

0. О курсе

Чернобровов Алексей



<https://t.me/bdscience>



<https://chernobrovov.ru/>

Динамическое ценообразование



1. Введение в динамическое ценообразование
2. Математический аппарат
3. Постановки задач динамического ценообразования
4. Поиск оптимальной цены для одного товара (статическая, параметрическая постановка)
5. Кластеризация товаров
6. Поиск оптимальной цены для многих товаров (статическая, параметрическая постановка)
7. Динамический случай
8. Непараметрические методы
9. Задача оптимизации цены на мероприятие (концерт, авиабилет)
10. Регулирование спроса через ценообразование
11. Внедрение динамического ценообразования

Домашние задания



ДЗ №1 (20% доля в оценке) – 2 недели на реализацию

Будет дан набор синтетических данных (с заранее известными зависимостями кол-ва покупок от цен). Для поиска оптимальных цен нужно написать программу на python. При поиске оптимальных цен нужно будет наложить шум с разной дисперсией. Нужно будет реализовать несколько (не менее 3ех) параметрических алгоритмов поиска оптимальных цен (для каждого товара отдельно), которые стартуют из случайной точки. Сравнить разные параметрические модели между собой (по скорости нахождения, по точности). Провести анализ влияния дисперсии на скорость нахождения оптимальной цены.

8-10 балла – программа ищет оптимумы корректно (обрабатывает нестандартные случаи), проведен анализ зависимостей, сделана визуализация, сделаны выводы

5-7 балла – программа ищет оптимумы корректно, есть недочеты в анализе

0-4 балл – программа ищет оптимумы некорректно

Опоздание с дедлайном на 1 неделю «-2 балла», опоздание более «-4 балла»

Домашние задания



ДЗ №2 (30% доля в оценке) – 2 недели на реализацию

Будет дан набор синтетических данных: данные о товарах, набор чеков (корзин). Нужно построить алгоритм кластеризации товаров так, чтобы были кластера: по “близости” товаров, учетом товаров заменителей, якорных товаров. Целью кластеризации является – получить кластера для последующего управления ценами.

8-10 балла – проведена корректная кластеризация товаров, кластеризация объяснена, проведены понятные тесты

5-7 балла – есть технические ошибки в реализации алгоритмов, при этом кластеризация отвечает основной цели

0-4 балл – кластеризация не отвечает основной цели

Опоздание с дедлайном на 1 неделю «-2 балла», опоздание более «-4 балла»

Домашние задания

ДЗ№3 (40% доля в оценке) – 2 недели на реализацию

Нужно сгенерировать синтетический набор товаров, которые содержат как минимум 2 характеристики (одну категориальную, одну числовую), закупочную цену и цену.

Нужно построить несколько (не менее 5) моделей поведения потребителей в виде решающих деревьев, которые принимают решения о покупке товаров (и количества единиц) из набора синтетических правил на основе характеристик и цен.

Построить модель, на вход которой поступают модели поведения потребителей и их доли в общем количестве, и параметры N - общее число покупателей, $n < N$ - число итераций для обучения модели.

На выход модель предоставляет оптимальные цены на товары.

Провести анализ модели по параметрам n , N .

9-10 балла – работа выполнена в полном объеме, анализ произведен, сделана визуализации и выводы

7-8 балла – есть незначительные ошибки в реализации отдельных частей задания

4-6 балла – работа выполнена не в полном объём, есть ошибки в анализе модели

0-3 балл – сделана только одна из частей работы или работа содержит серьезные ошибки

Опоздание с дедлайном на 1 неделю «-1 балл», опоздание более «-2 балла»

Оценка за курс

На курсе будет 1 тест. 10 вопросов - максимум 10 баллов.

Финальная оценка = Математическое округление($\text{ДЗ}\text{№}1 \cdot 0.2 + \text{ДЗ}\text{№}2 \cdot 0.3 + \text{Тест} \cdot 0.1 + \text{ДЗ}\text{№}3 \cdot 0.4$)

Для зачета нужно 5 балла и выше.

Цели курса




Самое главное: динамическое ценообразование – это один из способов поставить «правильную» цену на товар.

Это не строгая математическая дисциплина.

Основной фокус курса на практическом использовании математических моделей динамического ценообразования, оценке их качества, возможности внедрить.

Цели курса:

1. Осветить вопросы ценообразования с разных сторон.
 - Математические постановки задачи и способы их решения
 - Эвристики
 - Экономические вопросы, юридические вопросы, реакции пользователей
 - Внедрение алгоритмов ценообразования
2. Ограничения в использовании динамического ценообразования
3. Написать программы на python для решения ряда задач




Данный курс не ставит
своей целью написания soft.
Основная цель – привить комплексный подход
к динамическому ценообразованию.

Чего не будет в курсе



- Возможности тестировать модели, алгоритмы на реальных данных.
- Reinforcement learning для динамического ценообразования
- «Тяжелых» теорем.
- Ценообразование на нематериальные активы.

1. Введение в динамическое ценообразование



Что такое
динамическое ценообразование?

Цены на товары

**Почему цены на
одинаковые
товары разные?**



Цены на товары

Почему цены на одинаковые товары разные?

- аренда
- логистика
- обслуживание
- амортизация оборудования (посуда, кофемашина)
- электричество
- налоги
- зерно+вода (1-5% от стоимости)



Цены на товары

Почему цены на одинаковые товары разные?

- аренда
- логистика
- обслуживание
- амортизация оборудования (посуда, кофемашина)
- электричество
- налоги
- зерно+вода (1-5% от стоимости)



Доля «услуг» в товаре составляет не менее 30%.

Немного истории



30 лет назад:

Экономика

Социология

Психология

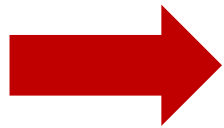
Статистика

Немного истории

10 лет назад:

