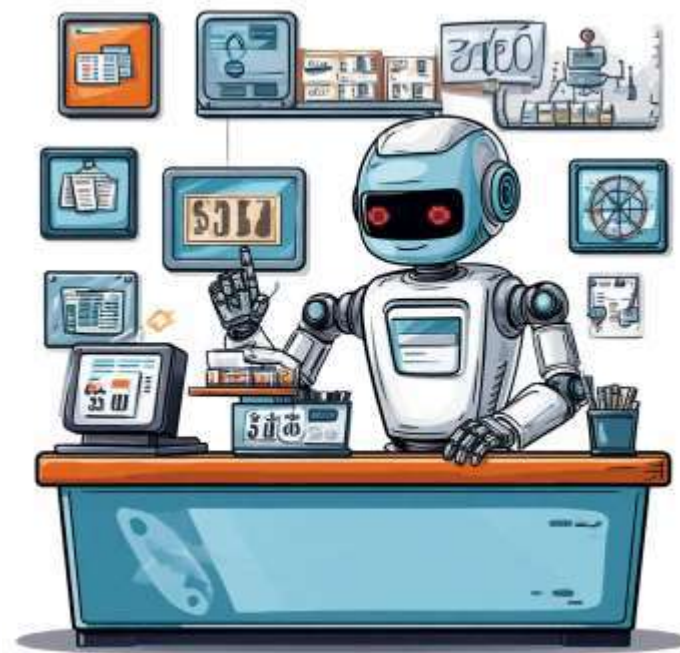


Алгоритмический сговор и дискриминация: условия ограничения конкуренции со стороны алгоритмов ценообразования

