**Тема: Анализ влияния деятельности человека на экологию планеты**

**The system of simultaneous equations of environmental processes**

Оглавление

[Методика анализа 3](#_Toc475463383)

[Анализ влияния деятельности человека на экологию планеты 9](#_Toc475463384)

[1.1 Анализ зависимости климатологических катастроф от факторов 9](#_Toc475463385)

[1.2 Анализ зависимости выбросов CO2 на единицу продукции от факторов 21](#_Toc475463386)

[1.3 Анализ зависимости выбросов парниковых газов от промышленности от факторов 39](#_Toc475463387)

[1.4 Анализ зависимости выбросов парниковых газов от сельского хозяйства от факторов 55](#_Toc475463388)

[1.5 Анализ зависимости изменения глобальной температуры от факторов 70](#_Toc475463389)

[1.6 Анализ зависимости изъятия поверхности пресной воды CO2 на единицу продукции от факторов 86](#_Toc475463390)

[1.7 Анализ зависимости сокращения площади лесов от факторов 102](#_Toc475463391)

[1.8 Анализ влияния деятельности человека на экологию планеты 111](#_Toc475463392)

[Заключение 124](#_Toc475463393)

# Методика анализа

Общее описание методики эмпирической проверки модели. Методика включает следующие основные этапы: проверка временных рядов переменных на стационарность, используя Dickey — Fuller test;проверка экзогенных переменных на мультиколлинеарность; выбор лаг эндогенной переменной, которые имеют сильную корреляционную связь со значением переменной в последнем периоде **и** проверка значимости коэффициентов автокорреляции с помощью Ljung-Box Q-test; проверка тесноты связи эндогенной переменной с экзогенными переменными и проверка коэффициентов парной корреляции на значимость с помощью Student's *t*-test**;**  составление структурной формы модели; определение коэффициентов модели, используя регрессионный анализ; проверка значимости уравнения регрессии и коэффициентов уравнения регрессии.

Анализ проводится по представленной ниже методике.

1.Сформулировать цель анализа

Цель анализа: Проанализировать влияние деятельности человека на экологию планеты: описать проблему; выбрать эндогенные и экзогенные переменные; представить зависимость эндогенных переменных от экзогенных переменных в виде системы взаимосвязанных уравнений, каждое из которых ADL-модель;собрать первичные статистические данные, при необходимости провести обработку данных; решить систему взаимосвязанных уравнений; сформулировать выводы.

ADL модель имеет вид:

Где, - – количество лагов переменных

2. Описать проблему.

3. Выбрать эндогенные и экзогенные переменные. Изложить список переменных, размерность переменных.

*Эндогенные переменные:*

1. Y- Климатологические катастрофы (экономический ущерб), Climatological Disasters, USD million

2. Y - Выбросы CO2 на единицу продукции, гр./USD (grams per USD in constant prices).

3. Y- Выбросы парниковых газов от промышленности, 000 tonnes of CO2 equivalent

4. Y- Выбросы парниковых газов от сельского хозяйства, 000 tonnes of CO2 equivalent

5.Y- Изменение глобальной температуры, %С

6. Y- Изъятие поверхности пресной воды, млн.куб.м.

7. Y-Сокращение площади лесов, 000 sq km

*Экзогенные переменные:*

*……………………………………..*

*…………………………………….*

*…………………………………….*

4.На качественном, содержательном уровне выбрать *Экзогенные переменные, влияющие на каждую эндогенную.*

*Экзогенные переменные, влияющие на каждую эндогенную:*

 - GDP, World, USD Per Capita,

- Employed Population, World, 000 Unit,

- Economically Active Population, World, 000 Unit,

- Exports (fob) by Commodity + Imports (cif) by Commodity, World, USD million.

………………………………………………………….

 - Energy, Utilities and Recycling: Production (turnover), USD million, (Объем производства: Энергетика, ЖКХ и переработка)

 - Primary Materials. Forestry. Production (turnover), USD million (Объем производства: лес\_кругляк),

 - Road Freight Traffic. (Объемы перевозимых грузов). МИР, Million net tonne-kilometres,

 - Transport and Communications: Production (turnover), USD million, USD million (Объем производства: Транспорт и коммуникации),

 - Road Network (дорожная сеть), Kilometres,

 - Material Resource Productivity (производительность материальных ресурсов), USD per kg in constant prices.

………………………………………………….

 - Выбросы парниковых газов в добыче и транспортировке угля, нефти и газа, 000 tonnes of CO2 equivalent,

 - Extraction of Crude Petroleum and Natural Gas (Объем добычи сырой нефти и природного газа), USD million,

- Mining of Coal and Lignite; Extraction of Peat (Добыча угля и лигнита; Добыча торфа), USD million,

- Energy, Utilities and Recycling: Production (turnover) (производство коксовых продуктов), USD million,

 - Railway Freight Traffic, Million tonne-kilometres, (оборот железнодорожных перевозок),

 - Waste Generated by Manufacturing (отходы, образовавшиеся от промышленности), 000 tonnes.

…………………………………………………………….

- World: Machinery for Food, Beverage and Tobacco Processing: Production (turnover) MSP (Производство Оборудования для пищевой промышленности, производства напитков и переработки табака), USD million,

 - World: Machinery. Agricultural and Forestry Machinery: Production (turnover) (Производство оборудования для сельского и лесного хозяйства), USD million,

 - Animal Husbandry. Industrial: Primary Materials. (Животноводство: производство), USD million,

 - Arable Land (Пахотные земли), 000 sq km,

 - Animal waste - Production (отходы животноводства: потребление энергии), Terajoules,

 - Waste Generated by Agriculture, Forestry and Fishing (отходы, образовавшиеся от сельского хозяйства), 000 tonnes.

………………………………………………………….

 - Methane emissions (kt of CO2 equivalent),

 - Nitrous oxide emissions (thousand metric tons of CO2 equivalent),

 - выбросы парниковых газов, всего, Greenhouse Gas Emissions, 000 tonnes of CO2 equivalent,

 - CO2 Emissions from the Consumption and Flaring of Fossil Fuels, 000 tonnes, выбросы СО2 всего,

 - Waste Generated by Electricity, Gas, Steam and Air Conditioning Supply (Отходы, образовавшиеся от электричества, газа, пара и кондиционирования воздуха), 000 tonnes,

 - Waste Generated by Households, (отходы, образовавшиеся в домашних хозяйствах), 000 tonnes.

…………………………………………………………………….

 - Annual freshwater withdrawals (потребление пресной воды), (% of internal resources)

 - Agricultural Materials and Live Animals Wholesale: Retail and Wholesale (живые животные, с/х материалы: розничная и оптовая торговля), USD million,

 - Farm Animal Feeds: Production (turnover) (корма для животных), USD million,

 Hydrological Disasters, Экономический ущерб от гидрологических бедствий, USD million,

- Total population supplied by water supply industry, % (Общая численность населения, потребителей отрасли водоснабжения)

 - Renewable freshwater resources, million cubic metres (Возобновление ресурсов пресной воды),

 - Net freshwater supplied by water supply industry, million cubic metres, (Чистая пресная вода, поставляемая водопроводной промышленностью).

…………………………………………………….

- Agricultural Land, 000 sq km (площадь земель сельскохозяйственного назначения)

 - Total Population, 000 чел.,

 - Wood and Paper Products: Production (turnover), USD million, (Древесина и бумага: производство (оборот))

5.Собрать первичные статистические данные, данные изложить в виде таблиц.

При необходимости провести обработку данных.

Таблица 1………………………………….

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| год | Название переменной | Размерность |  |  |
| 2016 |  |  |  |  |
| 2015 |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 1994 |  |  |  |  |

Рассчитать эндогенные и экзогенные параметры модели

Эндогенные и экзогенные параметры модели представляют собой среднегеометрическое показателей стран мира в год t. Расчет осуществляется в программе Excel.

6.Отобразить взаимозависимость эндогенных и экзогенных параметров модели.

Взаимозависимость эндогенных и экзогенных параметров модели показать в таблице.

Таблица 2 - Взаимозависимость эндогенных и экзогенных параметров модели

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Эндогенные переменные |  | Экзогенные переменные | | | | | | |
| Y | Y |  |  |  |  |  |  |  |
| Y | Y |  |  |  |  |  |  | Y |
| Y |  |  |  |  |  |  |  | Y |
| Y |  |  |  |  |  |  |  | Y |
| Y |  |  |  |  |  |  |  | Y |
| Y | Y |  |  |  |  |  |  |  |
| Y |  |  |  |  | Y | Y |  |  |

Составить структурную форму модели в общем виде до выполнения этапов отбора экзогенных переменных

В системах одновременных уравнений эндогенные переменные зависят как от экзогенных переменных, так и от эндогенных.

*Структурной* формой системы называется представление **системы**, в котором в уравнениях может присутствовать более одной эндогенной переменной (в стандартной записи это означает, что в правой части **уравнений**, то есть в качестве регрессоров, имеются эндогенные переменные). *Приведённой* (прогнозной) формой системы называется представление системы, в котором в каждом уравнении имеется только одна эндогенная переменная, то есть эндогенные переменные выражены через экзогенные. Каждое уравнение с*труктурной* формы записать в виде ADL модели.

ADL модель имеет вид:

Где, - – количество лагов переменных

В общем виде система уравнений записывается в виде:

Y

Y=

Y=

Y=

Y=

Y=

Y=

7. Проверить временные ряды переменных на стационарность, используя Dickey — Fuller test. Тест Дики-Фуллера представляет собой авторегрессионное уравнение вида:

где   — временной ряд, а  — ошибка.

Если , то ряд стационарный. Если a=1, то процесс имеет единичный корень, в этом случае ряд не стационарный, является [интегрированным временным рядом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B3%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B2%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D1%80%D1%8F%D0%B4) первого порядка.

В том случае, если ряд нестационарный, привести его к стационарному виду путем вычисления разностей первого порядка.

8. Проверить экзогенные переменные на мультиколлинеарность. Определить парные коэффициенты корреляции между экзогенными переменными. В случае если коэффициент попарной корреляции превышает 0,7, следует исключить из дальнейшего анализа одну переменную из пары.

Проверить коэффициенты парной корреляции на значимость с помощью t-критерия Стьюдента. Если , то полученные коэффициенты значимы ,т.е. выборка соответствует генеральной совокупности.

9. Выбрать лаги эндогенной переменной, которые имеют сильную корреляционную связь со значением переменной в последнем периоде **и** проверить значимость коэффициентов автокорреляции с помощью Ljung-Box Q-test;

Выбрать те лаги, которые имеют сильную корреляционную связь со значением показателя в последнем периоде. Провести проверку значимости коэффициентов автокорреляции с помощью критерия Бокса – Пирсона или критерия Льюнга-Бокса.





……………………………

…………

Проверка значимости коэффициентов автокорреляции по Q-статистике Бокса-Пирса осуществляется по формуле:

Проверка значимости коэффициентов автокорреляции по Q-статистике Льюнга-Бокса осуществляется по формуле:

где n — число наблюдений,  — автокорреляция k-го порядка, и m — число проверяемых лагов.

Как по тесту Бокса-Пирса, так и по тесту Льюнга-Бокса, в случае если , коэффициенты считаются значимыми. определяется по таблице.

10. Составить структурную форму модели после выполнения этапов отбора экзогенных переменных, т.е. после удаления некоторых экзогенных переменных из анализа.

11. **Попытаться** привести структурную форму модели к приведенному виду с помощью линейных преобразований. *Приведённой* формой системы называется представление системы, в котором в каждом уравнении имеется только одна эндогенная переменная, то есть эндогенные переменные выражены через экзогенные. Если структурную форму модели удаётся привести к приведенному виду с помощью линейных преобразований, для приведённой формы системы можно применить обычный метод наименьших квадратов. Другими словами, коэффициенты каждого уравнения регрессии находятся обычным методом наименьших квадратов, проверяется значимость уравнения регрессии и коэффициентов уравнения регрессии. После нахождения коэффициентов каждого уравнения регрессии *приведённой* формы обычным МНК осуществляется нахождение величины коэффициентов каждого уравнения регрессии структурной формы через коэффициенты уравнений регрессии *приведённой* формы. Записывается система уравнений с вычисленными коэффициентами каждого уравнения.

12. Если привести структурную форму модели к приведенному виду с помощью линейных преобразований не удаётся, рассмотреть идентифицируемость системы уравнений.

*Идентифицируемость*. Выполнение условия идентифицируемости модели проверяется для каждого уравнения системы и выполняется с целью определения вида МНК, который будет применяться для нахождения коэффициентов уравнений.

*Структурной* формой системы называется представление **системы**, в котором в уравнениях может присутствовать более одной эндогенной переменной (в стандартной записи это означает, что в правой части **уравнений**, то есть в качестве регрессоров, имеются эндогенные переменные).

*Приведённой* (прогнозной) формой системы называется представление системы, в котором в каждом уравнении имеется только одна эндогенная переменная, то есть эндогенные переменные выражены через экзогенные.

*Уравнение структурной формы называется* *идентифицируемым*, если его коэффициенты можно выразить через коэффициенты приведённой формы. Если это можно сделать единственным способом, то говорят о *точной идентифицируемости*,если несколькими способами  — о *сверхидентифицируемости*. В противном случае оно называется неидентифицируемым.

Необходимые и достаточные условия идентификации применяются только к структурной форме системы одновременных уравнений.

***Необходимое*** условие идентифицируемости уравнения может быть записано в виде следующего счетного правила:

D+1 = Н – уравнение идентифицируемо;

D+1 < Н – уравнение неидентифицируемо;

D+1 > Н – уравнение сверхидентифицируемо.

где Н – число эндогенных переменных в i-ом уравнении системы; D – число экзогенных переменных, которые содержатся в системе, но не входят в данное уравнение.

***Достаточное*** условие идентификации определяется, если накладывать ограничения на коэффициенты матриц параметров структурной модели. Уравнение идентифицируемо, если по отсутствующим в нем переменным (эндогенным и экзогенным) можно из коэффициентов при них в других уравнениях системы получить матрицу, определитель которой не равен нулю, а ранг матрицы не меньше, чем число эндогенных переменных в системе без одного.

*Модель сверхидентифицируемая*. Сверхидентифицируемая модель со­держит хотя бы одно сверхидентифицируемое уравнение.D+1>H – уравнение сверхидентифицируемо.

При сверхидентифицируемой модели, решить систему уравнений с использованием двухшагового МНК. Двухшаговый метод наименьших квадратов (Двухшаговый МНК, ДМНК,TSLS, 2SLS — [англ.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) *Two-Stage Least Squares* ) — метод оценки параметров [эконометрических](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%B0) моделей, в частности [систем одновременных уравнений](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D1%83%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9), состоящий из двух этапов (шагов), на каждом из которых применяется [метод наименьших квадратов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4_%D0%BD%D0%B0%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%8C%D1%88%D0%B8%D1%85_%D0%BA%D0%B2%D0%B0%D0%B4%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%B2). Суть *двухшагового метода наименьших квадратов* (*ДМНК*, *TSLS*, *2SLS*) заключается в следующем:*Шаг 1.* Обычным методом наименьших квадратов оценивается зависимость эндогенных переменных от *всех* экзогенных (фактически оценивается *неограниченная* приведённая форма).*Шаг 2.* Обычным методом наименьших квадратов оценивается структурная форма модели, где вместо эндогенных переменных используются их оценки, полученные на первом шаге.

*Модель идентифицируемая*. Модель считается идентифицируемой, если каждое уравнение системы идентифицируемо. D+1=H – уравнение идентифицируемо. Уравнение идентифицируемо, если по отсутствующим в нем экзогенным и эндогенным переменным можно из коэффициентов при них в других уравнениях системы получить матрицу, определитель которой не равен нулю, а ранг матрицы не меньше, чем число эндогенных переменных в системе без одного.

При решении *идентифицируемой модели применяют косвенный МНК.* Косвенный метод наименьших квадратов применяется только в том случае, если структурная форма системы одновременных уравнений будет точно идентифицированной.Алгоритм метода наименьших квадратов реализуется в **три этапа:**

1. на базе структурной формы системы одновременных уравнений составляется её приведённая форма, все параметры кᴏᴛᴏᴩой выражены через структурные коэффициенты;
2. приведённые коэффициенты каждого уравнения оцениваются обычным методом наименьших квадратов;
3. на базе оценок приведённых коэффициентов системы одновременных уравнений определяются оценки структурных коэффициентов через приведённые уравнения.

*Модель неидентифицируемая. Для решения неидентифицируемых уравнений применяют* двухшаговый МНК.

14. Решить построенную модель регрессии для показателей. Найти коэффициенты модели, используя регрессионный анализ. Написать уравнение модели с найденными коэффициентами.

15. Проверить значимость регрессионной модели и коэффициентов регрессии. Проверить модели на достоверность с помощью F-критерия Фишера и коэффициента детерминации. Если Fр≥Fтабл , то построенная модель значима, т.е. выборка соответствует генеральной совокупности. Чем ближе коэффициент детерминации к 1, тем точнее модель, то есть коэффициент должен быть не менее 0,7 (R2≥0,7).

14. Повторить пункты 8-15 для каждого уравнения системы

15. Отразить структурную форму модели с учетом найденных коэффициентов

16. На основе полученных уравнений, рассчитать теоретические значения переменных модели.

17. Провести регрессионный анализ каждого уравнения структурной формы, используя теоретические значения параметров модели. Найти коэффициенты модели, используя регрессионный анализ. Расчет коэффициентов регрессии осуществляется с помощью программы Exсel. Написать уравнение модели с найденными коэффициентами.

18. Сформулировать выводы

# Анализ влияния деятельности человека на экологию планеты

## 1.1 Анализ зависимости климатологических катастроф от факторов

Анализ проводится по разработанной методике, приведенной выше.

1.Сформулировать цель анализа

Цель: проанализировать зависимость климатологических катастроф от факторов с помощью модели ADL.

2. Выбрать эндогенные и экзогенные параметры модели.

*Эндогенные*

Y1t- Климатологические катастрофы (экономический ущерб), Climatological Disasters, USD million

*Экзогенные показатели:*

Y1t-k- Климатологические катастрофы (экономический ущерб), Climatological Disasters, USD million

 - GDP, World, US$ Per Capita,

- Employed Population, World, 000 Unit,

- Economically Active Population, World, 000 Unit,

- Exports (fob) by Commodity + Imports (cif) by Commodity, World, USD million,

3. Рассчитать эндогенные и экзогенные параметры модели

Расчетные эндогенные и экзогенные параметры модели представляют собой среднегеометрическое показателей стран мира в год t. Расчет осуществляется в программе Excel.

4. Отобразить эндогенные и экзогенные параметры модели в таблицах

Эндогенные и экзогенные переменные представлены в таблице 1.1.1.

Таблица 1.1.1 – Параметры модели

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Y1 | X1-1 | X1-2 | X1-3 | X1-4 |
| 2015 | 10 603,2 | 10 122,3 | 3 058 444,4 | 3 292 921,8 | 16 152 292,3 |
| 2014 | 11 414,0 | 10 865,3 | 3 029 900,9 | 3 257 927,7 | 18 588 136,0 |
| 2013 | 2 159,4 | 10 781,4 | 2 992 384,9 | 3 224 968,7 | 18 449 616,4 |
| 2012 | 26 480,0 | 10 624,0 | 2 958 518,7 | 3 188 823,0 | 18 120 946,7 |
| 2011 | 11 279,0 | 10 520,9 | 2 925 443,6 | 3 158 928,4 | 18 060 527,3 |
| 2010 | 5 954,7 | 9 576,8 | 2 874 297,6 | 3 120 953,4 | 15 085 082,5 |
| 2009 | 5 143,7 | 8 878,8 | 2 839 435,9 | 3 077 667,9 | 12 365 710,3 |
| 2008 | 2 766,0 | 9 480,4 | 2 830 683,4 | 3 041 706,5 | 15 938 328,5 |
| 2007 | 5 303,5 | 8 758,6 | 2 797 544,7 | 3 005 259,9 | 13 788 270,7 |
| 2006 | 3 974,6 | 7 870,7 | 2 756 196,8 | 2 969 265,9 | 11 946 665,9 |
| 2005 | 4 312,1 | 7 358,5 | 2 692 722,7 | 2 911 259,7 | 11 414 334,4 |
| 2004 | 2 994,3 | 6 879,8 | 2 617 204,5 | 2 863 002,2 | 10 905 723,1 |
| 2003 | 6 786,0 | 6 186,2 | 2 571 975,4 | 2 812 393,3 | 10 419 775,0 |
| 2002 | 8 233,6 | 5 583,4 | 2 524 756,0 | 2 761 457,9 | 9 955 480,2 |
| 2001 | 126,4 | 5 437,5 | 2 510 557,7 | 2 738 430,5 | 9 511 874,0 |
| 2000 | 6 214,1 | 5 542,7 | 2 451 398,2 | 2 676 672,3 | 9 088 034,4 |
| 1999 | 9 837,6 | 5 449,2 | 2 357 201,1 | 2 631 782,2 | 8 683 080,7 |
| 1998 | 3 129,4 | 5 328,0 | 2 292 453,8 | 2 524 296,8 | 8 296 171,3 |
| 1997 | 9 824,3 | 5 424,7 | 2 262 234,0 | 2 484 722,1 | 7 926 502,2 |

5. Осуществить проверку временных рядов на стационарность, используя тест Дики-Фуллера. В том случае, если ряд нестационарный, привести его к стационарному виду путем вычисления разностей.

Тест Дики-Фуллера представляет собой авторегрессионное уравнение вида:

где   — временной ряд, а  — ошибка.

Если , то ряд стационарный. Если a=1, то процесс имеет единичный корень, в этом случае ряд не стационарен, является [интегрированным временным рядом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B3%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B2%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D1%80%D1%8F%D0%B4) первого порядка.

Тест Дики-Фуллера осуществляется решением авторегрессионного уравнения первого порядка в программе Excel. Ниже приведены результаты теста.

Таблица 1.1.2. – Исходные данные для теста Дики-Фуллера эндогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Y1 | Y1 |
| 2015 | 10 603,2 | 11 414,0 |
| 2014 | 11 414,0 | 2 159,4 |
| 2013 | 2 159,4 | 26 480,0 |
| 2012 | 26 480,0 | 11 279,0 |
| 2011 | 11 279,0 | 5 954,7 |
| 2010 | 5 954,7 | 5 143,7 |
| 2009 | 5 143,7 | 2 766,0 |
| 2008 | 2 766,0 | 5 303,5 |
| 2007 | 5 303,5 | 3 974,6 |
| 2006 | 3 974,6 | 4 312,1 |
| 2005 | 4 312,1 | 2 994,3 |
| 2004 | 2 994,3 | 6 786,0 |
| 2003 | 6 786,0 | 8 233,6 |
| 2002 | 8 233,6 | 126,4 |
| 2001 | 126,4 | 6 214,1 |
| 2000 | 6 214,1 | 9 837,6 |
| 1999 | 9 837,6 | 3 129,4 |
| 1998 | 3 129,4 | 0,0 |

Таблица 1.1.3 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,68176177 |
| R-квадрат | 0,46479911 |
| Нормированный R-квадрат | 0,42362981 |
| Стандартная ошибка | 1,04245136 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.1.4 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 15,7374176 | 15,7374176 | 13,8953163 | 0,00412078 |
| Остаток | 16 | 14,1271628 | 0,88294767 |  |  |
| Итого | 17 | 26,396 |  |  |  |

Таблица 1.1.5 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 8,57921245 | 7,46925748 | 1,14860312 | 0,27141568 | -7,55713729 | 24,7155622 | -7,5571373 | 24,7155622 |
| Переменная X 1 | 0,73926471 | 0,2200159 | 3,36005126 | 0,00512078 | 0,26394925 | 1,21458018 | 0,26394925 | 1,21458018 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.1.6. – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X1-1 | X1-1 |
| 2015 | 10 122,3 | 10 865,3 |
| 2014 | 10 865,3 | 10 781,4 |
| 2013 | 10 781,4 | 10 624,0 |
| 2012 | 10 624,0 | 10 520,9 |
| 2011 | 10 520,9 | 9 576,8 |
| 2010 | 9 576,8 | 8 878,8 |
| 2009 | 8 878,8 | 9 480,4 |
| 2008 | 9 480,4 | 8 758,6 |
| 2007 | 8 758,6 | 7 870,7 |
| 2006 | 7 870,7 | 7 358,5 |
| 2005 | 7 358,5 | 6 879,8 |
| 2004 | 6 879,8 | 6 186,2 |
| 2003 | 6 186,2 | 5 583,4 |
| 2002 | 5 583,4 | 5 437,5 |
| 2001 | 5 437,5 | 5 542,7 |
| 2000 | 5 542,7 | 5 449,2 |
| 1999 | 5 449,2 | 5 328,0 |
| 1998 | 5 328,0 | 0,0 |

Таблица 1.1.7 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,81811412 |
| R-квадрат | 0,66931071 |
| Нормированный R-квадрат | 0,60974206 |
| Стандартная ошибка | 1,25094163 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.1.8 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 30,56408646 | 30,56408646 | 32,3837869 | 0,00176816 |
| Остаток | 16 | 16,95259536 | 1,05953721 |  |  |
| Итого | 17 | 26,396 |  |  |  |

