

Санкт-Петербургский государственный университет

Математико-механический факультет  
Кафедра информатики

Полин Богдан Васильевич

# Доходность произведений искусства: сбор и анализ методами машинного обучения

Бакалаврская работа

Научный руководитель:  
к.ф.-м.н., доцент кафедры информатики Григорьев Дмитрий Алексеевич

Рецензент:  
д.э.н., профессор Discipline of Business Analytics, The University of Sydney Прохоров  
Артем Борисович

Санкт-Петербург  
2021

SAINT-PETERSBURG STATE UNIVERSITY

Mathematics and Mechanics Faculty  
Computer Science department

Polin Bogdan

# Return Rates of art: collection and analysis using machine learning methods

Graduation Thesis

Scientific supervisor:

Ph.D., associate professor Department of Computer Science, D.A. Grigoriev

Reviewer:

Ph.D. in Economics, professor Discipline of Business Analytics, The University of Sydney A.B.  
Prokhorov

Saint-Petersburg  
2021

# Оглавление

Введение	4
1. Постановка задачи	5
2. Обзор литературы	6
3. Датасет	8
3.1. Сбор данных . . . . .	8
3.2. Описание данных . . . . .	11
4. Алгоритм поиска совпадений	15
5. Методология исследования	19
6. Результаты исследования	21
Заключение	27
Список литературы	28

# Введение

За последние несколько десятилетий арт-рынок начал стремительно развиваться, так с начала 90-х годов аукционный дом Sotheby's открывал свои филиалы в множестве стран и на сегодняшний день насчитывает 80 офисов в 40 разных странах. Также на их сайте имеется информация о сделках начиная с 2000 года. В связи с этим становятся популярны различные исследования в области рынка искусств среди ученых-экономистов. Но тем не менее каждый объект искусства является уникальным, поэтому сложно понять что конкретно влияет на стоимость картин и их изменение. Множество работ изучает влияние постоянных атрибутов картин, например, размер, автор и время написания картины. Но помимо этого существуют атрибуты, которые меняются при конкретной продаже, например, место и время продажи, оценочная стоимость в начале аукциона. В данной работе предлагается изучить влияние изменяемых атрибутов при продаже картины на ее стоимость.

# 1. Постановка задачи

Целью данной работы является сбор и визуализация данных по продажам картин для дальнейшего анализа. Необходимо получить набор произведений искусства, которые продавались более 1 раза на различных аукционах. Затем для каждой пары продаж необходимо изучить атрибуты, которые могли измениться при повторной продаже и оценить их влияние на стоимость картины. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- Сбор данных об аукционных продажах картин с помощью парсинга сайта [sothebys.com](https://www.sothebys.com)
- Выделение случаев повторной продажи картины
- Подготовка и описание датасета для последующего анализа
- Составить методологию исследования
- Проверка гипотезы: "Влияет ли на цену перепродажи цена первоначальной покупки и изменение времени, оценки стоимости, времени года, места продажи картины?"
- Изучить результаты получившегося исследования

## 2. Обзор литературы

В большинстве своем задачи изучения доходности решаются при помощи различных методов математической статистики, преимущественно посредством применения к построенной модели линейной или гедонистической регрессии. Так, например, изучалось, какие атрибуты конкретного автора являются ключевыми определителями стоимости его произведений искусства при продаже в различных аукционных домах [8]. Также авторы других работ проводят анализ изменения цен картин местных художников внутри конкретной страны, сравнивая их со стоимостью картин зарубежных художников, выбрав для исследования какой-то период времени [5].

В 1963 году выходит статья [3] с подходом к изучению ценообразования через перепродажи. Перепродажи - ситуации, когда картина попадала на аукционы несколько раз. Первые исследования [4] перепродаж утверждали, что средняя годовая доходность около 0,6%, а цены на искусство постоянно колеблются. Затем данное исследование [7] было уточнено, набор данных был увеличен до временного промежутка 1716-1986, для полученных данных средняя годовая доходность была 2%, и гораздо выше для 80-х, так как цены на искусство сильно выросли в этот промежуток времени.

Фундаментальный вклад в 2002 году внесли Мэй и Моисей [9], проанализировав цены за последние 125 лет для картин старых мастеров и художников эпохи модернизма. И в итоге был сделан вывод, что инвестиции в искусство имели доходность, сопоставимую с акциями.

Дальше в различных работах изучали различные факторы, которые могут влиять на цену при перепродаже. Так некоторые работы [1] изучали влияние продажи картин на различных аукционах на их итоговую стоимость. Другие работы [6] исследовали новости и события, которые случались между первой и второй продажей, и их влияние на цену при перепродаже. Также активно изучается вопрос присутствия закона единой цены на рынке искусства. Данный закон утверждает, что при отсутствии транспортных издержек и свободном рынке, цена про-

даже картины не должна зависеть от места продажи. Также имеется эффект шедевра, который утверждает, что выгоднее купить 1 дорогую картину, чем 10 картин, суммарная стоимость которых такая же, то есть выгоднее купить 1 картину за 10000\$, чем - 10 за 1000\$. Так Мэй и Моисей обнаружили отрицательный эффект шедевра[9], что подтверждало более ранние работы[10]. Также было подтверждено отсутствие закона единой цены для различных аукционных домов[10][2]

При этом набор данных в приведенных работах является закрытым, поэтому было решено составить свой датасет и исследовать гипотезы влияния различных атрибутов, меняющихся во времени.

## 3. Датасет

### 3.1. Сбор данных

Датасет состоит из 1478 записей для 495 художников. Для этого было просмотрено 4500 художников. Суммарное количество просмотренных лотов 90567(Таблица 1).

