ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»
ВШ программной инженерии

ПОЛИТЕХ
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Отчет по НИР

«Математическое моделирование в социологии. Прогноз и представление рекламных кампаний на основе теории распространения слухов.»

Выполнила
студентка гр. 5130202/00201 Козлова Е. А.

Руководитель Сениченков Ю. Б.

Санкт-Петербург
2023

Оглавление

Введение.

Большинство предпринимателей, открывая первый или очередной бизнес, сталкиваются с такой проблемой, как настройка рекламной кампании. На продвижение уходят огромные средства, конкуренция на рынке стремительно растет, а наемные маркетологи могут оказаться некомпетентными, из чего следует неудачная рекламная кампания, медленный старт, длительный рост прибыли.

Актуальность реализации рекламных кампаний на основе теории распространения слухов в программном контексте весьма высока и продолжает расти в современном цифровом обществе. Несколько аспектов подчеркивают важность данной проблемы:

Информационный Шум. С постоянным увеличением объема информации в онлайн-среде становится сложнее привлечь внимание целевой аудитории. Эффективные рекламные стратегии, основанные на принципах распространения слухов, могут помочь преодолеть информационный шум и выделиться среди конкуренции.

Социальные Сети и Влияние. Социальные сети стали основным источником взаимодействия для многих людей. Понимание того, как информация распространяется в этом контексте, позволяет более эффективно использовать социальные сети для целевого продвижения продуктов и услуг.

Технологии Машинного Обучения. Применение алгоритмов машинного обучения в рекламе с использованием теории распространения слухов обеспечивает более точный и эффективный таргетинг, учитывая предпочтения и поведение конкретной аудитории.

Быстрота и Гибкость. Математическое моделирование позволяет автоматизировать процессы анализа данных и принятия решений в реальном времени. Это позволяет составить более точный прогноз будущей рекламной кампании, учитывая многие аспекты в поведении пользователей.

В частности, оно может помочь в сегментации рынка и таргетировании, выявлении предпочтений потребителей и оптимизации маркетинговых кампаний. Математическое моделирование полезно при оптимизации предложения, предсказании востребованности новых продуктов, а также в инвестировании в рекламу и маркетинг. Оно помогает прогнозировать спрос, улучшая планирование производства и управление запасами.

В аспекте конкурентоспособности моделирование помогает анализировать конкурентный ландшафт и оценивать влияние конкурентов на собственные стратегии. Также можно прогнозировать жизненный цикл продукта и разрабатывать стратегии управления продуктом на различных этапах. Таким образом, математическое моделирование становится ценным инструментом для принятия обоснованных решений и оптимизации маркетинговых стратегий.

Постановка задачи.

Математическое моделирование является мощным инструментом для анализа социальных процессов и взаимодействий. Оно позволяет формализовать исследуемые явления и разрабатывать уравнения, описывающие их динамику. Одной из наиболее распространенных областей математического моделирования в социологии является анализ распространения информации, мнений и влияния в социальных сетях. Модели SIR, SIS и SIRS, а также модели на основе графов, используются для исследования динамики эпидемий, распространения слухов и влияния в социальных группах. Математическое моделирование играет важную роль в развитии социологии, позволяя анализировать сложные социальные явления, предсказывать их развитие и разрабатывать стратегии воздействия на общество для достижения желаемых целей.

Распространение информации и слухов в современном информационном обществе играет ключевую роль в формировании общественного мнения, принятии решений и социокультурных динамиках. Несмотря на повседневность этого процесса, его математическое моделирование остается сложной и актуальной задачей для науки и практики. Слухи, как форма информации, обладают уникальными свойствами, такими как доверие к распространителю, реакция аудитории и многие другие факторы, которые могут существенно влиять на их распространение и воздействие на общество.

В своей исследовательской работе я собираюсь представить математическую модель для анализа и моделирования распространения слухов среди населения в городе. Эта модель призвана помочь в понимании того, как различные факторы влияют на процесс распространения слухов и какие последствия это может иметь для общества.

Разработка математической модели, описывающей процесс распространения слухов в городской среде с учетом динамики доверия к распространителю, реакции слушателей и др. факторов.

1. Анализ влияния различных параметров модели на динамику распространения слухов и формирование общественного мнения.

2. Исследование возможных стратегий управления распространением слухов для улучшения информационной среды и принятия более обоснованных решений на уровне города.

Ранние исследования.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СОЦИАЛЬНОЙ ДИФФУЗИИ.

Рассмотрим модель, которая может быть применена при описании социальной диффузии. Диффузия — распространение черт, культуры (например, религиозных убеждений, технологических идей, форм языка и т. д.) или социальной практики одного общества (группы) другому. Авторы использовали средства EXCEL для изучения поведения рассматриваемой модели.

