**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

**«Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»**

**Департамент «Департамент математики»**

**Домашнее творческое задание на тему:**

**Воздействие социально-экономических факторов на объём ВРП в субъектах Российской Федерации**

**Выполнил:** студент группы КФиБА 20-1

Зархин Иван Евгеньевич

**Проверил:**

Ященко Наталия Алексеевна

**Москва 2022**

Оглавление

[**Теоретические предпосылки** 4](#_Toc121950664)

[**Выбор эндогенных переменных (регрессоров)** 4](#_Toc121950665)

[**Построение спецификации модели** 6](#_Toc121950666)

[**Проверка на основные виды ошибок и внесение корректировок в эконометрическую модель** 7](#_Toc121950667)

[**Тестирование адекватности предпосылок теоремы Гаусса-Маркова и оценка параметров модели** 10](#_Toc121950668)

[**Проверка адекватности модели** 12](#_Toc121950669)

[**Заключение** 14](#_Toc121950670)

[**Приложения** 15](#_Toc121950671)

[**Список литературы** 19](#_Toc121950672)

**Введение**

Несмотря на активные попытки стабилизировать ситуацию в развитии регионов и устранить существующую с советского союза асимметрию, сделать это так и не удаётся. В совокупном ВРП страны отдельные субъекты сильно вырвались вперёд, когда некоторые отстающие даже вдесятером едва могут покрыть 5% от совокупного объёма этого макроэкономического показателя.

Цель исследования заключается в том, чтобы проанализировать, как факторы производства в регионах влияют на совокупный валовый региональный продукт, найти и доказать статистическую зависимость.

Чтобы достигнуть цели исследования, необходимо выполнить ряд задач, а именно:

1. Изучить теоретические предпосылки вопроса
2. Построить спецификацию эконометрической модели
3. Проверить ее на ошибки первого, второго и третьего рода
4. Рассчитать коэффициенты модели
5. Проверить модель на выполнение предпосылок Гаусса-Маркова
6. Проверить модель на адекватность
7. Сделать выводы

Актуальность темы заключается в том, что асимметрия между регионами только возрастает, а в ближайшем будущем ожидается лишь большее ее усиление.

В исследовании автор будет использовать Python и статистические библиотеки.

# **Теоретические предпосылки**

С точки зрения макроэкономики, ВРП (валовый региональный продукт) – это один из основных показателей экономического состояния региона, который показывает стоимость всех товаров и услуг, произведенных в конкретном субъекте.

Исследование ВРП представляет важность для прогнозирования экономического потенциала не только одного отдельно взятого региона, но и всей страны в целом: несмотря на то, что сумма ВРП субъектов федерации не равна ВВП ни количественно, ни качественно, она занимает значительную часть Внутреннего Валового Продукта России.

Проблема аномального распределения ВРП страны стоит остро. Так 46,3% всей суммы исходит от 10 регионов, остальные 75 делят между собой оставшиеся 53,7%. На один только Ненецкий автономный округ приходится 13% всего совокупного ВРП. [1]

Отток ресурсов из регионов Сибири, Кавказа и Дальнего Востока в Северо-Западную часть страны лишь усиливает асимметрию регионального экономического развития.

«Минэкономразвития» обратил внимание на эту проблему и потому разработал Стратегию пространственного развития РФ до 2025 года, которая предусматривает сбалансированное развитие регионов по всей стране и выравнивание их уровня ВРП. Однако, исходя из последней геополитческой ситуации, достижение целей стратегии к 2025-ому выглядит неубедительным.

# **Выбор эндогенных переменных (регрессоров)**

В первую очередь определимся, что в качестве экзогенной переменной мы будем брать объём ВРП, произведённого регионом.

Прежде всего стоит предположить, что на объём производства региона (т.е. ВРП) влияют сами факторы производства. В экономике выделяют четыре основных фактора производства: труд, земля, капитал и информация.

Относительно регионов интересно обратить внимание на такой показатель как «инвестиции в основной капитал», который показывает объём средств, направленных на создание и воспроизводство основных средств, таких как покупка машин, зданий или высадку насаждений. Так как объём вложенного капитала приводит к обновлению производственных фондов, выпуск предприятий становится эффективнее, себестоимость производства становится дешевле. Следовательно, увеличивается стоимость совокупного выпуска.