Художников	4500
Поисковых запросов	4500
Количество всех лотов	90567
Количество картин, появлявшихся 2 раза	2615
Количество картин, успешно проданных 2 раза	1478

Таблица 1: Количество исследуемых данных

Каждая запись представляет из себя картину и 2 случая появления ее на аукционах Sotheby's(Рис. 1). Если картина появлялась на аукционе больше 2 раз, то записываются последовательные случаи ее перепродажи. Все записи имеют следующие поля:

- Author - имя художника;
- Art - название картины;
- Image - ссылка на изображение;
- Days\_distance - количество дней между двух продаж;
- Resale\_income - изменение стоимости картины долларах США(USD) с учетом инфляции;
- Estimate\_from\_income - изменение минимальной оценки стоимости произведения аукционов долларах США(USD) с учетом инфляции;
- Estimate\_to\_income - изменение максимальной оценки стоимости произведения аукционов долларах США(USD) с учетом инфляции;

- Description1 и Description2 - описание лота, включает в себя имя художника, годы его жизни, название картины, материал, размер;
- Auction\_date1 и Auction\_date2 - дата продажи;
- Auction\_time1 и Auction\_time2 - время продажи;
- Lot\_number1 и Lot\_number2 - номер лота соответствующей картины на аукционе
- Auction\_location1 и Auction\_location2 - место продажи;
- Estimate\_from1 и Estimate\_from2 - начало прогнозируемого ценового промежутка;
- Estimate\_to1 и Estimate\_to2 - конец прогнозируемого ценового промежутка;
- Price1 и Price2 - стоимость продажи;
- Currency1 и Currency2 - валюта продаж;
- Provenance1 и Provenance2 - История владений картины, появлений на других аукционах;
- link1 и link2 - ссылка на лот на сайте Sotheby's;
- Norm\_price1 и Norm\_price2 - цена продажи в долларах США(USD) с учетом инфляции;
- Norm\_estimate\_from1 и Norm\_estimate\_from2 - минимальная оценка стоимости произведения аукционов долларах США(USD) с учетом инфляции;
- Norm\_estimate\_to1 и Norm\_estimate\_to2 - максимальная оценка стоимости произведения аукционов долларах США(USD) с учетом инфляции;

Author	Zhang Xiaogang
Art	BLOODLINE SERIES: YELLOW BABY
Image	<a href="https://www.sothebys.com/content/dam/stb/lots/HK0/HK0345/HK0345-612-lr-1.jpg">https://www.sothebys.com/content/dam/stb/lots/HK0/HK0345/HK0345-612-lr-1.jpg</a>
Days_distance	1293
Resale_income	504008
Estimate_from_income	374436
Estimate_to_income	568831
Lot_number1	16
Lot_number2	612
Estimate_from1	350000
Estimate_from2	5000000
Estimate_to1	450000
Estimate_to2	7000000
Currency1	USD
Currency2	HKD
Price1	456000
Price2	6620000
Auction_date1	21.03.2007
Auction_date2	04.10.2010
Auction_time1	14:00
Auction_time2	9:30
Auction_location1	New York
Auction_location2	Hong Kong
Description1	zhang xiaogang b. 1958 bloodline series: yellow baby signed in chinese and pinyin and dated 1997oil on canvas50 3/4 by 39 3/8 in. 129 by 100 cm.
Description2	zhang xiaogang b. 1958 bloodline series: yellow baby signed in pinyin and chinese and dated 1997oil on canvas129.3 by 99.8 cm.; 50 7/8 by 39 1/4 in.
link1	<a href="https://www.sothebys.com/en/auctions/ecatalogue/2007/contemporary-art-asia-n08298/lot.16.html">https://www.sothebys.com/en/auctions/ecatalogue/2007/contemporary-art-asia-n08298/lot.16.html</a>
link2	<a href="https://www.sothebys.com/en/auctions/ecatalogue/2010/property-from-an-important-european-collection-hk0345/lot.612.html">https://www.sothebys.com/en/auctions/ecatalogue/2010/property-from-an-important-european-collection-hk0345/lot.612.html</a>
Provenance1	hanart tz gallery, hong kongacquired by the present owner from the above
Provenance2	hanart tz gallery, hong kongsotheby's new york, march 21 2007, lot 16acquired by the present owner from the above
Norm_price1	508683
Norm_price2	1012691
Norm_estimate_from1	390436
Norm_estimate_from2	764872
Norm_estimate_to1	501990
Norm_estimate_to2	1070821

Рис. 1: Пример лота

## 3.2. Описание данных

Изначально был составлен список из 4500 художников взятых с сайта [artscyclopedia.com](http://artscyclopedia.com)[12], которые являются самыми популярными на данный момент. Из них в итоговый набор попали современный художник Дэмьен Херст (24 перепродажи), художник XIX века Пьер Огюст Ренуар (24 перепродажи), художник XX века Жан-Мишель Баския (23 перепродажи), японская художница Яёи Кусама (21 перепродажа), французский художник XX века Жан Дюбюффе (20 перепродаж), Генри Матисс (20 перепродаж), реже попадались другие художники не раньше XIX века. Таким образом в наборе данных предоставлены художники эпохи и модернизма и современного искусства.

Так как Sotheby's является международным аукционным домом, то картины в полученном наборе данных продавались в 11 городах, из них самыми популярными являются Нью-Йорк (976 случаев продаж) и Лондон (811 случаев продаж), также были продажи в Амстердаме, Париже, Мельбурне, Милане, Олимпии, Цюрихе, Гонконге, Сингапуре и Дохе. Самая первая продажа была совершена 10 сентября 2003 года (Tristram Hillier "THE SHELL NATURE FOSSILS COVER DESIGN"), последняя - 9 июля 2020 года (Kazuo Shiraga "CHITASEI HONKŌSHIN"). Среднее время владения картиной до перепродажи 6,6 лет, самое долгое владение 16 лет (Moïse Kisling "ROSES DANS UN VASE"), а самое короткое - 182 дня (Willem De Kooning "UNTITLED (DRAWING #5)").