Мы исследуем предлагаемую модель аналитически и проиллюстрируем полученные результаты с помощью RMD.

Математическую модель социальной диффузии можно записать в следующем виде:

$x_n = k_n(N_n - x_{n-1}) + x_{n-1},$ (1)

где x_n — количество элементов на шаге n; n — порядковый номер шага; k_n — коэффициент на шаге n; N_n — размер генеральной совокупности на шаге n.

В зависимости от выбора параметров могут возникнуть разные ситуации.

Линейное разностное уравнение

В случае, когда k_n и N_n постоянные, получаем дискретную динамическую систему

$x_n = (1 - k)x_{n-1} + kN$, (2)

которая представляет собой разностное уравнение с постоянными коэффициентами. В этом случае основные характеристики системы можно получить аналитически. Преж- де всего, определим неподвижные точки системы и их устойчивость. Для этого решим уравнение

$x = (1 - k)x + kN$. (3)

Тогда $x = N$ и неподвижная точка не зависит от значения параметра k.

Напомним, что графически неподвижная точка есть точка пересечения графиков $y = f(x)$ и $y = x$. В нашем случае $f(x) = (1 - k)x + N$ и неподвижная точка есть точка пересечения двух прямых.

Устойчивость неподвижной точки определяется из условия $|f'(x)| < 1$, что приводит к неравенству $|1 - k| < 1$, решение которого дает $0 < k < 2$. Таким образом, при $k > 2$ неподвижная точка является неустойчивой.

Поведение траекторий как в устойчивом, так и неустойчивом случае легко иллюстрируется в пакете с помощью временной диаграммы (где переменная $z2$ обозначает решение разностного уравнения) и диаграммы Ламерея (рис. 1–3).

В диаграмме Ламерея переменная $F\,t$ обозначает изменения времени, а $F\,x$ — траекторию диаграммы Ламерея, на каждой итерации в зависимости от изменения значения параметра.

Значение N было выбрано равным 100.

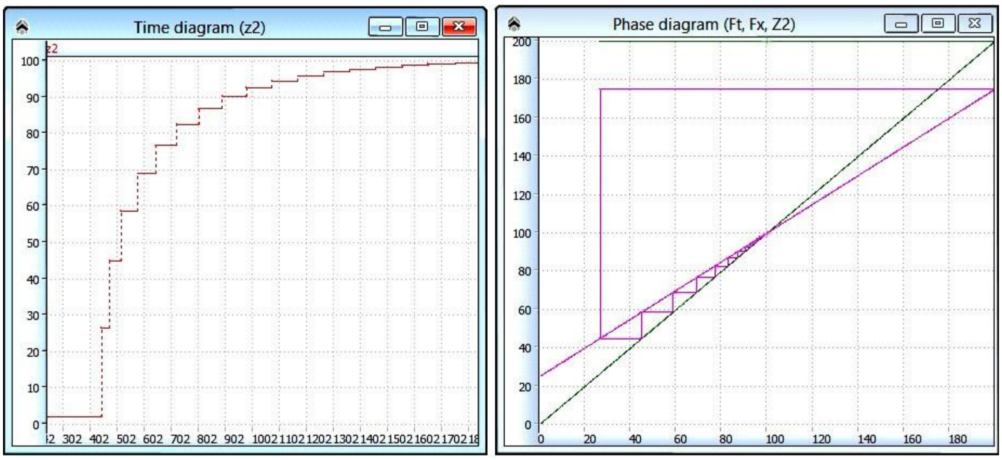

Рис 1. Устойчивый случай. Апериодический выход на стационарное положение. $k = 0.25$ $(0 < k < 1)$

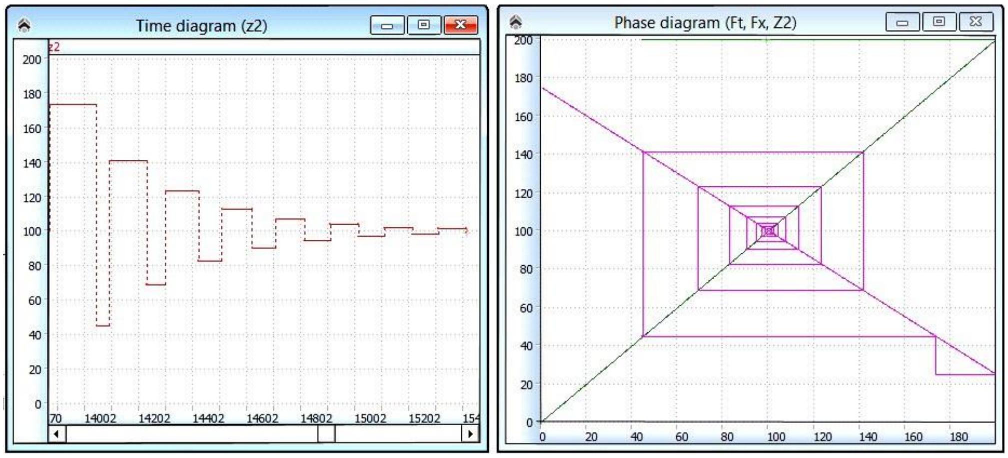

Рис. 2. Устойчивый случай. Затухающие колебания. $k = 1.75$ $(1 < k < 2)$

Полученные результаты моделирования легко проверить, так как разностное уравнение (2) с начальными данными $x_0 = x0$ имеет решение