Морозов Антон Николаевич

к.э.н., с.н.с. кафедры конкурентной и
промышленной политики ЭФ МГУ

н.с. ЦИКЭР РАНХиГС



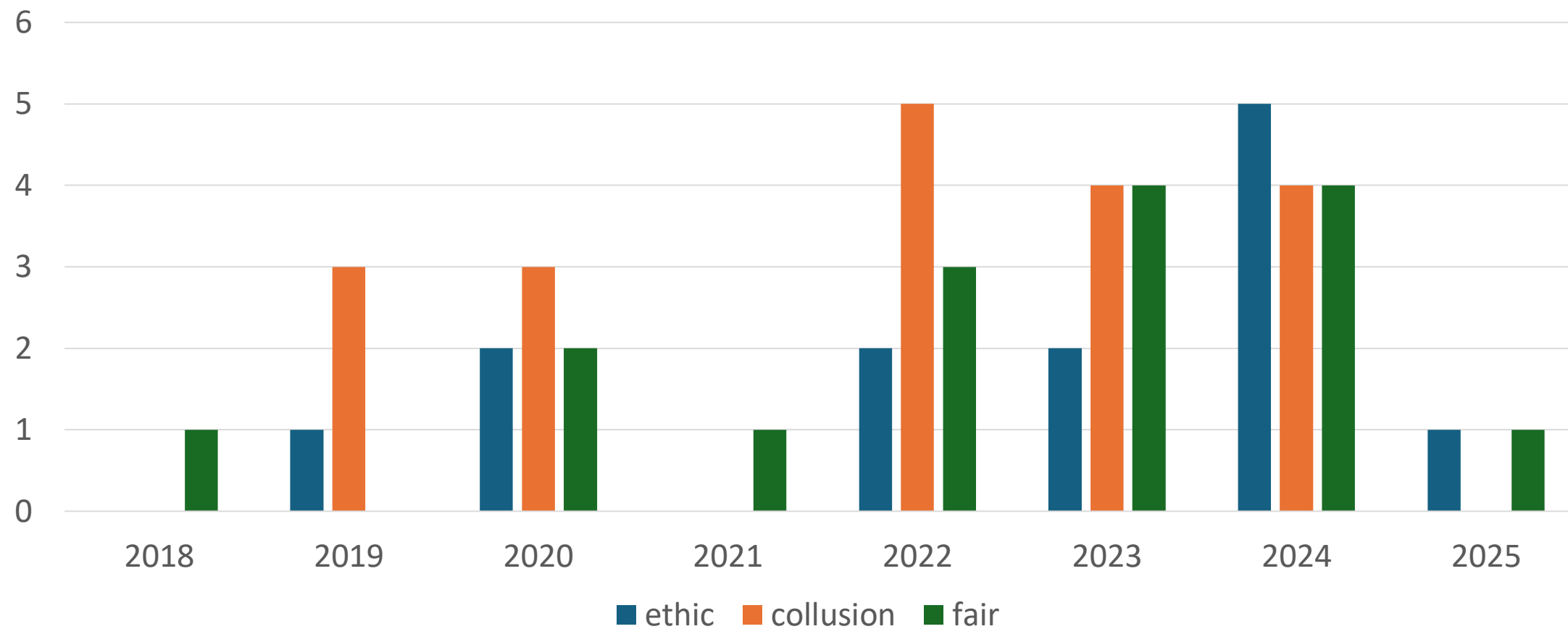
Мотивация

- Алгоритмическое ценообразование – следствие продолжающейся цифровизации экономики
- Алгоритмы:
 - ✓ Подстраиваются под ожидания потребителей
 - ✓ Создают ценностное предложение
 - ✗ Их цены воспринимаются как нечестные или завышенные (Ohlwein, Bruno, 2024)
 - ✗ Увеличивают время поиска приемлемых предложений (Vomberg et al., 2024)



Ключевые слова из литературы об алгоритмическом ценообразовании (2023-2025 годов) ²

Литература: ключевые слова



Как исследуют алгоритмический сговор?

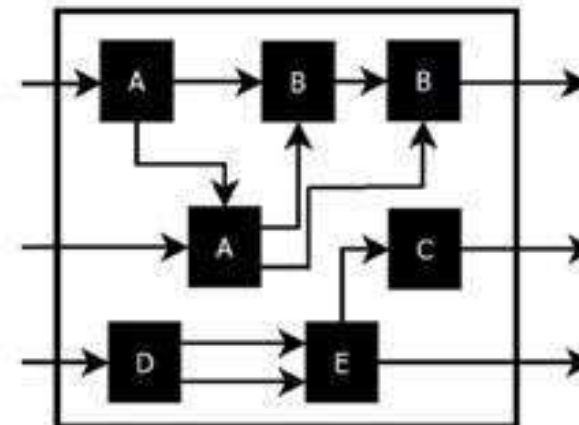
- Для внешнего наблюдателя алгоритм – «черный ящик»
- Подавляющее большинство работ используют симуляции
 - Наиболее часто на основе алгоритма Q-Learning (Dorner, 2021)

- Исследования на реальных рынках ограничены
- Исследуется сторона предложения, а не спроса

А что у черного ящика внутри?



Много черных ящиков!



Факторы устойчивости сговора

- Алгоритмы ставят цены выше *конкурентного* уровня
 - Но они не дотягивают до монопольного
 - Немногие исследования сравнивают результат алгоритма с «человеческим» (Dorner, 2021)
- Результаты крайне чувствительны к параметрам
 - Один и тот же алгоритм у разных авторов может давать разные результаты (Han, 2021; Hettich 2021)
 - Результаты неустойчивые, если на рынке комбинируются разные алгоритмы (Sanchez-Cartas, Katsamakas, 2024)
 - Сговор более вероятен, когда одна из сторон отвечает асимметрично или с задержкой (Brown, MacKay 2021)
 - Присутствие людей снижает вероятность сговора (Werner, 2021)