Экономика

Социология
Психология



Маркетинг

Статистика



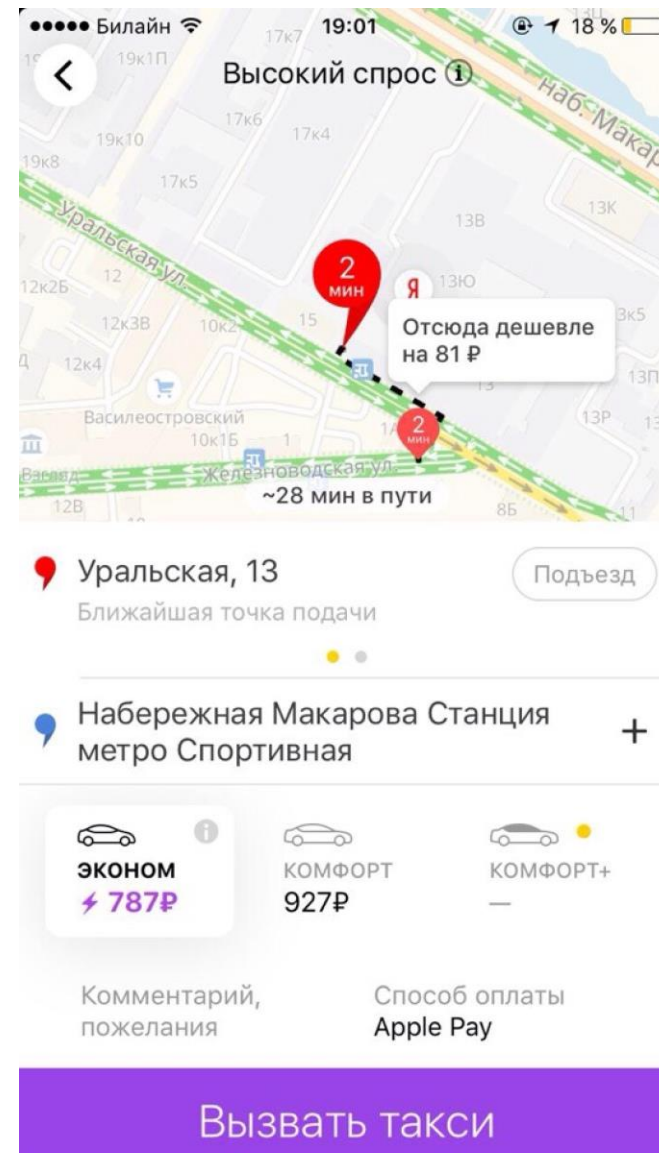
Немного истории

Сегодня:

Машинное обучение

Экономика

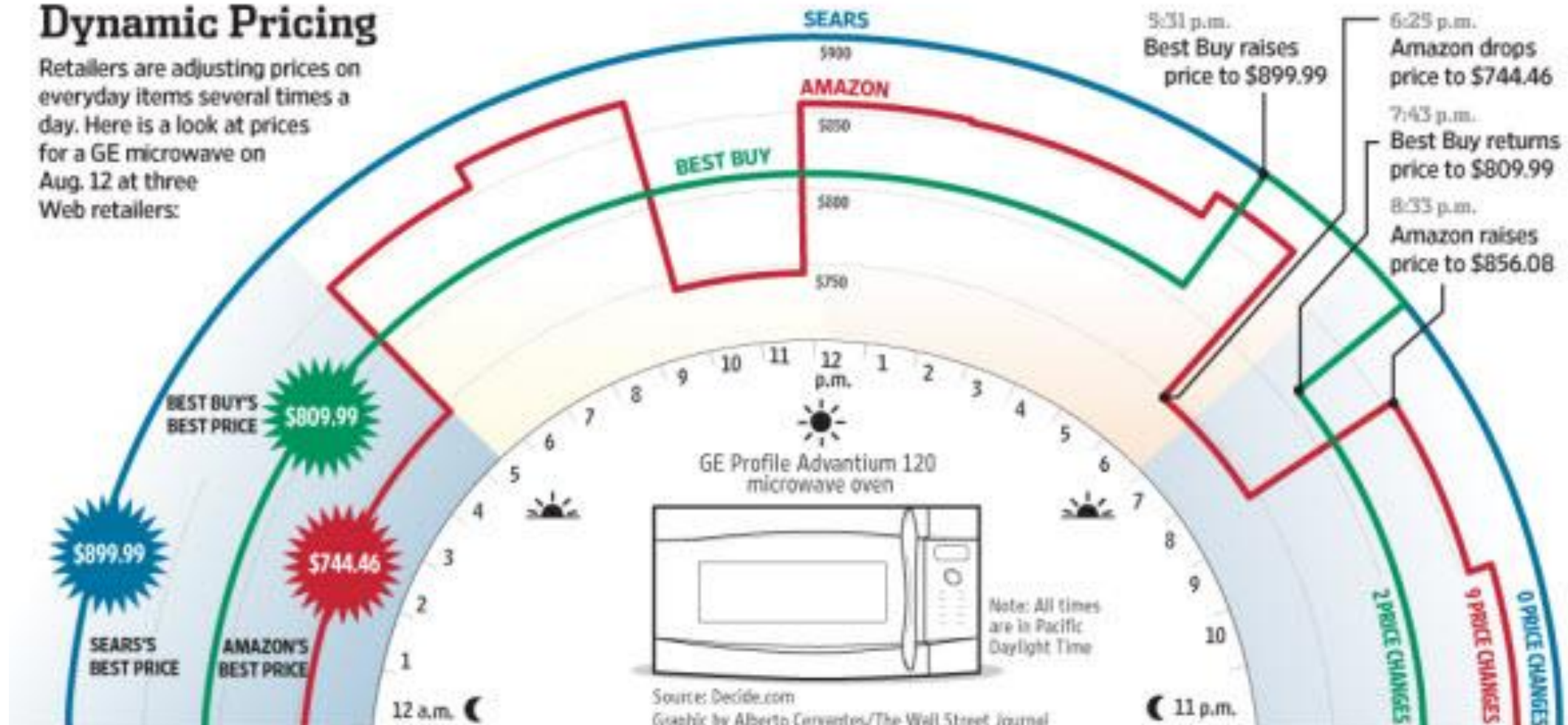
Маркетинг




Пример изменения цены от времени суток

Dynamic Pricing

Retailers are adjusting prices on everyday items several times a day. Here is a look at prices for a GE microwave on Aug. 12 at three Web retailers:



Задачи ценообразования сегодня



Какие задачи стоят сегодня перед ценообразованием?

- Устанавливать цены в соответствии со стратегией бизнеса
- Аналитика ценообразования ("что-если")
- Возможность регулярного обновления всех цен
- Не увеличивать расходы на обновление цен

Динамическое ценообразование (ДЦ)



Динамическое ценообразование - это гибкий подход к переоценке товаров, основанный на использовании различных стратегий и тактик ценообразования, в зависимости от поведения покупателей, событий на рынке, происходящих на рынке и других факторов.