$x_n = N - (N - x0)(1 - k)^n$.

Рассмотрим вопрос о существовании периодических орбит. Рассмотрим случай $f^2(x) = x\, f(f(x)) = f(x(1-k) + kN) = (x(1-k) + kN)(1-k) + kN = x(1-k)^2 + kN(1-k) + kN$.

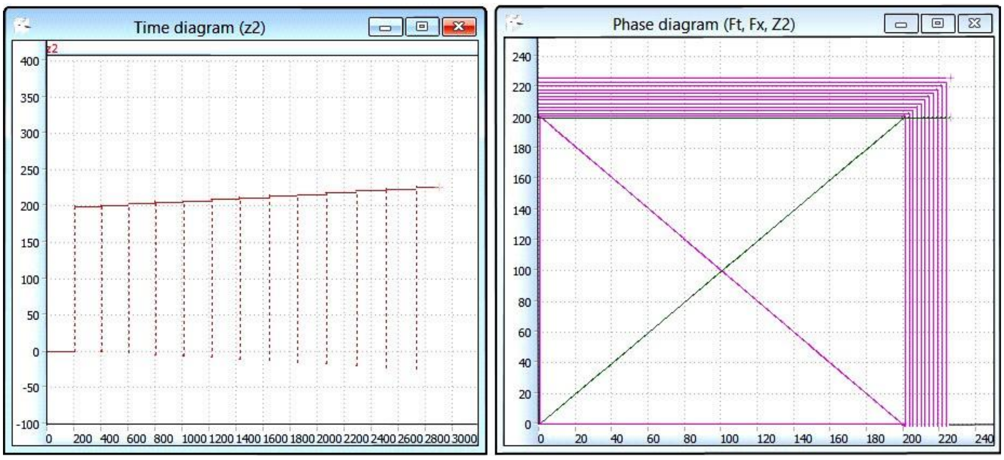

Рис. 3. Неустойчивый случай. k = 2.01 1

Тогда для нахождения периодических точек периода 2 нужно решить уравнение

$x(1-k)^2 + kN(1-k) + kN = x$.

Это равносильно системе

$(1-k)^2 = 1$,

$kN(1-k) + kN = 0$.

Решение существует при $k = 2$. Появление 2-периодического решения проиллюстрировано на рис. 4. Решение уравнения $f^n(x) = x$ приводит к системе

$(1-k)^n = 1$,

$kN((1-k)^{n-1} + \dots + 1 - k + 1) = 0$.

Для четных значений n система имеет решение при $k = 2$, для нечетных — при $k = 0$. Таким образом, для значения параметра $k = 2$ существует цикл периода 2, и, следовательно, циклы периода 2^l , которые представляют собой l обходов цикла периода 2.

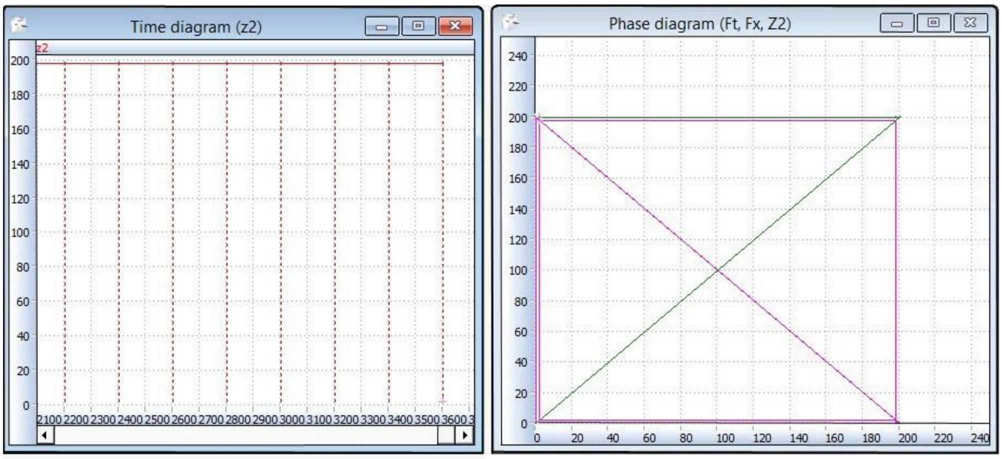

Рис. 4. Цикл с периодом 2 для k = 2 1

План работы над проектом.