Пример

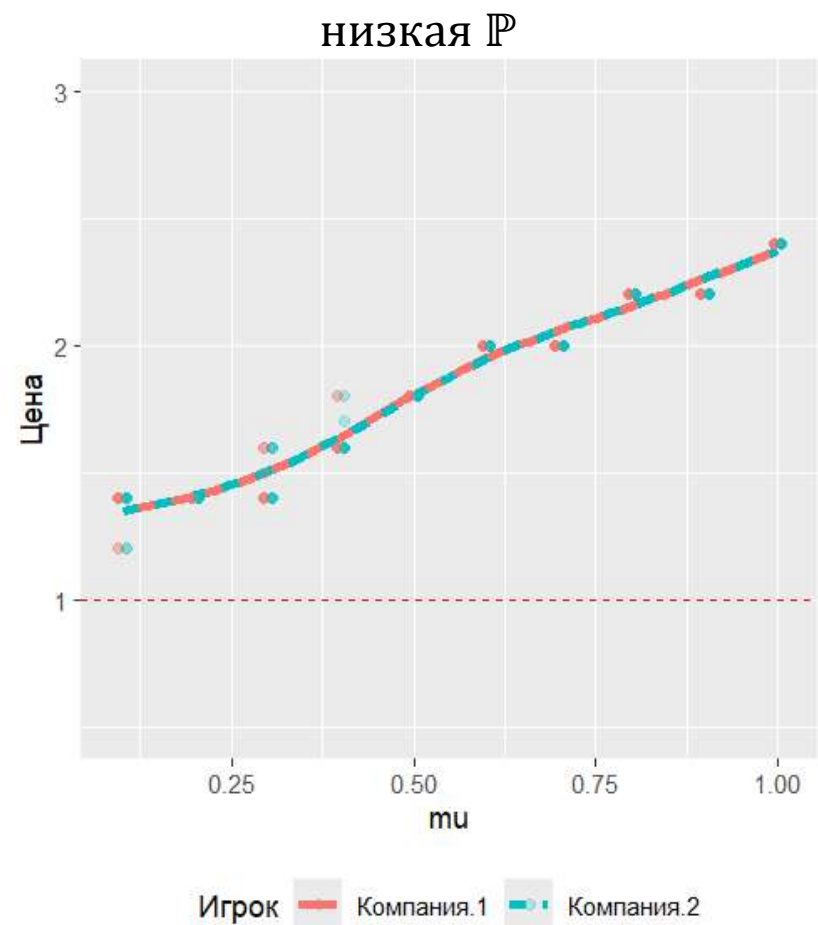
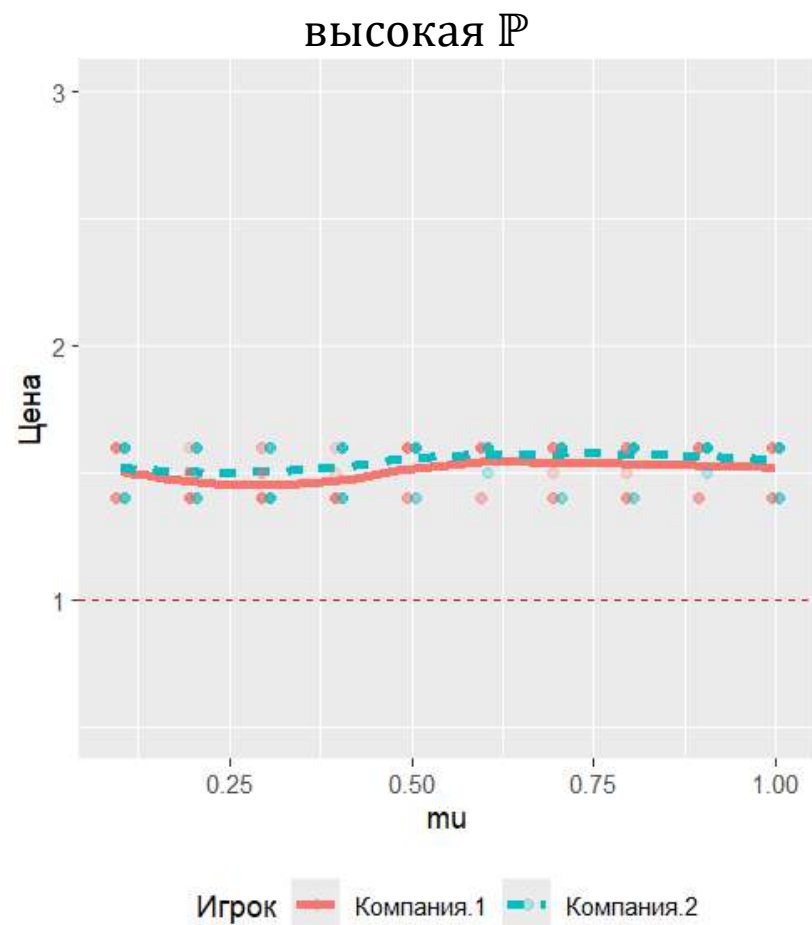
- Модификация симуляции из Calvano et al. (2020)
- Q-Learning (дискретный)
- Алгоритмы заранее не знают функцию спроса
- Назначают цену по очереди
 - С вероятностью $\mathbb{P}$ – случайно (исследование)
 - С вероятностью $(1 - \mathbb{P})$ стратегически (эксплуатация)