Другой эндогенной переменной может стать объём средств, которые регионы вложили в развитие технологий. Информация как фактор производства представляет собой именно ресурсы, затраченные на развитие НПК. Предположим, что чем больше объём средств, вложенных в технологический бизнес, тем больше будет возврат ВРП от интенсивного эффекта научных разработок.

Третьей эндогенной переменной, которая может оказаться статистически значимой, может являться объём средств, который в субъекте тратится на трудовые ресурсы. Чтобы узнать эту величину, нам следует умножить количество трудоспособного населения на среднюю зарплату в регионе, так как отдельно эта информация будет малоинформативной. В таблице 1 показана оптимизация двух разрозненных показателей и сведение их к общей сумме затрат на труд в субъекте на примере Белгородской области.

Таблица 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Регион | Средний доход (руб.) | Кол-во трудоспособного населения от 15 до 72 лет (тыс. чел) | Затраты на труд в регионе (тыс. руб.) |
| Белгородская область | 35781,0 | 827,769 | 29 618 402, 589 |

Labour = Revenue\*Number

Фактор земли в качестве эндогенной переменной для каждого региона решено не брать, так как его достаточно тяжело объективно оценить и точной статистики, какая часть земли в каждом субъекте отдана под производство не существует. В открытом доступе содержится информация только по сельскохозяйственным угодиям и по общей площади регионов. Проблема первого вида статистики заключается в том, что она не учитывает, какая площадь отдана под несельскохозяйственный бизнес и результаты будут искажаться сельскохозяйственными регионами, такими, как Краснодарский край. По второму виду статистики не известно, как в площади регионов распределяется доля, отданная под бизнес единицы. В случае учета этого фактора мы рискуем получить искажение в сторону крупных регионов (таких как республика Саха).

# **Построение спецификации модели**

За основу спецификации возьмём производственную модель Кобба-Дугласа и расширим её дополнительным фактором «затраты на научные разработки».

В итоге спецификация будет выглядеть следующим образом:

×ut (1.1)

Где:

Yt – ВРП региона (эндогенная переменная),

Lt – затраты на труд в регионе (экзогенная переменная),

Kt – затраты на капитал в регионе (экзогенная переменная),

Tt – затраты на технологии в регионе (экзогенная переменная),

a0 > 0,

0 < a1, a2, a3 <1,

ut – случайные возмущения

Теперь перейдем к сбору статистики. За основу были взяты данные Росстат по следующим категориям:

* Показатели Валового регионального продукта за 2021 год [2]
* Статистика по трудоспособному населению в разрезе субъектов РФ за 2021 год [3]
* Статистика по среднедушевому доходу в разрезе субъектов РФ за 2021 год [3]
* Статистика по затратам на технологический бизнес в разрезе по субъектам РФ [4]
* Статистика по инвестициям в основной капитал в разрезе по субъектам РФ за 2021 год [5]

Чтобы мы смогли применить метод МНК нам необходимо линеизировать существующую модель методом логарифмирования. В результате проведенных операций мы получим следующий вид спецификации:

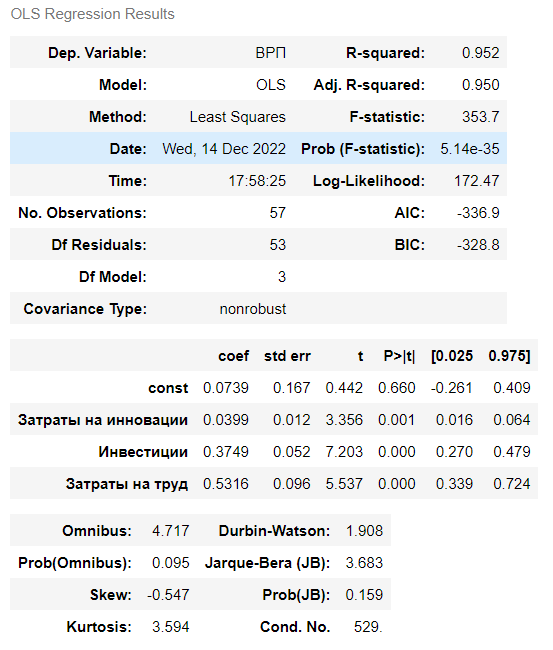
+ ut (1.1)

# **Проверка на основные виды ошибок и внесение корректировок в эконометрическую модель**

Сперва оценим коэффициенты множественной линейной регрессии при помощи инструментов Python. Воспользуемся статистическим пакетом statsmodels [6], с помощью которого мы будем не только рассчитывать коэффициенты, но и проводить в будущем необходимые тесты на соблюдение предпосылок.