Для цен продаж картин была проведена нормализация. Для этого все стоимости приведены к общей валюте (USD), в соответствии с курсом валют в соответствующем месяце, затем цена была пересчитана с учетом инфляции на момент декабря 2020 года. Данные об уровне инфляции брались с сайта федерального резерва США[14], данные о курсе валют брались с сайта центрального банка РФ[15] Полученные цены записывались в `Norm_price1` и `Norm_price2`, аналогичные действия были проведены для оценок стоимости лота.

Для каждого художника была посчитана среднегодовая общая до-

ходность по формуле:

$$AnnualizedTotalReturn = \left(1 + \frac{Norm\_price2 - Norm\_price1}{Norm\_price1}\right)^{\frac{365}{Days - distance}}$$

Средняя среднегодовая общая доходность получилась 6%, что согласуется с более ранними исследованиями, стандартное отклонение же равняется 14%. Также была посчитана средняя среднегодовая доходность для разных подмножеств набора данных, полученных выделением разных признаков, которые мы будем использовать для будущего исследования. А именно, разбиение по времени и месту продажи. Результаты приведены в Таблице 2. Можно заметить, что для большинства признаков средняя среднегодовая доходность находится в пределах 4-6%, за исключением признаков, в котором один из городов не является Нью-Йорком или Лондоном, для них искомый показатель равен 10-13%. В связи с этим было решено разделить эти группы на более мелкие и рассматривать каждый город в отдельности.

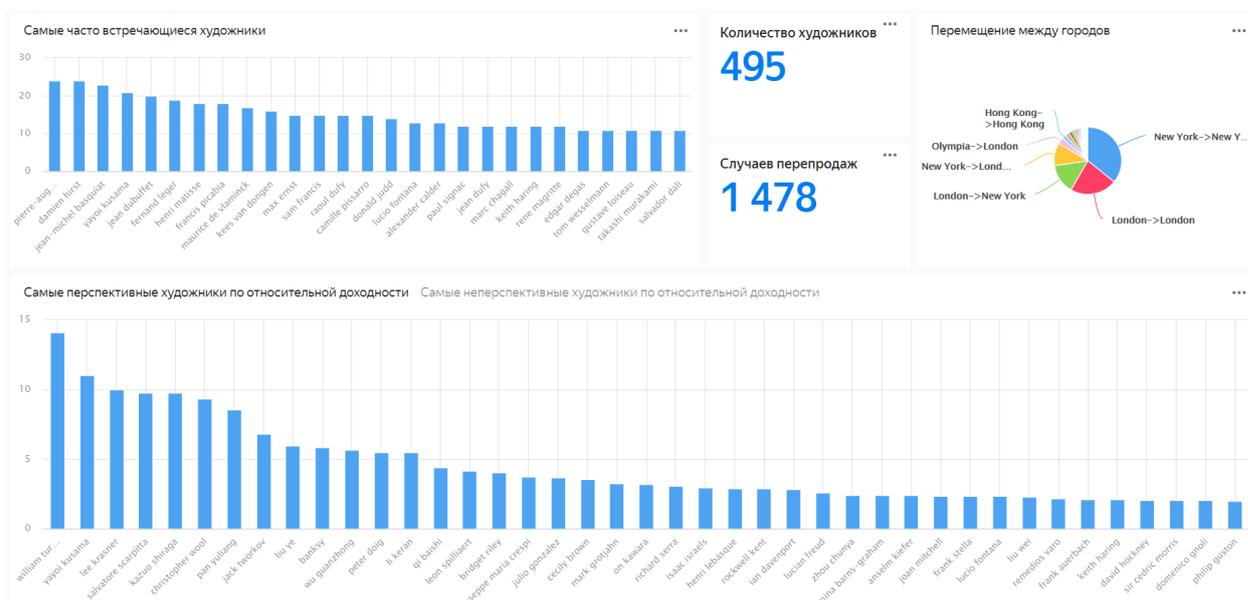


Рис. 2: Часть первой страницы дашборда

Также полученные данные были визуализированы в виде дашборда[16]. Дашборд состоит из 2 частей. На первой странице(Рис. 2) приводятся информация по всему набору данных. Можно увидеть Лучшие и худшие картины по относительной доходности, авторов, которые встре-

	Среднее	Стандартное отклонение
Стоимость продажи (USD с учетом инфляции)	816 383	2 613 797
	Средняя среднегодовая доходность	Стандартное отклонение
Общая	0,0589	0,16
День->День	0,056	0,16
День->Вечер	0,062	0,18
Вечер->День	0,068	0,18
Вечер->Вечер	0,055	0,15
Лондон->Лондон	0,051	0,15
Нью-Йорк->Нью-Йорк	0,046	0,15
Лондон->Нью-Йорк	0,0616	0,17
Нью-Йорк->Лондон	0,043	0,13
Другие города->Другие города	0,134	0,17
Другие города->London	0,112	0,16
Другие города->Нью-Йорк	0,044	0,17
Лондон->Другие города	0,066	0,16
Нью-Йорк->Другие города	0,109	0,16

Таблица 2: Среднегодовая доходность для разных групп данных

Художник	andy warhol	Картина	—	Случаев перепродаж	2	...		
Перепродажи								
Author	Art	Resale_income	Days_distance	Norm_price1	Auction_location1	Norm_price2	Auction_date2	Auction_location2
andy warhol	UNTITLED	-27 333,00	406,00	111 524,00	New York	84 191,00	27.06.2019	London
andy warhol	KEY SERVICE (POSITIVE)	17 789,00	503,00	69 713,00	New York	87 502,00	27.09.2017	New York

Рис. 3: Вторая страница дашборда

чаются в датасете чаще всего, а также информацию о перемещениях картин между городов при перепродаже. На второй странице (Рис. 3) можно детальнее рассмотреть информацию по конкретному автору или картине.