➤ Как будет изменяться цена для разных $\mu \in [0,1]$?

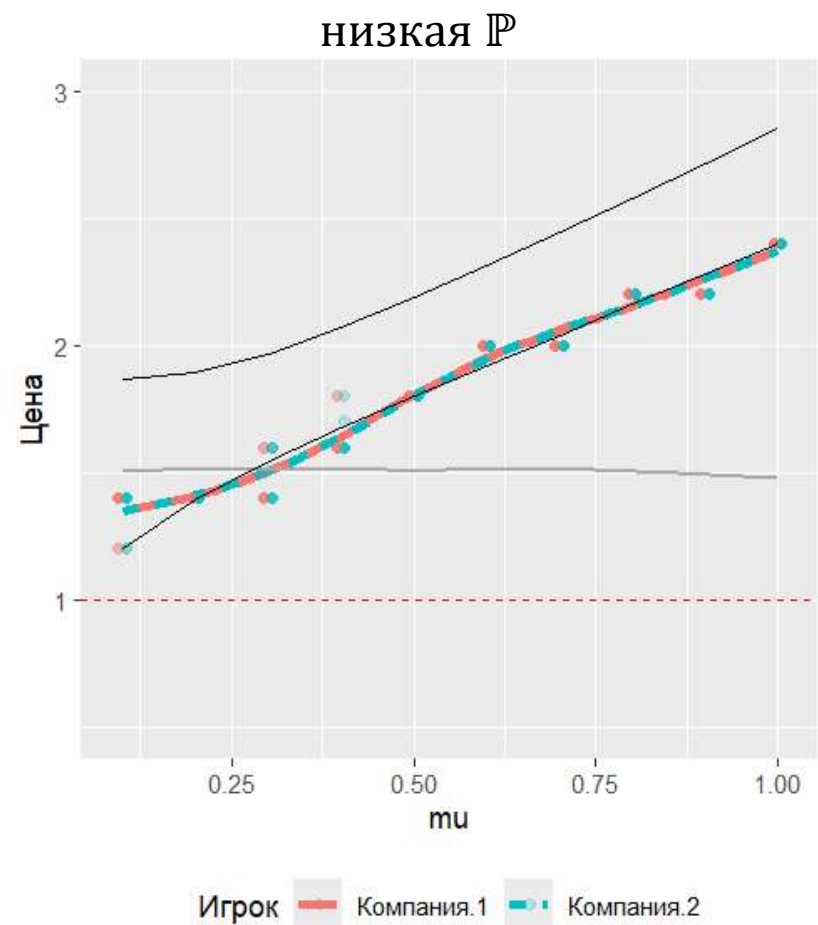
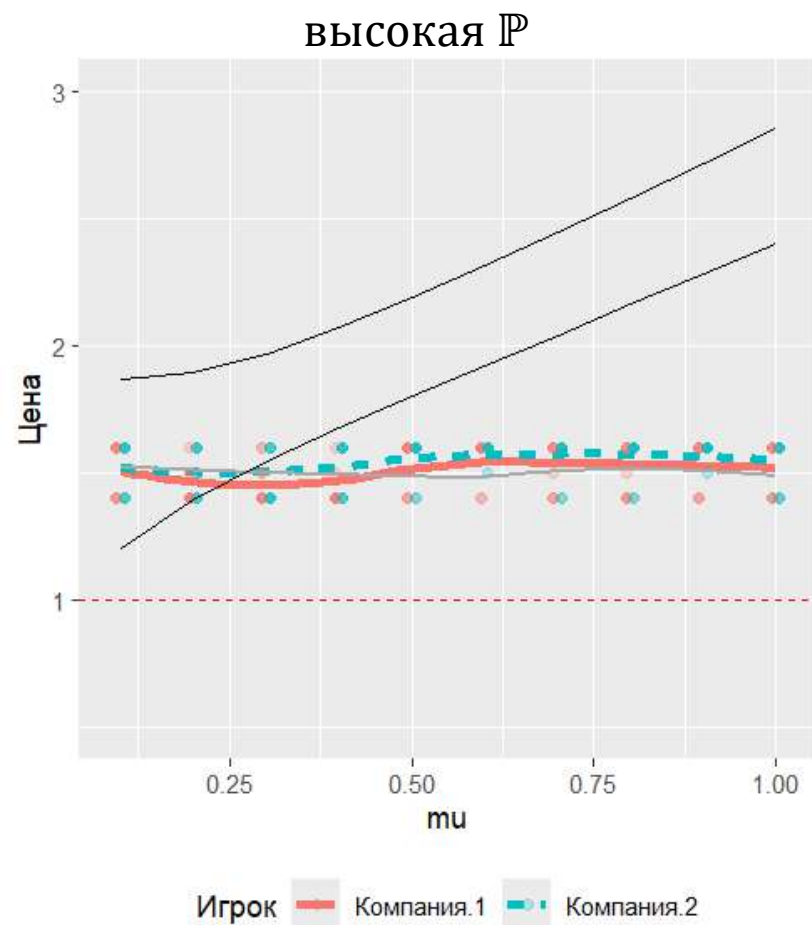
$$q_{i,t} = \frac{e^{\frac{\alpha_i - p_{i,t}}{\mu}}}{\sum_{j=1}^2 e^{\frac{\alpha_j - p_{j,t}}{\mu}} + e^{\frac{\alpha_0}{\mu}}}$$