Разделим нашу выборку на две части: зависимую переменную Y, статистику по которой составляют значения ВРП субъектов РФ и матрицу X, которую формируют статистика по объясняющим переменным K, L и T. Затем с помощью метода OLS из библиотеки statsmodels оценим параметры модели и основные статистики.

**Рисунок 1. МНК-оценка модели.**

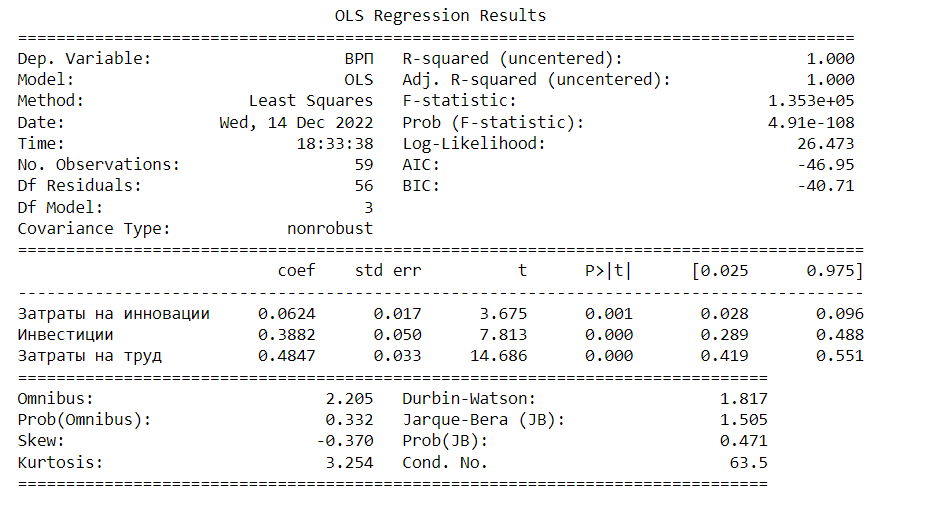


В первую очередь обратим внимание на столбец t в summary анализа OLS. Коэффициент t показывает отношение оценённого коэффициента к среднеквадратической ошибке и с помощью него можно проверить модель на ошибку второго типа, а именно *включение незначащих регрессоров в модель.* Так, если модуль коэффициента t окажется больше t критического, значит регрессор считается значимым. В противном случае регрессор стоит убрать из модели.

Чтобы узнать значение t-распределения используем библиотеку scipy и модуль t.ppf, в котором нам необходимо указать два значения: критический уровень и степень свободы. Критический уровень alfa мы примем за 0.05, степень свободы по нашей модели равна 56. Итого, t-критическое = 1.997.

Все коэффициенты выше критического уровня кроме свободного члена. Исключим его из модели и снова проведем МНК-оценку.

**Рисунок 2. МНК-оценка модели без свободного члена**

****

Теперь проверим модель на ошибку первого рода, а именно на *правильно подобранную функцию регрессии.* Для этого нам нужно оценить знаки случайных остатков и коэффициенты двух моделей из разбитый поровну выборок.

Для начала посмотрим на случайные остатки. Расположим модули регрессоров по возрастанию и посмотрим на знаки. Обратите внимание на приложение 1. В целом знаки остатков не задерживаются на одном месте и постоянно меняются. Можем говорить о том, что остатки действительно случайные.

Оценим коэффициенты двух моделей. Разделим выборку на две части: с 1-ого наблюдения по 33-е и с 34-ого по 65-ое.

После анализа мы получили следующие результаты, приведенные в таблице 1.

**Таблица 1. Коэффициенты половины выборки**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Первая половина | Вторая половина |
| a1 | 0.040525 | 0.072230 |
| a2 | 0.451013 | 0.446753 |
| a3 | 0.450765 | 0.440291 |

Как мы видим, оценки коэффициентов мало отличаются друг от друга при разделении выборок на две равные части.