Таблица 1.1.9 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 10,2950549 | 8,963108973 | 1,378323745 | 0,32569882 | -9,0685648 | 29,65867463 | -9,068564751 | 29,6586746 |
| Переменная X 1 | 0,88711766 | 0,264019084 | 4,032061514 | 0,00176816 | 0,3167391 | 1,457496212 | 0,316739103 | 1,45749621 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.1.10 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X1-2 | X1-2 |
| 2015 | 3 058 444,4 | 3 029 900,9 |
| 2014 | 3 029 900,9 | 2 992 384,9 |
| 2013 | 2 992 384,9 | 2 958 518,7 |
| 2012 | 2 958 518,7 | 2 925 443,6 |
| 2011 | 2 925 443,6 | 2 874 297,6 |
| 2010 | 2 874 297,6 | 2 839 435,9 |
| 2009 | 2 839 435,9 | 2 830 683,4 |
| 2008 | 2 830 683,4 | 2 797 544,7 |
| 2007 | 2 797 544,7 | 2 756 196,8 |
| 2006 | 2 756 196,8 | 2 692 722,7 |
| 2005 | 2 692 722,7 | 2 617 204,5 |
| 2004 | 2 617 204,5 | 2 571 975,4 |
| 2003 | 2 571 975,4 | 2 524 756,0 |
| 2002 | 2 524 756,0 | 2 510 557,7 |
| 2001 | 2 510 557,7 | 2 451 398,2 |
| 2000 | 2 451 398,2 | 2 357 201,1 |
| 1999 | 2 357 201,1 | 2 292 453,8 |
| 1998 | 2 292 453,8 | 0,0 |

Таблица 1.1.11 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,76357318 |
| R-квадрат | 0,583044 |
| Нормированный R-квадрат | 0,53115308 |
| Стандартная ошибка | 1,16754552 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.1.12 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 22,62445327 | 22,62445327 | 22,3733534 | 0,00255928 |
| Остаток | 16 | 15,82242233 | 0,988901396 |  |  |
| Итого | 17 | 29,56352 |  |  |  |

Таблица 1.1.13 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 9,60871794 | 8,365568375 | 1,286435495 | 0,30398556 | -8,4639938 | 27,68142965 | -8,463993768 | 27,6814297 |
| Переменная X 1 | 0,82797648 | 0,246417812 | 3,763257413 | 0,00255928 | 0,29562316 | 1,360329798 | 0,295623163 | 1,3603298 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.1.14 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X1-3 | X1-3 |
| 2015 | 3 292 921,8 | 3 257 927,7 |
| 2014 | 3 257 927,7 | 3 224 968,7 |
| 2013 | 3 224 968,7 | 3 188 823,0 |
| 2012 | 3 188 823,0 | 3 158 928,4 |
| 2011 | 3 158 928,4 | 3 120 953,4 |
| 2010 | 3 120 953,4 | 3 077 667,9 |
| 2009 | 3 077 667,9 | 3 041 706,5 |
| 2008 | 3 041 706,5 | 3 005 259,9 |
| 2007 | 3 005 259,9 | 2 969 265,9 |
| 2006 | 2 969 265,9 | 2 911 259,7 |
| 2005 | 2 911 259,7 | 2 863 002,2 |
| 2004 | 2 863 002,2 | 2 812 393,3 |
| 2003 | 2 812 393,3 | 2 761 457,9 |
| 2002 | 2 761 457,9 | 2 738 430,5 |
| 2001 | 2 738 430,5 | 2 676 672,3 |
| 2000 | 2 676 672,3 | 2 631 782,2 |
| 1999 | 2 631 782,2 | 2 524 296,8 |
| 1998 | 2 524 296,8 | 0,0 |

Таблица 1.1.15 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,66812653 |
| R-квадрат | 0,44639306 |
| Нормированный R-квадрат | 0,40666408 |
| Стандартная ошибка | 1,02160233 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.1.16 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 14,90990412 | 14,90990412 | 12,9013719 | 0,00443826 |
| Остаток | 16 | 13,84461954 | 0,865288721 |  |  |
| Итого | 17 | 25,86808 |  |  |  |

Таблица 1.1.17 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 8,4076282 | 7,319872328 | 1,125631058 | 0,26598737 | -7,4059945 | 24,22125095 | -7,405994547 | 24,2212509 |
| Переменная X 1 | 0,72447942 | 0,215615586 | 3,292850236 | 0,00443826 | 0,25867027 | 1,190288573 | 0,258670267 | 1,19028857 |

Таблица 1.1.18 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X1-4 | X1-4 |
| 2015 | 16 152 292,3 | 18 588 136,0 |
| 2014 | 18 588 136,0 | 18 449 616,4 |
| 2013 | 18 449 616,4 | 18 120 946,7 |
| 2012 | 18 120 946,7 | 18 060 527,3 |
| 2011 | 18 060 527,3 | 15 085 082,5 |
| 2010 | 15 085 082,5 | 12 365 710,3 |
| 2009 | 12 365 710,3 | 15 938 328,5 |
| 2008 | 15 938 328,5 | 13 788 270,7 |
| 2007 | 13 788 270,7 | 11 946 665,9 |
| 2006 | 11 946 665,9 | 11 414 334,4 |
| 2005 | 11 414 334,4 | 10 905 723,1 |
| 2004 | 10 905 723,1 | 10 419 775,0 |
| 2003 | 10 419 775,0 | 9 955 480,2 |
| 2002 | 9 955 480,2 | 9 511 874,0 |
| 2001 | 9 511 874,0 | 9 088 034,4 |
| 2000 | 9 088 034,4 | 8 683 080,7 |
| 1999 | 8 683 080,7 | 8 296 171,3 |
| 1998 | 8 296 171,3 | 0,0 |

Таблица 1.1.19 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,78402603 |
| R-квадрат | 0,61469682 |
| Нормированный R-квадрат | 0,5599888 |
| Стандартная ошибка | 1,19881906 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.1.20 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 25,13885796 | 25,13885796 | 25,5257406 | 0,00224321 |
| Остаток | 16 | 16,24623722 | 1,015389826 |  |  |
| Итого | 17 | 30,3554 |  |  |  |

Таблица 1.1.21 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 9,86609432 | 8,589646099 | 1,320893589 | 0,31212803 | -8,6907079 | 28,42289652 | -8,690707887 | 28,4228965 |
| Переменная X 1 | 0,85015442 | 0,253018289 | 3,864058951 | 0,00224321 | 0,30354164 | 1,396767203 | 0,30354164 | 1,3967672 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Согласно результатам теста Дики-Фуллера, все временные ряды являются стационарными.

5. Проверить экзогенные параметры на мультиколлинеарность. В случае если коэффициент попарной корреляции превышает 0,7, следует исключить из дальнейшего анализа одну переменную из пары.

Проверка проводится в программе Excel.

Таблица 1.1.22 – Коэффициенты корреляции экзогенных переменных

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | X1-1 | X1-2 | X1-3 | X1-4 |
| X1-1 | 1 |  |  |  |
| X1-2 | 0,558199793 | 1 |  |  |
| X1-3 | 0,656480343 | 0,69825066 | 1 |  |
| X1-4 | 0,677570227 | 0,53762084 | 0,53653335 | 1 |

Все экзогенные параметры принимаются в дальнейший анализ.

6. Проверка коэффициентов парной корреляции на значимость с помощью t-критерия Стьюдента для показателей. Если tрасч≥tтабл, то полученные коэффициенты значимы т.е. выборка соответствует генеральной совокупности.

Для оценки значимости коэффициентов корреляции следует рассчитать t-критерий Стьюдента для каждой попарной корреляции по формуле:

Результаты расчета представлены в таблице 1.1.28

Таблица 1.1.23 – Значения t-критерия Стьюдента для показателей

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | X1-1 | X1-2 | X1-3 |
| X1-2 | 2,773892351 |  |  |
| X1-3 | 3,588204997 | 4,021719301 |  |
| X1-4 | 3,798576274 | 2,62891657 | 2,62144616 |

При уровне значимости α=0,05, числу степеней свободы n-2=17,

Так как во всех случаях , коэффициенты считаются значимыми.

7. Проверить автокорреляцию показателей. Выбрать те лаги, которые имеют сильную корреляционную связь со значением показателя в последнем периоде. Провести проверку значимости коэффициентов автокорреляции с помощью критерия Бокса – Пирсона или критерия Льюнга-Бокса.

Проверка значимости коэффициентов автокорреляции по Q-статистике Бокса-Пирса осуществляется по формуле:

Проверка значимости коэффициентов автокорреляции по Q-статистике Льюнга-Бокса осуществляется по формуле:

где n — число наблюдений,  — автокорреляция k-го порядка, и m — число проверяемых лагов.

Как по тесту Бокса-Пирса, так и по тесту Льюнга-Бокса, в случае если , коэффициенты считаются значимыми. определяется по таблице.

Анализ автокорреляции осуществляется в программе Statistica. Результаты приведены ниже.

Таблица 1.1.24 – Коэффициенты автокорреляции эндогенной переменной.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто-корр. | Ст.Ошибка | Бокса-Льюнга Q | p |
| 0,788097 | 0,212398 | 13,76766 | 0,000207 |
| 0,586880 | 0,206413 | 21,85158 | 0,000018 |
| 0,464307 | 0,200250 | 27,22764 | 0,000005 |
| 0,307873 | 0,193892 | 29,74894 | 0,000006 |
| 0,098481 | 0,187317 | 30,02534 | 0,000015 |
| -0,010493 | 0,180503 | 30,02872 | 0,000039 |
| -0,065857 | 0,173422 | 30,17293 | 0,000089 |
| -0,217354 | 0,166039 | 31,88655 | 0,000098 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна 13,768

Коэффициенты являются значимыми. Эндогенный параметр отражает зависимость от одного прошлого периода.

Таблица 1.1.25 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто-корр. | Ст.Ошибка | Бокса-Льюнга Q | p |
| 0,058390 | 0,240906 | 0,058745 | 0,808491 |
| -0,097439 | 0,231455 | 0,235972 | 0,888709 |
| 0,072972 | 0,221601 | 0,344406 | 0,951471 |
| -0,020062 | 0,211289 | 0,353422 | 0,986109 |
| 0,106329 | 0,200446 | 0,634814 | 0,986353 |
| -0,117875 | 0,188982 | 1,023862 | 0,984690 |
| -0,025870 | 0,176777 | 1,045279 | 0,994064 |
| 0,097508 | 0,163663 | 1,400238 | 0,994242 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

Таблица 1.1.26 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто-корр. | Ст.Ошибка | Бокса-Льюнга Q | p |
| -0,209257 | 0,240906 | 0,754509 | 0,385059 |
| -0,227440 | 0,231455 | 1,720116 | 0,423147 |
| 0,197537 | 0,221601 | 2,514721 | 0,472647 |
| -0,267234 | 0,211289 | 4,114392 | 0,390764 |
| -0,186608 | 0,200446 | 4,981084 | 0,418212 |
| 0,228068 | 0,188982 | 6,437504 | 0,376029 |
| -0,140023 | 0,176777 | 7,064912 | 0,422176 |
| -0,074587 | 0,163663 | 7,272609 | 0,507542 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

Таблица 1.1.27 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто-корр. | Ст.Ошибка | Бокса-Льюнга Q | p |
| -0,039257 | 0,240906 | 0,026555 | 0,870553 |
| 0,135797 | 0,231455 | 0,370784 | 0,830779 |
| -0,162048 | 0,221601 | 0,905527 | 0,824094 |
| -0,174252 | 0,211289 | 1,585671 | 0,811363 |
| 0,178332 | 0,200446 | 2,377198 | 0,794861 |
| 0,132876 | 0,188982 | 2,871568 | 0,824779 |
| -0,059691 | 0,176777 | 2,985585 | 0,886324 |
| -0,112531 | 0,163663 | 3,458344 | 0,902388 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

Таблица 1.1.28 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто-корр. | Ст.Ошибка | Бокса-Льюнга Q | p |
| 0,535648 | 0,240906 | 4,94384 | 0,026191 |
| 0,405896 | 0,231455 | 8,01920 | 0,018150 |
| -0,177110 | 0,221601 | 8,65796 | 0,034218 |
| -0,287211 | 0,211289 | 10,50574 | 0,032737 |
| -0,527063 | 0,200446 | 17,41975 | 0,003775 |
| -0,361673 | 0,188982 | 21,08235 | 0,001777 |
| -0,343205 | 0,176777 | 24,85161 | 0,000809 |
| -0,058108 | 0,163663 | 24,97767 | 0,001573 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

8. Построить модель ADL.

С учетом результатов предшествующих анализов, ADL-модель принимает вид:

9. Решить построенную модель регрессии для показателей. Найти коэффициенты модели, используя регрессионный анализ. Написать уравнение модели с найденными коэффициентами.

Регрессионный анализ осуществляется в программе Excel.

Таблица 1.1.29 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,987422669 |
| R-квадрат | 0,975003527 |
| Нормированный R-квадрат | 0,96964714 |
| Стандартная ошибка | 370,0463062 |
| Наблюдения | 18 |

Таблица 1.1.30 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 3 | 74776931,8 | 24925643,9 | 182,0263413 | 1,89482E-11 |
| Остаток | 14 | 1917079,76 | 136934,269 |  |  |
| Итого | 17 | 76694011,6 |  |  |  |

Таблица 1.1.31 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | -7404,814458 | 2850,63781 | -2,5975992 | 0,021075573 | -13518,82449 | -1290,8044 | -13518,824 | -1290,804427 |
| Переменная X 1 | 0,001345574 | 0,00602619 | 0,22328774 | 0,826536747 | -0,011579312 | 0,01427046 | -0,0115793 | 0,014270459 |
| Переменная X 2 | 0,002486776 | 0,00614555 | 0,40464654 | 0,691852003 | -0,010694122 | 0,01566767 | -0,0106941 | 0,015667674 |
| Переменная X 3 | 0,000338087 | 6,9139E-05 | 4,88996614 | 0,000238728 | 0,000189799 | 0,00048638 | 0,0001898 | 0,000486375 |
| Переменная X 4 | 0,000154422 | 0,25301829 | 3,86405895 | 0,00224321 | 0,30354164 | 1,3967672 | 0,30354164 | 1,396767203 |
| Переменная X 5 | 0,000264715 | 0,2200159 | 3,36005126 | 0,005120784 | 0,263949252 | 1,21458018 | 0,26394925 | 1,214580177 |

Согласно результатам, уравнение записывается:

10. Проверить значимость регрессионной модели и коэффициентов регрессии. Проверить модели на достоверность с помощью F-критерия Фишера и коэффициента детерминации. Если Fр≥Fф , то построенная модель значима, т.е. выборка соответствует генеральной совокупности. Чем ближе коэффициент детерминации к 1, тем точнее модель, то есть коэффициент должен быть не менее 0,7 (R2≥0,7).

F-критерия Фишера рассчитывается по формуле:

где R - коэффициент корреляции;  
      f1 и f2 - число степеней свободы.

Первая дробь в уравнении равна отношению объясненной дисперсии к необъясненной. Каждая из этих дисперсий делится на свою степень свободы (вторая дробь в выражении). Число степеней свободы объясненной дисперсии f1 равно количеству объясняющих переменных линейной модели.

Число степеней свободы необъясненной дисперсии f2 = T-k-1, где T-количество временных периодов , k-количество объясняющих переменных.

Для проверки значимости уравнения регрессии вычисленное значение критерия Фишера сравнивают с [табличным](http://www.chem-astu.ru/science/reference/F-statistic.html), взятым для числа степеней свободы f1 (бóльшая дисперсия) и f2 (меньшая дисперсия) на выбранном уровне значимости (обычно 0.05). Если рассчитанный критерий Фишера выше, чем табличный, то объясненная дисперсия существенно больше, чем необъясненная, и модель является значимой.

При осуществлении регрессионного анализа в программе Excel коэффициент детерминации и F-критерия Фишера рассчитывается автоматически. Коэффициент детерминации 0,975003527≥ 0,7, F-критерия Фишера 182,026, Fрасчетное ≥ Fтабличное, модель считается значимой.

## 1.2 Анализ зависимости выбросов CO2 на единицу продукции от факторов

Анализ проводится по разработанной методике, приведенной выше.

1.Сформулировать цель анализа

Цель: проанализировать зависимость климатологических катастроф от факторов с помощью модели ADL.

2. Выбрать эндогенные и экзогенные параметры модели.

*Эндогенные*

Y2t - Выбросы CO2 на единицу продукции, гр./USD (grams per USD in constant prices).

*Экзогенные показатели:*

Y2t-k - Выбросы CO2 на единицу продукции, гр./USD (grams per USD in constant prices).

Y7t -Сокращение площади лесов, 000 sq km

 - Energy, Utilities and Recycling: Production (turnover) MSP, USD million, USD million (Объем производства: Энергетика, ЖКХ и переработка)

 - Primary Materials. Forestry. Production (turnover) MSP, USD million (Объем производства: лес\_кругляк),

 - Road Freight Traffic. (Объемы перевозимых грузов). МИР, Million net tonne-kilometres,

 - Transport and Communications: Production (turnover) MSP, USD million, USD million (Объем производства: Транспорт и коммуникации),

 - Road Network (дорожная сеть), Kilometres,

 - Material Resource Productivity (производительность материальных ресурсов), USD per kg in constant prices,

3. Рассчитать эндогенные и экзогенные параметры модели

Эндогенные и экзогенные параметры модели представляют собой среднегеометрическое показателей стран мира в год t. Расчет осуществляется в программе Excel.

4. Отобразить эндогенные и экзогенные параметры модели в таблицах

Эндогенные и экзогенные переменные представлены в таблице 1.1.1.

Таблица 1.2.1 – Параметры модели

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Y2 | Y7 | X2-1 | X2-2 | X2-3 | X2-4 | X2-5 | X2-6 |
| 2015 | 755,8 | 39 978,4 | 10 876 990,0 | 270 392,5 | 13 628 785,7 | 9 961 604,0 | 38 934 149,6 | 0,9 |
| 2014 | 848,8 | 40 005,4 | 12 749 580,0 | 283 001,4 | 13 325 858,5 | 10 354 430,0 | 38 468 770,3 | 0,9 |
| 2013 | 944,1 | 40 040,8 | 12 927 950,0 | 274 270,9 | 12 625 047,9 | 10 032 770,0 | 37 865 778,3 | 0,8 |
| 2012 | 1 111,7 | 40 073,8 | 12 681 730,0 | 262 075,0 | 12 793 170,7 | 9 656 216,0 | 37 089 303,3 | 0,8 |
| 2011 | 1 183,1 | 40 106,7 | 12 300 570,0 | 263 658,3 | 11 927 459,4 | 9 594 466,0 | 36 632 863,4 | 0,8 |
| 2010 | 1 466,1 | 39 867,3 | 10 182 960,0 | 232 551,5 | 10 950 618,8 | 8 507 177,0 | 36 196 054,8 | 0,8 |
| 2009 | 1 684,6 | 39 899,6 | 8 531 825,0 | 203 412,3 | 10 169 687,2 | 7 738 202,0 | 35 629 943,2 | 0,7 |
| 2008 | 1 751,6 | 39 931,9 | 10 470 040,0 | 220 305,4 | 9 912 228,0 | 8 361 470,0 | 34 899 714,6 | 0,8 |
| 2007 | 1 858,6 | 39 964,2 | 8 435 699,0 | 209 197,7 | 7 694 557,3 | 7 538 459,0 | 34 422 332,7 | 0,7 |
| 2006 | 2 305,4 | 39 996,4 | 7 358 770,0 | 172 286,4 | 7 274 432,0 | 6 651 129,0 | 33 842 412,1 | 0,7 |
| 2005 | 2 797,4 | 39 997,7 | 6 371 666,0 | 151 341,1 | 6 916 817,7 | 6 068 108,0 | 33 346 998,2 | 0,7 |
| 2004 | 3 374,4 | 40 041,6 | 5 143 339,0 | 141 165,5 | 6 682 466,2 | 5 522 844,0 | 32 879 283,3 | 0,7 |
| 2003 | 4 501,3 | 40 085,5 | 4 240 525,0 | 121 836,7 | 6 289 926,3 | 4 879 918,0 | 32 545 009,2 | 0,7 |
| 2002 | 5 407,6 | 40 129,4 | 3 614 337,0 | 108 938,5 | 6 103 291,3 | 4 295 864,0 | 32 080 270,7 | 0,7 |
| 2001 | 7 550,9 | 40 173,3 | 3 645 993,0 | 106 174,2 | 5 901 409,5 | 4 159 924,0 | 31 601 067,8 | 0,7 |
| 2000 | 8 163,9 | 40 217,2 | 3 680 902,0 | 111 296,8 | 5 748 609,5 | 4 130 435,0 | 30 681 228,0 | 0,6 |
| 1999 | 12 709,9 | 40 280,6 | 3 099 467,0 | 112 658,6 | 5 562 868,2 | 3 927 919,0 | 30 334 900,1 | 0,6 |
| 1998 | 18 346,8 | 40 351,5 | 2 925 955,0 | 109 677,0 | 5 331 136,1 | 3 762 397,0 | 29 938 785,4 | 0,6 |
| 1997 | 21 717,7 | 40 422,4 | 3 114 773,0 | 115 947,4 | 5 115 996,2 | 3 726 223,0 | 29 684 185,1 | 0,7 |

5. Осуществить проверку временных рядов на стационарность, используя тест Дики-Фуллера. В том случае, если ряд нестационарный, привести его к стационарному виду путем вычисления разностей.

Тест Дики-Фуллера представляет собой авторегрессионное уравнение вида:

где   — временной ряд, а  — ошибка.

Если , то ряд стационарный. Если a=1, то процесс имеет единичный корень, в этом случае ряд не стационарен, является [интегрированным временным рядом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B3%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B2%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D1%80%D1%8F%D0%B4) первого порядка.

Тест Дики-Фуллера осуществляется решением авторегрессионного уравнения первого порядка в программе Excel. Ниже приведены результаты теста.

Таблица 1.2.2. – Исходные данные для теста Дики-Фуллера эндогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Y2 | Y2 |
| 2015 | 755,8 | 848,8 |
| 2014 | 848,8 | 944,1 |
| 2013 | 944,1 | 1 111,7 |
| 2012 | 1 111,7 | 1 183,1 |
| 2011 | 1 183,1 | 1 466,1 |
| 2010 | 1 466,1 | 1 684,6 |
| 2009 | 1 684,6 | 1 751,6 |
| 2008 | 1 751,6 | 1 858,6 |
| 2007 | 1 858,6 | 2 305,4 |
| 2006 | 2 305,4 | 2 797,4 |
| 2005 | 2 797,4 | 3 374,4 |
| 2004 | 3 374,4 | 4 501,3 |
| 2003 | 4 501,3 | 5 407,6 |
| 2002 | 5 407,6 | 7 550,9 |
| 2001 | 7 550,9 | 8 163,9 |
| 2000 | 8 163,9 | 12 709,9 |
| 1999 | 12 709,9 | 18 346,8 |
| 1998 | 18 346,8 | 0,0 |

Таблица 1.2.3 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,98909917 |
| R-квадрат | 0,97831716 |
| Нормированный R-квадрат | 0,97687164 |
| Стандартная ошибка | 502,728369 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.2.4 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 171049428 | 171049428 | 676,79141 | 6,7878E-14 |
| Остаток | 15 | 3791037,2 | 252735,813 |  |  |
| Итого | 16 | 174840465 |  |  |  |

Таблица 1.2.5 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 403,568004 | 168,687925 | 2,39239415 | 0,0302714 | 44,0182035 | 763,117805 | 44,0182035 | 763,117805 |
| Переменная X 1 | 0,67829393 | 0,02607297 | 26,015215 | 6,788E-14 | 0,62272071 | 0,73386715 | 0,62272071 | 0,73386715 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.2.6. – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Y7 | Y7 |
| 2015 | 39 978,4 | 40 005,4 |
| 2014 | 40 005,4 | 40 040,8 |
| 2013 | 40 040,8 | 40 073,8 |
| 2012 | 40 073,8 | 40 106,7 |
| 2011 | 40 106,7 | 39 867,3 |
| 2010 | 39 867,3 | 39 899,6 |
| 2009 | 39 899,6 | 39 931,9 |
| 2008 | 39 931,9 | 39 964,2 |
| 2007 | 39 964,2 | 39 996,4 |
| 2006 | 39 996,4 | 39 997,7 |
| 2005 | 39 997,7 | 40 041,6 |
| 2004 | 40 041,6 | 40 085,5 |
| 2003 | 40 085,5 | 40 129,4 |
| 2002 | 40 129,4 | 40 173,3 |
| 2001 | 40 173,3 | 40 217,2 |
| 2000 | 40 217,2 | 40 280,6 |
| 1999 | 40 280,6 | 40 351,5 |
| 1998 | 40 351,5 | 0,0 |

Таблица 1.2.7 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,852127 |
| R-квадрат | 0,726121 |
| Нормированный R-квадрат | 0,707862 |
| Стандартная ошибка | 60,07428 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.2.8 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 143521,9 | 143521,9 | 39,76867 | 1,41E-05 |
| Остаток | 15 | 54133,79 | 3608,919 |  |  |
| Итого | 16 | 197655,7 |  |  |  |

Таблица 1.2.9 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 11250,71 | 4566,253 | 2,463883 | 0,026313 | 1517,974 | 20983,45 | 1517,974 | 20983,45 |
| Переменная X 1 | 0,718665 | 0,113961 | 6,306241 | 1,41E-05 | 0,475763 | 0,961566 | 0,475763 | 0,961566 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.2.10 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X2-1 | X2-1 |
| 2015 | 10 876 990,0 | 12 749 580,0 |
| 2014 | 12 749 580,0 | 12 927 950,0 |
| 2013 | 12 927 950,0 | 12 681 730,0 |
| 2012 | 12 681 730,0 | 12 300 570,0 |
| 2011 | 12 300 570,0 | 10 182 960,0 |
| 2010 | 10 182 960,0 | 8 531 825,0 |
| 2009 | 8 531 825,0 | 10 470 040,0 |
| 2008 | 10 470 040,0 | 8 435 699,0 |
| 2007 | 8 435 699,0 | 7 358 770,0 |
| 2006 | 7 358 770,0 | 6 371 666,0 |
| 2005 | 6 371 666,0 | 5 143 339,0 |
| 2004 | 5 143 339,0 | 4 240 525,0 |
| 2003 | 4 240 525,0 | 3 614 337,0 |
| 2002 | 3 614 337,0 | 3 645 993,0 |
| 2001 | 3 645 993,0 | 3 680 902,0 |
| 2000 | 3 680 902,0 | 3 099 467,0 |
| 1999 | 3 099 467,0 | 2 925 955,0 |
| 1998 | 2 925 955,0 | 0,0 |