- μ – параметр заменяемости
 - $\mu = 0$ для абсолютных субститутов

Где сговор?



Где сговор?



Проблемы симуляционных моделей

- Что считать конкурентным уровнем?
 - В практике ФАС – затратный подход, сопоставление со средними издержками
 - Но цена Нэша-Бертрана выше издержек за счет особенностей спроса
- Нет ли ошибки в параметрах?
 - Необходимы маркеры, показывающие, что алгоритм работает корректно
 - Но сам факт возникновения сговора – не признак *некорректной* работы?
 - Могут ли компании *договориться* использовать *некорректные* параметры?
- Как алгоритм учитывает неопределенность?
 - Известен ли спрос?
 - Известны ли цены конкурентов?
 - Если известны спрос и цены, зачем нам алгоритм?

Персонализация цены

- Прямое назначение ценовых алгоритмов:
 - Поддержка решений в условиях неопределенности
 - Обработка данных, которые не может обработать человек
 - Большие данные
 - Персональные данные
-
- Как алгоритм выявляет готовность платить?
 - Как алгоритм дискриминирует?



Пример алгоритма с персонализацией

- Горизонтальная дифференциация (Хотеллинг)

$$q_{ik} = 1 \text{ при } v_i - tr_{ik} - p_{ik} > v_i - tr_{i(-k)} - p_{i(-k)} \geq 0$$

- $q_{ik} = 0.5$ для безразличного индивида, $q_{ik} = 0$ иначе
- Различные сценарии для разного уровня издержек переключения (t)