Элементы ДЦ



- Анализ рынка и факторов
- Создание стратегий ценообразования (алгоритмов), основанных на результатах постоянно проводимого анализа результатов и действий рынка и глобальной стратегии развития бизнеса
- Процесс установки цен на товары
- Анализ продаж и оптимизация ценообразования

Вопросы, на которые можно ответить



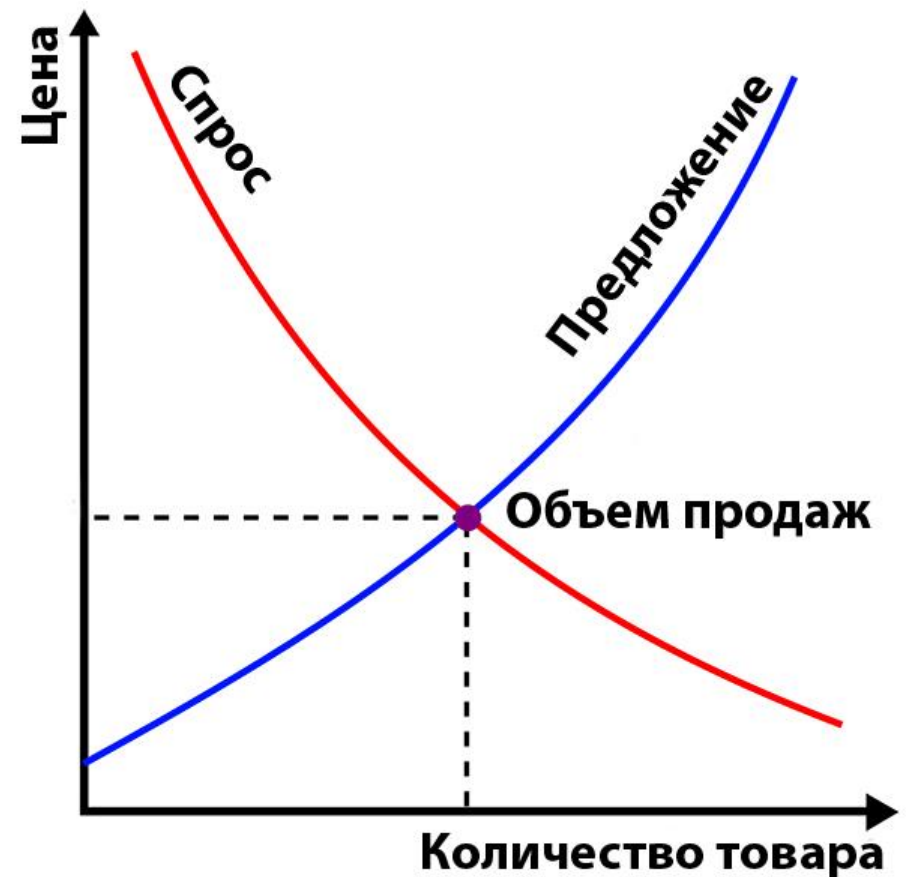
- Какая доля «услуг» в батоне хлеба?
- Какая доля «услуг» в ноутбуке?
- Придумайте способ оценки доли «услуг» в товарах
- Где вы сталкиваетесь с ДЦ?
- Какие цели могут быть при установке цен?



Спрос и предложение

Закон спроса и предложения

Закон спроса и предложения — экономический закон, объединяющий в себе закон спроса и закон предложения. Обычно цена устанавливается **в точке равновесия** между предложением и спросом. При прочих равных условиях, снижение цены на товар увеличивает спрос (готовность покупать) и уменьшает предложение (готовность продавать).



Закон спроса и предложения



Спрос — это запрос фактического или потенциального покупателя, потребителя на приобретение товара по имеющимся у него средствам, которые предназначены для этой покупки.

Закон спроса — величина (объём) спроса уменьшается по мере увеличения цены товара. Закон спроса — величина (объём) спроса уменьшается по мере увеличения цены товара.

Закон спроса и предложения

Эластичность спроса — это показатель, выражающий колебания совокупного спроса, вызванные изменением цен на товары и услуги.

Формула эластичности спроса:

$$K_o = \frac{Q}{P}$$

K_o — коэффициент эластичности спроса

Q — процент изменения количества продажи

P — процент изменения цены

Закон спроса и предложения



Предложение — возможность и желание продавца (производителя) предлагать свои товары для реализации на рынке по определённым ценам.

Закон предложения — при прочих неизменных факторах величина (объём) предложения увеличивается по мере увеличения цены на товар.

Закон спроса и предложения

Факторы, влияющие на предложение:

1. Наличие товаров-заменителей (субституты).
2. Наличие товаров-комplementов (дополняющих, сопутствующих).
3. Уровень технологий.
4. Объём и доступность ресурсов.
5. Налоги и дотации.
6. Ожидания (инфляционные, социально-политические).
7. Размеры рынка.

Изменение спроса и предложения



Изменение спроса происходит под влиянием детерминантов спроса, при этом предложение остаётся неизменным при прочих равных условиях.

- **Сдвиг кривой спроса вправо** увеличивает спрос. Обнаруживается эффект повышения цен и эффект увеличения количества продукта.
- **Сдвиг кривой спроса влево** уменьшает спрос. Обнаруживается эффект снижения цен и эффект снижения количества продукта.

Изменение спроса и предложения



Изменение предложения происходит под влиянием детерминантов предложения, при этом спрос остаётся неизменным при прочих равных условиях.

- **Сдвиг кривой предложения вправо** увеличивает предложение. Обнаруживается эффект снижения цен и эффект увеличения количества продукта.
- **Сдвиг кривой предложения влево** уменьшает предложение. Обнаруживается эффект повышения цен и эффект снижения количества продукта.

Закон спроса и предложения

Эластичность предложения — это показатель, воспроизводящий изменения совокупного предложения, которые происходят в связи с ростом цен.

Формула эластичности спроса:

$$K_m = \frac{G}{F}$$

K_m — коэффициент эластичности предложения

G — процент изменения количества предлагаемого товара

F — процент изменения цены

Закон спроса и предложения



Равновесная цена



В случае формирования любой другой цены, отличной от **равновесной**, продавцы и покупатели получают эффективный стимул к трансформации положения на рынке.

Вопрос: если есть равновесная цена, то почему цены в разных магазинах разные?

Что важно?



- 1. На практике все сложнее**
2. Общая идея баланса спроса и предложения верна
3. Деньги стоят денег (особенно если колеблется валюта)
4. Цена и ценность – разные вещи

Всплески спроса

Что происходит если неправильно прогнозировать спрос?

Если вы купили меньше товара, чем нужно?

Если вы купили больше товара, чем нужно?



Пивная игра.

Из книги "Пятая дисциплина. Искусство и практика обучающейся организации", Питер Сенге

Вопросы на которые можно ответить



- Почему закон спроса (и предложения) имеет формулу гиперболы?
- Как быть с товарами-заменителями в функции спроса?



Пространство товаров

Товары



В рамках курса мы считаем, что **товар** – это некоторый материальный актив, у которого есть себестоимость (с учетом всех издержек) однозначно вычисляемая. И известна по крайней мере для продавца.

У товаров есть известные характеристики.

Ценность товара не меняется на рассматриваемом периоде.

Что такое ценность товара?



Ценность – это субъективная (как правило сравнительная) оценка товара. [Функция полезности]

Цена не влияет на ценность товара, на нее влияют только характеристики*.

