кроме того, ключевую роль в процессе играют «суперраспространители», которые значительно ускоряют диффузию информации, что делает их идентификацию и привлечение важным аспектом маркетинговых стратегий.

Методология случайных графов демонстрирует высокую эффективность в моделировании процессов распространения информации в социальных сетях, позволяя прогнозировать динамику вирусного маркетинга и учитывать параметры сети, такие как вероятность связи и роль «суперраспространителей». Перспективы развития включают интеграцию моделей с реальными данными для точной калибровки, создание гибридных подходов, комбинирующих каскадную модель и модель порогового эффекта, а также анализ влияния временных и внешних факторов, таких как сезонность и события, на процесс распространения, что откроет новые возможности для адаптации и оптимизации маркетинговых стратегий.

Список использованных источников:

1.Кемпе, Д., Клайнберг, Дж., Тардос, Э. «Максимизация распространения влияния через социальную сеть». В материалах 9-й международной конференции ACM SIGKDD по поиску знаний и обработке данных, 2003 г., стр. 137–146.

2.Чен, Дж., Ван, И. «Распространение информации в социальных сетях: подход на основе данных». IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, том 31, выпуск 7, 2019 г., стр. 1233–1246.

3.Ли, Х., Чен, Х., Ду, Дж. «Обзор максимизации влияния в онлайн социальных сетях». ACM Computing Surveys, том 53, выпуск 5, 2020 г., стр. 1–35.

4.Аджмера, А. «Динамика заражения в онлайн социальных медиа: доказательства и модели». Social Network Analysis and Mining, том 11, 2021 г., стр. 1–20.