Также необходимо проверить модель на ошибки третьего рода, а именно *невключение важных регрессоров в модель.* В целом симптоматика очень похожа на ошибки первого рода, но чтобы убедиться дополнительно в том, что этой ошибки не наблюдается, проверим знаки остатков еще с помощью одного критерия, а именно с помощью теста на автокорреляцию. Так как в спецификации отсутствует свободный член, статистику DW применять нельзя. Поэтому использует аналог, другой тест на автокорреляцию, который предполагает намного меньше ограничений, чем DW (в том числе возможность его использования без свободного члена), а именно статистику Бреуша-Годфри.

Гипотеза H0 заключается в том, что в модели отсутствует корреляция случайных остатков. Альтернативная гипотеза говорит об обратном.

Для того, чтобы провести этот тест воспользуемся методом acorr\_breusch\_godfrey() из библиотеки statsmodels. Входные данные для функции – это исходная модель и номер порядка. В нашем случае порядок будет равен единице, так как у нас стационарный, а не временной ряд, тогда тест Бреуша-Годфри будет аналогичен по результатам тесту Дарбина-Уотсона. Введем код:

sm.stats.diagnostic.acorr\_breusch\_godfrey (res, nlags = 1 )

На выходе мы получаем список значений, из которых нас интересует первые два – это сама статистика BG и p-value для проверки нулевой гипотезы. P-value равен 0.38. Так как p-value > уровня значимости alfa, который мы берем как 0.05, это значит, что мы можем принять нулевую гипотезу об отсутствии автокорреляции случайных остатков.

В данном случае не целесообразно проверять нашу модель на ошибку 4 типа: непостоянство параметров линейной регрессионной модели. Наши данные не временные, а пространственные, тест Чоу использовать не нужно.

# **Тестирование адекватности предпосылок теоремы Гаусса-Маркова и оценка параметров модели**

После проверки на основные симптомы некачественной модели, мы убедились, что явных признаков плохой спецификации нет. Теперь перейдем к тестированию предпосылок Гаусса-Маркова, а именно:

1. Математическое ожидание случайных остатков равно нулю.   
   H0: E(ui) = 0
2. Предпосылка о постоянстве дисперсии случайных остатков во всех наблюдениях.  
   H0: Var(ui) = sigma^2
3. Отсутствие корреляции между случайными остатками в любом наблюдении:  
   H0: Cov(ui, un) = 0
4. Случайный остаток должен быть распределен независимо от объясняющих переменных xi. Cov(xi, ui) = M (xi·ui) = 0

Первым делом разделим датафрейм на две выборки – обучающую и контролирующую. Пусть значения с пятого по последнее будут в обучающей выборке. С первого по пятое значения мы затем проверим адекватность модели.

Для проверки первой предпосылки мы должны провести F-тест. Сначала вычисляется значение F по формуле:

Оно для модели равняется 125429. F-статистика намного больше F-критического при уровне значимости 5% и степенях свободы 3 и 57 (F критическое по таблице в таком случае равно 2, 76). Кроме того, на то, что предпосылка выполняется указывает значение *Prob (F-statistic)*, которое намного меньше установленного p-value в 5%. Это значит, что мы принимаем гипотезу о нулевом математическом ожидании случайных остатков и можем доверять коэффициенту детерминации, который для данной модели равен 0,99. Спецификация признана качественной.

Для проверки второй предпосылки Гаусса-Маркова о гомоскедастичности случайных остаков обратимся к тесту Готфрида-Квандта. В библиотеке statsmodels он выполняется с помощью модуля het\_goldfeldquandt(), входные данные для которого – это вектор статистики по эндогенной переменной и матрица статистики по экзогенным переменным. Третий параметр, который необходимо задать – это мера отсечения переменных из середины, чтобы потом алгоритм сравнил, как отличается распределение остатков по обе стороны от середины. Документация statsmodels рекомендует задавать этот параметр как 20% от выборки.

Суть теста заключается в проверке H0: Var(u1) = Var(u2) = Var(ui) = sigma^2. Если значения теста окажется меньше p-value в 5%, то мы отвергаем нулевую гипотезу. Если нет, то принимаем.