- Потребители с разной готовностью платить

$$v_i = v_0 + v_h \cdot \gamma_i; \gamma_i \in \{0,1\}$$

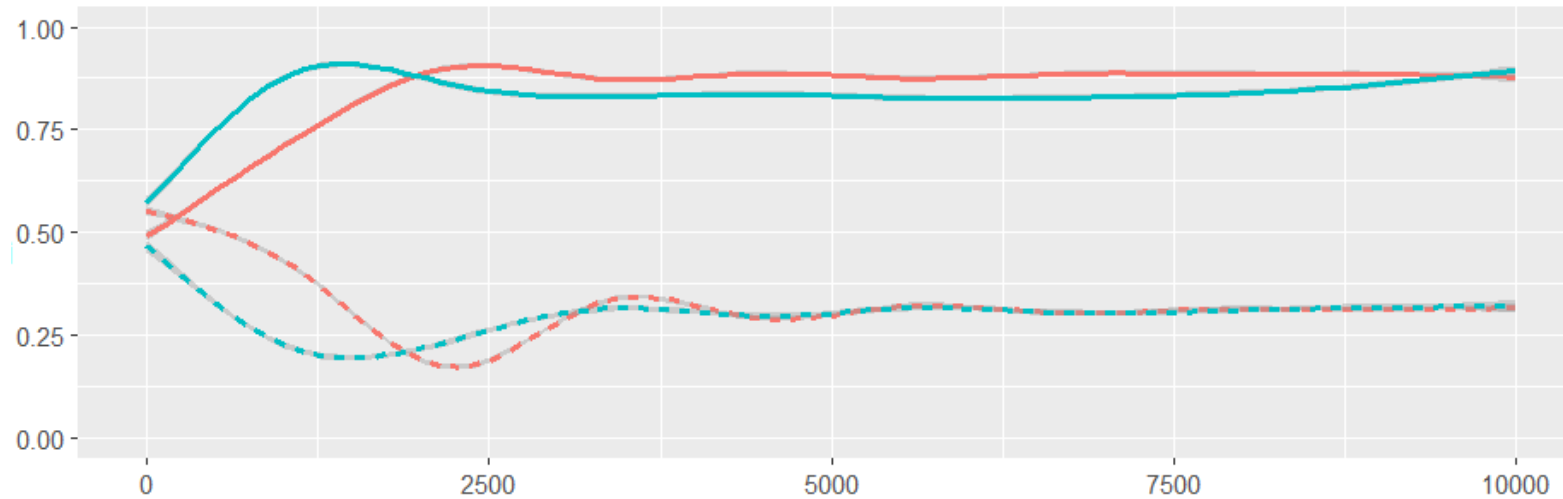
$$v_0 = 1; v_h = 0.25$$

- Каждый продавец назначает цену с фиксированной и переменной частью

$$p_i = p_{fix} + p_{var} \cdot \gamma_i$$

- Алгоритм знает, что потребители готовы платить разную цену
- Но заранее не знает сколько именно