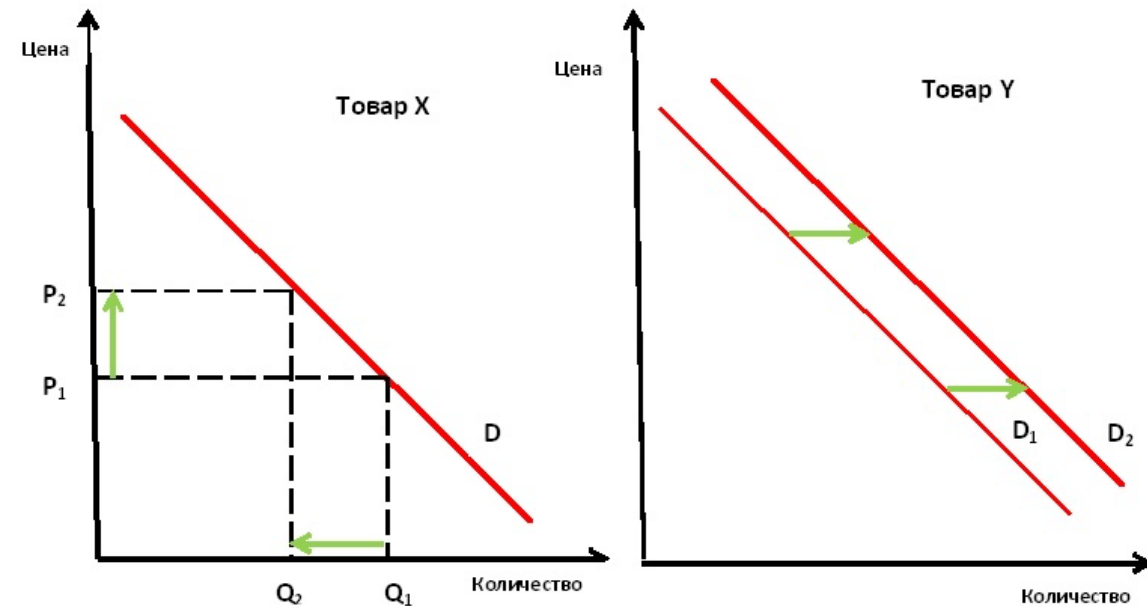
Для таких товаров с одинаковой ценностью потребитель предпочтет товар минимальный по цене.

* Случаи когда это не верно, мы отдельно обсудим на одной из следующих лекций.

Субституты

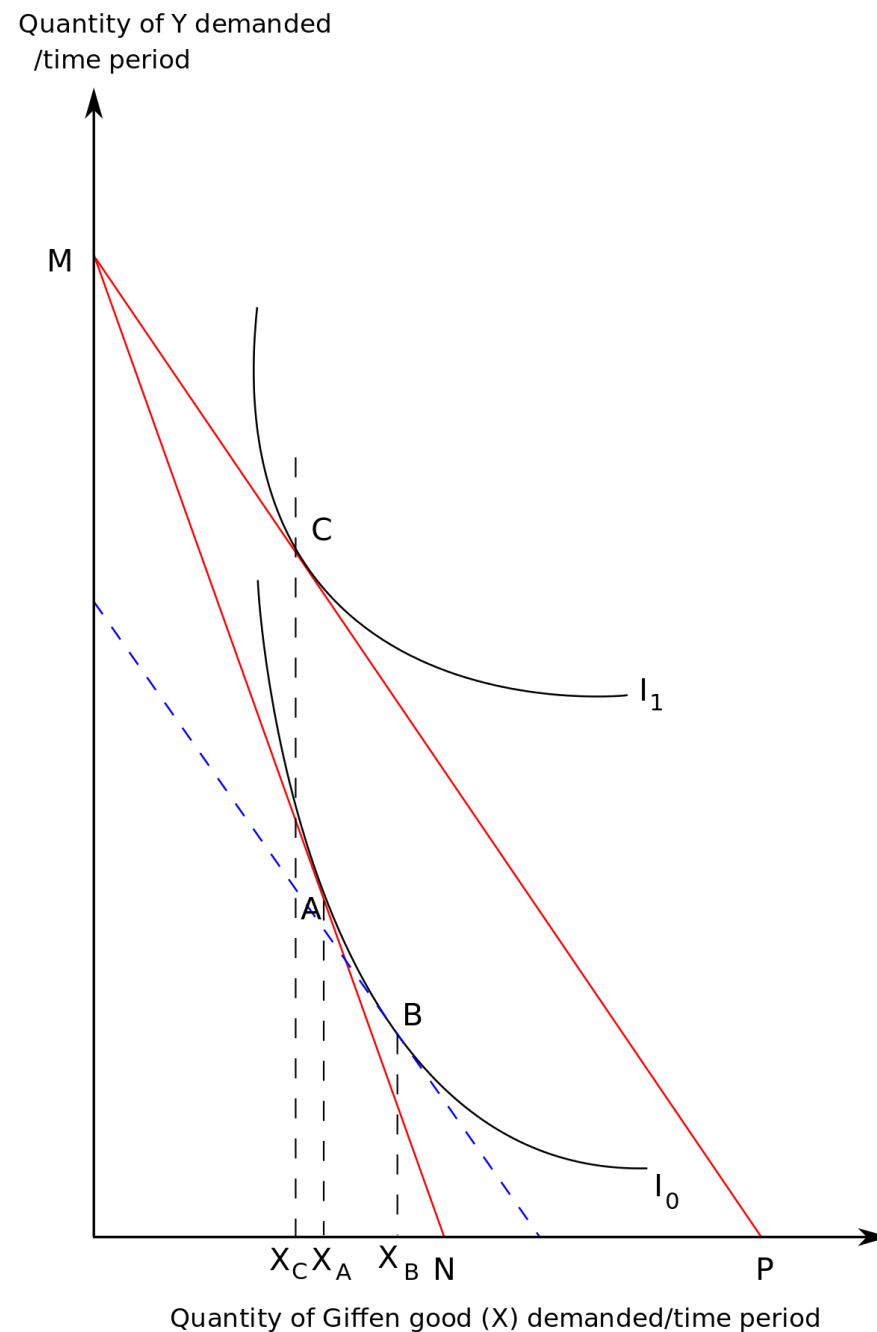
Взаимозаменяемое благо

(взаимозаменяемый товар, субститут (от лат. substitutio — замена)) — товар (или услуга), для которого существует прямое соотношение между ценой на один из них и спросом на другой, то есть снижение (повышение) цены одного товара (услуги) вызывает уменьшение (увеличение) спроса на другой.