Таблица 1.2.11 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,86051628 |
| R-квадрат | 0,74048826 |
| Нормированный R-квадрат | 0,67458481 |
| Стандартная ошибка | 437,373681 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.2.12 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 0,00019466 | 0,00019466 | 42,8008535 | 1,0733E-12 |
| Остаток | 15 | 3298202,36 | 219880,157 |  |  |
| Итого | 16 | 152111205 |  |  |  |

Таблица 1.2.13 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 351,104164 | 146,758495 | 2,08138291 | 0,02633615 | 38,295837 | 663,91249 | 38,295837 | 663,91249 |
| Переменная X 1 | 0,59011572 | 0,02268348 | 22,6332371 | 1,0733E-12 | 0,54176702 | 0,63846442 | 0,54176702 | 0 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.2.14 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X2-2 | X2-2 |
| 2015 | 270 392,5 | 283 001,4 |
| 2014 | 283 001,4 | 274 270,9 |
| 2013 | 274 270,9 | 262 075,0 |
| 2012 | 262 075,0 | 263 658,3 |
| 2011 | 263 658,3 | 232 551,5 |
| 2010 | 232 551,5 | 203 412,3 |
| 2009 | 203 412,3 | 220 305,4 |
| 2008 | 220 305,4 | 209 197,7 |
| 2007 | 209 197,7 | 172 286,4 |
| 2006 | 172 286,4 | 151 341,1 |
| 2005 | 151 341,1 | 141 165,5 |
| 2004 | 141 165,5 | 121 836,7 |
| 2003 | 121 836,7 | 108 938,5 |
| 2002 | 108 938,5 | 106 174,2 |
| 2001 | 106 174,2 | 111 296,8 |
| 2000 | 111 296,8 | 112 658,6 |
| 1999 | 112 658,6 | 109 677,0 |
| 1998 | 109 677,0 | 0,0 |

Таблица 1.2.15 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,69236942 |
| R-квадрат | 0,47937541 |
| Нормированный R-квадрат | 0,436711 |
| Стандартная ошибка | 351,909858 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.2.16 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 7,8069E-05 | 7,8069E-05 | 13,8115473 | 3,3261E-12 |
| Остаток | 15 | 2653726,04 | 176915,069 |  |  |
| Итого | 16 | 122388326 |  |  |  |

Таблица 1.2.17 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 282,497603 | 118,081547 | 1,6746759 | 0,02119 | 30,8127424 | 534,182463 | 30,8127424 | 534,182463 |
| Переменная X 1 | 0,47480575 | 0,01825108 | 18,2106505 | 3,3261E-12 | 0,43590449 | 0,513707 | 0,43590449 | 0 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.2.18 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X2-3 | X2-3 |
| 2015 | 13 628 785,7 | 13 325 858,5 |
| 2014 | 13 325 858,5 | 12 625 047,9 |
| 2013 | 12 625 047,9 | 12 793 170,7 |
| 2012 | 12 793 170,7 | 11 927 459,4 |
| 2011 | 11 927 459,4 | 10 950 618,8 |
| 2010 | 10 950 618,8 | 10 169 687,2 |
| 2009 | 10 169 687,2 | 9 912 228,0 |
| 2008 | 9 912 228,0 | 7 694 557,3 |
| 2007 | 7 694 557,3 | 7 274 432,0 |
| 2006 | 7 274 432,0 | 6 916 817,7 |
| 2005 | 6 916 817,7 | 6 682 466,2 |
| 2004 | 6 682 466,2 | 6 289 926,3 |
| 2003 | 6 289 926,3 | 6 103 291,3 |
| 2002 | 6 103 291,3 | 5 901 409,5 |
| 2001 | 5 901 409,5 | 5 748 609,5 |
| 2000 | 5 748 609,5 | 5 562 868,2 |
| 1999 | 5 562 868,2 | 5 331 136,1 |
| 1998 | 5 331 136,1 | 0,0 |

Таблица 1.2.19 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,79127933 |
| R-квадрат | 0,62612298 |
| Нормированный R-квадрат | 0,57039804 |
| Стандартная ошибка | 402,182695 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.2.20 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 0,00012424 | 0,00012424 | 25,1201448 | 1,8288E-12 |
| Остаток | 15 | 3032829,76 | 202188,651 |  |  |
| Итого | 16 | 139872372 |  |  |  |

Таблица 1.2.21 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 322,854403 | 134,95034 | 1,91391532 | 0,02421715 | 35,2145628 | 610,4942439 | 35,21456277 | 610,494244 |
| Переменная X 1 | 0,54263514 | 0,02085838 | 20,812172 | 1,8288E-12 | 0,49817657 | 0,587093719 | 0,498176566 | 0,58709372 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.2.22 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X2-4 | X2-4 |
| 2015 | 9 961 604,0 | 10 354 430,0 |
| 2014 | 10 354 430,0 | 10 032 770,0 |
| 2013 | 10 032 770,0 | 9 656 216,0 |
| 2012 | 9 656 216,0 | 9 594 466,0 |
| 2011 | 9 594 466,0 | 8 507 177,0 |
| 2010 | 8 507 177,0 | 7 738 202,0 |
| 2009 | 7 738 202,0 | 8 361 470,0 |
| 2008 | 8 361 470,0 | 7 538 459,0 |
| 2007 | 7 538 459,0 | 6 651 129,0 |
| 2006 | 6 651 129,0 | 6 068 108,0 |
| 2005 | 6 068 108,0 | 5 522 844,0 |
| 2004 | 5 522 844,0 | 4 879 918,0 |
| 2003 | 4 879 918,0 | 4 295 864,0 |
| 2002 | 4 295 864,0 | 4 159 924,0 |
| 2001 | 4 159 924,0 | 4 130 435,0 |
| 2000 | 4 130 435,0 | 3 927 919,0 |
| 1999 | 3 927 919,0 | 3 762 397,0 |
| 1998 | 3 762 397,0 | 0,0 |

Таблица 1.2.23 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,89018925 |
| R-квадрат | 0,7924369 |
| Нормированный R-квадрат | 0,72191002 |
| Стандартная ошибка | 452,455532 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.2.24 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 0,00025177 | 0,00025177 | 57,2671813 | 8,0219E-13 |
| Остаток | 15 | 3411933,48 | 227462,232 |  |  |
| Итого | 16 | 157356419 |  |  |  |

Таблица 1.2.25 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 363,211204 | 151,819132 | 2,15315473 | 0,02724429 | 39,6163831 | 686,8060244 | 39,61638311 | 686,806024 |
| Переменная X 1 | 0,61046453 | 0,02346567 | 23,4136935 | 8,0219E-13 | 0,56044864 | 0,660480434 | 0,560448636 | 0,66048043 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.2.26 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X2-5 | X2-5 |
| 2015 | 38 934 149,6 | 38 468 770,3 |
| 2014 | 38 468 770,3 | 37 865 778,3 |
| 2013 | 37 865 778,3 | 37 089 303,3 |
| 2012 | 37 089 303,3 | 36 632 863,4 |
| 2011 | 36 632 863,4 | 36 196 054,8 |
| 2010 | 36 196 054,8 | 35 629 943,2 |
| 2009 | 35 629 943,2 | 34 899 714,6 |
| 2008 | 34 899 714,6 | 34 422 332,7 |
| 2007 | 34 422 332,7 | 33 842 412,1 |
| 2006 | 33 842 412,1 | 33 346 998,2 |
| 2005 | 33 346 998,2 | 32 879 283,3 |
| 2004 | 32 879 283,3 | 32 545 009,2 |
| 2003 | 32 545 009,2 | 32 080 270,7 |
| 2002 | 32 080 270,7 | 31 601 067,8 |
| 2001 | 31 601 067,8 | 30 681 228,0 |
| 2000 | 30 681 228,0 | 30 334 900,1 |
| 1999 | 30 334 900,1 | 29 938 785,4 |
| 1998 | 29 938 785,4 | 0,0 |

Таблица 1.2.27 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,70226041 |
| R-квадрат | 0,49316968 |
| Нормированный R-квадрат | 0,44927758 |
| Стандартная ошибка | 356,937142 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.2.28 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 8,1339E-05 | 8,1339E-05 | 14,5957039 | 3,1474E-12 |
| Остаток | 15 | 2691636,41 | 179442,427 |  |  |
| Итого | 16 | 124136730 |  |  |  |

Таблица 1.2.29 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 286,533283 | 119,768427 | 1,69859985 | 0,02149272 | 31,2529245 | 541,8136414 | 31,25292446 | 541,813641 |
| Переменная X 1 | 0,48158869 | 0,01851181 | 18,4708027 | 3,1474E-12 | 0,4421317 | 0,521045675 | 0,442131702 | 0,52104568 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.2.30 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X2-6 | X2-6 |
| 2015 | 0,9 | 0,9 |
| 2014 | 0,9 | 0,8 |
| 2013 | 0,8 | 0,8 |
| 2012 | 0,8 | 0,8 |
| 2011 | 0,8 | 0,8 |
| 2010 | 0,8 | 0,7 |
| 2009 | 0,7 | 0,8 |
| 2008 | 0,8 | 0,7 |
| 2007 | 0,7 | 0,7 |
| 2006 | 0,7 | 0,7 |
| 2005 | 0,7 | 0,7 |
| 2004 | 0,7 | 0,7 |
| 2003 | 0,7 | 0,7 |
| 2002 | 0,7 | 0,7 |
| 2001 | 0,7 | 0,6 |
| 2000 | 0,6 | 0,6 |
| 1999 | 0,6 | 0,6 |
| 1998 | 0,6 | 0,0 |

Таблица 1.2.31 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,97920818 |
| R-квадрат | 0,95884865 |
| Нормированный R-квадрат | 0,87351112 |
| Стандартная ошибка | 497,701085 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.2.32 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 0,00139687 | 0,00139687 | 349,508108 | 1,3144E-13 |
| Остаток | 15 | 3753126,83 | 250208,455 |  |  |
| Итого | 16 | 173092060 |  |  |  |

Таблица 1.2.33 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 399,532324 | 167,001046 | 2,36847021 | 0,02996872 | 43,5780214 | 755,4866268 | 43,57802142 | 755,486627 |
| Переменная X 1 | 0,67151099 | 0,02581224 | 25,7550629 | 1,3144E-13 | 0,6164935 | 0,726528477 | 0,6164935 | 0,72652848 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Согласно результатам теста Дики-Фуллера, все временные ряды являются стационарными.

5. Проверить экзогенные параметры на мультиколлинеарность. В случае если коэффициент попарной корреляции превышает 0,7, следует исключить из дальнейшего анализа одну переменную из пары.

Проверка проводится в программе Excel.

Таблица 1.2.34 – Коэффициенты корреляции экзогенных переменных

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Y7 | X2-1 | X2-2 | X2-3 | X2-4 | X2-5 | X2-6 |
| Y7 | 1 |  |  |  |  |  |  |
| X2-1 | -0,6516753 | 1 |  |  |  |  |  |
| X2-2 | -0,6243332 | 0,98825107 | 1 |  |  |  |  |
| X2-3 | -0,5974891 | 0,9595049 | 0,9725226 | 1 |  |  |  |
| X2-4 | -0,6875914 | 0,99151663 | 0,69421101 | 0,97276801 | 1 |  |  |
| X2-5 | -0,6336296 | 0,95221146 | 0,66163634 | 0,97056943 | 0,6788475 | 1 |  |
| X2-6 | -0,5650871 | 0,84833017 | 0,56684673 | 0,89165416 | 0,57399322 | 0,596736593 | 1 |

Так как переменные Х2-1 и Х2-3 отражают слишком высокую тесноту связи с другими переменными, они удалены из дальнейшего анализа.

6. Проверка коэффициентов парной корреляции на значимость с помощью t-критерия Стьюдента для показателей. Если tрасч≥tтабл, то полученные коэффициенты значимы т.е. выборка соответствует генеральной совокупности.

Для оценки значимости коэффициентов корреляции следует рассчитать t-критерий Стьюдента для каждой попарной корреляции по формуле:

Результаты расчета представлены в таблице 1.1.28

Таблица 1.2.35 – Значения t-критерия Стьюдента для показателей

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Y7 | Y7 | X2-2 | X2-4 | X2-5 |
| X2-2 | 3,295352871 |  |  |  |
| X2-4 | 3,904449189 | 3,976686 |  |  |
| X2-5 | 3,376937014 | 3,638178 | 3,811846551 |  |
| X2-6 | 2,824031177 | 2,836979 | 2,890157728 | 3,066168975 |

При уровне значимости α=0,05, числу степеней свободы n-2=17,

Так как во всех случаях , коэффициенты считаются значимыми.

7. Проверить автокорреляцию показателей. Выбрать те лаги, которые имеют сильную корреляционную связь со значением показателя в последнем периоде. Провести проверку значимости коэффициентов автокорреляции с помощью критерия Бокса – Пирсона или критерия Льюнга-Бокса.

Проверка значимости коэффициентов автокорреляции по Q-статистике Бокса-Пирса осуществляется по формуле:

Проверка значимости коэффициентов автокорреляции по Q-статистике Льюнга-Бокса осуществляется по формуле:

где n — число наблюдений,  — автокорреляция k-го порядка, и m — число проверяемых лагов.

Как по тесту Бокса-Пирса, так и по тесту Льюнга-Бокса, в случае если , коэффициенты считаются значимыми. определяется по таблице.

Анализ автокорреляции осуществляется в программе Statistica. Результаты приведены ниже.

Таблица 1.2.36 – Коэффициенты автокорреляции эндогенной переменной.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто-корр. | Ст.Ошибка | Бокса-Льюнга Q | p |
| 0,805588 | 0,240906 | 11,18228 | 0,000827 |
| 0,565891 | 0,231455 | 17,15996 | 0,000188 |
| 0,316687 | 0,221601 | 19,20225 | 0,000249 |
| 0,081502 | 0,211289 | 19,35104 | 0,000672 |
| -0,136611 | 0,200446 | 19,81553 | 0,001356 |
| -0,205442 | 0,188982 | 20,99731 | 0,001841 |
| -0,269033 | 0,176777 | 23,31343 | 0,001507 |
| -0,325823 | 0,163663 | 27,27677 | 0,000636 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты являются значимыми. Эндогенный параметр отражает зависимость от одного прошлого периода.

Таблица 1.2.37 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто-корр. | Ст.Ошибка | Бокса-Льюнга Q | p |
| 0,798856 | 0,240906 | 10,99617 | 0,000914 |
| 0,563624 | 0,231455 | 16,92604 | 0,000212 |
| 0,314616 | 0,221601 | 18,94170 | 0,000282 |
| 0,127014 | 0,211289 | 19,30307 | 0,000687 |
| 0,009689 | 0,200446 | 19,30541 | 0,001689 |
| -0,106934 | 0,188982 | 19,62558 | 0,003234 |
| -0,211417 | 0,176777 | 21,05590 | 0,003696 |
| -0,299556 | 0,163663 | 24,40597 | 0,001964 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты являются значимыми. Экзогенный параметр отражает зависимость от одного прошлого периода.

Таблица 1.2.38 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто- - корр. | Ст.ошиб. | Бокса- - Льюнга Q | p |
| 0,735291 | 0,212398 | 11,98448 | 0,000537 |
| 0,510025 | 0,206413 | 18,08977 | 0,000118 |
| 0,335141 | 0,200250 | 20,89073 | 0,000111 |
| 0,212628 | 0,193892 | 22,09333 | 0,000193 |
| 0,124374 | 0,187317 | 22,53419 | 0,000416 |
| -0,033810 | 0,180503 | 22,56928 | 0,000957 |
| -0,158384 | 0,173422 | 23,40338 | 0,001454 |
| -0,244206 | 0,166039 | 25,56656 | 0,001249 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты являются значимыми. Экзогенный параметр отражает зависимость от 1 прошлого периода.

Таблица 1.2.39 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто- - корр. | Ст.ошиб. | Бокса- - Льюнга Q | p |
| 0,542426 | 0,212398 | 6,52201 | 0,000073 |
| 0,471899 | 0,206413 | 11,74864 | 0,000002 |
| 0,374030 | 0,200250 | 33,60688 | 0,000000 |
| 0,367224 | 0,193892 | 37,19398 | 0,000000 |
| 0,202838 | 0,187317 | 38,36656 | 0,000000 |
| 0,095073 | 0,180503 | 38,64398 | 0,000001 |
| -0,020315 | 0,173422 | 38,65771 | 0,000002 |
| -0,165926 | 0,166039 | 39,65635 | 0,000004 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

Таблица 1.2.40 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто- - корр. | Ст.ошиб. | Бокса- - Льюнга Q | p |
| 0,594067 | 0,212398 | 7,82296 | 0,000086 |
| 0,564218 | 0,206413 | 15,29463 | 0,000003 |
| 0,519254 | 0,200250 | 32,49929 | 0,000000 |
| 0,378918 | 0,193892 | 36,31849 | 0,000000 |
| 0,248431 | 0,187317 | 38,07745 | 0,000000 |
| 0,115168 | 0,180503 | 38,48454 | 0,000001 |
| -0,005438 | 0,173422 | 38,48553 | 0,000002 |
| -0,114759 | 0,166039 | 38,96322 | 0,000005 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты не являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

Таблица 1.2.41 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто- - корр. | Ст.ошиб. | Бокса- - Льюнга Q | p |
| 0,586732 | 0,212398 | 7,63097 | 0,000067 |
| 0,535460 | 0,206413 | 14,36041 | 0,000001 |
| 0,526287 | 0,200250 | 33,82744 | 0,000000 |
| 0,375971 | 0,193892 | 37,58747 | 0,000000 |
| 0,241740 | 0,187317 | 39,25295 | 0,000000 |
| 0,112561 | 0,180503 | 39,64182 | 0,000001 |
| -0,006730 | 0,173422 | 39,64333 | 0,000001 |
| -0,112394 | 0,166039 | 40,10154 | 0,000003 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты не являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

Таблица 1.2.42 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто- - корр. | Ст.ошиб. | Бокса- - Льюнга Q | p |
| 0,585498 | 0,212398 | 7,59892 | 0,000031 |
| 0,438996 | 0,206413 | 12,12210 | 0,000000 |
| 0,392457 | 0,200250 | 38,95188 | 0,000000 |
| 0,331522 | 0,193892 | 43,90510 | 0,000000 |
| 0,254093 | 0,187317 | 45,74515 | 0,000000 |
| 0,099610 | 0,180503 | 46,04968 | 0,000000 |
| -0,034164 | 0,173422 | 46,08849 | 0,000000 |
| -0,182758 | 0,166039 | 47,30002 | 0,000000 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты не являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

8. Построить модель ADL.

С учетом результатов предшествующих анализов, ADL-модель принимает вид:

9. Решить построенную модель регрессии для показателей. Найти коэффициенты модели, используя регрессионный анализ. Написать уравнение модели с найденными коэффициентами.

Регрессионный анализ осуществляется в программе Excel.

Таблица 1.2.43 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,98876429 |
| R-квадрат | 0,97765481 |
| Нормированный R-квадрат | 0,96201318 |
| Стандартная ошибка | 927,295596 |
| Наблюдения | 18 |

Таблица 1.2.44 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 7 | 376216574 | 53745224,8 | 62,503378 | 1,8705E-07 |
| Остаток | 10 | 8598771,21 | 859877,121 |  |  |
| Итого | 17 | 384815345 |  |  |  |

Таблица 1.2.45 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 40717,9548 | 171842,834 | 0,23694881 | 0,81747993 | -342171,74 | 423607,65 | -342171,7402 | 423607,6498 |
| Переменная X 1 | 0,83918843 | 0,15793042 | 5,31365912 | 0,00034082 | 0,48729752 | 1,19107934 | 0,48729752 | 1,19107934 |
| Переменная X 2 | -0,1956906 | 4,43005575 | -0,0441734 | 0,96563581 | -10,06647 | 9,67508869 | -10,06646999 | 9,675088695 |
| Переменная X 3 | -0,8451041 | 4,46861542 | -0,1891199 | 0,85378209 | -10,8018 | 9,11159151 | -10,80179976 | 9,111591514 |
| Переменная X 4 | -0,0330472 | 0,07464034 | -0,4427524 | 0,6673683 | -0,1993562 | 0,13326184 | -0,199356229 | 0,133261845 |
| Переменная X 5 | 0,00100218 | 0,00234273 | 0,42778042 | 0,67787695 | -0,0042178 | 0,00622211 | -0,004217759 | 0,006222109 |
| Переменная X 6 | -0,0001067 | 0,00054737 | -0,1949565 | 0,84933098 | -0,0013263 | 0,00111291 | -0,001326338 | 0,00111291 |
| Переменная X 7 | 4854,7012 | 7215,78503 | 0,67278906 | 0,51632645 | -11223,07 | 20932,4722 | -11223,06978 | 20932,47218 |

Согласно результатам, уравнение записывается:

10. Проверить значимость регрессионной модели и коэффициентов регрессии. Проверить модели на достоверность с помощью F-критерия Фишера и коэффициента детерминации. Если Fр≥Fф , то построенная модель значима, т.е. выборка соответствует генеральной совокупности. Чем ближе коэффициент детерминации к 1, тем точнее модель, то есть коэффициент должен быть не менее 0,7 (R2≥0,7).

F-критерия Фишера рассчитывается по формуле:

где R - коэффициент корреляции;  
      f1 и f2 - число степеней свободы.

Первая дробь в уравнении равна отношению объясненной дисперсии к необъясненной. Каждая из этих дисперсий делится на свою степень свободы (вторая дробь в выражении). Число степеней свободы объясненной дисперсии f1 равно количеству объясняющих переменных линейной модели.

Число степеней свободы необъясненной дисперсии f2 = T-k-1, где T-количество временных периодов , k-количество объясняющих переменных.

Для проверки значимости уравнения регрессии вычисленное значение критерия Фишера сравнивают с [табличным](http://www.chem-astu.ru/science/reference/F-statistic.html), взятым для числа степеней свободы f1 (бóльшая дисперсия) и f2 (меньшая дисперсия) на выбранном уровне значимости (обычно 0.05). Если рассчитанный критерий Фишера выше, чем табличный, то объясненная дисперсия существенно больше, чем необъясненная, и модель является значимой.

При осуществлении регрессионного анализа в программе Excel коэффициент детерминации и F-критерия Фишера рассчитывается автоматически. Коэффициент детерминации 0,977654812≥ 0,7, F-критерия Фишера 62,50337804, Fрасчетное ≥ Fтабличное, модель считается значимой.

## 1.3 Анализ зависимости выбросов парниковых газов от промышленности от факторов

Анализ проводится по разработанной методике, приведенной выше.

1.Сформулировать цель анализа

Цель: проанализировать зависимость климатологических катастроф от факторов с помощью модели ADL.

2. Выбрать эндогенные и экзогенные параметры модели.

*Эндогенные*

Y3t - Выбросы парниковых газов от промышленности, 000 tonnes of CO2 equivalent

*Экзогенные показатели:*

Y3t-k - Выбросы парниковых газов от промышленности, 000 tonnes of CO2 equivalent

 - Выбросы парниковых газов в добыче и транспортировке угля, нефти и газа, 000 tonnes of CO2 equivalent,

 - Extraction of Crude Petroleum and Natural Gas (Объем добычи сырой нефти и природного газа), USD million,

- Mining of Coal and Lignite; Extraction of Peat (Добыча угля и лигнита; Добыча торфа), USD million,

- Energy, Utilities and Recycling: Production (turnover) MSP (производство коксовых продуктов), USD million,

 - Railway Freight Traffic, Million tonne-kilometres, (оборот железнодорожных перевозок),

 - Waste Generated by Manufacturing (отходы, образовавшиеся от промышленности), 000 tonnes

3. Рассчитать эндогенные и экзогенные параметры модели

Эндогенные и экзогенные параметры модели представляют собой среднегеометрическое показателей стран мира в год t. Расчет осуществляется в программе Excel.

4. Отобразить эндогенные и экзогенные параметры модели в таблицах

Эндогенные и экзогенные переменные представлены в таблице 1.1.1.

Таблица 1.3.1 – Параметры модели

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Y3 | X3-1 | X3-2 | X3-3 | X3-4 | X3-5 | X3-6 |
| 2015 | 17 228,3 | 13 263,2 | 2 297 376,0 | 573 322,0 | 183 007,5 | 4 806,8 | 25 675,8 |
| 2014 | 17 340,1 | 13 348,5 | 3 035 588,0 | 631 069,3 | 184 781,4 | 4 994,4 | 25 287,7 |
| 2013 | 17 136,4 | 13 422,2 | 3 197 452,0 | 654 242,8 | 178 891,8 | 4 957,8 | 24 781,8 |
| 2012 | 17 115,8 | 13 531,6 | 3 135 792,0 | 663 587,5 | 175 646,5 | 4 959,4 | 24 223,0 |
| 2011 | 17 177,2 | 13 612,3 | 3 055 944,0 | 655 638,6 | 173 252,0 | 5 019,8 | 22 725,2 |
| 2010 | 16 719,1 | 13 635,2 | 2 403 368,0 | 531 197,8 | 142 014,8 | 4 992,9 | 21 844,0 |
| 2009 | 15 538,4 | 13 320,3 | 1 941 201,0 | 434 347,1 | 112 471,2 | 4 619,9 | 17 697,3 |
| 2008 | 18 322,3 | 14 200,7 | 2 859 695,0 | 455 405,8 | 135 937,5 | 5 213,1 | 17 778,4 |
| 2007 | 18 740,1 | 14 362,2 | 2 218 156,0 | 312 725,1 | 96 324,4 | 5 039,7 | 18 362,9 |
| 2006 | 17 989,9 | 14 192,1 | 1 967 252,0 | 266 635,0 | 77 439,5 | 4 960,5 | 18 471,3 |
| 2005 | 17 452,6 | 14 023,6 | 1 655 277,0 | 229 479,0 | 66 959,4 | 4 854,1 | 18 414,4 |
| 2004 | 18 256,1 | 14 591,3 | 1 215 799,0 | 182 115,0 | 53 938,0 | 5 462,8 | 18 208,7 |
| 2003 | 17 219,6 | 14 336,9 | 946 602,7 | 140 878,3 | 37 787,9 | 5 116,5 | 27 851,9 |
| 2002 | 17 386,4 | 14 289,7 | 782 591,5 | 118 493,6 | 32 946,4 | 4 877,3 | 26 222,6 |
| 2001 | 17 233,9 | 14 231,9 | 781 466,0 | 118 930,2 | 30 340,4 | 4 591,3 | 26 055,6 |
| 2000 | 17 022,1 | 14 091,2 | 825 315,9 | 113 588,4 | 29 970,5 | 4 449,8 | 25 783,3 |
| 1999 | 16 653,3 | 13 998,5 | 575 981,5 | 107 726,9 | 28 417,3 | 4 115,6 | 58 526,3 |
| 1998 | 16 796,5 | 14 059,1 | 500 735,6 | 109 813,7 | 26 840,9 | 4 505,2 | 58 497,2 |
| 1997 | 16 822,3 | 14 097,1 | 577 887,4 | 114 196,2 | 26 973,8 | 4 578,0 | 58 386,5 |

5. Осуществить проверку временных рядов на стационарность, используя тест Дики-Фуллера. В том случае, если ряд нестационарный, привести его к стационарному виду путем вычисления разностей.