Тест показал значение равное 0.08 при отсечении 20% выборки. Мы принимаем гипотезу о гомоскедастичности случайных остатков.

Третью предпосылку о неавтокоррелированности случайных остатков мы проверили на этапе разбора возможных ошибок статистиков Бреуша-Годфри и установили, что в модели не наблюдается автокорреляция случайных остатков.

Sigma u мы вычислим вручную, так как пакет statsmodels не имеет такой функции. Вычисления произведем по следующей формуле:

Sigma = = 0,168

Теперь, после проверки всех предпосылок Гаусса-Маркова составим оцененную модель:

|  |
| --- |
| + ut (1.1) |
| Sa1 = 0,031 Sa2 = 0,047 Sa3 = 0,017 S(ut) = 0, 168 |

# **Проверка адекватности модели**

Для проверки адекватности модели мы должны составить доверительный интервал и узнать, попадает ли фактическое значение ВРП в него или нет.

Для начала найдём коэффициент q по формуле q = xT\*(XT\*X)\*\*-1\*x. Оно оказалось равно 0.04.

Затем вычислим значение S, Y1 и границы доверительного интервала по формулам:

S = sigma\* = 0, 17

Y1\_прогнозное = 0,06\*10,34 + 0,45\*12,02 + 0,44\*17,2 = 13,65

Y1- = Y1 – S\*tcrit = 13,31

Y1+ = Y1 + S\*tcrit = 13,98

Yфактическое равняется 13, 81, оно попадает в доверительный интервал. Следовательно, модель адекватна. Аналогично, проверяем остальные строки с помощью авторской функции adequate\_test. Представим их в виде таблицы для удобства.

**Таблица 2. Доверительные интервалы контролирующей выборки**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Левая граница | Правая граница | Фактический Y |
| 13, 301 | 13, 99 | 13, 81 |
| 12, 63 | 13,32 | 12,92 |
| 12,84 | 13,53 | 13,22 |
| 13,67 | 14,36 | 13,88 |
| 12,17 | 12,87 | 12,51 |

Как мы видим, после проверки на контролирующей выборке мы окончательно убедились в адекватности модели.

Осталось только привести её к стандартному виду.

|  |
| --- |
| ut |
| Sa1 = 0,031 Sa2 = 0,047 Sa3 = 0,017 S(ut) = 0, 168 |

# **Заключение**

Исходя из предпосылок макроэкономической теории и производственной функции Кобба-Дугласа нам удалось построить эконометрическую модель, которая способна объяснить объём ВРП в регионе, исходя из объема капитала, инвестированного в основные средства, исходя из объема капитала, инвестированного в технологичный бизнес и уровня расходов на труд в регионе. Найденные нами коэффициенты показывают уровень эластичности ВРП по перечисленным факторам производства.

Все предпосылки Гаусса-Маркова выполняются, спецификация составлена корректно. Модель адекватна после проверки на контролирующей выборке.

|  |
| --- |
| ut |
| Sa1 = 0,031 Sa2 = 0,047 Sa3 = 0,017 S(ut) = 0, 168 |

Может быть применима при расчете ВРП в субъектах РФ.