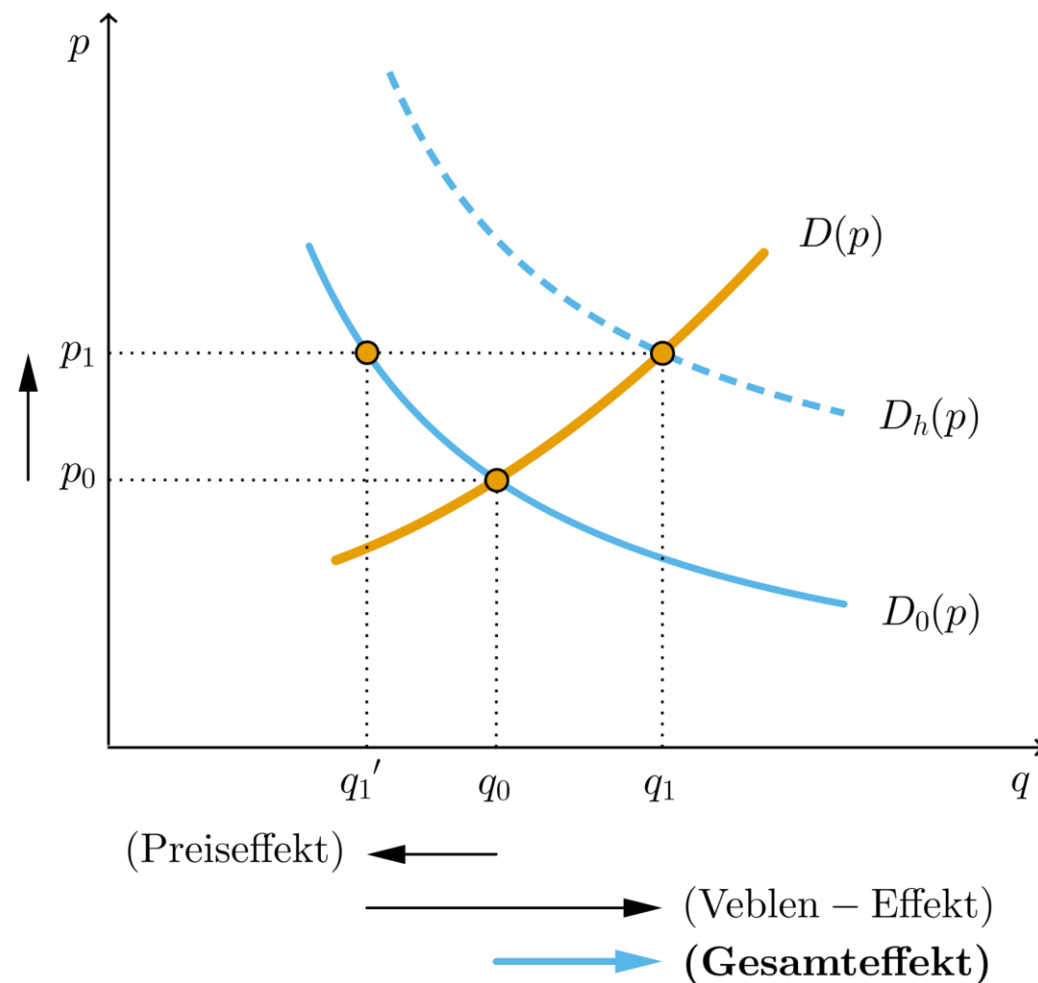
Товар Гиффена

«Парадокс Гиффена»: при повышении цен на определённые виды товара (в основном товары первой необходимости) их потребление повышается за счёт экономии на других товарах.



Эффект Веблена

Эффект Веблена — демонстративное потребление, которое возникает при потреблении благ, недоступных для большинства обычных потребителей в связи с их высокой ценой. Такое потребление вызвано стремлением продемонстрировать исключительность индивида, который может себе позволить подобное потребление.



Гало-эффект и каннибализация



1. При **гало-эффекте** продажи основного товара увеличивают продажи сопутствующих.

"Якорный товар" - это товар, с которым, как правило, докупают другие товары. Является триггером для покупки всей корзины.

2. При **каннибализации** товары, обладающие схожими характеристиками, замещают друг друга. Спрос одного уменьшает продажи другого.

Товары со схожими характеристиками называют **товарами-заменителя** (Субститутами).

KVI и ТПЦ



3. KVI (key value indicator) - товары, которые влияют на восприятие покупателем уровня цен в магазине.

- часто приобретаемые продукты – регулярность приобретения позволяет запомнить цену;
- брендовые продукты, продающиеся в большинстве магазинов – можно сравнить одну и ту же позицию у конкурентов;
- эластичные – покупатель чувствителен к изменению стоимости;

4. Товары первой цены (ТПЦ) – это товары, на которые установлена самая низкая цена на полке в каждой категории. Цены сравниваются относительно конкурентов и внутри магазина. В ТПЦ входят Социально значимые товары

Пример «Якоря»

Допустим есть 2 товара: сотовый телефон и аксессуары к нему.
И пусть известно, что **аксессуары к сотовому телефону докупают с вероятностью 10%.**

Вариант А

Сотовый телефон:

Цена (закупка)
10 500 р. (10 000 р.)

Чехол + пленка:

3 000 р. (500 р.)

10 заказов / +7 500 р.

Вариант Б:

Сотовый телефон:

10 000 р. (10 000 р.)

Чехол + пленка:

3 000 р. (500 р.)

Заказов больше в 5 (!) раз!

50 заказов / +12 500 р.

Пример «каннибализации»

Есть 2 товара А и Б – абсолютно одинаковых.
Общий спрос на них при цене 100 р. – 100 ед.
На товар А подняли цену до 200 р.

Что будет в результате?

Пример «каннибализации»

Есть 2 товара А и Б – абсолютно одинаковых.
Общий спрос на них при цене 100 р. – 100 ед.
На товар А подняли цену до 200 р.

Что будет в результате?

Продажи товара Б будет 200 ед.

Как проверить на каннибализацию



Проверка гипотезы осуществляется следующими подходами:

- Совместная/несовместная покупка
- «Близость» чеков с разными товарами

Как кластеризовать товары



Цель кластеризации товаров - создать кластеры, такие что:

- В каждом кластере находятся товары, на которых есть общий спрос
- Иерархические кластеры
- Для каждого кластера нижнего уровня – «работает статистика»

Пример кластеризации

Одежда (100000 продаж в неделю)

- Футболки (4000)
 - Белые футболки (1000)
 - Футболка белая из Иваново (100)
 - Футболка белая Рима (100)
 - Черные футболки (120)
 - Цветные футболки (130)
 - Красные футболки (1)
 - Оранжевые футболки (1)

Не кластер, потому что общий спрос (каннибализация)


Не кластер, потому что мало продаж

Мера близости товаров



Как можно оценить что товары близки между собой или нет?

Как ввести метрику на этом пространстве?