Тест Дики-Фуллера представляет собой авторегрессионное уравнение вида:

где   — временной ряд, а  — ошибка.

Если , то ряд стационарный. Если a=1, то процесс имеет единичный корень, в этом случае ряд не стационарен, является [интегрированным временным рядом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B3%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B2%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D1%80%D1%8F%D0%B4) первого порядка.

Тест Дики-Фуллера осуществляется решением авторегрессионного уравнения первого порядка в программе Excel. Ниже приведены результаты теста.

Таблица 1.3.2. – Исходные данные для теста Дики-Фуллера эндогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Y3 | Y3 |
| 2015 | 17 228,3 | 17 340,1 |
| 2014 | 17 340,1 | 17 136,4 |
| 2013 | 17 136,4 | 17 115,8 |
| 2012 | 17 115,8 | 17 177,2 |
| 2011 | 17 177,2 | 16 719,1 |
| 2010 | 16 719,1 | 15 538,4 |
| 2009 | 15 538,4 | 18 322,3 |
| 2008 | 18 322,3 | 18 740,1 |
| 2007 | 18 740,1 | 17 989,9 |
| 2006 | 17 989,9 | 17 452,6 |
| 2005 | 17 452,6 | 18 256,1 |
| 2004 | 18 256,1 | 17 219,6 |
| 2003 | 17 219,6 | 17 386,4 |
| 2002 | 17 386,4 | 17 233,9 |
| 2001 | 17 233,9 | 17 022,1 |
| 2000 | 17 022,1 | 16 653,3 |
| 1999 | 16 653,3 | 16 796,5 |
| 1998 | 16 796,5 | 0,0 |

Таблица 1.3.3 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,286439 |
| R-квадрат | 0,082048 |
| Нормированный R-квадрат | 0,020851 |
| Стандартная ошибка | 723,7055 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.3.4 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 702199,3 | 702199,3154 | 1,340715 | 0,265013 |
| Остаток | 15 | 7856245 | 523749,6864 |  |  |
| Итого | 16 | 8558445 |  |  |  |

Таблица 1.3.5 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 12443,41 | 4219,909 | 2,94873925 | 0,009959 | 3448,888 | 21437,94 | 3448,888 | 21437,94 |
| Переменная X 1 | 0,282195 | 0,243715 | 1,157892692 | 0,265013 | -0,23727 | 0,80166 | -0,23727 | 0,80166 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.3.6. – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X3-1 | X3-1 |
| 2015 | 13 263,2 | 13 348,5 |
| 2014 | 13 348,5 | 13 422,2 |
| 2013 | 13 422,2 | 13 531,6 |
| 2012 | 13 531,6 | 13 612,3 |
| 2011 | 13 612,3 | 13 635,2 |
| 2010 | 13 635,2 | 13 320,3 |
| 2009 | 13 320,3 | 14 200,7 |
| 2008 | 14 200,7 | 14 362,2 |
| 2007 | 14 362,2 | 14 192,1 |
| 2006 | 14 192,1 | 14 023,6 |
| 2005 | 14 023,6 | 14 591,3 |
| 2004 | 14 591,3 | 14 336,9 |
| 2003 | 14 336,9 | 14 289,7 |
| 2002 | 14 289,7 | 14 231,9 |
| 2001 | 14 231,9 | 14 091,2 |
| 2000 | 14 091,2 | 13 998,5 |
| 1999 | 13 998,5 | 14 059,1 |
| 1998 | 14 059,1 | 0,0 |

Таблица 1.3.7 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,515591 |
| R-квадрат | 0,265834 |
| Нормированный R-квадрат | 0,242175 |
| Стандартная ошибка | 1302,67 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.3.8 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 5,76118E-06 | 5,76118E-06 | 5,431347 | 0,065418 |
| Остаток | 15 | 14141241,53 | 942749,4356 |  |  |
| Итого | 16 | 15405200,3 |  |  |  |

Таблица 1.3.9 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 22398,14 | 7595,836598 | 5,30773065 | 0,017926 | 6207,999 | 38588,28398 | 6207,99905 | 38588,28 |
| Переменная X 1 | 0,507951 | 0,43868613 | 2,084206845 | 0,065418 | -0,42709 | 1,442988817 | -0,427085889 | 1,442989 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.3.10 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X3-2 | X3-2 |
| 2015 | 2 297 376,0 | 3 035 588,0 |
| 2014 | 3 035 588,0 | 3 197 452,0 |
| 2013 | 3 197 452,0 | 3 135 792,0 |
| 2012 | 3 135 792,0 | 3 055 944,0 |
| 2011 | 3 055 944,0 | 2 403 368,0 |
| 2010 | 2 403 368,0 | 1 941 201,0 |
| 2009 | 1 941 201,0 | 2 859 695,0 |
| 2008 | 2 859 695,0 | 2 218 156,0 |
| 2007 | 2 218 156,0 | 1 967 252,0 |
| 2006 | 1 967 252,0 | 1 655 277,0 |
| 2005 | 1 655 277,0 | 1 215 799,0 |
| 2004 | 1 215 799,0 | 946 602,7 |
| 2003 | 946 602,7 | 782 591,5 |
| 2002 | 782 591,5 | 781 466,0 |
| 2001 | 781 466,0 | 825 315,9 |
| 2000 | 825 315,9 | 575 981,5 |
| 1999 | 575 981,5 | 500 735,6 |
| 1998 | 500 735,6 | 0,0 |

Таблица 1.3.11 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,716099 |
| R-квадрат | 0,512797 |
| Нормированный R-квадрат | 0,467158 |
| Стандартная ошибка | 189,264 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.3.12 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 1,20577E-05 | 1,20577E-05 | 15,788 | 0,022505 |
| Остаток | 15 | 19640613,24 | 1309374,216 |  |  |
| Итого | 16 | 21396111,53 |  |  |  |

Таблица 1.3.13 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 31108,53 | 10549,77305 | 7,371848125 | 0,024897 | 8622,221 | 53594,83886 | 8622,220903 | 53594,84 |
| Переменная X 1 | 0,705488 | 0,609286292 | 2,89473173 | 0,022505 | -0,59317 | 2,004151135 | -0,593174845 | 2,004151 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.3.14 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X3-3 | X3-3 |
| 2015 | 573 322,0 | 631 069,3 |
| 2014 | 631 069,3 | 654 242,8 |
| 2013 | 654 242,8 | 663 587,5 |
| 2012 | 663 587,5 | 655 638,6 |
| 2011 | 655 638,6 | 531 197,8 |
| 2010 | 531 197,8 | 434 347,1 |
| 2009 | 434 347,1 | 455 405,8 |
| 2008 | 455 405,8 | 312 725,1 |
| 2007 | 312 725,1 | 266 635,0 |
| 2006 | 266 635,0 | 229 479,0 |
| 2005 | 229 479,0 | 182 115,0 |
| 2004 | 182 115,0 | 140 878,3 |
| 2003 | 140 878,3 | 118 493,6 |
| 2002 | 118 493,6 | 118 930,2 |
| 2001 | 118 930,2 | 113 588,4 |
| 2000 | 113 588,4 | 107 726,9 |
| 1999 | 107 726,9 | 109 813,7 |
| 1998 | 109 813,7 | 0,0 |

Таблица 1.3.15 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,544235 |
| R-квадрат | 0,296192 |
| Нормированный R-квадрат | 0,269831 |
| Стандартная ошибка | 380,8976 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.3.16 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 6,34355E-06 | 6,34355E-06 | 6,312619 | 0,056285 |
| Остаток | 15 | 14926866,06 | 995124,4043 |  |  |
| Итого | 16 | 16261044,76 |  |  |  |

Таблица 1.3.17 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 23642,48 | 8017,827521 | 5,602604575 | 0,018922 | 6552,888 | 40732,07754 | 6552,887886 | 40732,08 |
| Переменная X 1 | 0,536171 | 0,463057582 | 2,199996115 | 0,056285 | -0,45081 | 1,523154862 | -0,450812882 | 1,523155 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.3.18 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X3-4 | X3-4 |
| 2015 | 183 007,5 | 184 781,4 |
| 2014 | 184 781,4 | 178 891,8 |
| 2013 | 178 891,8 | 175 646,5 |
| 2012 | 175 646,5 | 173 252,0 |
| 2011 | 173 252,0 | 142 014,8 |
| 2010 | 142 014,8 | 112 471,2 |
| 2009 | 112 471,2 | 135 937,5 |
| 2008 | 135 937,5 | 96 324,4 |
| 2007 | 96 324,4 | 77 439,5 |
| 2006 | 77 439,5 | 66 959,4 |
| 2005 | 66 959,4 | 53 938,0 |
| 2004 | 53 938,0 | 37 787,9 |
| 2003 | 37 787,9 | 32 946,4 |
| 2002 | 32 946,4 | 30 340,4 |
| 2001 | 30 340,4 | 29 970,5 |
| 2000 | 29 970,5 | 28 417,3 |
| 1999 | 28 417,3 | 26 840,9 |
| 1998 | 26 840,9 | 0,0 |

Таблица 1.3.19 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,478354 |
| R-квадрат | 0,228822 |
| Нормированный R-квадрат | 0,208457 |
| Стандартная ошибка | 433,3566 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.3.20 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 5,08856E-06 | 5,08856E-06 | 4,450772 | 0,07983 |
| Остаток | 15 | 13119929,65 | 874661,9764 |  |  |
| Итого | 16 | 14292602,5 |  |  |  |

Таблица 1.3.21 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 20780,5 | 7047,2484 | 4,924394548 | 0,016631 | 5759,644 | 35801,35236 | 5759,643563 | 35801,35 |
| Переменная X 1 | 0,471266 | 0,407003243 | 1,933680795 | 0,07983 | -0,39624 | 1,338772958 | -0,396240797 | 1,338773 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.3.22 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X3-5 | X3-5 |
| 2015 | 4 806,8 | 4 994,4 |
| 2014 | 4 994,4 | 4 957,8 |
| 2013 | 4 957,8 | 4 959,4 |
| 2012 | 4 959,4 | 5 019,8 |
| 2011 | 5 019,8 | 4 992,9 |
| 2010 | 4 992,9 | 4 619,9 |
| 2009 | 4 619,9 | 5 213,1 |
| 2008 | 5 213,1 | 5 039,7 |
| 2007 | 5 039,7 | 4 960,5 |
| 2006 | 4 960,5 | 4 854,1 |
| 2005 | 4 854,1 | 5 462,8 |
| 2004 | 5 462,8 | 5 116,5 |
| 2003 | 5 116,5 | 4 877,3 |
| 2002 | 4 877,3 | 4 591,3 |
| 2001 | 4 591,3 | 4 449,8 |
| 2000 | 4 449,8 | 4 115,6 |
| 1999 | 4 115,6 | 4 505,2 |
| 1998 | 4 505,2 | 0,0 |

Таблица 1.3.23 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,383829 |
| R-квадрат | 0,147325 |
| Нормированный R-квадрат | 0,134213 |
| Стандартная ошибка | 540,0787 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.3.24 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 3,69279E-06 | 3,69279E-06 | 2,591688 | 0,137095 |
| Остаток | 15 | 10527368,7 | 701824,5798 |  |  |
| Итого | 16 | 11468315,78 |  |  |  |

Таблица 1.3.25 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 16674,17 | 5654,678357 | 3,951310595 | 0,013345 | 4621,51 | 28726,83363 | 4621,510404 | 28726,83 |
| Переменная X 1 | 0,378142 | 0,326577452 | 1,551576207 | 0,137095 | -0,31794 | 1,074225008 | -0,317941717 | 1,074225 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.3.26 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X3-6 | X3-6 |
| 2015 | 25 675,8 | 25 287,7 |
| 2014 | 25 287,7 | 24 781,8 |
| 2013 | 24 781,8 | 24 223,0 |
| 2012 | 24 223,0 | 22 725,2 |
| 2011 | 22 725,2 | 21 844,0 |
| 2010 | 21 844,0 | 17 697,3 |
| 2009 | 17 697,3 | 17 778,4 |
| 2008 | 17 778,4 | 18 362,9 |
| 2007 | 18 362,9 | 18 471,3 |
| 2006 | 18 471,3 | 18 414,4 |
| 2005 | 18 414,4 | 18 208,7 |
| 2004 | 18 208,7 | 27 851,9 |
| 2003 | 27 851,9 | 26 222,6 |
| 2002 | 26 222,6 | 26 055,6 |
| 2001 | 26 055,6 | 25 783,3 |
| 2000 | 25 783,3 | 58 526,3 |
| 1999 | 58 526,3 | 58 497,2 |
| 1998 | 58 497,2 | 0,0 |

Таблица 1.3.27 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,512727 |
| R-квадрат | 0,262889 |
| Нормированный R-квадрат | 0,239491 |
| Стандартная ошибка | 404,3048 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.3.28 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 5,70628E-06 | 5,70628E-06 | 5,349703 | 0,066416 |
| Остаток | 15 | 14062679,08 | 937511,9387 |  |  |
| Итого | 16 | 15319615,86 |  |  |  |

Таблица 1.3.29 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 22273,71 | 7553,637506 | 5,278243258 | 0,017826 | 6173,51 | 38373,90463 | 6173,510166 | 38373,9 |
| Переменная X 1 | 0,50513 | 0,436248985 | 2,072627918 | 0,066416 | -0,42471 | 1,434972212 | -0,424713189 | 1,434972 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Согласно результатам теста Дики-Фуллера, все временные ряды являются стационарными.

5. Проверить экзогенные параметры на мультиколлинеарность. В случае если коэффициент попарной корреляции превышает 0,7, следует исключить из дальнейшего анализа одну переменную из пары.

Проверка проводится в программе Excel.

Таблица 1.3.30 – Коэффициенты корреляции экзогенных переменных

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | X3-1 | X3-2 | X3-3 | X3-4 | X3-5 | X3-6 |
| X3-1 | 1 |  |  |  |  |  |
| X3-2 | -0,91696 | 1 |  |  |  |  |
| X3-3 | -0,7894 | 0,954616 | 1 |  |  |  |
| X3-4 | -0,87287 | 0,954811 | 0,991906434 | 1 |  |  |
| X3-5 | 0,149538 | 0,828918 | 0,695557688 | 0,418534683 | 1 |  |
| X3-6 | 0,085279 | -0,77868 | -0,441704235 | -0,461189552 | -0,68158 | 1 |

Из-за высокой тесноты связи между переменными Х3-4 и Х3-2 с остальными параметрами модели, они будут удалены из дальнейшего анализа.

Все экзогенные параметры принимаются в дальнейший анализ.

6. Проверка коэффициентов парной корреляции на значимость с помощью t-критерия Стьюдента для показателей. Если tрасч≥tтабл, то полученные коэффициенты значимы т.е. выборка соответствует генеральной совокупности.

Для оценки значимости коэффициентов корреляции следует рассчитать t-критерий Стьюдента для каждой попарной корреляции по формуле:

Результаты расчета представлены в таблице 1.1.28

Таблица 1.3.31 – Значения t-критерия Стьюдента для показателей

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | X3-1 | X3-3 | X3-5 |
| X3-3 | 5,301951 |  |  |
| X3-5 | 0,623572 | 3,991617 |  |
| X3-6 | 0,352898 | 2,029952 | 3,840488 |

При уровне значимости α=0,05, числу степеней свободы n-2=17,

Так как во всех случаях , коэффициенты считаются значимыми.

7. Проверить автокорреляцию показателей. Выбрать те лаги, которые имеют сильную корреляционную связь со значением показателя в последнем периоде. Провести проверку значимости коэффициентов автокорреляции с помощью критерия Бокса – Пирсона или критерия Льюнга-Бокса.

Проверка значимости коэффициентов автокорреляции по Q-статистике Бокса-Пирса осуществляется по формуле:

Проверка значимости коэффициентов автокорреляции по Q-статистике Льюнга-Бокса осуществляется по формуле:

где n — число наблюдений,  — автокорреляция k-го порядка, и m — число проверяемых лагов.

Как по тесту Бокса-Пирса, так и по тесту Льюнга-Бокса, в случае если , коэффициенты считаются значимыми. определяется по таблице.

Анализ автокорреляции осуществляется в программе Statistica. Результаты приведены ниже.

Таблица 1.3.32 – Коэффициенты автокорреляции эндогенной переменной.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто-корр. | Ст.Ошибка | Бокса-Льюнга Q | p |
| 0,735734 | 0,240906 | 9,32710 | 0,002260 |
| 0,483720 | 0,231455 | 13,69482 | 0,001064 |
| 0,200202 | 0,221601 | 14,51101 | 0,002289 |
| 0,070569 | 0,211289 | 14,62256 | 0,005559 |
| -0,069100 | 0,200446 | 14,74140 | 0,011539 |
| -0,136626 | 0,188982 | 15,26407 | 0,018318 |
| -0,213477 | 0,176777 | 16,72239 | 0,019298 |
| -0,265633 | 0,163663 | 19,35666 | 0,013083 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты являются значимыми. Эндогенный параметр отражает зависимость от одного прошлого периода.

Таблица 1.3.33 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто- - корр. | Ст.ошиб. | Бокса- - Льюнга Q | p |
| 0,301932 | 0,212398 | 2,02078 | 0,155169 |
| -0,071201 | 0,206413 | 2,13976 | 0,343061 |
| -0,017220 | 0,200250 | 2,14716 | 0,542439 |
| -0,003182 | 0,193892 | 2,14743 | 0,708665 |
| -0,324551 | 0,187317 | 5,14944 | 0,397937 |
| -0,144239 | 0,180503 | 5,78798 | 0,447374 |
| -0,189214 | 0,173422 | 6,97840 | 0,431155 |
| -0,196662 | 0,166039 | 8,38127 | 0,397168 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты не являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

Таблица 1.3.34 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто- - корр. | Ст.ошиб. | Бокса- - Льюнга Q | p |
| 0,585351 | 0,212398 | 7,59510 | 0,001253 |
| 0,499771 | 0,206413 | 13,45738 | 0,000293 |
| 0,427868 | 0,200250 | 20,83944 | 0,000114 |
| 0,342994 | 0,193892 | 23,96880 | 0,000081 |
| 0,083581 | 0,187317 | 24,16789 | 0,000202 |
| -0,037640 | 0,180503 | 24,21138 | 0,000479 |
| -0,285159 | 0,173422 | 26,91512 | 0,000347 |
| -0,349166 | 0,166039 | 31,33739 | 0,000123 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты не являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

Таблица 1.3.35 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто- - корр. | Ст.ошиб. | Бокса- - Льюнга Q | p |
| 0,498963 | 0,212398 | 5,51871 | 0,000035 |
| 0,444747 | 0,206413 | 10,16119 | 0,000000 |
| 0,403720 | 0,200250 | 39,23251 | 0,000000 |
| 0,330611 | 0,193892 | 44,16483 | 0,000000 |
| 0,239506 | 0,187317 | 45,79969 | 0,000000 |
| 0,081004 | 0,180503 | 46,00108 | 0,000000 |
| -0,054236 | 0,173422 | 46,09889 | 0,000000 |
| -0,213765 | 0,166039 | 47,75639 | 0,000000 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты не являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

Таблица 1.3.36 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто- - корр. | Ст.ошиб. | Бокса- - Льюнга Q | p |
| 0,546783 | 0,212398 | 6,62721 | 0,010048 |
| 0,339690 | 0,206413 | 9,33546 | 0,009400 |
| 0,078088 | 0,200250 | 9,48752 | 0,023478 |
| -0,015607 | 0,193892 | 9,49400 | 0,049893 |
| -0,332018 | 0,187317 | 12,63573 | 0,027063 |
| -0,141710 | 0,180503 | 13,25208 | 0,039231 |
| -0,148028 | 0,173422 | 13,98066 | 0,051561 |
| -0,080312 | 0,166039 | 14,21463 | 0,076385 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты не являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

8. Построить модель ADL.

С учетом результатов предшествующих анализов, ADL-модель принимает вид:

9. Решить построенную модель регрессии для показателей. Найти коэффициенты модели, используя регрессионный анализ. Написать уравнение модели с найденными коэффициентами.

Регрессионный анализ осуществляется в программе Excel.

Таблица 1.3.37 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,870946636 |
| R-квадрат | 0,758548043 |
| Нормированный R-квадрат | 0,657943061 |
| Стандартная ошибка | 421,3323306 |
| Наблюдения | 18 |

Таблица 1.3.38 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 5 | 6692420 | 1338484 | 7,539865601 | 0,00205297 |
| Остаток | 12 | 2130251 | 177520,9 |  |  |
| Итого | 17 | 8822671 |  |  |  |

Таблица 1.3.39 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | -20253,47594 | 8298,852 | -2,4405154 | 0,031128484 | -38335,12104 | -2171,8308 | -38335,121 | -2171,830834 |
| Переменная X 1 | 0,138486166 | 0,1536556 | 0,9012763 | 0,385173505 | -0,196300676 | 0,473273 | -0,1963007 | 0,473273008 |
| Переменная X 2 | 2,478437245 | 0,6990361 | 3,5455068 | 0,004029805 | 0,955368409 | 4,0015061 | 0,9553684 | 4,001506081 |
| Переменная X 3 | 0,003518072 | 0,0013798 | 2,5497402 | 0,025477877 | 0,000511797 | 0,0065243 | 0,0005118 | 0,006524347 |
| Переменная X 4 | -0,122744592 | 0,7010563 | -0,1750852 | 0,863932153 | -1,650214961 | 1,4047258 | -1,650215 | 1,404725776 |
| Переменная X 5 | 0,001136676 | 0,012564 | 0,0904709 | 0,929405622 | -0,026237933 | 0,0285113 | -0,0262379 | 0,028511286 |

Согласно результатам, уравнение записывается:

10. Проверить значимость регрессионной модели и коэффициентов регрессии. Проверить модели на достоверность с помощью F-критерия Фишера и коэффициента детерминации. Если Fр≥Fф , то построенная модель значима, т.е. выборка соответствует генеральной совокупности. Чем ближе коэффициент детерминации к 1, тем точнее модель, то есть коэффициент должен быть не менее 0,7 (R2≥0,7).

F-критерия Фишера рассчитывается по формуле:

где R - коэффициент корреляции;  
      f1 и f2 - число степеней свободы.

Первая дробь в уравнении равна отношению объясненной дисперсии к необъясненной. Каждая из этих дисперсий делится на свою степень свободы (вторая дробь в выражении). Число степеней свободы объясненной дисперсии f1 равно количеству объясняющих переменных линейной модели.

Число степеней свободы необъясненной дисперсии f2 = T-k-1, где T-количество временных периодов , k-количество объясняющих переменных.

Для проверки значимости уравнения регрессии вычисленное значение критерия Фишера сравнивают с [табличным](http://www.chem-astu.ru/science/reference/F-statistic.html), взятым для числа степеней свободы f1 (бóльшая дисперсия) и f2 (меньшая дисперсия) на выбранном уровне значимости (обычно 0.05). Если рассчитанный критерий Фишера выше, чем табличный, то объясненная дисперсия существенно больше, чем необъясненная, и модель является значимой.

При осуществлении регрессионного анализа в программе Excel коэффициент детерминации и F-критерия Фишера рассчитывается автоматически. Коэффициент детерминации 0,758548043≥ 0,7, F-критерия Фишера 7,539865601, Fрасчетное ≥ Fтабличное, модель считается значимой.

## 1.4 Анализ зависимости выбросов парниковых газов от сельского хозяйства от факторов

Анализ проводится по разработанной методике, приведенной выше.

1.Сформулировать цель анализа

Цель: проанализировать зависимость климатологических катастроф от факторов с помощью модели ADL.

2. Выбрать эндогенные и экзогенные параметры модели.

*Эндогенные*

Y4t - Выбросы парниковых газов от сельского хозяйства, 000 tonnes of CO2 equivalent

*Экзогенные показатели:*

Y4t-k - Выбросы парниковых газов от сельского хозяйства, 000 tonnes of CO2 equivalent

- World: Machinery for Food, Beverage and Tobacco Processing: Production (turnover) MSP (Производство Оборудования для пищевой промышленности, производства напитков и переработки табака), USD million,

 - World: Machinery. Agricultural and Forestry Machinery: Production (turnover) MSP (Производство Оборудования для сельского и лесного хозяйства), USD million,

 - Animal Husbandry. Industrial: Primary Materials. (Животноводство: производство), USD million,

 - Arable Land (Пахотные земли), 000 sq km,

 - Animal waste - Production (отходы животноводства: потребление энергии), Terajoules,

 - Waste Generated by Agriculture, Forestry and Fishing (отходы, образовавшиеся от сельского хозяйства), 000 tonnes,

3. Рассчитать эндогенные и экзогенные параметры модели

Эндогенные и экзогенные параметры модели представляют собой среднегеометрическое показателей стран мира в год t. Расчет осуществляется в программе Excel.