1. Определение источников данных, необходимых для параметризации модели.
2. Формализация модели, включая определение переменных, параметров и уравнений, описывающих распространение слухов.
3. Учет факторов, таких как доверие к распространителю и реальность слуха.
4. Программирование математической модели с использованием программного инструмента AnyDinamics (Среда моделирования сложных динамических систем).
5. Определение начальных условий и параметров модели на основе имеющихся данных и литературных источников.
6. Калибровка модели с использованием методов статистического анализа и оптимизации.
7. Исследование динамики распространения слухов в рамках разработанной модели.
8. Оценка влияния различных параметров на процесс распространения слухов.
9. Проведение сценарного анализа для исследования различных сценариев распространения слухов и их воздействия на общество.
10. Формулирование выводов и обобщений на основе результатов анализа.

Математическое представление.

Распространение слухов среди людей в городе можно моделировать с использованием модели SIR (Susceptible-Infectious-Recovered), которая часто применяется в эпидемиологии для описания распространения инфекционных болезней, но в данном случае мы будем использовать ее для описания распространения слухов. Давайте определим несколько ключевых параметров и создадим соответствующую математическую модель:

1. S(t) - количество подверженных (susceptible) людей к слухам в момент времени t.

2. I(t) - количество инфицированных (infectious) людей, то есть тех, кто слышит слух и может его распространять, в момент времени t.

3. R(t) - количество восстановившихся (recovered) людей, то есть тех, кто больше не распространяет слух.

Теперь мы можем определить уравнения для изменения числа людей в каждой из этих категорий:

1. Изменение числа подверженных S(t):

- Люди могут услышать слух и стать инфицированными. Давайте предположим, что вероятность того, что человек услышит слух, зависит от доверия к распространителю, и обозначим эту вероятность как p_trust.

- Также предположим, что есть постоянная скорость, с которой слухи могут появляться в городе, обозначим эту скорость как λ.

- Тогда изменение числа подверженных можно описать следующим уравнением:

$dS/dt = -\lambda * S(t) * I(t) * p\_trust$

2. Изменение числа инфицированных I(t):

— Люди могут стать инфицированными, услышав слух, и они могут распространять слухи дальше.

— Мы можем описать изменение числа инфицированных следующим образом:

$dI/dt = \lambda * S(t) * I(t) * p\_trust - \mu * I(t)$

Где μ - скорость восстановления от слуха, то есть скорость, с которой люди перестают распространять слухи.

3. Изменение числа восстановившихся R(t):

— Люди, которые услышали слух, могут восстановиться и больше не распространять его.

— Это изменение можно описать как:

$dR/dt = \mu * I(t)$

Эти уравнения представляют модель распространения слухов среди людей в городе, учитывая доверие к распространителям и реальность услышанного слуха. Мы можем использовать численные методы для решения этой системы уравнений и изучения динамики распространения слухов в зависимости от параметров модели.

Агентно-ориентированная модель SIR.

Агентно-ориентированная SIR использует подход агентного моделирования, где каждый индивид представлен как отдельный агент. Каждый агент может иметь свои уникальные характеристики, поведение и взаимодействовать с другими агентами.

Модель строится на индивидуальном уровне, что позволяет учесть различия в поведении, контактах и реакции на болезнь для каждого индивида. В отличие от детерминистической модели SIR, агентно-ориентированная модель позволяет учесть стохастические факторы и более сложные взаимодействия.

SIR в классическом представлении рассматривает популяцию в целом, а не индивидуальных агентов. Она представляет собой набор уравнений, описывающих изменение численности каждой категории в течение времени.

Таким образом, основное отличие между SIR и агентно-ориентированной SIR заключается в уровне детализации и подходе к моделированию: SIR рассматривает популяцию в целом с использованием уравнений, тогда как агентно-ориентированная SIR представляет каждого индивида как отдельный агент, учитывая его уникальные характеристики и взаимодействия.

Литература.

[1] Математические модели в социологии и методы их исследования. Козырева Д. Д., Ампилова Н. Б., 2016.

[2] Сравнительный анализ моделей эпидемии и клеточного автомата при моделировании распространения информации в социальных сетях. Горковенко Д. К., 2017.

[3] Zhang Jia. SIR model and its application in the SARS epidemic [D]. Shandong University,2019.

[4] https://www.hindawi.com/journals/amp/2022/1638571/ - Численное и аналитическое исследование модели стохастической эпидемии SIR в свете белого шума.