Задача динамического ценообразования

Факторы, влияющие на цены

Принятие решения о покупке:

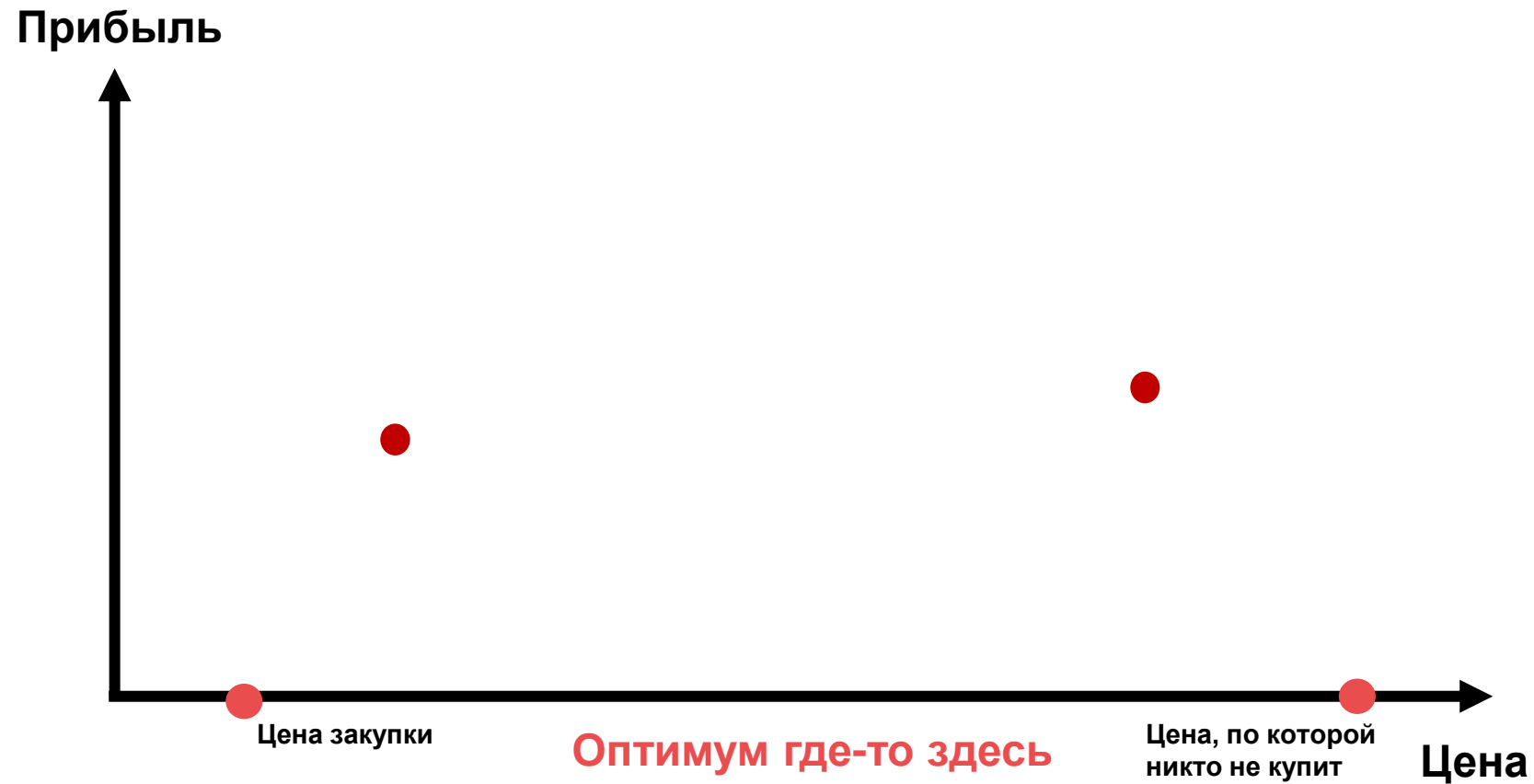
- Субъективная ценность
- «Сравнительная» ценность
- Цены на сопутствующие товары
- ...