4. Отобразить эндогенные и экзогенные параметры модели в таблицах

Эндогенные и экзогенные переменные представлены в таблице 1.1.1.

Таблица 1.4.1 – Параметры модели

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Y4 | X4-1 | X4-2 | X4-3 | X4-4 | X4-5 | X4-6 |
| 2015 | 24 373,2 | 69 375,1 | 197 309,6 | 85 595,9 | 13 833,5 | 1 619,1 | 25 698,2 |
| 2014 | 24 372,0 | 73 861,4 | 206 089,7 | 85 096,0 | 13 859,2 | 1 625,3 | 25 534,3 |
| 2013 | 24 280,9 | 71 906,8 | 210 057,8 | 82 216,8 | 13 884,7 | 1 625,9 | 25 143,6 |
| 2012 | 24 167,5 | 69 772,3 | 198 171,7 | 79 610,9 | 13 767,5 | 1 627,1 | 24 628,3 |
| 2011 | 24 088,9 | 72 920,4 | 191 211,5 | 76 879,8 | 11 508,2 | 1 631,8 | 24 049,6 |
| 2010 | 24 130,9 | 61 019,2 | 154 703,8 | 71 368,3 | 11 479,8 | 1 634,6 | 22 531,1 |
| 2009 | 24 099,7 | 56 943,2 | 140 458,1 | 64 616,9 | 11 446,7 | 1 634,8 | 21 614,0 |
| 2008 | 24 339,6 | 64 261,2 | 164 504,7 | 64 912,8 | 11 408,5 | 1 628,7 | 17 258,5 |
| 2007 | 24 490,3 | 58 595,3 | 140 067,1 | 60 495,0 | 11 400,6 | 1 632,0 | 17 243,7 |
| 2006 | 24 344,7 | 49 255,3 | 117 590,4 | 54 347,4 | 11 371,5 | 1 634,1 | 17 786,4 |
| 2005 | 24 301,4 | 43 739,1 | 108 363,5 | 52 049,0 | 11 298,4 | 1 635,4 | 17 890,8 |
| 2004 | 25 516,0 | 39 963,1 | 98 318,8 | 50 985,7 | 11 163,2 | 1 636,2 | 17 821,5 |
| 2003 | 25 306,5 | 34 580,9 | 86 518,4 | 48 435,1 | 10 989,9 | 1 627,3 | 17 594,0 |
| 2002 | 25 569,4 | 30 032,1 | 74 998,1 | 44 610,8 | 10 969,7 | 1 632,5 | 27 851,9 |
| 2001 | 25 680,7 | 28 877,2 | 74 832,3 | 43 686,3 | 10 834,5 | 1 629,1 | 26 222,6 |
| 2000 | 25 784,9 | 29 935,2 | 79 692,4 | 41 690,6 | 10 859,7 | 1 628,5 | 26 055,6 |
| 1999 | 26 034,2 | 29 653,6 | 81 260,2 | 37 462,0 | 10 853,6 | 1 634,4 | 25 783,3 |
| 1998 | 26 481,3 | 30 863,0 | 94 148,1 | 34 735,4 | 10 823,7 | 1 632,4 | 58 526,3 |
| 1997 | 26 722,7 | 30 619,3 | 97 827,4 | 35 360,9 | 10 770,2 | 1 620,6 | 58 497,2 |

5. Осуществить проверку временных рядов на стационарность, используя тест Дики-Фуллера. В том случае, если ряд нестационарный, привести его к стационарному виду путем вычисления разностей.

Тест Дики-Фуллера представляет собой авторегрессионное уравнение вида:

где   — временной ряд, а  — ошибка.

Если , то ряд стационарный. Если a=1, то процесс имеет единичный корень, в этом случае ряд не стационарен, является [интегрированным временным рядом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B3%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B2%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D1%80%D1%8F%D0%B4) первого порядка.

Тест Дики-Фуллера осуществляется решением авторегрессионного уравнения первого порядка в программе Excel. Ниже приведены результаты теста.

Таблица 1.4.2. – Исходные данные для теста Дики-Фуллера эндогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Y4 | Y4 |
| 2015 | 24 373,2 | 24 372,0 |
| 2014 | 24 372,0 | 24 280,9 |
| 2013 | 24 280,9 | 24 167,5 |
| 2012 | 24 167,5 | 24 088,9 |
| 2011 | 24 088,9 | 24 130,9 |
| 2010 | 24 130,9 | 24 099,7 |
| 2009 | 24 099,7 | 24 339,6 |
| 2008 | 24 339,6 | 24 490,3 |
| 2007 | 24 490,3 | 24 344,7 |
| 2006 | 24 344,7 | 24 301,4 |
| 2005 | 24 301,4 | 25 516,0 |
| 2004 | 25 516,0 | 25 306,5 |
| 2003 | 25 306,5 | 25 569,4 |
| 2002 | 25 569,4 | 25 680,7 |
| 2001 | 25 680,7 | 25 784,9 |
| 2000 | 25 784,9 | 26 034,2 |
| 1999 | 26 034,2 | 26 481,3 |
| 1998 | 26 481,3 | 0,0 |

Таблица 1.4.3 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,913379 |
| R-квадрат | 0,83426 |
| Нормированный R-квадрат | 0,823211 |
| Стандартная ошибка | 294,3591 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.4.4 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 6542165 | 6542165 | 75,50343 | 3,07E-07 |
| Остаток | 15 | 1299709 | 86647,26 |  |  |
| Итого | 16 | 7841874 |  |  |  |

Таблица 1.4.5 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 5026,748 | 2271,846 | 2,212627 | 0,04285 | 184,4229 | 9869,074 | 184,4229 | 9869,074 |
| Переменная X 1 | 0,79299 | 0,091261 | 8,689271 | 3,07E-07 | 0,598472 | 0,987508 | 0,598472 | 0,987508 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.4.6. – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X4-1 | X4-1 |
| 2015 | 69 375,1 | 73 861,4 |
| 2014 | 73 861,4 | 71 906,8 |
| 2013 | 71 906,8 | 69 772,3 |
| 2012 | 69 772,3 | 72 920,4 |
| 2011 | 72 920,4 | 61 019,2 |
| 2010 | 61 019,2 | 56 943,2 |
| 2009 | 56 943,2 | 64 261,2 |
| 2008 | 64 261,2 | 58 595,3 |
| 2007 | 58 595,3 | 49 255,3 |
| 2006 | 49 255,3 | 43 739,1 |
| 2005 | 43 739,1 | 39 963,1 |
| 2004 | 39 963,1 | 34 580,9 |
| 2003 | 34 580,9 | 30 032,1 |
| 2002 | 30 032,1 | 28 877,2 |
| 2001 | 28 877,2 | 29 935,2 |
| 2000 | 29 935,2 | 29 653,6 |
| 1999 | 29 653,6 | 30 863,0 |
| 1998 | 30 863,0 | 0,0 |

Таблица 1.4.7 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,639365 |
| R-квадрат | 0,408788 |
| Нормированный R-квадрат | 0,372406 |
| Стандартная ошибка | 420,5129 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.4.8 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 0,000171 | 0,000171 | 10,37159 | 2,23E-06 |
| Остаток | 15 | 909796,2 | 60653,08 |  |  |
| Итого | 16 | 5489312 |  |  |  |

Таблица 1.4.9 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 3518,724 | 1590,292 | 1,548839 | 0,029995 | 129,096 | 6908,352 | 129,096 | 6908,352 |
| Переменная X 1 | 0,555093 | 0,063883 | 6,08249 | 2,23E-06 | 0,418931 | 0,691256 | 0,418931 | 0,691256 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.4.10 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X4-2 | X4-2 |
| 2015 | 197 309,6 | 206 089,7 |
| 2014 | 206 089,7 | 210 057,8 |
| 2013 | 210 057,8 | 198 171,7 |
| 2012 | 198 171,7 | 191 211,5 |
| 2011 | 191 211,5 | 154 703,8 |
| 2010 | 154 703,8 | 140 458,1 |
| 2009 | 140 458,1 | 164 504,7 |
| 2008 | 164 504,7 | 140 067,1 |
| 2007 | 140 067,1 | 117 590,4 |
| 2006 | 117 590,4 | 108 363,5 |
| 2005 | 108 363,5 | 98 318,8 |
| 2004 | 98 318,8 | 86 518,4 |
| 2003 | 86 518,4 | 74 998,1 |
| 2002 | 74 998,1 | 74 832,3 |
| 2001 | 74 832,3 | 79 692,4 |
| 2000 | 79 692,4 | 81 260,2 |
| 1999 | 81 260,2 | 94 148,1 |
| 1998 | 94 148,1 | 0,0 |

Таблица 1.4.11 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,584562 |
| R-квадрат | 0,341713 |
| Нормированный R-квадрат | 0,311301 |
| Стандартная ошибка | 459,936 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.4.12 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 0,00014 | 0,00014 | 7,786416 | 2,97E-06 |
| Остаток | 15 | 831813,7 | 55454,25 |  |  |
| Итого | 16 | 5018799 |  |  |  |

Таблица 1.4.13 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 3217,119 | 1453,982 | 1,416081 | 0,027424 | 118,0306 | 6316,207 | 118,0306 | 6316,207 |
| Переменная X 1 | 0,507514 | 0,058407 | 5,561133 | 2,97E-06 | 0,383022 | 0,632005 | 0,383022 | 0,632005 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.4.14 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X4-3 | X4-3 |
| 2015 | 85 595,9 | 85 096,0 |
| 2014 | 85 096,0 | 82 216,8 |
| 2013 | 82 216,8 | 79 610,9 |
| 2012 | 79 610,9 | 76 879,8 |
| 2011 | 76 879,8 | 71 368,3 |
| 2010 | 71 368,3 | 64 616,9 |
| 2009 | 64 616,9 | 64 912,8 |
| 2008 | 64 912,8 | 60 495,0 |
| 2007 | 60 495,0 | 54 347,4 |
| 2006 | 54 347,4 | 52 049,0 |
| 2005 | 52 049,0 | 50 985,7 |
| 2004 | 50 985,7 | 48 435,1 |
| 2003 | 48 435,1 | 44 610,8 |
| 2002 | 44 610,8 | 43 686,3 |
| 2001 | 43 686,3 | 41 690,6 |
| 2000 | 41 690,6 | 37 462,0 |
| 1999 | 37 462,0 | 34 735,4 |
| 1998 | 34 735,4 | 0,0 |

Таблица 1.4.15 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,694168 |
| R-квадрат | 0,481869 |
| Нормированный R-квадрат | 0,438982 |
| Стандартная ошибка | 387,3146 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.4.16 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 0,000212 | 0,000212 | 13,9502 | 1,66E-06 |
| Остаток | 15 | 987778,7 | 65851,92 |  |  |
| Итого | 16 | 5959824 |  |  |  |

Таблица 1.4.17 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 3820,329 | 1726,603 | 1,681597 | 0,032566 | 140,1614 | 7500,496 | 140,1614 | 7500,496 |
| Переменная X 1 | 0,602673 | 0,069358 | 6,603846 | 1,66E-06 | 0,454839 | 0,750506 | 0,454839 | 0,750506 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.4.18 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X4-4 | X4-4 |
| 2015 | 13 833,5 | 13 859,2 |
| 2014 | 13 859,2 | 13 884,7 |
| 2013 | 13 884,7 | 13 767,5 |
| 2012 | 13 767,5 | 11 508,2 |
| 2011 | 11 508,2 | 11 479,8 |
| 2010 | 11 479,8 | 11 446,7 |
| 2009 | 11 446,7 | 11 408,5 |
| 2008 | 11 408,5 | 11 400,6 |
| 2007 | 11 400,6 | 11 371,5 |
| 2006 | 11 371,5 | 11 298,4 |
| 2005 | 11 298,4 | 11 163,2 |
| 2004 | 11 163,2 | 10 989,9 |
| 2003 | 10 989,9 | 10 969,7 |
| 2002 | 10 969,7 | 10 834,5 |
| 2001 | 10 834,5 | 10 859,7 |
| 2000 | 10 859,7 | 10 853,6 |
| 1999 | 10 853,6 | 10 823,7 |
| 1998 | 10 823,7 | 0,0 |

Таблица 1.4.19 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,789707 |
| R-квадрат | 0,623637 |
| Нормированный R-квадрат | 0,568134 |
| Стандартная ошибка | 340,4569 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.4.20 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 0,000332 | 0,000332 | 24,85517 | 9,32E-07 |
| Остаток | 15 | 1123728 | 74915,22 |  |  |
| Итого | 16 | 6780084 |  |  |  |

Таблица 1.4.21 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 4346,127 | 1964,238 | 1,913037 | 0,037048 | 159,452 | 8532,801 | 159,452 | 8532,801 |
| Переменная X 1 | 0,685619 | 0,078904 | 7,512744 | 9,32E-07 | 0,517439 | 0,853799 | 0,517439 | 0,853799 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.4.22 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X4-5 | X4-5 |
| 2015 | 1 619,1 | 1 625,3 |
| 2014 | 1 625,3 | 1 625,9 |
| 2013 | 1 625,9 | 1 627,1 |
| 2012 | 1 627,1 | 1 631,8 |
| 2011 | 1 631,8 | 1 634,6 |
| 2010 | 1 634,6 | 1 634,8 |
| 2009 | 1 634,8 | 1 628,7 |
| 2008 | 1 628,7 | 1 632,0 |
| 2007 | 1 632,0 | 1 634,1 |
| 2006 | 1 634,1 | 1 635,4 |
| 2005 | 1 635,4 | 1 636,2 |
| 2004 | 1 636,2 | 1 627,3 |
| 2003 | 1 627,3 | 1 632,5 |
| 2002 | 1 632,5 | 1 629,1 |
| 2001 | 1 629,1 | 1 628,5 |
| 2000 | 1 628,5 | 1 634,4 |
| 1999 | 1 634,4 | 1 632,4 |
| 1998 | 1 632,4 | 0,0 |

Таблица 1.4.23 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,601368 |
| R-квадрат | 0,361644 |
| Нормированный R-квадрат | 0,329458 |
| Стандартная ошибка | 447,0824 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.4.24 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 0,000149 | 0,000149 | 8,497861 | 2,73E-06 |
| Остаток | 15 | 855728,3 | 57048,55 |  |  |
| Итого | 16 | 5163090 |  |  |  |

Таблица 1.4.25 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 3309,611 | 1495,784 | 1,456794 | 0,028212 | 121,424 | 6497,798 | 121,424 | 6497,798 |
| Переменная X 1 | 0,522105 | 0,060086 | 5,721016 | 2,73E-06 | 0,394034 | 0,650175 | 0,394034 | 0,650175 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.4.26 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X4-6 | X4-6 |
| 2015 | 25 698,2 | 25 534,3 |
| 2014 | 25 534,3 | 25 143,6 |
| 2013 | 25 143,6 | 24 628,3 |
| 2012 | 24 628,3 | 24 049,6 |
| 2011 | 24 049,6 | 22 531,1 |
| 2010 | 22 531,1 | 21 614,0 |
| 2009 | 21 614,0 | 17 258,5 |
| 2008 | 17 258,5 | 17 243,7 |
| 2007 | 17 243,7 | 17 786,4 |
| 2006 | 17 786,4 | 17 890,8 |
| 2005 | 17 890,8 | 17 821,5 |
| 2004 | 17 821,5 | 17 594,0 |
| 2003 | 17 594,0 | 27 851,9 |
| 2002 | 27 851,9 | 26 222,6 |
| 2001 | 26 222,6 | 26 055,6 |
| 2000 | 26 055,6 | 25 783,3 |
| 1999 | 25 783,3 | 58 526,3 |
| 1998 | 58 526,3 | 0,0 |

Таблица 1.4.27 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,500437 |
| R-квадрат | 0,250437 |
| Нормированный R-квадрат | 0,228148 |
| Стандартная ошибка | 537,2532 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.4.28 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 0,000106 | 0,000106 | 5,011659 | 4,62E-06 |
| Остаток | 15 | 712105,7 | 47473,71 |  |  |
| Итого | 16 | 4296534 |  |  |  |

Таблица 1.4.29 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 2754,137 | 1244,736 | 1,21229 | 0,023477 | 101,0446 | 5407,229 | 101,0446 | 5407,229 |
| Переменная X 1 | 0,434476 | 0,050001 | 4,76082 | 4,62E-06 | 0,327901 | 0,541052 | 0,327901 | 0,541052 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Согласно результатам теста Дики-Фуллера, все временные ряды являются стационарными.

5. Проверить экзогенные параметры на мультиколлинеарность. В случае если коэффициент попарной корреляции превышает 0,7, следует исключить из дальнейшего анализа одну переменную из пары.

Проверка проводится в программе Excel.

Таблица 1.4.30 – Коэффициенты корреляции экзогенных переменных

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | X4-1 | X4-2 | X4-3 | X4-4 | X4-5 | X4-6 |
| X4-1 | 1 |  |  |  |  |  |
| X4-2 | 0,977011 | 1 |  |  |  |  |
| X4-3 | 0,966576 | 0,956822 | 1 |  |  |  |
| X4-4 | 0,785801 | 0,861913 | 0,861716 | 1 |  |  |
| X4-5 | -0,23046 | -0,37259 | -0,29878 | -0,51915 | 1 |  |
| X4-6 | -0,36878 | -0,21479 | -0,41703 | -0,17209 | -0,34338 | 1 |

Так как переменная Х4-3 отражают высокую тесноту связи, она будет удалена из дальнейшего анализа.

Все экзогенные параметры принимаются в дальнейший анализ.

6. Проверка коэффициентов парной корреляции на значимость с помощью t-критерия Стьюдента для показателей. Если tрасч≥tтабл, то полученные коэффициенты значимы т.е. выборка соответствует генеральной совокупности.

Для оценки значимости коэффициентов корреляции следует рассчитать t-критерий Стьюдента для каждой попарной корреляции по формуле:

Результаты расчета представлены в таблице 1.1.28

Таблица 1.4.31 – Значения t-критерия Стьюдента для показателей

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | X4-1 | X4-2 | X4-4 | X4-5 |
| X4-2 | 18,8955 |  |  |  |
| X4-4 | 5,23856 | 7,008619 |  |  |
| X4-5 | 0,976475 | 1,655449 | 2,504452 |  |
| X4-6 | 1,635836 | 0,90677 | 0,720279 | 1,507474 |

При уровне значимости α=0,05, числу степеней свободы n-2=14,

Так как во всех случаях , коэффициенты считаются значимыми.

7. Проверить автокорреляцию показателей. Выбрать те лаги, которые имеют сильную корреляционную связь со значением показателя в последнем периоде. Провести проверку значимости коэффициентов автокорреляции с помощью критерия Бокса – Пирсона или критерия Льюнга-Бокса.

Проверка значимости коэффициентов автокорреляции по Q-статистике Бокса-Пирса осуществляется по формуле:

Проверка значимости коэффициентов автокорреляции по Q-статистике Льюнга-Бокса осуществляется по формуле:

где n — число наблюдений,  — автокорреляция k-го порядка, и m — число проверяемых лагов.

Как по тесту Бокса-Пирса, так и по тесту Льюнга-Бокса, в случае если , коэффициенты считаются значимыми. определяется по таблице.

Анализ автокорреляции осуществляется в программе Statistica. Результаты приведены ниже.

Таблица 1.4.32 – Коэффициенты автокорреляции эндогенной переменной.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто-корр. | Ст.Ошибка | Бокса-Льюнга Q | p |
| 0,765227 | 0,240906 | 10,08987 | 0,001492 |
| 0,574620 | 0,231455 | 16,25339 | 0,000296 |
| 0,214507 | 0,221601 | 17,19039 | 0,000647 |
| -0,058165 | 0,211289 | 17,26617 | 0,001719 |
| -0,321521 | 0,200446 | 19,83908 | 0,001343 |
| -0,416654 | 0,188982 | 24,69991 | 0,000389 |
| -0,395372 | 0,176777 | 29,70212 | 0,000108 |
| -0,327821 | 0,163663 | 33,71422 | 0,000046 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты являются значимыми. Эндогенный параметр отражает зависимость от одного прошлого периода.

Таблица 1.4.33 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто- - корр. | Ст.ошиб. | Бокса- - Льюнга Q | p |
| 0,461690 | 0,212398 | 4,72499 | 0,000161 |
| 0,437398 | 0,206413 | 9,21532 | 0,000007 |
| 0,407499 | 0,200250 | 30,20498 | 0,000001 |
| 0,373199 | 0,193892 | 33,90976 | 0,000001 |
| 0,220602 | 0,187317 | 35,29671 | 0,000001 |
| 0,071389 | 0,180503 | 35,45313 | 0,000004 |
| -0,089454 | 0,173422 | 35,71920 | 0,000008 |
| -0,280213 | 0,166039 | 38,56730 | 0,000006 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты не являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

Таблица 1.4.34 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто- - корр. | Ст.ошиб. | Бокса- - Льюнга Q | p |
| 0,590847 | 0,212398 | 7,73838 | 0,000027 |
| 0,540824 | 0,206413 | 14,60331 | 0,000000 |
| 0,474280 | 0,200250 | 38,69710 | 0,000000 |
| 0,393398 | 0,193892 | 42,81377 | 0,000000 |
| 0,206432 | 0,187317 | 44,02828 | 0,000000 |
| 0,058951 | 0,180503 | 44,13494 | 0,000000 |
| -0,067724 | 0,173422 | 44,28744 | 0,000000 |
| -0,224255 | 0,166039 | 46,11161 | 0,000000 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты не являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

Таблица 1.4.35 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто- - корр. | Ст.ошиб. | Бокса- - Льюнга Q | p |
| 0,276046 | 0,212398 | 1,68913 | 0,193725 |
| 0,073006 | 0,206413 | 1,81422 | 0,403699 |
| 0,106890 | 0,200250 | 2,09915 | 0,552093 |
| -0,053676 | 0,193892 | 2,17579 | 0,703466 |
| -0,038966 | 0,187317 | 2,21906 | 0,818074 |
| 0,027653 | 0,180503 | 2,24253 | 0,896091 |
| -0,105820 | 0,173422 | 2,61486 | 0,918195 |
| -0,251119 | 0,166039 | 4,90224 | 0,767963 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты не являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

Таблица 1.4.36 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто- - корр. | Ст.ошиб. | Бокса- - Льюнга Q | p |
| 0,564324 | 0,212398 | 7,05922 | 0,007890 |
| 0,136647 | 0,206413 | 7,49747 | 0,023558 |
| 0,119519 | 0,200250 | 7,85370 | 0,049153 |
| 0,119158 | 0,193892 | 8,23138 | 0,083488 |
| -0,016669 | 0,187317 | 8,23930 | 0,143565 |
| -0,170740 | 0,180503 | 9,13405 | 0,166218 |
| -0,178523 | 0,173422 | 10,19374 | 0,177902 |
| -0,190419 | 0,166039 | 11,50897 | 0,174543 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты не являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

Таблица 1.4.37 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто- - корр. | Ст.ошиб. | Бокса- - Льюнга Q | p |
| 0,560847 | 0,212398 | 6,97250 | 0,000007 |
| 0,540824 | 0,206413 | 13,83743 | 0,000000 |
| 0,474280 | 0,200250 | 38,69710 | 0,000000 |
| 0,333398 | 0,193892 | 42,81377 | 0,000000 |
| 0,206432 | 0,187317 | 44,02828 | 0,000000 |
| -0,058951 | 0,180503 | 44,13494 | 0,000000 |
| -0,167724 | 0,173422 | 44,28744 | 0,000000 |
| -0,224255 | 0,166039 | 46,11161 | 0,000000 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты не являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

8. Построить модель ADL.

С учетом результатов предшествующих анализов, ADL-модель принимает вид:

9. Решить построенную модель регрессии для показателей. Найти коэффициенты модели, используя регрессионный анализ. Написать уравнение модели с найденными коэффициентами.

Регрессионный анализ осуществляется в программе Excel.

Таблица 1.4.38 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,954929184 |
| R-квадрат | 0,911889746 |
| Нормированный R-квадрат | 0,863829608 |
| Стандартная ошибка | 292,043082 |
| Наблюдения | 18 |

Таблица 1.4.39 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 6 | 9709624 | 1618271 | 18,97393 | 3,29124E-05 |
| Остаток | 11 | 938180,78 | 85289,16 |  |  |
| Итого | 17 | 10647805 |  |  |  |

Таблица 1.4.40 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 46870,88216 | 41333,9303 | 1,13395658 | 0,28092107 | -44104,4851 | 137846,249 | -44104,485 | 137846,249 |
| Переменная X 1 | 0,275760582 | 0,31826977 | 0,86643661 | 0,40475365 | -0,424746461 | 0,97626763 | -0,4247465 | 0,97626763 |
| Переменная X 2 | -0,066072251 | 0,06914498 | -0,9555611 | 0,35982298 | -0,218259324 | 0,08611482 | -0,2182593 | 0,08611482 |
| Переменная X 3 | 0,016093389 | 0,0239873 | 0,67091286 | 0,51611618 | -0,036702306 | 0,06888908 | -0,0367023 | 0,06888908 |
| Переменная X 4 | -0,109057897 | 0,21598522 | -0,5049322 | 0,62356889 | -0,584438163 | 0,36632237 | -0,5844382 | 0,36632237 |
| Переменная X 5 | -16,38453859 | 24,5591058 | -0,6671472 | 0,51842821 | -70,43876595 | 37,6696888 | -70,438766 | 37,6696888 |
| Переменная X 6 | 0,011870684 | 0,01320775 | 0,89876627 | 0,38802767 | -0,017199387 | 0,04094076 | -0,0171994 | 0,04094076 |

Согласно результатам, уравнение записывается:

10. Проверить значимость регрессионной модели и коэффициентов регрессии. Проверить модели на достоверность с помощью F-критерия Фишера и коэффициента детерминации. Если Fр≥Fф , то построенная модель значима, т.е. выборка соответствует генеральной совокупности. Чем ближе коэффициент детерминации к 1, тем точнее модель, то есть коэффициент должен быть не менее 0,7 (R2≥0,7).