## 4. Алгоритм поиска совпадений

Информация с сайта получалась с помощью библиотеки puppeteer[11] для Node.js, предназначенной для автоматизированной работы с Google Chrome. В том числе с помощью нее можно создавать программы для автоматического сбора данных с веб-сайтов(Рис. 4). Данные собирались в файлы формата .json. Затем они очищались и преобразовывались в формат .csv, так как такое расширение удобно для последующего анализа данных(Рис. 5).

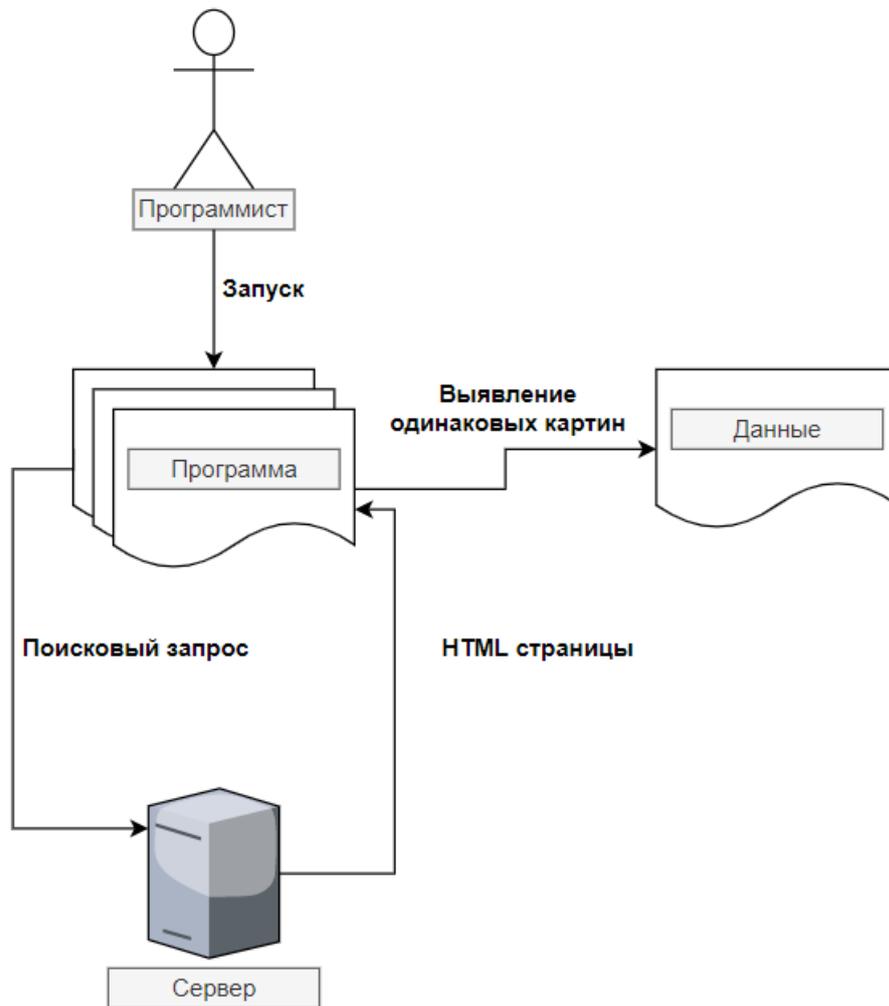


Рис. 4: Процесс выполнения программы

Для каждого автора составлялся поисковый запрос на сайте sothebys.com[1] чтобы найти все лоты, у которых есть точные совпадения с именем автора. Всего такими запросами было получено 90567 ссылок на лоты. Для каждой ссылки извлекалось наполнение страницы, на которую она

```

function Parsing{
  for i in range(0, num_of_search) {
    page.goto(search_link[i]) //Переходим по ссылке с поисковым запросом
    num = selector('Number of result') //Достаем со страницы количество лотов
    if (num > 1) {
      q = 1
      while (q < num / 51 + 1) {
        page.goto(page_of_result[i][q]) //посещаем все страницы выдачи
        all_links += list_of_link //запоминаем ссылки на лоты
      }
      for j in range(0, num)
        info[j] = AllSelector('All info') //Достаем всю информацию с страницы лотов
      for j in range(0, num)
        for k in range(0, num)
          if (date[k] in Provenance[j] and lot_number[k] in Provenance[j])
            ans.push(info[k], searchinfo[j]) //Отбираем перепродажи
      writefile(ans) //pfgbcsdftv d afqk htpekmfn
    }
  }
}

```

Рис. 5: Псевдокод[17]

ведет(Рис. 8). Затем для каждого художника искали картины, которые продавались несколько раз. Реализовывалось это с помощью поля Provenance(Рис. 6)(Рис. 7). Для всех пар картин одного художника проверялось, есть ли среди историй появления одной из картин на других аукционах год, месяц, дата и номер лота другой картины.

## PROVENANCE

---

Anonymous sale ('una Collezione Privata Milanese'), Milan, Sotheby's, 19 October 2010, lot 217, where purchased by the present owner.

Рис. 6: Пример Provenance

## PROVENANCE

---

Robert Buhler, London (acquired from the artist studio *circa* 1951)  
Piccadilly Gallery, London  
Luca Scacchi Gracco, Milan  
Galleria La Medusa, Rome  
Private Collection, Italy  
Private Collection, New York  
Private Collection, Canada  
Sotheby's London, *Contemporary Art Evening Auction*, 26 June 2012, lot 46  
Acquired from the above sale by the present owner

### Рис. 7: Пример Provenance

Если такие находились, то пара лотов записывалась отдельно. Таким образом, получился набор из 1639 пар. Среди этих пар присутствовали также статуи, фотографии, посуда. Это произошло из-за того, что некоторые художники занимались и другими видами искусства. Все такие записи исключались с помощью ключевых слов. Оставшиеся пары лотов пошли в итоговый датасет.

