

Модель сегрегации Шеллинга

Математическое моделирование

Жибицкая Евгения Дмитриевна

2026-02-19

Содержание I

1 1. Информация

2 2. Вводная часть

3 3. Основная часть

4 4. Выводы

Раздел 1

1. Информация

1.1 Докладчик

- Жибицкая Евгения Дмитриевна
- Студентка 3-го курса ФФМиЕН
- Направление «Прикладная информатика»
- Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы
- 1132236130@rudn.ru
- <https://github.com/JaneZhibit>



Раздел 2

2. Вводная часть

2.1 Актуальность

- **Основа современного подхода:**

Одна из первых работ, доказавшая эффективность агентно-ориентированных моделей в социальных науках.

- **Парадокс микро-макро:**

Демонстрация того, как небольшие индивидуальные предпочтения приводят к глобальным последствиям.

- **Универсальность принципа:**

Возможность применения метода к различным социальным процессам, не только к расселению в городах.

2.2 Объект и предмет исследования

Объект исследования:

- Модель пространственной сегрегации Томаса Шеллинга как пример агентно-ориентированной модели.

Предмет исследования:

- Математическая формализация модели и влияние параметра толерантности на динамику системы.

2.3 Цели и задачи

Цель:

- Изучение принципов социальной сегрегации на примере модели Т. Шеллинга.

Задачи:

- Изучение истории возникновения модели;
- Формализация модели (описание агентов, среды и правил принятия решений);
- Анализ динамики системы и влияния параметра толерантности;
- Определение значения модели для развития агентно-ориентированного подхода.

Раздел 3

3. Основная часть

3.1 Исторический контекст

- Автор: Томас Шеллинг (лауреат Нобелевской премии по экономике 2005 года)
- Инструментарий: Лист бумаги в клетку + монеты 2х достоинств
- Вопрос: Как личные предпочтения людей влияют на расселение в городе?
- Гипотеза: Сегрегация требует высокого уровня нетерпимости



Рисунок 1: Томас Шеллинг

3.2 Суть модели (формализация)

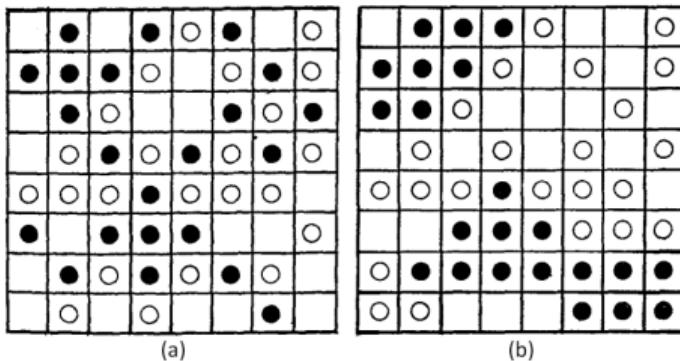


Рисунок 2: Модель

- **Среда:** Двумерная решетка ($N \times N$) (клетки — «дома»).

- **Агенты:** Два типа («синие» и «красные») + пустые клетки.

- **Окружность:** Мура (8 соседних клеток).

Главный параметр – Порог толерантности (T):

- **Правило 1:** Агент **счастлив**, если доля «своих» среди соседей ($R \geq T$).

- **Правило 2:** Агент **несчастлив** и переезжает, если ($R < T$).

Формула расчета доли:

$$R = \frac{n_{same}}{n_{total}}$$

3.3 Алгоритм симуляции

- ➊ **Инициализация:** Агенты расставляются случайно (интеграция).
- ➋ **Проверка:** Каждый агент оценивает свое окружение.
- ➌ **Перемещение:** «Несчастливые» ищут свободное место (случайно или в ближайшее подходящее).
- ➍ **Повтор:** Из-за переездов соседей счастливые могут стать несчастными.
- ➎ **Остановка:** Все счастливы или система зациклилась.