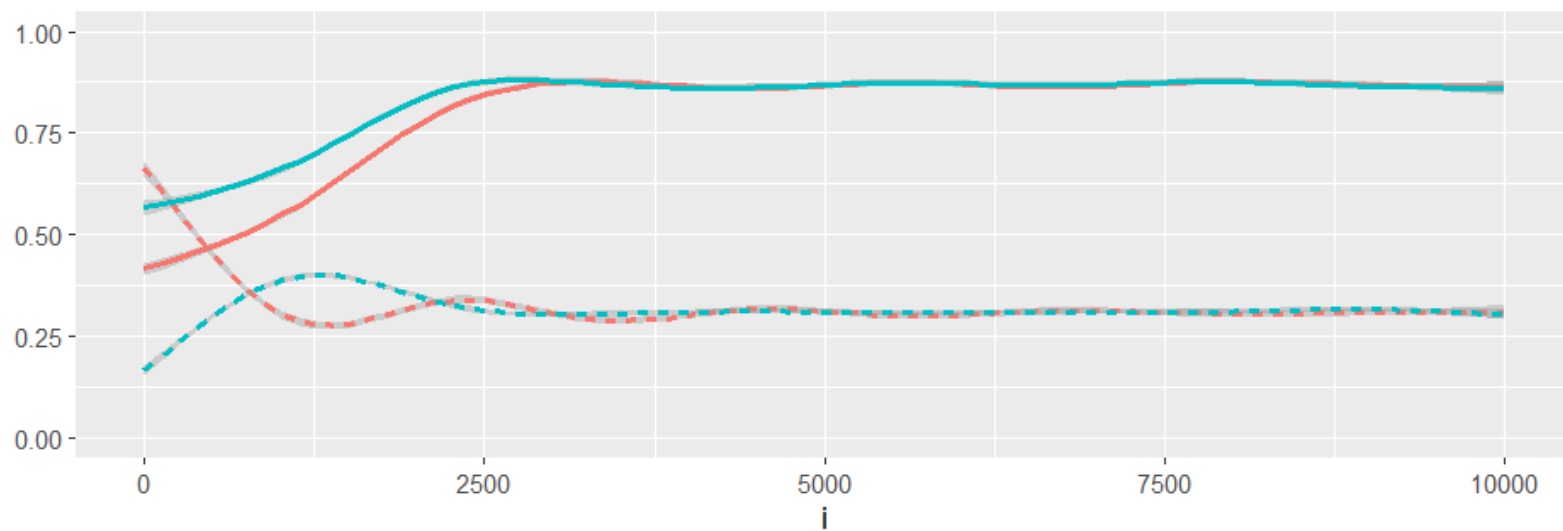
Высокие издержки переключения



Полезность потребителей:
 $v_{\text{низкий}} = 1; v_{\text{высокий}} = 1.25$

Для $t=1$

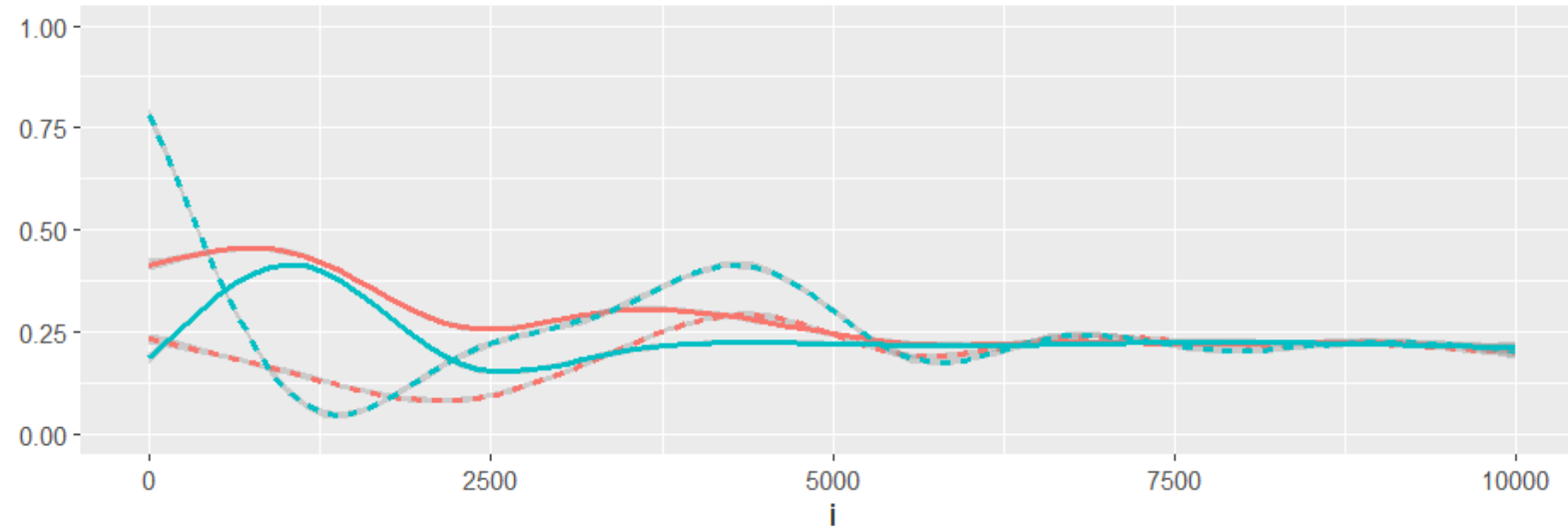
Оптимальная стратегия:
 $p_{var} = 0.3, p_{fix} = 0.9$