# **Приложения**

Приложение 1. Исходная статистика по регионам России.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Регионы** | **ВРП** | **Инвестиции** | **Доход** | **Занятые** | **Затраты на инновации** | **Затраты на труд** |
| Белгородская область | 999081,6 | 165671,672 | 35781 | 827,769 | 30798,647 | 29618402,59 |
| Брянская область | 412335,5 | 81337,259 | 31666 | 588,309 | 2525,8497 | 18629392,79 |
| Владимирская область | 554204,3 | 103846,331 | 28600 | 706,528 | 7359,9405 | 20206700,8 |
| Воронежская область | 1063999,2 | 285891,629 | 34970 | 1181,394 | 19090,7049 | 41313348,18 |
| Ивановская область | 271653,7 | 44981,231 | 28684 | 525,775 | 544,0583 | 15081330,1 |
| Калужская область | 559166,5 | 128508,077 | 34599 | 541,53 | 7733,3103 | 18736396,47 |
| Костромская область | 204382,3 | 42742,559 | 28156 | 307,951 | 9253,5128 | 8670668,356 |
| Курская область | 535854,6 | 193351,808 | 32716 | 566,788 | 1829,8417 | 18543036,21 |
| Липецкая область | 619216,6 | 179400 | 34911 | 597,181 | 53767,7141 | 20848185,89 |
| Московская область | 5265389,3 | 1144659,889 | 53792 | 4133,356 | 207162,0161 | 222341486 |
| Орловская область | 284470 | 60612,018 | 29531 | 349,245 | 2979,5693 | 10313554,1 |
| Рязанская область | 455596,1 | 73886,424 | 30457 | 518,875 | 4323,6656 | 15803375,88 |
| Смоленская область | 358466,1 | 70327,196 | 30731 | 479,871 | 3228,8124 | 14746915,7 |
| Тамбовская область | 378676,8 | 79396,717 | 30039 | 501,511 | 3436,8105 | 15064888,93 |
| Тверская область | 490827,5 | 84293,233 | 30505 | 644,508 | 4305,6599 | 19660716,54 |
| Тульская область | 709197 | 182296,59 | 31816 | 792,747 | 22241,6113 | 25222038,55 |
| Ярославская область | 617593,9 | 109966,586 | 33106 | 658,352 | 12947,3082 | 21795401,31 |
| Республика Карелия | 319388 | 70637,771 | 34918 | 294,252 | 9465,5784 | 10274691,34 |
| Республика Коми | 612136,2 | 119825,675 | 38478 | 408,234 | 4106,9266 | 15708027,85 |
| Архангельская область | 789593,3 | 178958,278 | 39440 | 551,048 | 2014,4582 | 21733333,12 |
| Вологодская область | 629163 | 207271,049 | 31612 | 556,063 | 2363,6903 | 17578263,56 |
| Ленинградская область | 1246136,1 | 442841,494 | 36273 | 997,315 | 25044,4496 | 36175607 |
| Мурманская область | 790456,1 | 240976,925 | 51166 | 411,859 | 1434,7283 | 21073177,59 |
| Новгородская область | 280189,3 | 43334,178 | 28934 | 297,763 | 2463,1394 | 8615474,642 |
| Псковская область | 202945,2 | 43021,009 | 29303 | 314,599 | 381,1405 | 9218694,497 |
| Республика Адыгея | 143191,8 | 33374,05 | 34556 | 201,951 | 345,1194 | 6978618,756 |
| Республика Калмыкия | 93325,1 | 16327,453 | 21250 | 134,582 | 95,5378 | 2859867,5 |
| Краснодарский край | 2616754,4 | 542996,616 | 41944 | 2815,609 | 32301,9104 | 118097903,9 |
| Астраханская область | 527888,9 | 125682,25 | 26799 | 504,646 | 1426,909 | 13524008,15 |
| Волгоградская область | 978858,4 | 185605,159 | 27788 | 1246,106 | 3324,3058 | 34626793,53 |
| Ростовская область | 1692406,6 | 392753,556 | 34955 | 2129,233 | 32956,6569 | 74427339,52 |