339

PROPERTY FROM THE RAUBERT COLLECTION, HAMBURG

**Francis Picabia**

PAYSAGE

Estimate 60,000 – 80,000 **GBP** LOT SOLD. 72,000 GBP

[JUMP TO LOT](#)



IMAGE ZOOM

DETAILS & CATALOGUING

**Francis Picabia**

1879 - 1953

PAYSAGE

signed *Picabia*, dated *1910* and dedicated to *Leonardi amical souvenirs 1910* (lower right)  
oil on canvas  
54 by 65cm., 21 1/4 by 25 5/8 in.  
Painted in 1910.

[READ CONDITION REPORT](#)

[SALEROOM NOTICE](#)

The authenticity of this work has been confirmed by the Comité Picabia.

**PROVENANCE**

Sale: Palais Galliera, Paris, 19th March 1973, lot 55  
Frida Fleiss, Paris (purchased at the above sale)  
Galerie 1900-2000, Paris  
Marianne & Pierre Nahon, Vence (acquired from the above; sale: Sotheby's, Vence, *Le Jardin Secret de Marianne et Pierre Nahon*, 18th July 2004, lot 301)  
Purchased at the above sale by the present owner



[ADD TO MY CATALOGUE](#)

[FOLLOW LOT](#)

[PRINT](#)

**IMPRESSIONIST &  
MODERN ART  
DAY**

20 JUNE 2006 | 2:30 PM BST  
LONDON

[CONTACT INFO](#)

Рис. 8: Пример страницы лота на сайте sothebys.com

## 5. Методология исследования

Отобразив зависимость среднегодовой доходности от времени между перепродажей картины (Рис. 10), можно заметить, что наклон линии тренда не сильно отклоняется от 0. Это позволяет нам сказать, что не существует простых возможностей получения прибыли от инвестиционных стратегий, которые различаются по срокам владения. Таким образом имеет смысл изучать изменение стоимости в конкретный период владения картины.

Данные о случаях перепродаж картин позволяют посчитать индекс относительного изменения стоимости инвестирования с помощью линейной регрессии, который выражает относительные изменения стоимости картин в разные года [3]. Пусть для года  $t$  индекс будет  $I_t$ , который будет выражать стоимости продажи картин в год  $t$  относительно 2003 года. Тогда для каждой картины будет верно равенство

$$\frac{B}{P} = \frac{I_{t_1}}{I_{t_2}} + \epsilon,$$

где  $P$  = цена покупки картины,  $B$  - цена покупки,  $\epsilon$  - случайная величина, а  $t_1, t_2$  - года, когда картина была куплена и продана соответственно. При этом  $I_{2003} = 1$ . Теперь мы можем прологарифмировать данные равенства и получим набор уравнений вида:

$$r_i = \ln\left(\frac{P_i}{B_i}\right) = \sum_{t=2004}^{2020} \beta_t D_i^t + \epsilon_i, \quad (1)$$

где  $\beta_t = \ln(I_t)$ ,  $D_i^t = -1$ , если картину  $i$  купили в год  $t$ ,  $D_i^t = 1$ , если продали и  $D_i^t = 0$  иначе, а  $\epsilon_i$  - случайная величина, которая не коррелирует со временем и произведениями искусства.

Изучим вопрос влияния иных параметров на индекс относительного изменения стоимости инвестирования. Рассмотрим параметры, которые меняются со временем и могут влиять на итоговую стоимость картин. Такие как ожидаемые рамки итоговой цены, время и место продажи, смена валюты и номера лота. А также рассмотрим влияние стоимости

покупки. Таким образом наши уравнения принимают следующий вид:

$$r_i = \sum_{t=2004}^{2020} \beta_t D_i^t + \alpha_0 L_0 + \sum_{j=1}^m \alpha_j L_j + \epsilon_i, \quad (2)$$

где  $L_0 = \ln(B)$ ,  $L_j$  - атрибуты, которые могут влиять на стоимость, а  $\alpha_i$  - коэффициенты при соответствующих атрибутах.

Проверим гипотезу влияния цены первоначальной покупки и изменения времени, оценки стоимости, времени года, места продажи картины на доходность перепродаж с помощью (2). Выполнение закона единой цены и отсутствие эффекта шедевра будут обозначать, что  $\alpha_i$  при соответствующих атрибутах должна равняться 0.