Для $t=0.5$

Оптимальная стратегия:
 $p_{var} = 0.3, p_{fix} = 0.9$

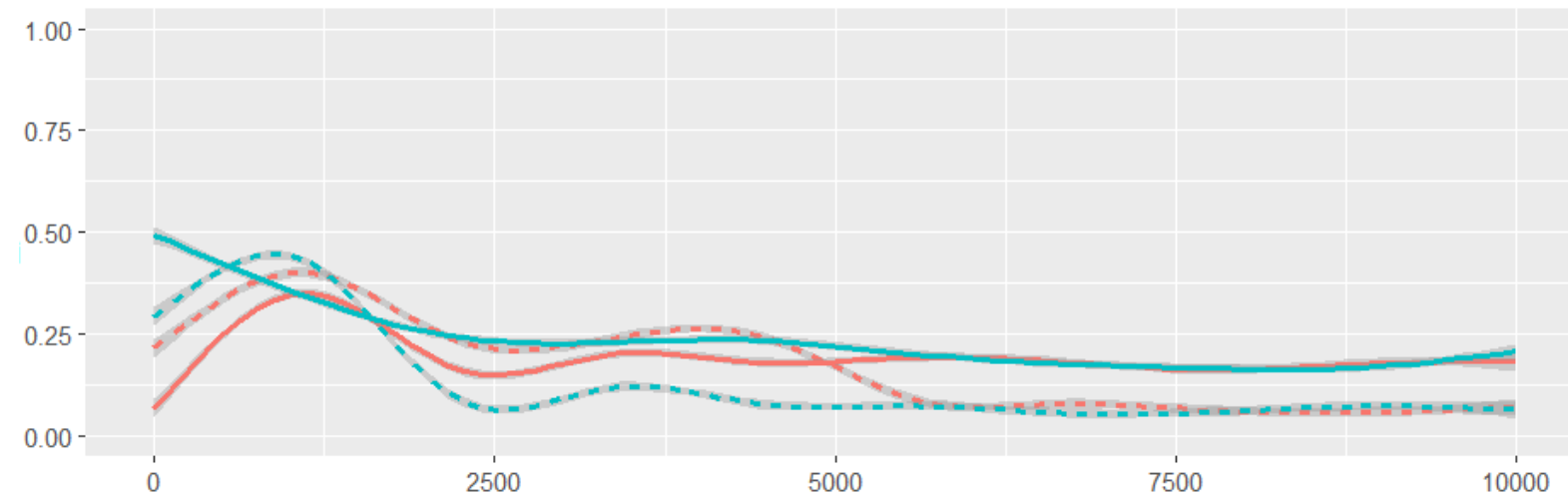
Низкие издержки переключения



Полезность потребителей:
 $v_{\text{низкий}} = 1; v_{\text{высокий}} = 1.25$

Для $t=0.1$

Оптимальная стратегия:
 $p_{var} = 0.2, p_{fix} = 0.2$



Для $t=0.1$

Оптимальная стратегия:
 $p_{var} = 0.0, p_{fix} = 0.1$

Выводы

- Риски неявного сговора противоречивы
 - Сговор устойчив в лабораторных условиях, реальных исследований пока недостаточно
 - Но алгоритм точно может быть использован в рамках *явного* сговора
- Алгоритмы легко учатся дискриминировать
 - Устойчивая дискриминация даже при низких издержках переключения
 - Прямое назначение алгоритма – действие в условиях неопределенности
 - Они прямо предназначены для обработки Больших данных
- Необходимость специфического регулирования?
 - Потери благосостояния не очевидны
 - Пресечение явных сговоров: ограничения коридоров назначения цен, *неправильные* параметры
 - Развитие методов *выявления* недобросовестного поведения, дискриминации