| Республика Дагестан | 748177,3 | 251368,073 | 30258 | 1365,771 | 1278,0439 | 41325498,92 |
| Кабардино-Балкарская Республика | 183027,5 | 51063,038 | 25824 | 450,212 | 414,6641 | 11626274,69 |
| Ставропольский край | 863173,2 | 254163,851 | 26129 | 1372,646 | 5706,6129 | 35865867,33 |
| Республика Башкортостан | 1711684,7 | 419336,844 | 32524 | 1911,262 | 20819,6399 | 62161885,29 |
| Республика Марий Эл | 196982,9 | 35546,235 | 23241 | 329,91 | 1377,2067 | 7667438,31 |
| Республика Мордовия | 268963,1 | 49690,169 | 22928 | 421,946 | 5510,6725 | 9674377,888 |
| Республика Татарстан | 2633912,6 | 683304,811 | 39729 | 2027,516 | 203075,6221 | 80551183,16 |
| Удмуртская Республика | 675952,3 | 117156,297 | 27516 | 759,621 | 5093,0754 | 20901731,44 |
| Чувашская Республика | 348342,2 | 61325,495 | 23458 | 607,206 | 5088,1927 | 14243838,35 |
| Пермский край | 1403198,8 | 307824,421 | 32746 | 1243,181 | 54866,4319 | 40709205,03 |
| Кировская область | 395923,7 | 75540,38 | 26471 | 630,004 | 41175,7679 | 16676835,88 |
| Оренбургская область | 1050927,9 | 198131,403 | 26418 | 942,94 | 16817,9831 | 24910588,92 |
| Пензенская область | 493094,2 | 96202,209 | 26255 | 663,242 | 8110,1815 | 17413418,71 |
| Самарская область | 1599554 | 364150,874 | 32264 | 1681,386 | 69821,7468 | 54248237,9 |
| Саратовская область | 863401,1 | 173053,652 | 26219 | 1168,157 | 3375,2127 | 30627908,38 |
| Ульяновская область | 440802,9 | 108493,379 | 26908 | 609,35 | 8109,4904 | 16396389,8 |
| Курганская область | 242305 | 46884,416 | 23764 | 364,023 | 818,0472 | 8650642,572 |
| Тюменская область | 7287696,1 | 2413220,023 | 53101 | 1963,069 | 83260,56 | 104240927 |
| Челябинская область | 1615149,2 | 317776,571 | 29237 | 1851,534 | 27067,796 | 54133299,56 |
| Республика Тыва | 82810,7 | 14751,466 | 20041 | 126,702 | 402,6046 | 2539234,782 |
| Республика Хакасия | 266799,9 | 47378,21 | 25737 | 254,202 | 887,7486 | 6542396,874 |
| Алтайский край | 671626,9 | 124423,678 | 25683 | 1109,823 | 8673,2844 | 28503584,11 |
| Красноярский край | 2722640 | 589107,152 | 35703 | 1460,146 | 51924,5388 | 52131592,64 |
| Иркутская область | 1505151,1 | 527470,813 | 30277 | 1146,927 | 51990,7767 | 34725508,78 |
| Омская область | 763465,3 | 188689,878 | 29981 | 1001,289 | 11782,5267 | 30019645,51 |
| Томская область | 556941,9 | 114673,824 | 30995 | 546,277 | 20434,2223 | 16931855,62 |
| Республика Бурятия | 303155,8 | 72324,64 | 27767 | 432,822 | 11291,9688 | 12018168,47 |
| Республика Саха (Якутия) | 1141265,2 | 387961,963 | 49938 | 499,805 | 10063,6864 | 24959262,09 |
| Забайкальский край | 425378,2 | 161548,307 | 28880 | 522,572 | 478,8122 | 15091879,36 |
| Камчатский край | 294476,6 | 73215,152 | 60226 | 180,147 | 2044,1851 | 10849533,22 |
| Приморский край | 1099944 | 246541,379 | 41217 | 999,997 | 7136,1242 | 41216876,35 |
| Амурская область | 449059,2 | 382062,998 | 39551 | 401,734 | 1589,1503 | 15888981,43 |
| Магаданская область | 284070,7 | 68555,466 | 75470 | 86,535 | 686,7445 | 6530796,45 |
| Сахалинская область | 1002707,9 | 241022,478 | 63853 | 274,294 | 59817,6754 | 17514494,78 |