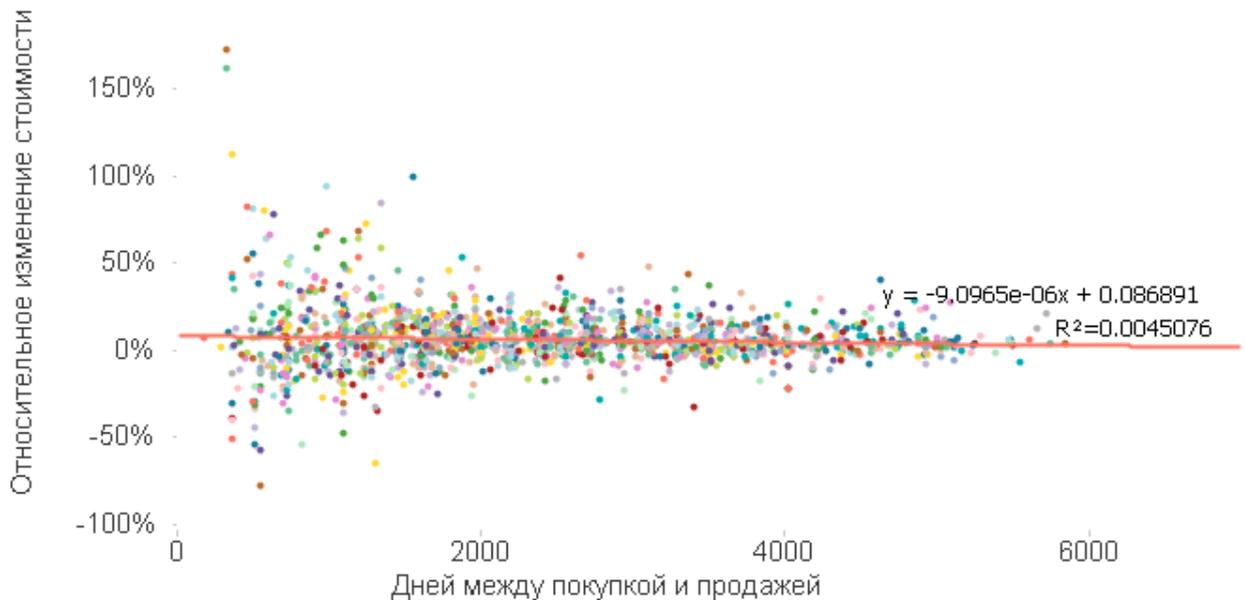


Рис. 9: Доходность картин относительно времени между продажами

## 6. Результаты исследования

Для уравнений (1) можно сделать линейную регрессию с зависимой переменной  $r_i = \ln(\frac{P_i}{B_i})$  и независимыми переменными  $D_t$ . Таким образом мы получаем  $\beta_t$ , откуда мы можем получить  $I_t$  из уравнения  $I_t = e^{\beta_t}$ . По результатам вычислений (Рис. 10) можно заметить, что имеется спад после 2008 года, что можно связать с мировым кризисом 2008 года, после которого опять наблюдается стабильный рост. Подробные результаты регрессии представлены в Таблице 3

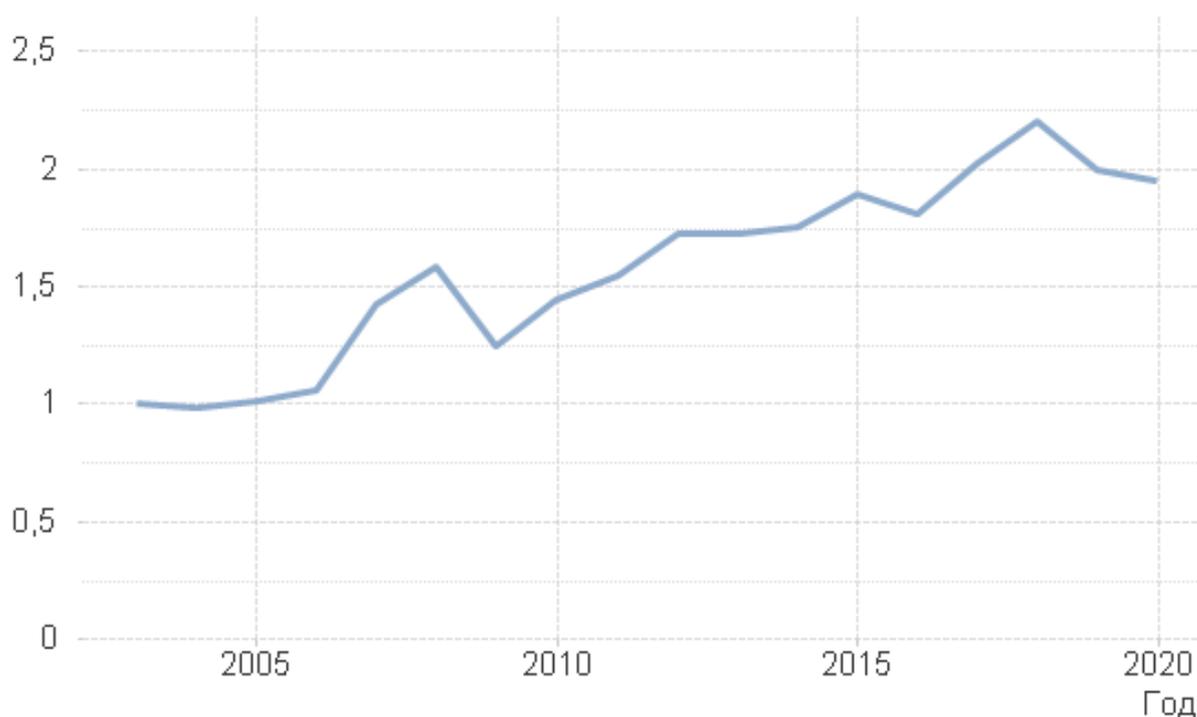


Рис. 10: Изменение индекса доходности инвестирования

Также сделаем линейную регрессию для (2), добавив новые независимые переменные (Таблица 4). Были рассмотрены параметры, связанными с временем продажи. Вечерние аукционы отличаются от дневных тем, что картины для них отбираются избирательнее. Можно заметить, что при покупке и продаже картины на дневном аукционе, цена снижается, в остальных случаях незначительно повышается. Смена времени года продажи почти никак не влияет на стоимость картины, то есть нет сезона в году, когда стоимость картин в среднем выше. Также были исследованы изменения оценочной стоимости картины. По резуль-

Год	$\beta_i$	Стандартное отклонение
2004	-0.013	0.112
2005	-0.002	0.111
2006	0.050	0.110
2007	0.329	0.107
2008	0.448	0.108
2009	0.201	0.117
2010	0.346	0.113
2011	0.396	0.114
2012	0.510	0.115
2013	0.509	0.108
2014	0.480	0.111
2015	0.614	0.110
2016	0.561	0.114
2017	0.630	0.108
2018	0.747	0.112
2019	0.709	0.118
$R^2$	0.19	

Таблица 3: Результаты регрессии

татам видно, что увеличение нижней оценки стоимости увеличивает стоимость картин, с верхней границей ситуация противоположная, ее увеличение приводит к снижению итоговой стоимости картины. Коэффициент при  $\ln(B)$  мал, что говорит о том, что для данных работ не выполняется эффект шедевра и нет значительной разницы между покупкой одной дорогой или нескольких дешевых картин.