F-критерия Фишера рассчитывается по формуле:

где R - коэффициент корреляции;  
      f1 и f2 - число степеней свободы.

Первая дробь в уравнении равна отношению объясненной дисперсии к необъясненной. Каждая из этих дисперсий делится на свою степень свободы (вторая дробь в выражении). Число степеней свободы объясненной дисперсии f1 равно количеству объясняющих переменных линейной модели.

Число степеней свободы необъясненной дисперсии f2 = T-k-1, где T-количество временных периодов , k-количество объясняющих переменных.

Для проверки значимости уравнения регрессии вычисленное значение критерия Фишера сравнивают с [табличным](http://www.chem-astu.ru/science/reference/F-statistic.html), взятым для числа степеней свободы f1 (бóльшая дисперсия) и f2 (меньшая дисперсия) на выбранном уровне значимости (обычно 0.05). Если рассчитанный критерий Фишера выше, чем табличный, то объясненная дисперсия существенно больше, чем необъясненная, и модель является значимой.

При осуществлении регрессионного анализа в программе Excel коэффициент детерминации и F-критерия Фишера рассчитывается автоматически. Коэффициент детерминации 0,911889746≥ 0,7, F-критерия Фишера 18,97393093, Fрасчетное ≥ Fтабличное, модель считается значимой.

## 1.5 Анализ зависимости изменения глобальной температуры от факторов

Анализ проводится по разработанной методике, приведенной выше.

1.Сформулировать цель анализа

Цель: проанализировать зависимость климатологических катастроф от факторов с помощью модели ADL.

2. Выбрать эндогенные и экзогенные параметры модели.

*Эндогенные*

Y5t- Изменение глобальной температуры, %С

*Экзогенные показатели:*

Y5t-k- Изменение глобальной температуры, %С

 - Methane emissions (kt of CO2 equivalent),

 - Nitrous oxide emissions (thousand metric tons of CO2 equivalent),

 - выбросы парниковых газов, всего, Greenhouse Gas Emissions, 000 tonnes of CO2 equivalent,

 - CO2 Emissions from the Consumption and Flaring of Fossil Fuels, 000 tonnes, выбросы СО2 всего,

 - Waste Generated by Electricity, Gas, Steam and Air Conditioning Supply (Отходы, образовавшиеся от электричества, газа, пара и кондиционирования воздуха), 000 tonnes,

 - Waste Generated by Households, (отходы, образовавшиеся в домашних хозяйствах), 000 tonnes,

3. Рассчитать эндогенные и экзогенные параметры модели

Эндогенные и экзогенные параметры модели представляют собой среднегеометрическое показателей стран мира в год t. Расчет осуществляется в программе Excel.

4. Отобразить эндогенные и экзогенные параметры модели в таблицах

Эндогенные и экзогенные переменные представлены в таблице 1.1.1.

Таблица 1.5.1 – Параметры модели

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Y5 | X5-1 | X5-2 | X5-3 | X5-4 | X5-5 | X5-6 |
| 2015 | 20,1 | 35 848 592,0 | 3 153 742,5 | 392 794,2 | 32 705 709,7 | 25 675,8 | 17 896,0 |
| 2014 | 20,2 | 8 014 066,6 | 3 123 551,4 | 395 011,5 | 32 356 236,0 | 25 287,7 | 17 625,5 |
| 2013 | 20,2 | 7 927 060,6 | 3 084 899,9 | 398 159,9 | 32 068 544,5 | 24 781,8 | 17 272,9 |
| 2012 | 20,0 | 7 815 790,0 | 3 068 677,6 | 398 852,7 | 31 516 644,8 | 24 223,0 | 16 883,4 |
| 2011 | 19,9 | 7 774 920,0 | 3 031 989,1 | 403 141,6 | 31 127 586,0 | 22 725,2 | 15 839,5 |
| 2010 | 19,8 | 7 643 170,0 | 3 260 053,0 | 406 065,8 | 29 715 791,4 | 21 844,0 | 15 225,3 |
| 2009 | 19,7 | 7 697 440,0 | 3 100 186,0 | 393 436,1 | 28 286 697,7 | 17 697,3 | 12 335,0 |
| 2008 | 19,9 | 7 617 940,0 | 2 965 813,4 | 417 660,9 | 28 887 575,8 | 17 778,4 | 12 391,5 |
| 2007 | 19,8 | 7 275 910,0 | 2 907 452,8 | 423 321,8 | 28 839 770,2 | 18 362,9 | 12 799,0 |
| 2006 | 19,8 | 7 088 150,0 | 2 836 658,1 | 419 965,3 | 27 959 759,1 | 18 471,3 | 12 874,5 |
| 2005 | 19,9 | 6 831 780,0 | 2 850 332,2 | 417 973,6 | 27 185 530,0 | 18 414,4 | 12 834,9 |
| 2004 | 19,8 | 6 789 740,0 | 2 785 436,8 | 425 923,5 | 26 312 777,3 | 18 208,7 | 12 691,5 |
| 2003 | 19,8 | 6 591 630,0 | 2 920 510,0 | 419 364,9 | 25 149 503,0 | 27 851,9 | 19 412,8 |
| 2002 | 19,7 | 6 480 650,0 | 2 955 561,7 | 412 617,8 | 24 118 622,5 | 26 222,6 | 18 277,2 |
| 2001 | 19,8 | 6 503 140,0 | 3 120 987,0 | 411 485,9 | 23 703 341,4 | 26 055,6 | 18 160,8 |
| 2000 | 19,9 | 6 681 100,0 | 3 236 772,0 | 411 597,6 | 23 431 065,7 | 25 783,3 | 17 970,9 |
| 1999 | 19,7 | 7 211 170,0 | 3 011 978,6 | 405 399,3 | 22 770 107,9 | 58 526,3 | 40 792,9 |
| 1998 | 19,7 | 6 551 630,0 | 2 978 718,7 | 406 018,4 | 22 467 132,6 | 58 497,2 | 40 772,5 |
| 1997 | 19,5 | 6 556 730,0 | 2 955 369,5 | 404 782,5 | 22 585 363,2 | 58 386,5 | 40 695,4 |

5. Осуществить проверку временных рядов на стационарность, используя тест Дики-Фуллера. В том случае, если ряд нестационарный, привести его к стационарному виду путем вычисления разностей.

Тест Дики-Фуллера представляет собой авторегрессионное уравнение вида:

где   — временной ряд, а  — ошибка.

Если , то ряд стационарный. Если a=1, то процесс имеет единичный корень, в этом случае ряд не стационарен, является [интегрированным временным рядом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B3%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B2%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D1%80%D1%8F%D0%B4) первого порядка.

Тест Дики-Фуллера осуществляется решением авторегрессионного уравнения первого порядка в программе Excel. Ниже приведены результаты теста.

Таблица 1.5.2. – Исходные данные для теста Дики-Фуллера эндогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Y5 | Y5 |
| 2015 | 20,1 | 20,2 |
| 2014 | 20,2 | 20,2 |
| 2013 | 20,2 | 20,0 |
| 2012 | 20,0 | 19,9 |
| 2011 | 19,9 | 19,8 |
| 2010 | 19,8 | 19,7 |
| 2009 | 19,7 | 19,9 |
| 2008 | 19,9 | 19,8 |
| 2007 | 19,8 | 19,8 |
| 2006 | 19,8 | 19,9 |
| 2005 | 19,9 | 19,8 |
| 2004 | 19,8 | 19,8 |
| 2003 | 19,8 | 19,7 |
| 2002 | 19,7 | 19,8 |
| 2001 | 19,8 | 19,9 |
| 2000 | 19,9 | 19,7 |
| 1999 | 19,7 | 19,7 |
| 1998 | 19,7 | 0,0 |

Таблица 1.5.3 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,804947635 |
| R-квадрат | 0,647940696 |
| Нормированный R-квадрат | 0,624470076 |
| Стандартная ошибка | 0,088805888 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.5.4 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 0,217717941 | 0,217717941 | 27,60645813 | 9,71621E-05 |
| Остаток | 15 | 0,118297287 | 0,007886486 |  |  |
| Итого | 16 | 0,336015228 |  |  |  |

Таблица 1.5.5 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 3,045938002 | 3,203222305 | 0,950898099 | 0,356727481 | -3,781568725 | 9,873444729 | -3,78156872 | 9,873444729 |
| Переменная X 1 | 0,847741205 | 0,161345905 | 5,254184821 | 9,71621E-05 | 0,503840549 | 1,191641861 | 0,503840549 | 1,191641861 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.5.6. – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X5-1 | X5-1 |
| 2015 | 35 848 592,0 | 8 014 066,6 |
| 2014 | 8 014 066,6 | 7 927 060,6 |
| 2013 | 7 927 060,6 | 7 815 790,0 |
| 2012 | 7 815 790,0 | 7 774 920,0 |
| 2011 | 7 774 920,0 | 7 643 170,0 |
| 2010 | 7 643 170,0 | 7 697 440,0 |
| 2009 | 7 697 440,0 | 7 617 940,0 |
| 2008 | 7 617 940,0 | 7 275 910,0 |
| 2007 | 7 275 910,0 | 7 088 150,0 |
| 2006 | 7 088 150,0 | 6 831 780,0 |
| 2005 | 6 831 780,0 | 6 789 740,0 |
| 2004 | 6 789 740,0 | 6 591 630,0 |
| 2003 | 6 591 630,0 | 6 480 650,0 |
| 2002 | 6 480 650,0 | 6 503 140,0 |
| 2001 | 6 503 140,0 | 6 681 100,0 |
| 2000 | 6 681 100,0 | 7 211 170,0 |
| 1999 | 7 211 170,0 | 6 551 630,0 |
| 1998 | 6 551 630,0 | 0,0 |

Таблица 1.5.7 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,627859156 |
| R-квадрат | 0,394207119 |
| Нормированный R-квадрат | 0,359122686 |
| Стандартная ошибка | 0,069268593 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.5.8 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 1586,767978 | 1586,767978 | 9,760938069 | 0,0002748 |
| Остаток | 15 | 0,092271884 | 0,006151459 |  |  |
| Итого | 16 | 0,262091878 |  |  |  |

Таблица 1.5.9 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 2,375831641 | 2,498513398 | 0,741700518 | 0,278247435 | -2,94962361 | 7,701286888 | -2,949623605 | 7,701286888 |
| Переменная X 1 | 0,66123814 | 0,125849806 | 4,09826416 | 0,0002748 | 0,392995628 | 0,929480652 | 0,392995628 | 0,929480652 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.5.10 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X5-2 | X5-2 |
| 2015 | 3 153 742,5 | 3 123 551,4 |
| 2014 | 3 123 551,4 | 3 084 899,9 |
| 2013 | 3 084 899,9 | 3 068 677,6 |
| 2012 | 3 068 677,6 | 3 031 989,1 |
| 2011 | 3 031 989,1 | 3 260 053,0 |
| 2010 | 3 260 053,0 | 3 100 186,0 |
| 2009 | 3 100 186,0 | 2 965 813,4 |
| 2008 | 2 965 813,4 | 2 907 452,8 |
| 2007 | 2 907 452,8 | 2 836 658,1 |
| 2006 | 2 836 658,1 | 2 850 332,2 |
| 2005 | 2 850 332,2 | 2 785 436,8 |
| 2004 | 2 785 436,8 | 2 920 510,0 |
| 2003 | 2 920 510,0 | 2 955 561,7 |
| 2002 | 2 955 561,7 | 3 120 987,0 |
| 2001 | 3 120 987,0 | 3 236 772,0 |
| 2000 | 3 236 772,0 | 3 011 978,6 |
| 1999 | 3 011 978,6 | 2 978 718,7 |
| 1998 | 2 978 718,7 | 0,0 |

Таблица 1.5.11 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,547364392 |
| R-квадрат | 0,299607778 |
| Нормированный R-квадрат | 0,272942686 |
| Стандартная ошибка | 0,060388004 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.5.12 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 1196,494173 | 1196,494173 | 6,416571349 | 0,000418027 |
| Остаток | 15 | 0,080442155 | 0,00536281 |  |  |
| Итого | 16 | 0,228490355 |  |  |  |

Таблица 1.5.13 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 2,071237841 | 2,178191168 | 0,646610708 | 0,242574687 | -2,57146673 | 6,713942416 | -2,571466733 | 6,713942416 |
| Переменная X 1 | 0,576464019 | 0,109715215 | 3,572845678 | 0,000418027 | 0,342611573 | 0,810316465 | 0,342611573 | 0,810316465 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.5.14 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X5-3 | X5-3 |
| 2015 | 392 794,2 | 395 011,5 |
| 2014 | 395 011,5 | 398 159,9 |
| 2013 | 398 159,9 | 398 852,7 |
| 2012 | 398 852,7 | 403 141,6 |
| 2011 | 403 141,6 | 406 065,8 |
| 2010 | 406 065,8 | 393 436,1 |
| 2009 | 393 436,1 | 417 660,9 |
| 2008 | 417 660,9 | 423 321,8 |
| 2007 | 423 321,8 | 419 965,3 |
| 2006 | 419 965,3 | 417 973,6 |
| 2005 | 417 973,6 | 425 923,5 |
| 2004 | 425 923,5 | 419 364,9 |
| 2003 | 419 364,9 | 412 617,8 |
| 2002 | 412 617,8 | 411 485,9 |
| 2001 | 411 485,9 | 411 597,6 |
| 2000 | 411 597,6 | 405 399,3 |
| 1999 | 405 399,3 | 406 018,4 |
| 1998 | 406 018,4 | 0,0 |

Таблица 1.5.15 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,692254967 |
| R-квадрат | 0,479216939 |
| Нормированный R-квадрат | 0,436566631 |
| Стандартная ошибка | 0,076373064 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.5.16 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 2035,094549 | 2035,094549 | 13,80278011 | 0,00019433 |
| Остаток | 15 | 0,101735667 | 0,006782378 |  |  |
| Итого | 16 | 0,288973096 |  |  |  |

Таблица 1.5.17 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 2,619506682 | 2,754771183 | 0,817772365 | 0,306785633 | -3,2521491 | 8,491162467 | -3,252149103 | 8,491162467 |
| Переменная X 1 | 0,729057436 | 0,138757478 | 4,518598946 | 0,00019433 | 0,433302872 | 1,024812 | 0,433302872 | 1,024812 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.5.18 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X5-4 | X5-4 |
| 2015 | 32 705 709,7 | 32 356 236,0 |
| 2014 | 32 356 236,0 | 32 068 544,5 |
| 2013 | 32 068 544,5 | 31 516 644,8 |
| 2012 | 31 516 644,8 | 31 127 586,0 |
| 2011 | 31 127 586,0 | 29 715 791,4 |
| 2010 | 29 715 791,4 | 28 286 697,7 |
| 2009 | 28 286 697,7 | 28 887 575,8 |
| 2008 | 28 887 575,8 | 28 839 770,2 |
| 2007 | 28 839 770,2 | 27 959 759,1 |
| 2006 | 27 959 759,1 | 27 185 530,0 |
| 2005 | 27 185 530,0 | 26 312 777,3 |
| 2004 | 26 312 777,3 | 25 149 503,0 |
| 2003 | 25 149 503,0 | 24 118 622,5 |
| 2002 | 24 118 622,5 | 23 703 341,4 |
| 2001 | 23 703 341,4 | 23 431 065,7 |
| 2000 | 23 431 065,7 | 22 770 107,9 |
| 1999 | 22 770 107,9 | 22 467 132,6 |
| 1998 | 22 467 132,6 | 0,0 |

Таблица 1.5.19 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,788848683 |
| R-квадрат | 0,622282244 |
| Нормированный R-квадрат | 0,566899125 |
| Стандартная ошибка | 0,087029771 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.5.20 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 3197,434563 | 3197,434563 | 24,71219191 | 0,000108542 |
| Остаток | 15 | 0,115931342 | 0,007728756 |  |  |
| Итого | 16 | 0,329294923 |  |  |  |

Таблица 1.5.21 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 2,985019242 | 3,139157859 | 0,931880137 | 0,349592931 | -3,70593735 | 9,675975834 | -3,70593735 | 9,675975834 |
| Переменная X 1 | 0,830786381 | 0,158118987 | 5,149101124 | 0,000108542 | 0,493763738 | 1,167809024 | 0,493763738 | 1,167809024 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.5.22 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X5-5 | X5-5 |
| 2015 | 25 675,8 | 25 287,7 |
| 2014 | 25 287,7 | 24 781,8 |
| 2013 | 24 781,8 | 24 223,0 |
| 2012 | 24 223,0 | 22 725,2 |
| 2011 | 22 725,2 | 21 844,0 |
| 2010 | 21 844,0 | 17 697,3 |
| 2009 | 17 697,3 | 17 778,4 |
| 2008 | 17 778,4 | 18 362,9 |
| 2007 | 18 362,9 | 18 471,3 |
| 2006 | 18 471,3 | 18 414,4 |
| 2005 | 18 414,4 | 18 208,7 |
| 2004 | 18 208,7 | 27 851,9 |
| 2003 | 27 851,9 | 26 222,6 |
| 2002 | 26 222,6 | 26 055,6 |
| 2001 | 26 055,6 | 25 783,3 |
| 2000 | 25 783,3 | 58 526,3 |
| 1999 | 58 526,3 | 58 497,2 |
| 1998 | 58 497,2 | 0,0 |

Таблица 1.5.23 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,885442399 |
| R-квадрат | 0,784008242 |
| Нормированный R-квадрат | 0,714231508 |
| Стандартная ошибка | 0,097686477 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.5.24 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 6276,224876 | 6276,224876 | 54,44709437 | 4,92644E-05 |
| Остаток | 15 | 0,130127016 | 0,008675134 |  |  |
| Итого | 16 | 0,369616751 |  |  |  |

Таблица 1.5.25 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 3,350531802 | 3,523544536 | 1,045987909 | 0,392400229 | -4,1597256 | 10,8607892 | -4,159725597 | 10,8607892 |
| Переменная X 1 | 0,932515325 | 0,177480496 | 5,779603303 | 4,92644E-05 | 0,554224604 | 1,310806047 | 0,554224604 | 1,310806047 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.5.26 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X5-6 | X5-6 |
| 2015 | 17 896,0 | 17 625,5 |
| 2014 | 17 625,5 | 17 272,9 |
| 2013 | 17 272,9 | 16 883,4 |
| 2012 | 16 883,4 | 15 839,5 |
| 2011 | 15 839,5 | 15 225,3 |
| 2010 | 15 225,3 | 12 335,0 |
| 2009 | 12 335,0 | 12 391,5 |
| 2008 | 12 391,5 | 12 799,0 |
| 2007 | 12 799,0 | 12 874,5 |
| 2006 | 12 874,5 | 12 834,9 |
| 2005 | 12 834,9 | 12 691,5 |
| 2004 | 12 691,5 | 19 412,8 |
| 2003 | 19 412,8 | 18 277,2 |
| 2002 | 18 277,2 | 18 160,8 |
| 2001 | 18 160,8 | 17 970,9 |
| 2000 | 17 970,9 | 40 792,9 |
| 1999 | 40 792,9 | 40 772,5 |
| 1998 | 40 772,5 | 0,0 |

Таблица 1.5.27 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,965937163 |
| R-квадрат | 0,933034602 |
| Нормированный R-квадрат | 0,849994522 |
| Стандартная ошибка | 0,106567066 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.5.28 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 22083,79882 | 22083,79882 | 208,9962796 | 1,28342E-05 |
| Остаток | 15 | 0,141956745 | 0,009463783 |  |  |
| Итого | 16 | 0,403218274 |  |  |  |

Таблица 1.5.29 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 3,655125602 | 3,843866766 | 1,141077719 | 0,428072977 | -4,53788247 | 11,84813367 | -4,53788247 | 11,84813367 |
| Переменная X 1 | 1,017289446 | 0,193615086 | 6,305021785 | 1,28342E-05 | 0,604608659 | 1,429970233 | 0,604608659 | 1,429970233 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Согласно результатам теста Дики-Фуллера, все временные ряды являются стационарными.

5. Проверить экзогенные параметры на мультиколлинеарность. В случае если коэффициент попарной корреляции превышает 0,7, следует исключить из дальнейшего анализа одну переменную из пары.

Проверка проводится в программе Excel.

Таблица 1.5.30 – Коэффициенты корреляции экзогенных переменных

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | X5-1 | X5-2 | X5-3 | X5-4 | X5-5 | X5-6 |
| X5-1 | 1 |  |  |  |  |  |
| X5-2 | 0,578038196 | 1 |  |  |  |  |
| X5-3 | -0,61378072 | -0,67836603 | 1 |  |  |  |
| X5-4 | 0,723561707 | 0,924790666 | -0,8123625 | 1 |  |  |
| X5-5 | -0,60725911 | -0,5001637 | -0,22195 | -0,89824719 | 1 |  |
| X5-6 | -0,50725911 | -0,5001637 | -0,22195 | -0,99824719 | 0,46257021 | 1 |

Переменная Х5-4 будет удалена из дальнейшего анализа из-за высокой тесноты связи.

Все экзогенные параметры принимаются в дальнейший анализ.

6. Проверка коэффициентов парной корреляции на значимость с помощью t-критерия Стьюдента для показателей. Если tрасч≥tтабл, то полученные коэффициенты значимы т.е. выборка соответствует генеральной совокупности.

Для оценки значимости коэффициентов корреляции следует рассчитать t-критерий Стьюдента для каждой попарной корреляции по формуле:

Результаты расчета представлены в таблице 1.1.28

Таблица 1.5.31 – Значения t-критерия Стьюдента для показателей

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | X5-1 | X5-2 | X5-3 | X5-5 |
| X5-2 | 2,920691398 |  |  |  |
| X5-3 | 3,205519858 | 3,806837 |  |  |
| X5-5 | 3,151392482 | 2,381515 | 0,938532 |  |
| X5-6 | 2,426895401 | 2,381515 | 0,938532 | 2,15121041 |

При уровне значимости α=0,05, числу степеней свободы n-2=14,

Так как во всех случаях , коэффициенты считаются значимыми.

7. Проверить автокорреляцию показателей. Выбрать те лаги, которые имеют сильную корреляционную связь со значением показателя в последнем периоде. Провести проверку значимости коэффициентов автокорреляции с помощью критерия Бокса – Пирсона или критерия Льюнга-Бокса.

Проверка значимости коэффициентов автокорреляции по Q-статистике Бокса-Пирса осуществляется по формуле:

Проверка значимости коэффициентов автокорреляции по Q-статистике Льюнга-Бокса осуществляется по формуле:

где n — число наблюдений,  — автокорреляция k-го порядка, и m — число проверяемых лагов.

Как по тесту Бокса-Пирса, так и по тесту Льюнга-Бокса, в случае если , коэффициенты считаются значимыми. определяется по таблице.

Анализ автокорреляции осуществляется в программе Statistica. Результаты приведены ниже.

Таблица 1.5.32 – Коэффициенты автокорреляции эндогенной переменной.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто-корр. | Ст.Ошибка | Бокса-Льюнга Q | p |
| 0,769568 | 0,240906 | 10,20465 | 0,001402 |
| 0,421385 | 0,231455 | 13,51921 | 0,001161 |
| 0,063872 | 0,221601 | 13,60228 | 0,003504 |
| -0,261726 | 0,211289 | 15,13669 | 0,004432 |
| -0,500122 | 0,200446 | 21,36196 | 0,000694 |
| -0,540409 | 0,188982 | 29,53911 | 0,000048 |
| -0,409106 | 0,176777 | 34,89489 | 0,000012 |
| -0,249456 | 0,163663 | 37,21809 | 0,000011 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты являются значимыми. Эндогенный параметр отражает зависимость от одного прошлого периода.