Приложение 2. Анализ случайных остатков

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Регионы** | **Модули регрессоров** | **Остатки** |
| Республика Калмыкия | 29,12641104 | 0,225359069 |
| Республика Тыва | 30,34442601 | 0,113561024 |
| Республика Адыгея | 32,01778594 | -0,142986631 |
| Псковская область | 32,64935592 | -0,037659088 |
| Кабардино-Балкарская Республика | 33,13706314 | -0,325856247 |
| Республика Хакасия | 33,24842044 | 0,290978509 |
| Магаданская область | 33,3594002 | 0,20457713 |
| Курганская область | 33,43550482 | 0,081041587 |
| Ивановская область | 33,54202512 | -0,006073276 |
| Республика Марий Эл | 33,55889525 | 0,018966751 |
| Новгородская область | 34,45495945 | 0,194185068 |
| Забайкальский край | 34,69353531 | -0,124515521 |
| Камчатский край | 35,02354479 | -0,081989544 |
| Орловская область | 35,16075203 | -0,032956913 |
| Астраханская область | 35,42475507 | 0,184044105 |
| Республика Мордовия | 35,51299583 | -0,010100323 |
| Смоленская область | 35,74732804 | -0,0316927 |
| Костромская область | 35,77116536 | -0,201163974 |
| Брянская область | 35,88094343 | -0,044932855 |
| Тамбовская область | 35,9523888 | -0,044714927 |
| Чувашская Республика | 36,03046389 | -0,012042543 |
| Рязанская область | 36,15787736 | 0,136942879 |
| Курская область | 36,41985626 | -0,149743612 |
| Республика Карелия | 36,46593173 | -0,05698973 |
| Тверская область | 36,50387568 | 0,055919939 |
| Мурманская область | 36,52469882 | 0,098796635 |
| Республика Коми | 36,58390597 | 0,22089914 |
| Архангельская область | 36,59737126 | 0,196452813 |
| Вологодская область | 36,69193567 | -0,012935468 |
| Амурская область | 36,80543198 | -0,555388131 |
| Республика Бурятия | 36,82269728 | -0,200140041 |
| Удмуртская Республика | 37,06224388 | 0,190374745 |
| Республика Дагестан | 37,12474983 | -0,265605302 |
| Пензенская область | 37,14783478 | 0,014978321 |
| Ульяновская область | 37,20780647 | -0,124551952 |
| Владимирская область | 37,27599946 | 0,037783039 |
| Саратовская область | 37,42299277 | 0,116776577 |
| Калужская область | 37,46301785 | -0,018780851 |
| Волгоградская область | 37,60053136 | 0,157520965 |
| Алтайский край | 37,964991 | -0,013701807 |
| Ярославская область | 37,97378458 | 0,051367111 |
| Томская область | 38,21952076 | 0,012089659 |
| Кировская область | 38,48755907 | -0,178898332 |
| Ставропольский край | 38,49041199 | -0,159053848 |
| Омская область | 38,73959559 | -0,114858593 |
| Приморский край | 38,82256855 | 0,021496518 |
| Оренбургская область | 38,95769329 | 0,242856781 |
| Республика Саха (Якутия) | 39,11810694 | 0,054746065 |
| Тульская область | 39,16633917 | -0,136073462 |
| Белгородская область | 39,5568957 | 0,158105662 |
| Липецкая область | 39,84257918 | -0,235866804 |
| Воронежская область | 39,95702115 | -0,141193495 |
| Сахалинская область | 40,07024132 | 0,183756492 |
| Ленинградская область | 40,5332703 | -0,138210202 |
| Челябинская область | 40,68216384 | 0,087245574 |
| Республика Башкортостан | 40,83533444 | -0,023973499 |
| Пермский край | 41,07190663 | 0,042432349 |
| Иркутская область | 41,39765552 | -0,055806327 |
| Ростовская область | 41,40922006 | -0,114358571 |
| Самарская область | 41,76810542 | -0,044203883 |
| Красноярский край | 41,91319184 | 0,307699442 |
| Краснодарский край | 42,17476455 | -0,026995261 |
| Республика Татарстан | 43,86043339 | -0,070214756 |
| Тюменская область | 44,48841815 | 0,322522081 |
| Московская область | 45,41159955 | -0,059503297 |

## **Список литературы**

1. Аюшеева В.Г., Батомункуев В.С., Зангеева Н.Р. Асимметрия (неравномерность) пространственного развития в России // Трансграничные территории востока России: факторы, возможности, барьеры развития. - Улан-Удэ: Байкальский институт природопользования СО РАН, 2021. - С. 35-39.
2. Национальные счета // Росстат URL: https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204 (дата обращения: 12.12.2022).
3. Трудовые ресурсы, занятость и безработица // Росстат URL: https://rosstat.gov.ru/labour\_force (дата обращения: 12.12.2022).
4. Наука, инновации, технологии // Росстат URL: https://rosstat.gov.ru/statistics/science (дата обращения: 12.12.2022).
5. Инвестиции в нефинансовые активы // Росстат URL: https://rosstat.gov.ru/investment\_nonfinancial (дата обращения: 12.12.2022).
6. API Reference // statsmodels 0. 13. 5 URL: https://www.statsmodels.org/stable/api.html (дата обращения: 12.12.2022).