Год	Коэффициенты	Стандартное отклонение
2004	0,017	0,101
2005	0,055	0,101
2006	0,071	0,100
2007	0,324	0,099
2008	0,332	0,101
2009	0,159	0,110
2010	0,309	0,107
2011	0,306	0,110
2012	0,422	0,113
2013	0,379	0,107
2014	0,453	0,111
2015	0,500	0,115
2016	0,477	0,120
2017	0,563	0,116
2018	0,636	0,123
2019	0,497	0,127
День->День	-0,183	0,156
День->Вечер	0,029	0,154
Вечер->День	0,027	0,152
Вечер->Вечер	0,043	0,151
Увеличение нижней границы оценки	0,326	0,100
Увеличение верхней границы оценки	-0,334	0,098
$\ln(B)$	-0,010	0,025
Смена времени года	0,002	0,037
Лондон->Лондон	-0,011	0,228
Амстердам->Лондон	-0,36	0,36
Нью-Йорк->Нью-Йорк	-0,12	0,227
Лондон->Нью-Йорк	-0,127	0,23
Нью-Йорк->Лондон	-0,115	0,232
Париж->Лондон	0,065	0,258

Нью-Йорк->Париж	-0,376	0,293
Париж->Нью-Йорк	-0,03	0,276
Мельбурн->Мельбурн	0,019	0,5
Милан->Лондон	0,226	0,293
Олимпия->Лондон	0,122	0,221
Милан->Париж	-0,296	0,676
Цюрих->Цюрих	-0,784	0,396
Олимпия->Гонконг	2,303	0,383
Нью-Йорк->Гонконг	0,21	0,259
Лондон->Гонконг	0,288	0,306
Лондон->Олимпия	-0,516	0,671
Лондон->Париж	-0,209	0,316
Олимпия->Нью-Йорк	0,165	0,328
Гонконг->Гонконг	0,709	0,266
Милан->Нью-Йорк	-0,863	0,51
Амстердам->Париж	0,048	0,674
Париж->Париж	-0,031	0,301
Амстердам->Нью-Йорк	-0,492	0,356
Амстердам->Гонконг	1,006	0,672
Париж->Олимпия	-1,499	0,501
Нью-Йорк->Олимпия	-0,077	0,668
Париж->Гонконг	1,204	0,378
Гонконг->Нью-Йорк	0,458	0,438
Сингапур->Гонконг	0,448	0,438
Амстердам->Амстердам	-0,69	0,671
Милан->Милан	-0,598	0,666
Нью-Йорк->Доха	0,744	0,675
$R^2$	0.38	

Таблица 4: Результаты регрессии с дополнительными параметрами

	Лондон	Нью-Йорк	Париж	Милан	Амстердам	Олимпия	Цюрих	Гонконг
Лондон	-0,011	-0,27	-0,209	-	-	-0,516	-	0,228
Нью-Йорк	-0,115	-0,12	-0,376	-	-	-0,077	-	0,21
Париж	0,065	-0,03	-0,031	-	-	-1,499	-	1,204
Милан	0,296	-0,863	-0,296	-0,598	-	-	-	-
Амстердам	-0,36	-0,492	0,048	-	-0,69	-	-	1,006
Олимпия	0,122	0,165	-	-	-	-	-	2,303
Цюрих	-	-	-	-	-	-	-0,784	-
Гонконг	-	0,458	-	-	-	-	-	0,709
Сингапур	-	-	-	-	-	-	-	0,448