Таблица 1.5.33 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто- - корр. | Ст.ошиб. | Бокса- - Льюнга Q | p |
| 0,502689 | 0,212398 | 5,60144 | 0,004549 |
| 0,339608 | 0,206413 | 8,30839 | 0,004615 |
| 0,083201 | 0,200250 | 10,93127 | 0,012113 |
| 0,033074 | 0,193892 | 10,96037 | 0,027031 |
| 0,091997 | 0,187317 | 11,20158 | 0,047553 |
| 0,034569 | 0,180503 | 11,23826 | 0,081322 |
| 0,068999 | 0,173422 | 11,39656 | 0,122277 |
| -0,017539 | 0,166039 | 11,40772 | 0,179699 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты не являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

Таблица 1.5.34 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто- - корр. | Ст.ошиб. | Бокса- - Льюнга Q | p |
| 0,032173 | 0,212398 | 0,02295 | 0,879601 |
| 0,025327 | 0,206413 | 0,03800 | 0,981179 |
| 0,019270 | 0,200250 | 0,04726 | 0,997306 |
| 0,014138 | 0,193892 | 0,05258 | 0,999660 |
| 0,005169 | 0,187317 | 0,05334 | 0,999966 |
| 0,002378 | 0,180503 | 0,05351 | 0,999997 |
| -0,004705 | 0,173422 | 0,05425 | 1,000000 |
| -0,020726 | 0,166039 | 0,06983 | 1,000000 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты не являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

Таблица 1.5.35 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто- - корр. | Ст.ошиб. | Бокса- - Льюнга Q | p |
| 0,500735 | 0,212398 | 5,55796 | 0,004682 |
| 0,244273 | 0,206413 | 6,95843 | 0,009101 |
| -0,044108 | 0,200250 | 9,44854 | 0,023899 |
| -0,213461 | 0,193892 | 10,66059 | 0,030674 |
| -0,206170 | 0,187317 | 11,87201 | 0,036608 |
| -0,351706 | 0,180503 | 15,66855 | 0,015665 |
| -0,253331 | 0,173422 | 17,80242 | 0,012911 |
| -0,187786 | 0,166039 | 19,08152 | 0,014450 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты не являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

Таблица 1.5.36 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто- - корр. | Ст.ошиб. | Бокса- - Льюнга Q | p |
| 0,566737 | 0,212398 | 7,11974 | 0,000045 |
| 0,510227 | 0,206413 | 13,22987 | 0,000001 |
| 0,449425 | 0,200250 | 36,01925 | 0,000000 |
| 0,302247 | 0,193892 | 40,11187 | 0,000000 |
| 0,228165 | 0,187317 | 41,59556 | 0,000000 |
| -0,008660 | 0,180503 | 41,83682 | 0,000000 |
| -0,012967 | 0,173422 | 41,84241 | 0,000001 |
| -0,123930 | 0,166039 | 42,39951 | 0,000001 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты не являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

Таблица 1.5.37 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто- - корр. | Ст.ошиб. | Бокса- - Льюнга Q | p |
| 0,497040 | 0,212398 | 5,47626 | 0,001033 |
| 0,398927 | 0,206413 | 9,21143 | 0,000709 |
| 0,101731 | 0,200250 | 14,76328 | 0,002034 |
| 0,103622 | 0,193892 | 15,04889 | 0,004607 |
| 0,009323 | 0,187317 | 15,05137 | 0,010157 |
| -0,085607 | 0,180503 | 15,27630 | 0,018232 |
| -0,185198 | 0,173422 | 16,41672 | 0,021593 |
| -0,201475 | 0,166039 | 17,88910 | 0,022099 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты не являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

8. Построить модель ADL.

С учетом результатов предшествующих анализов, ADL-модель принимает вид:

9. Решить построенную модель регрессии для показателей. Найти коэффициенты модели, используя регрессионный анализ. Написать уравнение модели с найденными коэффициентами.

Регрессионный анализ осуществляется в программе Excel.

Таблица 1.5.38 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,857042705 |
| R-квадрат | 0,734522197 |
| Нормированный R-квадрат | 0,422700397 |
| Стандартная ошибка | 0,102600927 |
| Наблюдения | 18 |

Таблица 1.5.39 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 6 | 0,235964803 | 0,039327467 | 4,483061063 | 0,015435258 |
| Остаток | 12 | 0,126323403 | 0,01052695 |  |  |
| Итого | 18 | 0,362288206 |  |  |  |

Таблица 1.5.40 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 5,759020534 | 6,91975329 | 0,832258072 | 0,421517556 | -9,317826712 | 20,83586778 | -9,317826712 | 20,83586778 |
| Переменная X 1 | 0,725815707 | 0,272093261 | 2,66752548 | 0,020504308 | 0,132975419 | 1,318655996 | 0,132975419 | 1,318655996 |
| Переменная X 2 | -5,46197E-10 | 4,60941E-09 | -0,118496217 | 0,907634967 | -1,05892E-08 | 9,49684E-09 | -1,05892E-08 | 9,49684E-09 |
| Переменная X 3 | 4,45301E-08 | 2,66409E-07 | 0,167149459 | 0,870036097 | -5,35924E-07 | 6,24985E-07 | -5,35924E-07 | 6,24985E-07 |
| Переменная X 4 | -1,10175E-06 | 4,35031E-06 | -0,253257236 | 0,804356122 | -1,05803E-05 | 8,37677E-06 | -1,05803E-05 | 8,37677E-06 |
| Переменная X 5 | 1,31278E-06 | 3,00188E-06 | 0,437320099 | 0,669645968 | -5,22776E-06 | 7,85333E-06 | -5,22776E-06 | 7,85333E-06 |
| Переменная X 6 | 1,26027E-06 | 2,88181E-06 | 0,419827295 | 0,642860129 | -5,01865E-06 | 7,53919E-06 | -5,01865E-06 | 7,53919E-06 |

Согласно результатам, уравнение записывается:

10. Проверить значимость регрессионной модели и коэффициентов регрессии. Проверить модели на достоверность с помощью F-критерия Фишера и коэффициента детерминации. Если Fр≥Fф , то построенная модель значима, т.е. выборка соответствует генеральной совокупности. Чем ближе коэффициент детерминации к 1, тем точнее модель, то есть коэффициент должен быть не менее 0,7 (R2≥0,7).

F-критерия Фишера рассчитывается по формуле:

где R - коэффициент корреляции;  
      f1 и f2 - число степеней свободы.

Первая дробь в уравнении равна отношению объясненной дисперсии к необъясненной. Каждая из этих дисперсий делится на свою степень свободы (вторая дробь в выражении). Число степеней свободы объясненной дисперсии f1 равно количеству объясняющих переменных линейной модели.

Число степеней свободы необъясненной дисперсии f2 = T-k-1, где T-количество временных периодов , k-количество объясняющих переменных.

Для проверки значимости уравнения регрессии вычисленное значение критерия Фишера сравнивают с [табличным](http://www.chem-astu.ru/science/reference/F-statistic.html), взятым для числа степеней свободы f1 (бóльшая дисперсия) и f2 (меньшая дисперсия) на выбранном уровне значимости (обычно 0.05). Если рассчитанный критерий Фишера выше, чем табличный, то объясненная дисперсия существенно больше, чем необъясненная, и модель является значимой.

При осуществлении регрессионного анализа в программе Excel коэффициент детерминации и F-критерия Фишера рассчитывается автоматически. Коэффициент детерминации 0,734522197≥ 0,7, F-критерия Фишера 4,483061063, Fрасчетное ≥ Fтабличное, модель считается значимой.

## 1.6 Анализ зависимости изъятия поверхности пресной воды CO2 на единицу продукции от факторов

Анализ проводится по разработанной методике, приведенной выше.

1.Сформулировать цель анализа

Цель: проанализировать зависимость климатологических катастроф от факторов с помощью модели ADL.

2. Выбрать эндогенные и экзогенные параметры модели.

*Эндогенные*

Y6t- Изъятие поверхности пресной воды, млн.куб.м.

*Экзогенные показатели:*

Y6t-1- Изъятие поверхности пресной воды, млн.куб.м.

Y7t -Сокращение площади лесов, 000 sq km

 - Annual freshwater withdrawals (потребление пресной воды), (% of internal resources)

 - Agricultural Materials and Live Animals Wholesale: Retail and Wholesale (живые животные, с/х материалы: розничная и оптовая торговля), USD million,

 - Farm Animal Feeds: Production (turnover) MSP (корма для животных), USD million,

 Hydrological Disasters, Экономический ущерб от гидрологических бедствий, USD million,

- Total population supplied by water supply industry, %

 - Renewable freshwater resources, million cubic metres (Возобновляемые ресурсы пресной воды),

 - Net freshwater supplied by water supply industry, million cubic metres,

3. Рассчитать эндогенные и экзогенные параметры модели

Эндогенные и экзогенные параметры модели представляют собой среднегеометрическое показателей стран мира в год t. Расчет осуществляется в программе Excel.

4. Отобразить эндогенные и экзогенные параметры модели в таблицах

Эндогенные и экзогенные переменные представлены в таблице 1.1.1.

Таблица 1.6.1 – Параметры модели

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Y6 | Y7 | X6-1 | X6-2 | X6-3 | X6-4 | X6-5 | X6-6 | X6-7 |
| 2015 | 84 767,1 | 39 978,4 | 126,7 | 399 676,1 | 1 168 691,1 | 21 171,3 | 97,5 | 2 368,8 | 570,4 |
| 2014 | 84 791,1 | 40 005,4 | 121,7 | 383 534,0 | 1 097 862,0 | 36 428,2 | 92,0 | 2 366,3 | 570,0 |
| 2013 | 84 872,0 | 40 040,8 | 114,3 | 374 610,1 | 1 398 465,0 | 54 782,6 | 86,4 | 2 363,0 | 569,6 |
| 2012 | 84 876,6 | 40 073,8 | 103,2 | 347 133,4 | 973 508,0 | 25 790,5 | 81,9 | 2 358,4 | 568,0 |
| 2011 | 85 089,3 | 40 106,7 | 89,6 | 334 905,7 | 923 501,9 | 70 757,0 | 80,8 | 2 351,7 | 565,5 |
| 2010 | 85 387,4 | 39 867,3 | 76,0 | 314 574,6 | 617 150,0 | 50 414,7 | 76,5 | 2 342,0 | 563,0 |
| 2009 | 87 241,0 | 39 899,6 | 62,4 | 282 572,7 | 531 986,0 | 8 302,9 | 71,9 | 2 329,5 | 561,0 |
| 2008 | 88 408,5 | 39 931,9 | 48,9 | 325 358,1 | 554 689,6 | 19 619,1 | 71,8 | 2 312,1 | 535,2 |
| 2007 | 89 911,3 | 39 964,2 | 171,2 | 312 578,1 | 442 693,0 | 24 586,1 | 71,8 | 2 285,0 | 517,0 |
| 2006 | 78 023,2 | 39 996,4 | 186,2 | 290 448,6 | 348 591,6 | 7 846,1 | 71,8 | 2 245,1 | 512,3 |
| 2005 | 78 385,1 | 39 997,7 | 201,3 | 280 593,1 | 318 603,5 | 17 994,7 | 71,6 | 2 196,0 | 520,9 |
| 2004 | 81 070,9 | 40 041,6 | 216,4 | 267 138,0 | 313 053,2 | 10 386,5 | 71,3 | 2 143,2 | 540,8 |
| 2003 | 80 900,8 | 40 085,5 | 231,4 | 260 911,3 | 301 429,4 | 20 583,6 | 70,9 | 2 092,0 | 570,2 |
| 2002 | 81 347,5 | 40 129,4 | 95,8 | 252 136,9 | 302 108,4 | 27 122,1 | 70,7 | 2 048,0 | 607,1 |
| 2001 | 73 780,8 | 40 173,3 | 87,9 | 242 650,8 | 306 981,8 | 4 796,2 | 68,1 | 2 015,9 | 649,8 |
| 2000 | 73 393,0 | 40 217,2 | 80,0 | 244 453,4 | 298 794,3 | 26 227,5 | 67,4 | 1 998,6 | 696,4 |
| 1999 | 71 904,2 | 40 280,6 | 72,1 | 242 964,3 | 269 061,1 | 16 846,3 | 65,6 | 1 998,2 | 744,9 |
| 1998 | 71 515,9 | 40 351,5 | 64,2 | 257 978,7 | 289 144,8 | 43 848,9 | 65,1 | 2 016,9 | 793,5 |
| 1997 | 62 315,3 | 40 422,4 | 135,4 | 249 098,4 | 285 803,3 | 17 883,9 | 64,5 | 2 057,0 | 840,2 |

5. Осуществить проверку временных рядов на стационарность, используя тест Дики-Фуллера. В том случае, если ряд нестационарный, привести его к стационарному виду путем вычисления разностей.

Тест Дики-Фуллера представляет собой авторегрессионное уравнение вида:

где   — временной ряд, а  — ошибка.

Если , то ряд стационарный. Если a=1, то процесс имеет единичный корень, в этом случае ряд не стационарен, является [интегрированным временным рядом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B3%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B2%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D1%80%D1%8F%D0%B4) первого порядка.

Тест Дики-Фуллера осуществляется решением авторегрессионного уравнения первого порядка в программе Excel. Ниже приведены результаты теста.

Таблица 1.6.2. – Исходные данные для теста Дики-Фуллера эндогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Y6 | Y6 |
| 2015 | 84 767,1 | 84 791,1 |
| 2014 | 84 791,1 | 84 872,0 |
| 2013 | 84 872,0 | 84 876,6 |
| 2012 | 84 876,6 | 85 089,3 |
| 2011 | 85 089,3 | 85 387,4 |
| 2010 | 85 387,4 | 87 241,0 |
| 2009 | 87 241,0 | 88 408,5 |
| 2008 | 88 408,5 | 89 911,3 |
| 2007 | 89 911,3 | 78 023,2 |
| 2006 | 78 023,2 | 78 385,1 |
| 2005 | 78 385,1 | 81 070,9 |
| 2004 | 81 070,9 | 80 900,8 |
| 2003 | 80 900,8 | 81 347,5 |
| 2002 | 81 347,5 | 73 780,8 |
| 2001 | 73 780,8 | 73 393,0 |
| 2000 | 73 393,0 | 71 904,2 |
| 1999 | 71 904,2 | 71 515,9 |

Таблица 1.6.3 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,799885 |
| R-квадрат | 0,639816 |
| Нормированный R-квадрат | 0,615803 |
| Стандартная ошибка | 3320,079 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.6.4 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 2,94E+08 | 2,94E+08 | 26,64533 | 0,000115908 |
| Остаток | 15 | 1,65E+08 | 11022922 |  |  |
| Итого | 16 | 4,59E+08 |  |  |  |

Таблица 1.6.5 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 22714,88 | 11515,01 | 1,972633 | 0,067261364 | -1828,77742 | 47258,54 | -1828,78 | 47258,54 |
| Переменная X 1 | 0,729957 | 0,141412 | 5,161911 | 0,000115908 | 0,428544257 | 1,03137 | 0,428544 | 1,03137 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Переменная Y7 была проверена на стационарность в пункте 1.2.

Таблица 1.6.6. – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X6-1 | X6-1 |
| 2015 | 126,7 | 121,7 |
| 2014 | 121,7 | 114,3 |
| 2013 | 114,3 | 103,2 |
| 2012 | 103,2 | 89,6 |
| 2011 | 89,6 | 76,0 |
| 2010 | 76,0 | 62,4 |
| 2009 | 62,4 | 48,9 |
| 2008 | 48,9 | 171,2 |
| 2007 | 171,2 | 186,2 |
| 2006 | 186,2 | 201,3 |
| 2005 | 201,3 | 216,4 |
| 2004 | 216,4 | 231,4 |
| 2003 | 231,4 | 95,8 |
| 2002 | 95,8 | 87,9 |
| 2001 | 87,9 | 80,0 |
| 2000 | 80,0 | 72,1 |
| 1999 | 72,1 | 64,2 |

Таблица 1.6.7 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,959862 |
| R-квадрат | 0,921334 |
| Нормированный R-квадрат | 0,839336 |
| Стандартная ошибка | 3984,094 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.6.8 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 1,32815E-05 | 1,32815E-05 | 175,6806 | 1,758E-05 |
| Остаток | 15 | 198412588,2 | 13227505,88 |  |  |
| Итого | 16 | 550863847,6 |  |  |  |

Таблица 1.6.9 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 27257,85515 | 13818,00856 | 2,367159208 | 0,080713636 | -2194,532903 | 56710,24321 | -2194,532903 | 56710,24321 |
| Переменная X 1 | 0,875948646 | 0,169694628 | 6,194293762 | 1,75797E-05 | 0,514253108 | 1,237644184 | 0,514253108 | 1,237644184 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.6.10 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X6-2 | X6-2 |
| 2015 | 399 676,1 | 383 534,0 |
| 2014 | 383 534,0 | 374 610,1 |
| 2013 | 374 610,1 | 347 133,4 |
| 2012 | 347 133,4 | 334 905,7 |
| 2011 | 334 905,7 | 314 574,6 |
| 2010 | 314 574,6 | 282 572,7 |
| 2009 | 282 572,7 | 325 358,1 |
| 2008 | 325 358,1 | 312 578,1 |
| 2007 | 312 578,1 | 290 448,6 |
| 2006 | 290 448,6 | 280 593,1 |
| 2005 | 280 593,1 | 267 138,0 |
| 2004 | 267 138,0 | 260 911,3 |
| 2003 | 260 911,3 | 252 136,9 |
| 2002 | 252 136,9 | 242 650,8 |
| 2001 | 242 650,8 | 244 453,4 |
| 2000 | 244 453,4 | 242 964,3 |
| 1999 | 242 964,3 | 257 978,7 |

Таблица 1.6.11 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,839879 |
| R-квадрат | 0,705397 |
| Нормированный R-квадрат | 0,642616 |
| Стандартная ошибка | 3486,082 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.6.12 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 3,10314E-06 | 3,10314E-06 | 35,91592 | 8,599E-05 |
| Остаток | 15 | 173611014,7 | 11574067,65 |  |  |
| Итого | 16 | 482005866,6 |  |  |  |

Таблица 1.6.13 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 23850,62326 | 12090,75749 | 2,071264307 | 0,070624432 | -1920,21629 | 49621,46281 | -1920,21629 | 49621,46281 |
| Переменная X 1 | 0,766455065 | 0,148482799 | 5,420007041 | 8,59902E-05 | 0,44997147 | 1,082938661 | 0,44997147 | 1,082938661 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.6.14 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X6-3 | X6-3 |
| 2015 | 1 168 691,1 | 1 097 862,0 |
| 2014 | 1 097 862,0 | 1 398 465,0 |
| 2013 | 1 398 465,0 | 973 508,0 |
| 2012 | 973 508,0 | 923 501,9 |
| 2011 | 923 501,9 | 617 150,0 |
| 2010 | 617 150,0 | 531 986,0 |
| 2009 | 531 986,0 | 554 689,6 |
| 2008 | 554 689,6 | 442 693,0 |
| 2007 | 442 693,0 | 348 591,6 |
| 2006 | 348 591,6 | 318 603,5 |
| 2005 | 318 603,5 | 313 053,2 |
| 2004 | 313 053,2 | 301 429,4 |
| 2003 | 301 429,4 | 302 108,4 |
| 2002 | 302 108,4 | 306 981,8 |
| 2001 | 306 981,8 | 298 794,3 |
| 2000 | 298 794,3 | 269 061,1 |
| 1999 | 269 061,1 | 289 144,8 |

Таблица 1.6.15 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,775888 |
| R-квадрат | 0,602002 |
| Нормированный R-квадрат | 0,548424 |
| Стандартная ошибка | 3220,476 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.6.16 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 2,12198E-06 | 2,12198E-06 | 22,68867 | 0,00013612 |
| Остаток | 15 | 160383508,8 | 10692233,92 |  |  |
| Итого | 16 | 445281610,1 |  |  |  |

Таблица 1.6.17 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 22033,43292 | 11169,55692 | 1,913453693 | 0,065243523 | -1773,914096 | 45840,77993 | -1773,914096 | 45840,77993 |
| Переменная X 1 | 0,708058489 | 0,137169824 | 5,007054124 | 0,000136122 | 0,415687929 | 1,000429048 | 0,415687929 | 1,000429048 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.6.18 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X6-4 | X6-4 |
| 2015 | 21 171,3 | 36 428,2 |
| 2014 | 36 428,2 | 54 782,6 |
| 2013 | 54 782,6 | 25 790,5 |
| 2012 | 25 790,5 | 70 757,0 |
| 2011 | 70 757,0 | 50 414,7 |
| 2010 | 50 414,7 | 8 302,9 |
| 2009 | 8 302,9 | 19 619,1 |
| 2008 | 19 619,1 | 24 586,1 |
| 2007 | 24 586,1 | 7 846,1 |
| 2006 | 7 846,1 | 17 994,7 |
| 2005 | 17 994,7 | 10 386,5 |
| 2004 | 10 386,5 | 20 583,6 |
| 2003 | 20 583,6 | 27 122,1 |
| 2002 | 27 122,1 | 4 796,2 |
| 2001 | 4 796,2 | 26 227,5 |
| 2000 | 26 227,5 | 16 846,3 |
| 1999 | 16 846,3 | 43 848,9 |

Таблица 1.6.19 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,559919 |
| R-квадрат | 0,31351 |
| Нормированный R-квадрат | 0,285607 |
| Стандартная ошибка | 2324,055 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.6.20 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 8,87795E-07 | 8,87795E-07 | 6,85027 | 0,00045085 |
| Остаток | 15 | 115740676,5 | 7716045,097 |  |  |
| Итого | 16 | 321337244,4 |  |  |  |

Таблица 1.6.21 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 15900,41551 | 8060,50499 | 1,380842871 | 0,047082955 | -1280,144193 | 33080,9752 | -1280,144193 | 33080,9752 |
| Переменная X 1 | 0,510970043 | 0,098988533 | 3,613338028 | 0,000450846 | 0,29998098 | 0,721959107 | 0,29998098 | 0,721959107 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.6.22 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X6-5 | X6-5 |
| 2015 | 97,5 | 92,0 |
| 2014 | 92,0 | 86,4 |
| 2013 | 86,4 | 81,9 |
| 2012 | 81,9 | 80,8 |
| 2011 | 80,8 | 76,5 |
| 2010 | 76,5 | 71,9 |
| 2009 | 71,9 | 71,8 |
| 2008 | 71,8 | 71,8 |
| 2007 | 71,8 | 71,8 |
| 2006 | 71,8 | 71,6 |
| 2005 | 71,6 | 71,3 |
| 2004 | 71,3 | 70,9 |
| 2003 | 70,9 | 70,7 |
| 2002 | 70,7 | 68,1 |
| 2001 | 68,1 | 67,4 |
| 2000 | 67,4 | 65,6 |
| 1999 | 65,6 | 65,1 |

Таблица 1.6.23 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,935865 |
| R-квадрат | 0,875844 |
| Нормированный R-квадрат | 0,797893 |
| Стандартная ошибка | 3884,492 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.6.24 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 8,20476E-06 | 8,20476E-06 | 105,8153 | 2,9187E-05 |
| Остаток | 15 | 193452273,5 | 12896818,23 |  |  |
| Итого | 16 | 537092251,4 |  |  |  |

Таблица 1.6.25 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 26576,40877 | 13472,55834 | 2,307980228 | 0,078695795 | -2139,66958 | 55292,48713 | -2139,66958 | 55292,48713 |
| Переменная X 1 | 0,85404993 | 0,165452262 | 6,039436418 | 2,91869E-05 | 0,501396781 | 1,206703079 | 0,501396781 | 1,206703079 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.6.26 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X6-6 | X6-6 |
| 2015 | 2 368,8 | 2 366,3 |
| 2014 | 2 366,3 | 2 363,0 |
| 2013 | 2 363,0 | 2 358,4 |
| 2012 | 2 358,4 | 2 351,7 |
| 2011 | 2 351,7 | 2 342,0 |
| 2010 | 2 342,0 | 2 329,5 |
| 2009 | 2 329,5 | 2 312,1 |
| 2008 | 2 312,1 | 2 285,0 |
| 2007 | 2 285,0 | 2 245,1 |
| 2006 | 2 245,1 | 2 196,0 |
| 2005 | 2 196,0 | 2 143,2 |
| 2004 | 2 143,2 | 2 092,0 |
| 2003 | 2 092,0 | 2 048,0 |
| 2002 | 2 048,0 | 2 015,9 |
| 2001 | 2 015,9 | 1 998,6 |
| 2000 | 1 998,6 | 1 998,2 |
| 1999 | 1 998,2 | 2 016,9 |

Таблица 1.6.27 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,735894 |
| R-квадрат | 0,54154 |
| Нормированный R-квадрат | 0,493343 |
| Стандартная ошибка | 3054,472 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.6.28 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 1,74717E-06 | 1,74717E-06 | 17,71822 | 0,00017431 |
| Остаток | 15 | 152116317,6 | 10141087,84 |  |  |
| Итого | 16 | 422328949,8 |  |  |  |

Таблица 1.6.29 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 20897,68895 | 10593,80656 | 1,814822059 | 0,061880455 | -1682,475225 | 43477,85313 | -1682,475225 | 43477,85313 |
| Переменная X 1 | 0,671560629 | 0,130099215 | 4,748958551 | 0,000174307 | 0,394260716 | 0,948860541 | 0,394260716 | 0,948860541 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Согласно результатам теста Дики-Фуллера, все временные ряды являются стационарными.

5. Проверить экзогенные параметры на мультиколлинеарность. В случае если коэффициент попарной корреляции превышает 0,7, следует исключить из дальнейшего анализа одну переменную из пары.

Проверка проводится в программе Excel.

Таблица 1.6.30 – Коэффициенты корреляции экзогенных переменных

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Y7 | X6-1 | X6-2 | X6-3 | X6-4 | X6-5 | X6-6 | X6-7 |
| Y7 | 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| X6-1 | -0,542159849 | 1 |  |  |  |  |  |  |
| X6-2 | -0,551189931 | -0,504862989 | 1 |  |  |  |  |  |
| X6-3 | -0,381455424 | -0,616840736 | 0,933771 | 1 |  |  |  |  |
| X6-4 | -0,001095031 | -0,62976405 | 0,936885 | 0,93825336 | 1 |  |  |  |
| X6-5 | -0,490160053 | 0,501739578 | 0,939623 | 0,91760711 | 0,37415389 | 1 |  |  |
| X6-6 | -0,762334379 | -0,502455918 | 0,889456 | 0,79048889 | 0,35927375 | 0,770562266 | 1 |  |
| X6-7 | 0,917081588 | -0,536739406 | -0,80826 | -0,8490163 | 0,50046814 | -0,466787211 | -0,68903 | 1 |

Переменные Х6-2 и Х6-3 будут удалены из дальнейшего анализа из-за высокой тесноты связи.

Все экзогенные параметры принимаются в дальнейший анализ.

6. Проверка коэффициентов парной корреляции на значимость с помощью t-критерия Стьюдента для показателей. Если tрасч≥tтабл, то полученные коэффициенты значимы т.е. выборка соответствует генеральной совокупности.