Постановка задачи

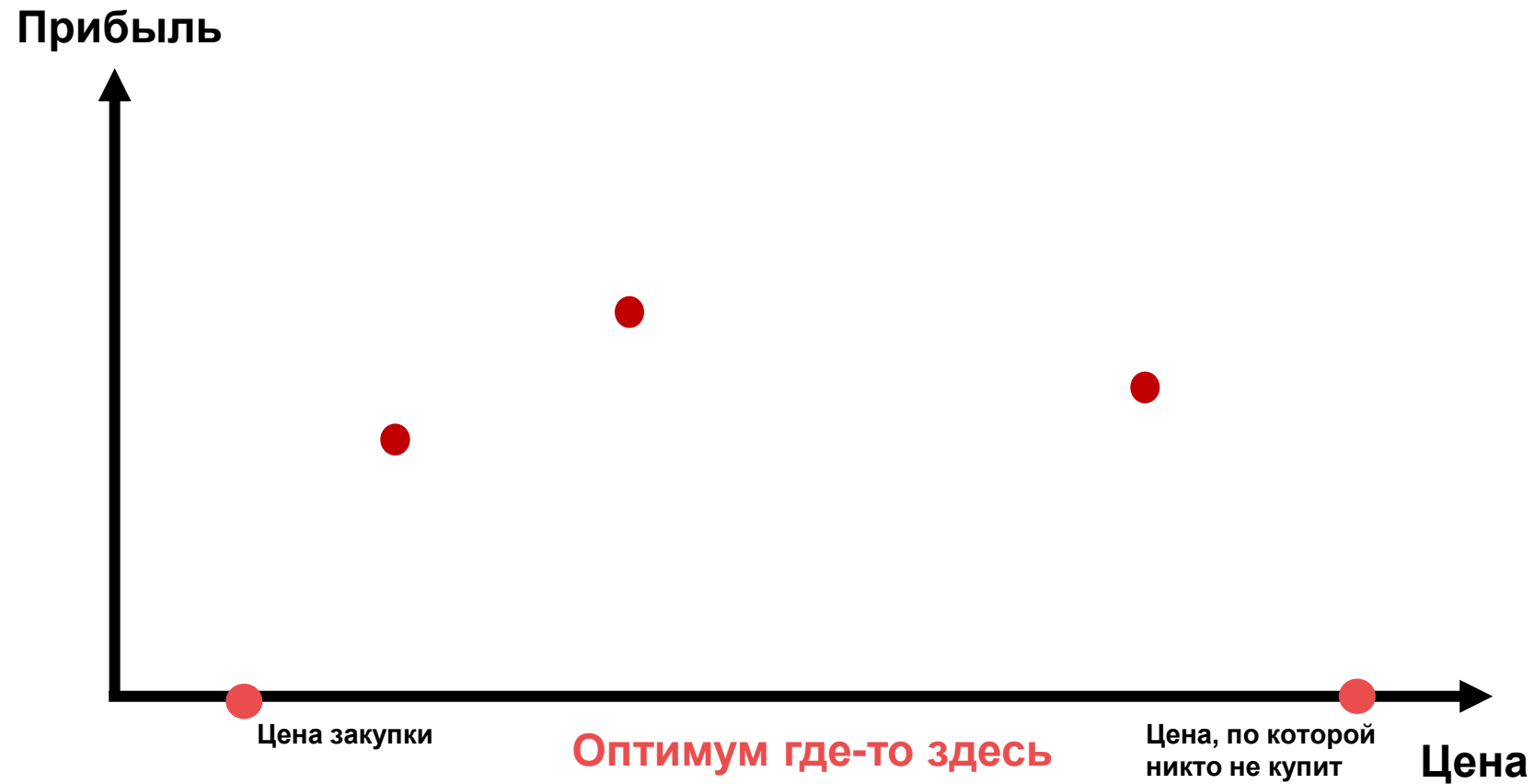
Задача ценообразования



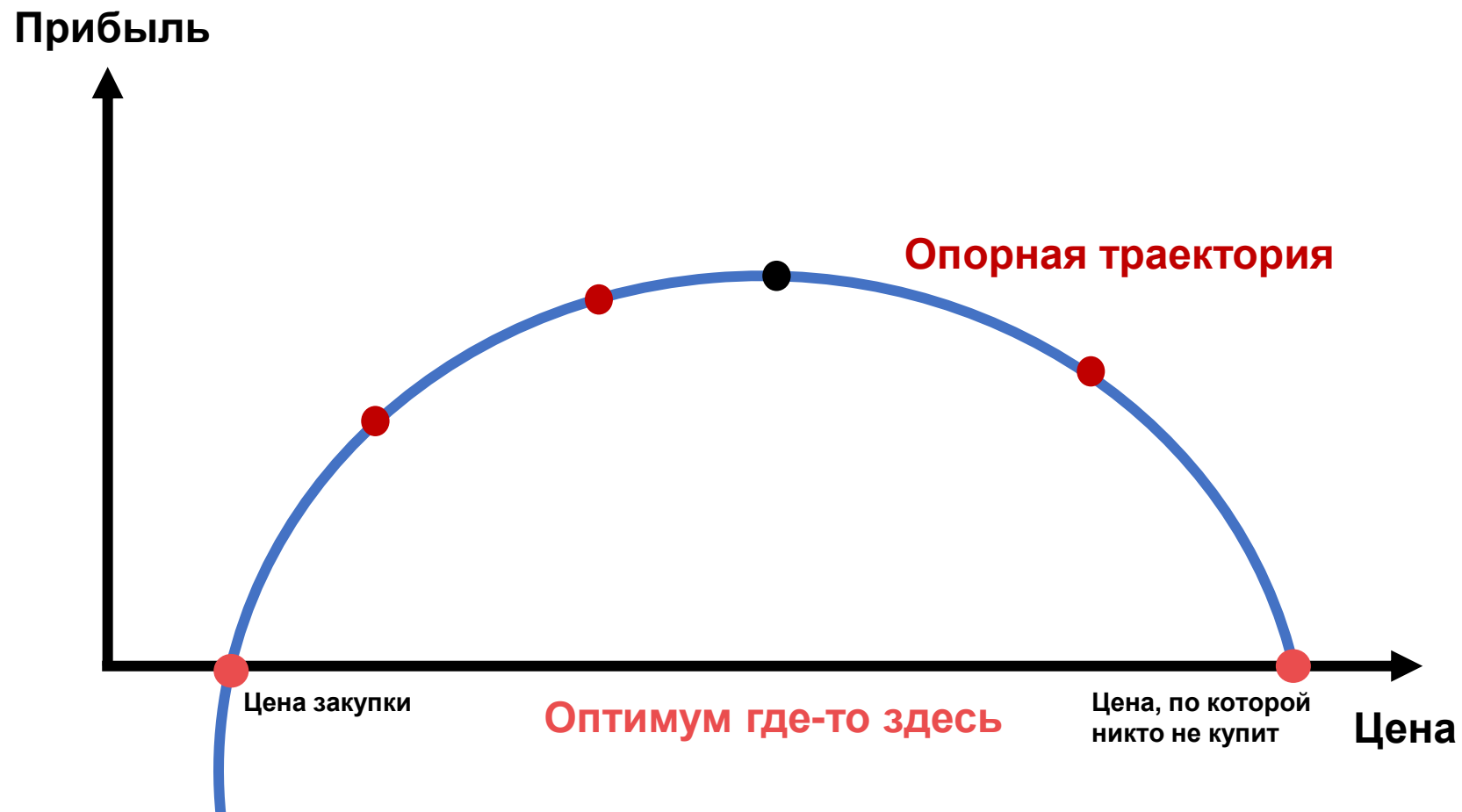
Задача ценообразования



Задача ценообразования



Задача ценообразования



Формальная постановка задачи

Нужно найти набор цен $x = (x_1, x_2, \dots, x_N)$, такой что прибыль $y(x, \xi, t)$ будет максимальна.

4 разные постановки:

1. $x^* = \operatorname{argmax}_{x(T)} E[y(x, \xi, T)]$ в момент времени T .
2. $x^* = \operatorname{argmax}_{x(t)} E[y(x, \xi, t)]$ за минимальное время.
3. $x^*(t) = \operatorname{argmax}_x \sum E[y(x, \xi, t)]$ Оптимизация траектории.
4. Найти зависимость $y(x)$

$E[\cdot]$ - может быть
любым оператором.
Можно считать, как
мат. ожидание.

Ограничения



1. Нельзя менять цены слишком резко
2. Нельзя менять цены слишком часто
3. Каждый эксперимент стоит денег

Различают ДЦ 2ух типов



1. Общее
2. Персональное/Сегментированное

Ценовая дискриминация

Ценовая дискриминация



Ценовая дискриминация — ценовая политика, при которой в один и тот же момент один и тот же товар или услуга продается **различным покупателям по различным ценам**, а эта разница в цене **не оправдывается разными издержками** производства этого товара или услуги.

Ценовая дискриминация



Ценовая дискриминация **первой степени** (совершенная дискриминация) — реализация каждой единицы товара или услуги каждому покупателю по максимальной цене, которую данный покупатель готов заплатить.

Ценовая дискриминация



Ценовая дискриминация **второй степени** (дискриминация по объёму потребления) — реализация одного и того же товара или услуги по разным ценам в зависимости от объёмов потребления.

Ценовая дискриминация



Ценовая дискриминация **третьей степени** (дискриминация по уровню доходов) — реализация одного и того же товара или услуги разным категориям потребителей по разной цене. Например, скидки пенсионерам и студентам.

Динамическое ценообразование –
это ценовая дискриминация?

Динамическое ценообразование –
это ценовая дискриминация?

ДА!

А это вообще легально в РФ?



Федеральный закон "О защите конкуренции" от 26.07.2006
N 135-ФЗ

Закон «О защите конкуренции» запрещает создание дискриминационных условий хозяйствующим субъектом, занимающим **доминирующее** положение на рынке, при этом отдельные виды дискриминации не раскрываются.

А это вообще легально в ЕС?