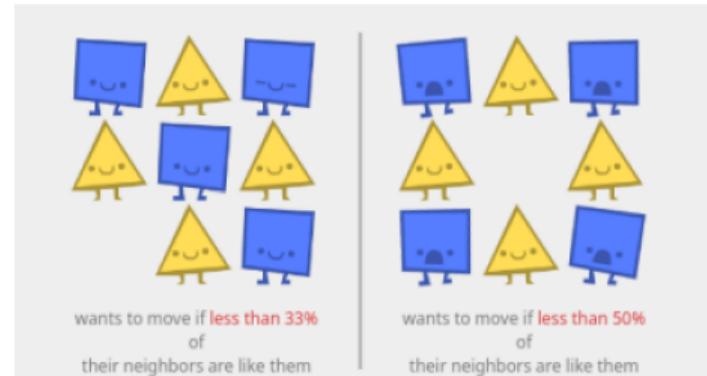


Рисунок 3: Перемещение агентов

3.4 Анализ динамики

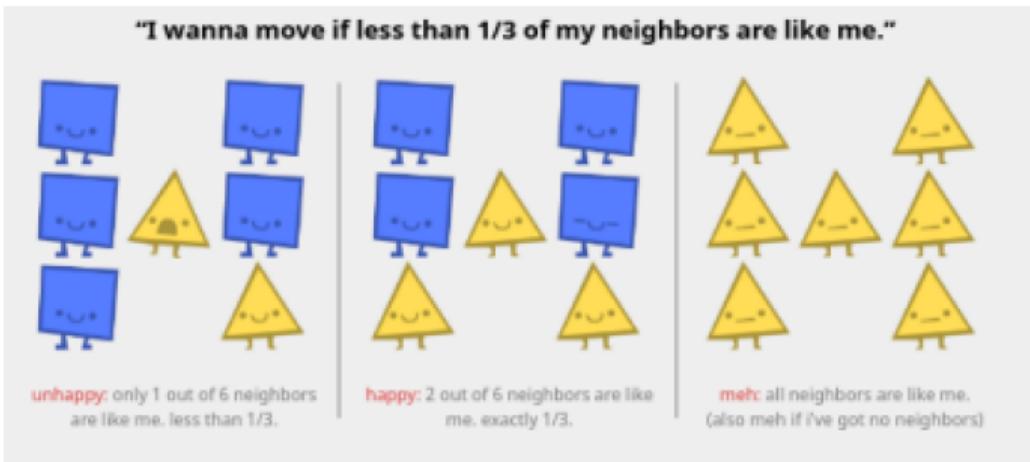


Рисунок 4: Парадокс Шеллинга

Микромотивы ≠ Макроповедение

Парадокс Шеллинга:

- **Условие:** Агент хочет, чтобы лишь 30–40% соседей были «своими» (мягкое предпочтение).
- **Результат:** В равновесии – 80–90% «своих» соседей и totalная сегрегация.

Слабые личные предпочтения ведут к сильному разделению в масштабах всей системы.

3.5 Роль параметра толерантности

Три режима поведения системы

- **Низкий ($T < 30\%$):** Агенты очень терпимы. Система быстро приходит в равновесие, структура поля остается смешанной, похожей на случайный шум. Сегрегация отсутствует.
- **Средний ($30\% \leq T \leq 70\%$):** Даже при умеренных требованиях система лавинообразно стремится к полной сегрегации. Агенты сбиваются в плотные группы, чтобы гарантировать себе комфорт.
- **Высокий ($T > 75\%$):** Система не может прийти в равновесие: агенты бесконечно перемещаются по полю, так как ни одно место не является достаточно «чистым» для них.

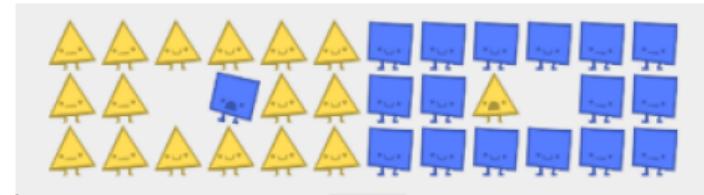


Рисунок 5: Параметр толерантности

Раздел 4

4. Выводы

4.1 Выводы

Общие выводы:

- ① **Отсутствие злого умысла:** Гетто и кварталы возникают не из-за ненависти, а из-за стремления к «комфортной среде».
- ② **Необратимость:** Смешанное состояние неустойчиво. Разделение — ловушка, из которой сложно выбраться без вмешательства.
- ③ **Неустойчивость смешанных состояний:** Идеальная интеграция («шахматный порядок») разрушается от одного переезда.

Значение для науки:

- ① Основа Агентно-ориентированного моделирования (АВМ).
- ② Доказательство того, что простые правила рождают сложное поведение (Эмерджентность).
- ③ Применение: этническое расселение, языковые группы, социальные сети