Таблица 5: Города

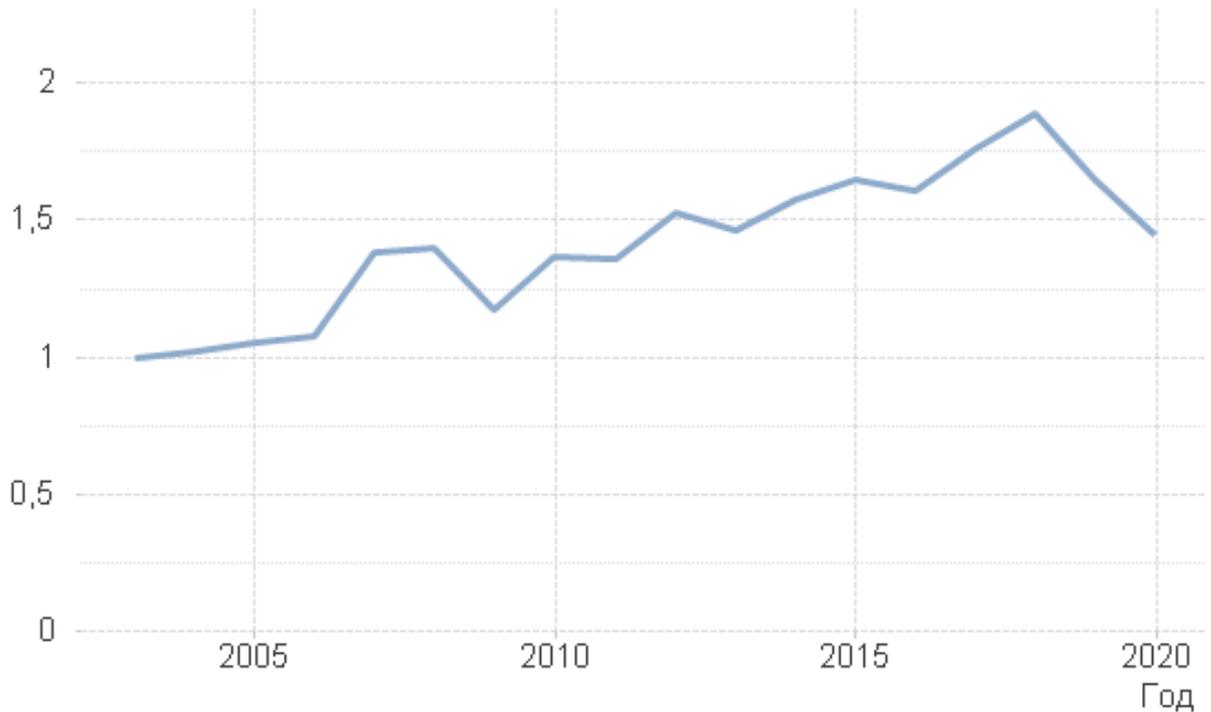


Рис. 11: Скорректированное изменение индекса доходности инвестирования

Коэффициенты при различных параметрах связанных с местами покупки и продажи картины также представлены в Таблице 5. Можно увидеть, что при перемещении картины между Лондоном, Парижем, Миланом и Амстердамом влияет на стоимость скорее отрицательно. Исключение имеют картины которые были проданы в Лондоне, а куплены в Париже или Милане, а также перепродажа из Амстердама в Париж. То есть продажа в Лондоне иногда положительно влияет на стоимость перепродажи. В отличии от этих городов в Олимпии оказалось выгодно покупать картины и при этом не выгодно продавать. В

Гонконга оказалось выгодно и покупать и продавать картины. Таким образом для картин, которые были куплены в Европе выгодно продавать их за ее пределами, а для картин, купленных за пределами Европы не имеет особой разницы место продажи. Таким образом закон единой цены не выполняется.

Также были скорректированы  $\beta_i$  с учетом новых параметров, которые влияют на цену. Таким образом мы можем скорректировать  $I_t$ , и убрать влияние временных и локационных зависимостей. На графике 11 можно заметить, что прирост стоимости до 2008 почти не изменился, но после мирового кризиса стоимость в реальности растет немного медленнее. Если изначально относительное изменение стоимости между 2009 и 2018 годами было 1,765 то в для скорректированного индекса оно уже равняется 1,61. То есть реальный прирост стоимости с 2009 года меньше на 14%.

## Заключение

В результате работы были решены следующие задачи:

- Собран датасет по аукционным продажам произведений искусства с сайта sothebys.com
- Полученные данные были обработаны и представлены в удобном для последующего анализа виде
- Был посчитан и скорректирован индекс доходности инвестирования

В результате работы был посчитан и скорректирован с учетом дополнительных атрибутов индекс относительного изменения стоимости картин художников современности и модернизма. Данные картины имеют довольно стабильный рост цена за последние 10 лет. С 2003 года по 2018 год цена выросла на 188%, а с 2009 - на 161%. Проверка гипотезы показала, что изменение времени суток, оценочной стоимости и места продажи влияют на стоимость перепродажи картины. Время года и первоначальная цена в свою очередь почти не оказывают никакого влияния. Из чего можно сделать вывод, что для картин самых популярных художников современного искусства и эпохи модернизма не работает эффект шедевра и закон единой цены

## Список литературы

- [1] Ashenfelter O., Graddy K. Auctions and the price of art. — *Journal of Economic Literature*, 2003.
- [2] Ashenfelter O., Graddy K. Art auctions, ch. 26. — *Handbook of the Economics of Art and Culture*, 2006.
- [3] Bailey M. J. Muth R. F. Nourse H. O. A regression method for real estate price index construction. — *American Statistical Association Journal*, 1963.
- [4] Baumol W. J. Unnatural value: or art investment as floating crap game. — *The American Economic Review*, 1986.
- [5] Etro F., Stepanova E. Art collections and taste in the spanish siglo de oro. — *Journal of Cultural Economics*, 2017.
- [6] Etro Federico, Stepanova Elena. On the Efficiency of Art Markets Evidence on Return Rates from Old Masters Paintings to Contemporary Art. Working Paper N. — 2019.
- [7] Goetzmann W. N. How Costly is the Fall from Fashion? Survivorship bias in the painting market. — *Contributions to Economic Analysis*, 1996.
- [8] J. Cinefra U. Garay C. Mibelli, Pérez E. The determinants of art prices: an analysis of joan miró. — *Academia Revista Latinoamericana de Administración*, 2019.
- [9] Mei J., Moses M. Art as an investment and the underperformance of masterpieces. — *The American Economic Review*, 2002.
- [10] Pesando J. E. Art as an investment: The market for modern prints. — *The American Economic Review*, 1993.
- [11] Puppeteer Documentation. — 2021. — URL: <https://pptr.dev/>.

- [12] <http://artcyclopedia.com>. — 2021. — URL: <http://artcyclopedia.com>.
- [13] <http://sothebys.com>. — 2021. — URL: <http://sothebys.com>.
- [14] Данные об инфляции. — 2021. — URL: <https://www.statbureau.org/>.
- [15] Данные об курсе валют. — 2021. — URL: <https://www.cbr.ru/>.
- [16] Дашборд для ознакомления. — 2021. — URL: <https://datalens.yandex/y7tqzweb4djss>.
- [17] Исходный код парсинга. — 2021. — URL: <https://github.com/BogdanPolin/art-parsing/blob/main/index.js>.