Нормативно, вопросы ценовой дискриминации регулируются статьей 82 (с) Договора о Евросоюзе. При этом указывается, что запрещаются действия одной или нескольких фирм, занимающих **доминирующее** положение, заключающееся «в применении различных условий к эквивалентным операциям обмена к различным контрагентам, которые могут привести к потере ими конкурентного преимущества».

Скидки

Скидки – это легально.



Задачу о (персональном) динамическом ценообразовании можно представить как задачу о предоставлении скидок (в зависимости от всех необходимых факторов).

Скидки – это легально.



Со скидками есть нюансы чисто технические.
Какие вы знаете механики скидок?

Скидки – это легально.



Со скидками есть нюансы чисто технические.
Какие вы знаете механики скидок?

- Скидка на товар (категорию)
- Скидка от суммы заказа
- Подарок за покупку
- «3 по цене 2»
- Скидка на следующую покупку
- Кэшбек

Кейсы

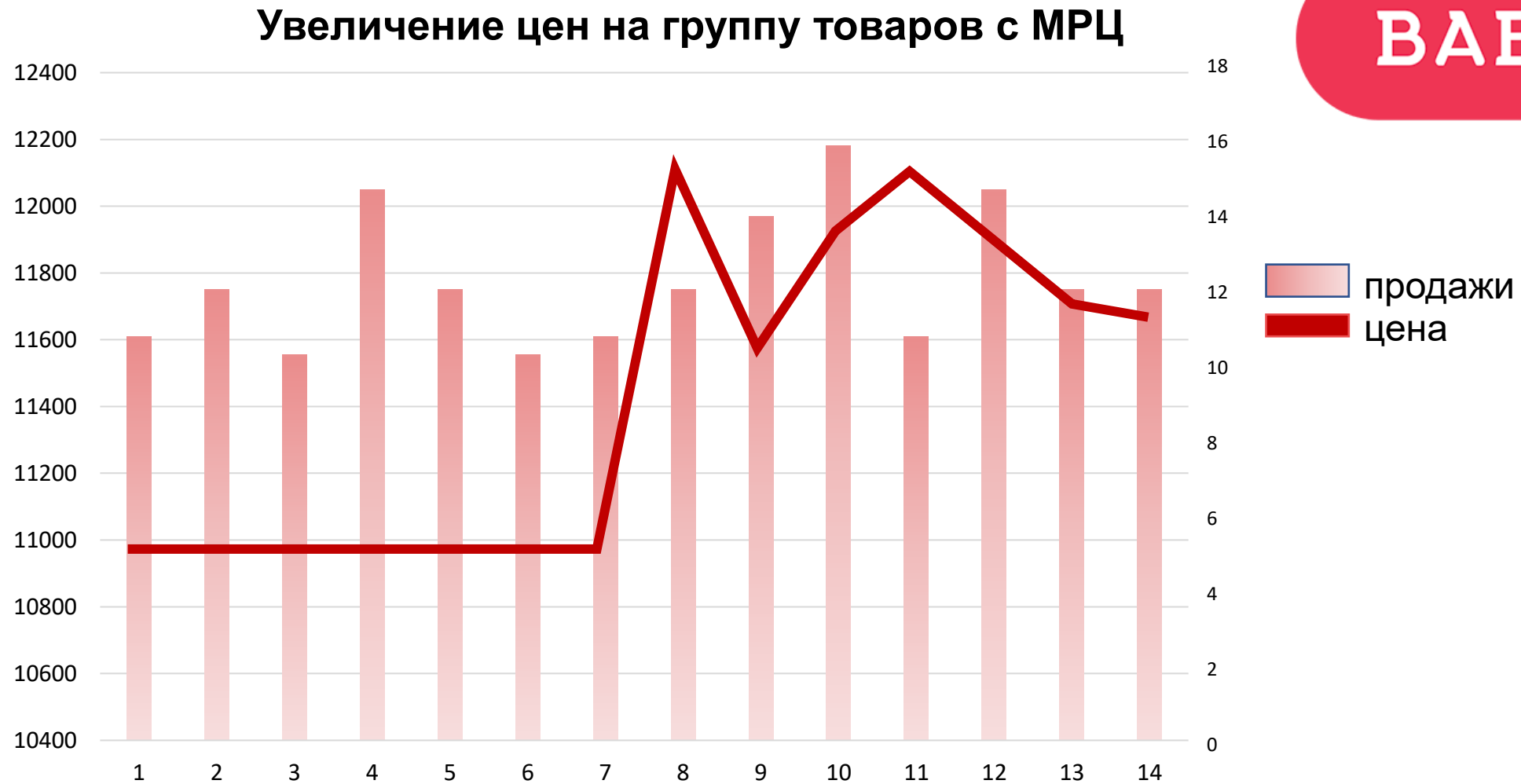
Рост выручки и дохода от ценообразования

BABADU



**Рост
целевого
показателя на
7%**

Увеличение цен на группу товаров с МРЦ



Кейс Amazon



Amazon меняет цены на товары **2,5 млн раз в день**, что означает, что средний товар, представленный на Amazon, меняет цены каждые 10 минут. Располагая огромным количеством данных покупателей, Amazon каждые 10 минут анализирует модели покупок клиентов, цены конкурентов, размер прибыли, запасы и множество других факторов, чтобы выбрать новые цены на свои продукты. Таким образом они могут гарантировать, что их цены всегда будут конкурентоспособными, и получить еще больше прибыли.

Помимо этого у Amazon запатентована такая модель, как **«Ожидаемая доставка»**, когда Amazon предсказывает, что вы собираетесь что-то купить. Тогда предмет отправляется на склад рядом с вами, так что когда вы в конечном итоге его купите, Amazon получит его быстро и дешево.

Кейс РЖД



Главным фактором, влияющим на стоимость билетов, является **спрос на них**, поэтому стоит обращать на следующие факторы:

- **Скидки в зависимости от расположения мест в вагоне** (верхние купейные места стоят дороже, так как пользуются меньшим спросом)
- **Время отправления/прибытия** (как правило, цена на поездки в 4-5 утра значительно ниже)
- **День недели** (пятница вечер туда и воскресенье вечер обратно – самые популярные билеты, поэтому на них меньше скидок)
- **Сезонность** (цены на билеты существенно снижаются в те сезоны, когда люди редко отправляются в поездки)

Кейс Яндекс.Такси



Яндекс Такси

Самая главная задача динамического ценообразования – **предоставлять возможность заказать такси всегда.** Достигается она с помощью **коэффициента surge pricing coefficient**, на который умножается рассчитанная цена. В Яндекс.Такси его называют «сурдж».

Считаются не созданные заказы, а **намерения заказать машину** – пины. Пин – это метка «А» на карте, которую ставит пользователь, запуская приложение.

Заключение



- Динамическое ценообразование(ДЦ) становится совершенно привычным подходом.
- ДЦ – это не только поиск оптимума, но и множество других аспектов (технических, юридических, экономических)