Для оценки значимости коэффициентов корреляции следует рассчитать t-критерий Стьюдента для каждой попарной корреляции по формуле:

Результаты расчета представлены в таблице 1.1.28

Таблица 1.6.31 – Значения t-критерия Стьюдента для показателей

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Y7 | X6-1 | X6-4 | X6-5 | X6-6 |
| X6-1 | 2,660297 |  |  |  |  |
| X6-4 | 0,004515 | 3,342725 |  |  |  |
| X6-5 | 2,318617 | 2,391538 | 1,663502 |  |  |
| X6-6 | 4,856715 | 2,396105 | 1,587304 | 4,984759 |  |
| X6-7 | 9,483893 | 2,62286 | 2,383449 | 2,176254 | 3,920039 |

При уровне значимости α=0,05, числу степеней свободы n-2=17,

Так как во всех случаях , коэффициенты считаются значимыми.

7. Проверить автокорреляцию показателей. Выбрать те лаги, которые имеют сильную корреляционную связь со значением показателя в последнем периоде. Провести проверку значимости коэффициентов автокорреляции с помощью критерия Бокса – Пирсона или критерия Льюнга-Бокса.

Проверка значимости коэффициентов автокорреляции по Q-статистике Бокса-Пирса осуществляется по формуле:

Проверка значимости коэффициентов автокорреляции по Q-статистике Льюнга-Бокса осуществляется по формуле:

где n — число наблюдений,  — автокорреляция k-го порядка, и m — число проверяемых лагов.

Как по тесту Бокса-Пирса, так и по тесту Льюнга-Бокса, в случае если , коэффициенты считаются значимыми. определяется по таблице.

Анализ автокорреляции осуществляется в программе Statistica. Результаты приведены ниже.

Таблица 1.6.32 – Коэффициенты автокорреляции эндогенной переменной.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто-корр. | Ст.Ошибка | Бокса-Льюнга Q | p |
| 0,721119 | 0,240906 | 8,96021 | 0,002761 |
| 0,441506 | 0,231455 | 12,59886 | 0,001840 |
| 0,252533 | 0,221601 | 13,89751 | 0,003052 |
| 0,088117 | 0,211289 | 14,07144 | 0,007079 |
| -0,061308 | 0,200446 | 14,16499 | 0,014609 |
| -0,053935 | 0,188982 | 14,24644 | 0,027025 |
| -0,011086 | 0,176777 | 14,25037 | 0,046937 |
| -0,197764 | 0,163663 | 15,71049 | 0,046754 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты являются значимыми. Эндогенный параметр отражает зависимость от одного прошлого периода.

Таблица 1.6.33 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто- - корр. | Ст.ошиб. | Бокса- - Льюнга Q | p |
| 0,548496 | 0,212398 | 6,66880 | 0,000426 |
| 0,522842 | 0,206413 | 13,08481 | 0,000082 |
| 0,344473 | 0,200250 | 21,79394 | 0,000072 |
| 0,210664 | 0,193892 | 22,97442 | 0,000129 |
| 0,062576 | 0,187317 | 23,08603 | 0,000326 |
| -0,022561 | 0,180503 | 23,10165 | 0,000765 |
| -0,038707 | 0,173422 | 23,15146 | 0,001608 |
| -0,055455 | 0,166039 | 23,26301 | 0,003050 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты не являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

Таблица 1.6.34 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто- - корр. | Ст.ошиб. | Бокса- - Льюнга Q | p |
| 0,188829 | 0,212398 | 0,79039 | 0,373990 |
| 0,190133 | 0,206413 | 1,63886 | 0,440692 |
| 0,234792 | 0,200250 | 3,01360 | 0,389548 |
| -0,059487 | 0,193892 | 3,10773 | 0,539971 |
| -0,134266 | 0,187317 | 3,62151 | 0,605092 |
| -0,138852 | 0,180503 | 4,21325 | 0,647845 |
| -0,189906 | 0,173422 | 5,41239 | 0,609775 |
| -0,087959 | 0,166039 | 5,69303 | 0,681570 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты не являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

Таблица 1.6.35 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто- - корр. | Ст.ошиб. | Бокса- - Льюнга Q | p |
| 0,519673 | 0,212398 | 5,98633 | 0,000114 |
| 0,491090 | 0,206413 | 11,64670 | 0,000002 |
| 0,417201 | 0,200250 | 30,44317 | 0,000001 |
| 0,260395 | 0,193892 | 32,24681 | 0,000002 |
| 0,106860 | 0,187317 | 32,57225 | 0,000005 |
| -0,000097 | 0,180503 | 32,57225 | 0,000013 |
| -0,089480 | 0,173422 | 32,83847 | 0,000029 |
| -0,183066 | 0,166039 | 34,05408 | 0,000040 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты не являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

Таблица 1.6.36 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто- - корр. | Ст.ошиб. | Бокса- - Льюнга Q | p |
| 0,334262 | 0,212398 | 2,47670 | 0,002827 |
| 0,282397 | 0,206413 | 4,34844 | 0,004545 |
| -0,063214 | 0,200250 | 10,88877 | 0,012352 |
| -0,388041 | 0,193892 | 14,89409 | 0,004933 |
| -0,677485 | 0,187317 | 27,97519 | 0,000037 |
| -0,452282 | 0,180503 | 34,25359 | 0,000006 |
| -0,262022 | 0,173422 | 36,53640 | 0,000006 |
| -0,075335 | 0,166039 | 36,74226 | 0,000013 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты не являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

Таблица 1.6.37 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто- - корр. | Ст.ошиб. | Бокса- - Льюнга Q | p |
| 0,535291 | 0,212398 | 6,35156 | 0,000537 |
| 0,510025 | 0,206413 | 12,45686 | 0,000118 |
| 0,335141 | 0,200250 | 20,89073 | 0,000111 |
| 0,212628 | 0,193892 | 22,09333 | 0,000193 |
| 0,124374 | 0,187317 | 22,53419 | 0,000416 |
| -0,033810 | 0,180503 | 22,56928 | 0,000957 |
| -0,158384 | 0,173422 | 23,40338 | 0,001454 |
| -0,244206 | 0,166039 | 25,56656 | 0,001249 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты не являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

8. Построить модель ADL.

С учетом результатов предшествующих анализов, ADL-модель принимает вид:

9. Решить построенную модель регрессии для показателей. Найти коэффициенты модели, используя регрессионный анализ. Написать уравнение модели с найденными коэффициентами.

Регрессионный анализ осуществляется в программе Excel.

Таблица 1.6.38 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,91100249 |
| R-квадрат | 0,829925538 |
| Нормированный R-квадрат | 0,678748238 |
| Стандартная ошибка | 3261,873875 |
| Наблюдения | 18 |

Таблица 1.6.39 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 8 | 467279641,1 | 58409955 | 5,4897497 | 0,00486318 |
| Остаток | 9 | 95758390,6 | 10639821 |  |  |
| Итого | 17 | 563038031,7 |  |  |  |

Таблица 1.6.40 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 113022,4092 | 874323,9537 | 0,129268 | 0,89998815 | -1864835,79 | 2090880,604 | -1864836 | 2090881 |
| Переменная X 1 | 0,082715663 | 0,284416695 | 0,290826 | 0,77777526 | -0,5606796 | 0,726110926 | -0,56068 | 0,726111 |
| Переменная X 2 | -13,48121018 | 19,11002509 | -0,70545 | 0,4983795 | -56,7110903 | 29,74866995 | -56,7111 | 29,74867 |
| Переменная X 3 | 12,57475982 | 19,19626457 | 0,655063 | 0,52881256 | -30,8502076 | 55,99972722 | -30,8502 | 55,99973 |
| Переменная X 4 | -23,09934891 | 25,43735972 | -0,90809 | 0,38750117 | -80,6426544 | 34,44395658 | -80,6427 | 34,44396 |
| Переменная X 5 | 0,061399612 | 0,067819642 | 0,905337 | 0,38888011 | -0,09201908 | 0,214818301 | -0,09202 | 0,214818 |
| Переменная X 6 | -32,89987287 | 158,0490901 | -0,20816 | 0,83973665 | -390,431754 | 324,6320083 | -390,432 | 324,632 |
| Переменная X 7 | 12,93093671 | 17,00163589 | 0,76057 | 0,46637148 | -25,5294357 | 51,39130911 | -25,5294 | 51,39131 |
| Переменная X 8 | -46,06352415 | 39,96315914 | -1,15265 | 0,27874908 | -136,466471 | 44,33942254 | -136,466 | 44,33942 |

Согласно результатам, уравнение записывается:

10. Проверить значимость регрессионной модели и коэффициентов регрессии. Проверить модели на достоверность с помощью F-критерия Фишера и коэффициента детерминации. Если Fр≥Fф , то построенная модель значима, т.е. выборка соответствует генеральной совокупности. Чем ближе коэффициент детерминации к 1, тем точнее модель, то есть коэффициент должен быть не менее 0,7 (R2≥0,7).

F-критерия Фишера рассчитывается по формуле:

где R - коэффициент корреляции;  
      f1 и f2 - число степеней свободы.

Первая дробь в уравнении равна отношению объясненной дисперсии к необъясненной. Каждая из этих дисперсий делится на свою степень свободы (вторая дробь в выражении). Число степеней свободы объясненной дисперсии f1 равно количеству объясняющих переменных линейной модели.

Число степеней свободы необъясненной дисперсии f2 = T-k-1, где T-количество временных периодов , k-количество объясняющих переменных.

Для проверки значимости уравнения регрессии вычисленное значение критерия Фишера сравнивают с [табличным](http://www.chem-astu.ru/science/reference/F-statistic.html), взятым для числа степеней свободы f1 (бóльшая дисперсия) и f2 (меньшая дисперсия) на выбранном уровне значимости (обычно 0.05). Если рассчитанный критерий Фишера выше, чем табличный, то объясненная дисперсия существенно больше, чем необъясненная, и модель является значимой.

При осуществлении регрессионного анализа в программе Excel коэффициент детерминации и F-критерия Фишера рассчитывается автоматически. Коэффициент детерминации 0,829925538≥ 0,7, F-критерия Фишера 5,489749702, Fрасчетное ≥ Fтабличное, модель считается значимой.

## 1.7 Анализ зависимости сокращения площади лесов от факторов

Анализ проводится по разработанной методике, приведенной выше.

1.Сформулировать цель анализа

Цель: проанализировать зависимость климатологических катастроф от факторов с помощью модели ADL.

2. Выбрать эндогенные и экзогенные параметры модели.

*Эндогенные*

Y7t -Сокращение площади лесов, 000 sq km

*Экзогенные показатели:*

Y7t-k -Сокращение площади лесов, 000 sq km

- Agricultural Land, 000 sq km (площадь земель сельскохозяйственного назначения)

 - Total Population, 000 чел.,

 - Wood and Paper Products: Production (turnover) MSP, USD million,

3. Рассчитать эндогенные и экзогенные параметры модели

Эндогенные и экзогенные параметры модели представляют собой среднегеометрическое показателей стран мира в год t. Расчет осуществляется в программе Excel.

4. Отобразить эндогенные и экзогенные параметры модели в таблицах

Эндогенные и экзогенные переменные представлены в таблице 1.1.1.

Таблица 1.7.1 – Параметры модели

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Y7 | X7-1 | X7-2 | X7-3 |
| 2015 | 39 978,4 | 49 133,5 | 7 300 576,3 | 1 721 362,0 |
| 2014 | 40 005,4 | 49 096,3 | 7 213 166,8 | 1 787 272,0 |
| 2013 | 40 040,8 | 49 190,3 | 7 126 024,6 | 1 722 565,0 |
| 2012 | 40 073,8 | 49 267,1 | 7 039 773,1 | 1 639 040,0 |
| 2011 | 40 106,7 | 49 125,7 | 6 955 132,9 | 1 634 775,0 |
| 2010 | 39 867,3 | 47 640,2 | 6 871 835,1 | 1 463 148,0 |
| 2009 | 39 899,6 | 47 653,1 | 6 789 137,6 | 1 312 262,0 |
| 2008 | 39 931,9 | 47 777,3 | 6 705 024,5 | 1 475 953,0 |
| 2007 | 39 964,2 | 47 808,9 | 6 621 562,4 | 1 388 313,0 |
| 2006 | 39 996,4 | 47 832,9 | 6 539 974,5 | 1 218 374,0 |
| 2005 | 39 997,7 | 47 929,0 | 6 459 224,8 | 1 124 102,0 |
| 2004 | 40 041,6 | 47 921,5 | 6 379 411,3 | 1 047 744,0 |
| 2003 | 40 085,5 | 47 815,2 | 6 300 224,6 | 928 212,1 |
| 2002 | 40 129,4 | 47 957,3 | 6 221 312,7 | 839 740,2 |
| 2001 | 40 173,3 | 48 080,3 | 6 141 876,7 | 830 980,3 |
| 2000 | 40 217,2 | 48 106,4 | 6 061 469,8 | 876 094,5 |
| 1999 | 40 280,6 | 48 048,3 | 5 980 757,1 | 845 102,9 |
| 1998 | 40 351,5 | 48 080,4 | 5 899 457,2 | 820 193,5 |
| 1997 | 40 422,4 | 48 014,1 | 5 817 237,5 | 843 880,2 |

5. Осуществить проверку временных рядов на стационарность, используя тест Дики-Фуллера. В том случае, если ряд нестационарный, привести его к стационарному виду путем вычисления разностей.

Тест Дики-Фуллера представляет собой авторегрессионное уравнение вида:

где   — временной ряд, а  — ошибка.

Если , то ряд стационарный. Если a=1, то процесс имеет единичный корень, в этом случае ряд не стационарен, является [интегрированным временным рядом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B3%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B2%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D1%80%D1%8F%D0%B4) первого порядка.

Тест Дики-Фуллера осуществляется решением авторегрессионного уравнения первого порядка в программе Excel. Ниже приведены результаты теста.

Эндогенная переменная проверена на стационарность в пункте 1.2.

Таблица 1.7.2 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X7-1 | X7-1 |
| 2015 | 49 133,5 | 49 096,3 |
| 2014 | 49 096,3 | 49 190,3 |
| 2013 | 49 190,3 | 49 267,1 |
| 2012 | 49 267,1 | 49 125,7 |
| 2011 | 49 125,7 | 47 640,2 |
| 2010 | 47 640,2 | 47 653,1 |
| 2009 | 47 653,1 | 47 777,3 |
| 2008 | 47 777,3 | 47 808,9 |
| 2007 | 47 808,9 | 47 832,9 |
| 2006 | 47 832,9 | 47 929,0 |
| 2005 | 47 929,0 | 47 921,5 |
| 2004 | 47 921,5 | 47 815,2 |
| 2003 | 47 815,2 | 47 957,3 |
| 2002 | 47 957,3 | 48 080,3 |
| 2001 | 48 080,3 | 48 106,4 |
| 2000 | 48 106,4 | 48 048,3 |
| 1999 | 48 048,3 | 48 080,4 |

Таблица 1.7.3 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,852127 |
| R-квадрат | 0,726121 |
| Нормированный R-квадрат | 0,707862 |
| Стандартная ошибка | 60,07428 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.7.4 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 143521,9 | 143521,93 | 39,768673 | 1,41E-05 |
| Остаток | 15 | 54133,79 | 3608,9193 |  |  |
| Итого | 16 | 197655,7 |  |  |  |

Таблица 1.7.5 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 11250,71222 | 4566,253357 | 2,463882606 | 0,026313388 | 1517,97358 | 20983,45087 | 1517,97358 | 20983,45087 |
| Переменная X 1 | 0,718664643 | 0,113960863 | 6,306240793 | 1,40814E-05 | 0,475762813 | 0,961566472 | 0,475762813 | 0,961566472 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.7.6 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X7-2 | X7-2 |
| 2015 | 7 300 576,3 | 7 213 166,8 |
| 2014 | 7 213 166,8 | 7 126 024,6 |
| 2013 | 7 126 024,6 | 7 039 773,1 |
| 2012 | 7 039 773,1 | 6 955 132,9 |
| 2011 | 6 955 132,9 | 6 871 835,1 |
| 2010 | 6 871 835,1 | 6 789 137,6 |
| 2009 | 6 789 137,6 | 6 705 024,5 |
| 2008 | 6 705 024,5 | 6 621 562,4 |
| 2007 | 6 621 562,4 | 6 539 974,5 |
| 2006 | 6 539 974,5 | 6 459 224,8 |
| 2005 | 6 459 224,8 | 6 379 411,3 |
| 2004 | 6 379 411,3 | 6 300 224,6 |
| 2003 | 6 300 224,6 | 6 221 312,7 |
| 2002 | 6 221 312,7 | 6 141 876,7 |
| 2001 | 6 141 876,7 | 6 061 469,8 |
| 2000 | 6 061 469,8 | 5 980 757,1 |
| 1999 | 5 980 757,1 | 5 899 457,2 |

Таблица 1.7.7 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,93734 |
| R-квадрат | 0,878606 |
| Нормированный R-квадрат | 0,80041 |
| Стандартная ошибка | 66,08171 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.7.8 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 0,0273476 | 0,0273476 | 108,5648 | 5,16E-06 |
| Остаток | 15 | 59547,169 | 3969,8112 |  |  |
| Итого | 16 | 217421,29 |  |  |  |

Таблица 1.7.9 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 12375,78345 | 5022,878693 | 2,710270867 | 0,028944727 | 1669,770938 | 23081,79595 | 1669,770938 | 23081,79595 |
| Переменная X 1 | 0,790531107 | 0,125356949 | 6,936864873 | 5,15819E-06 | 0,523339095 | 1,05772312 | 0,523339095 | 1,05772312 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Таблица 1.7.10 – Исходные данные для теста Дики-Фуллера экзогенной переменной

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X7-3 | X7-3 |
| 2015 | 1 721 362,0 | 1 787 272,0 |
| 2014 | 1 787 272,0 | 1 722 565,0 |
| 2013 | 1 722 565,0 | 1 639 040,0 |
| 2012 | 1 639 040,0 | 1 634 775,0 |
| 2011 | 1 634 775,0 | 1 463 148,0 |
| 2010 | 1 463 148,0 | 1 312 262,0 |
| 2009 | 1 312 262,0 | 1 475 953,0 |
| 2008 | 1 475 953,0 | 1 388 313,0 |
| 2007 | 1 388 313,0 | 1 218 374,0 |
| 2006 | 1 218 374,0 | 1 124 102,0 |
| 2005 | 1 124 102,0 | 1 047 744,0 |
| 2004 | 1 047 744,0 | 928 212,1 |
| 2003 | 928 212,1 | 839 740,2 |
| 2002 | 839 740,2 | 830 980,3 |
| 2001 | 830 980,3 | 876 094,5 |
| 2000 | 876 094,5 | 845 102,9 |
| 1999 | 845 102,9 | 820 193,5 |

Таблица 1.7.11 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,647617 |
| R-квадрат | 0,419407 |
| Нормированный R-квадрат | 0,38208 |
| Стандартная ошибка | 45,65645 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.7.12 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 1 | 0,0039506 | 0,0039506 | 10,83567 | 5,17E-05 |
| Остаток | 15 | 41141,68 | 2742,7787 |  |  |
| Итого | 16 | 150218,35 |  |  |  |

Таблица 1.7.13 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 8550,541289 | 3470,352551 | 1,872550781 | 0,019998175 | 1153,659921 | 15947,42266 | 1153,659921 | 15947,42266 |
| Переменная X 1 | 0,546185129 | 0,086610256 | 4,792743003 | 5,16809E-05 | 0,361579738 | 0,730790519 | 0,361579738 | 0,730790519 |

Согласно результатам, временной ряд является стационарным.

Согласно результатам теста Дики-Фуллера, все временные ряды являются стационарными.

5. Проверить экзогенные параметры на мультиколлинеарность. В случае если коэффициент попарной корреляции превышает 0,7, следует исключить из дальнейшего анализа одну переменную из пары.

Проверка проводится в программе Excel.

Таблица 1.7.14 – Коэффициенты корреляции экзогенных переменных

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | X7-1 | X7-2 | X7-3 |
| X7-1 | 1 |  |  |
| X7-2 | 0,6193069 | 1 |  |
| X7-3 | 0,6537109 | 0,6688583 | 1 |

Все экзогенные параметры принимаются в дальнейший анализ.

6. Проверка коэффициентов парной корреляции на значимость с помощью t-критерия Стьюдента для показателей. Если tрасч≥tтабл, то полученные коэффициенты значимы т.е. выборка соответствует генеральной совокупности.

Для оценки значимости коэффициентов корреляции следует рассчитать t-критерий Стьюдента для каждой попарной корреляции по формуле:

Результаты расчета представлены в таблице 1.1.28

Таблица 1.7.15 – Значения t-критерия Стьюдента для показателей

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X7-1 | X7-2 |
| X7-2 | 3,2522076 |  |
| X7-3 | 3,5617299 | 3,709727 |

При уровне значимости α=0,05, числу степеней свободы n-2=14,

Так как во всех случаях , коэффициенты считаются значимыми.

7. Проверить автокорреляцию показателей. Выбрать те лаги, которые имеют сильную корреляционную связь со значением показателя в последнем периоде. Провести проверку значимости коэффициентов автокорреляции с помощью критерия Бокса – Пирсона или критерия Льюнга-Бокса.

Проверка значимости коэффициентов автокорреляции по Q-статистике Бокса-Пирса осуществляется по формуле:

Проверка значимости коэффициентов автокорреляции по Q-статистике Льюнга-Бокса осуществляется по формуле:

где n — число наблюдений,  — автокорреляция k-го порядка, и m — число проверяемых лагов.

Как по тесту Бокса-Пирса, так и по тесту Льюнга-Бокса, в случае если , коэффициенты считаются значимыми. определяется по таблице.

Анализ автокорреляции осуществляется в программе Statistica. Результаты приведены ниже.

Таблица 1.7.16 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто- - корр. | Ст.ошиб. | Бокса- - Льюнга Q | p |
| 0,578471 | 0,212398 | 7,41761 | 0,000035 |
| 0,519150 | 0,206413 | 13,74332 | 0,000000 |
| 0,476853 | 0,200250 | 37,54290 | 0,000000 |
| 0,421547 | 0,193892 | 42,26976 | 0,000000 |
| 0,240103 | 0,187317 | 43,91277 | 0,000000 |
| 0,094415 | 0,180503 | 44,18637 | 0,000000 |
| -0,023119 | 0,173422 | 44,20414 | 0,000000 |
| -0,175198 | 0,166039 | 45,31751 | 0,000000 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты не являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

Таблица 1.7.17 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто- - корр. | Ст.ошиб. | Бокса- - Льюнга Q | p |
| 0,440214 | 0,212398 | 4,29565 | 0,000076 |
| 0,383228 | 0,206413 | 7,74262 | 0,000002 |
| 0,330673 | 0,200250 | 33,62759 | 0,000000 |
| 0,284089 | 0,193892 | 37,55174 | 0,000000 |
| 0,244887 | 0,187317 | 39,26088 | 0,000000 |
| 0,114351 | 0,180503 | 39,66222 | 0,000001 |
| -0,006028 | 0,173422 | 39,66343 | 0,000001 |
| -0,114172 | 0,166039 | 40,13625 | 0,000003 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты не являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

Таблица 1.7.18 – Коэффициенты автокорреляции экзогенной переменной

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Авто- - корр. | Ст.ошиб. | Бокса- - Льюнга Q | p |
| 0,541783 | 0,212398 | 6,50657 | 0,000479 |
| 0,460120 | 0,206413 | 11,47554 | 0,000188 |
| 0,217736 | 0,200250 | 18,34828 | 0,000374 |
| -0,003795 | 0,193892 | 18,34866 | 0,001057 |
| -0,212220 | 0,187317 | 19,63222 | 0,001468 |
| -0,184437 | 0,180503 | 20,67629 | 0,002102 |
| -0,166856 | 0,173422 | 21,60200 | 0,002981 |
| -0,194009 | 0,166039 | 22,96729 | 0,003414 |

Так как более точной является Q-статистика Льюнга-Бокса, для анализа она является более предпочтительной. Анализ автокорреляции в программе Statistica помимо коэффициентов автокорреляции автоматически рассчитывает Q-статистику Льюнга-Бокса и значимость для каждого коэффициента (столбец 4 в табл.). Проверка значимости по Q-статистике Льюнга-Бокса равна

Коэффициенты не являются значимыми. Экзогенный параметр не отражает зависимость от прошлых периодов.

8. Построить модель ADL.

С учетом результатов предшествующих анализов, ADL-модель принимает вид:

9. Решить построенную модель регрессии для показателей. Найти коэффициенты модели, используя регрессионный анализ. Написать уравнение модели с найденными коэффициентами.

Регрессионный анализ осуществляется в программе Excel.

Таблица 1.7.19 – Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,9840682 |
| R-квадрат | 0,9683902 |
| Нормированный R-квадрат | 0,9586641 |
| Стандартная ошибка | 26,349341 |
| Наблюдения | 18 |

Таблица 1.7.20 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 4 | 276510,65 | 69127,66 | 99,5663 | 1,294E-09 |
| Остаток | 13 | 9025,7408 | 694,2878 |  |  |
| Итого | 17 | 285536,39 |  |  |  |

Таблица 1.7.21 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 28600,05084 | 3418,970887 | 8,3651051 | 1,367E-06 | 21213,8133 | 35986,28838 | 21213,813 | 35986,288 |
| Переменная X 1 | 0,151260795 | 0,096349339 | 1,5699204 | 0,1404453 | -0,0568893 | 0,359410887 | -0,0568893 | 0,3594109 |
| Переменная X 2 | 0,163745718 | 0,021308515 | 7,6845205 | 3,464E-06 | 0,117711471 | 0,209779964 | 0,1177115 | 0,20978 |
| Переменная X 3 | -0,00040228 | 7,37471E-05 | -5,4547955 | 0,0001103 | -0,0005616 | -0,00024295 | -0,0005616 | -0,000243 |
| Переменная X 4 | 0,000118979 | 8,08758E-05 | 1,4711284 | 0,1650449 | -5,5743E-05 | 0,0002937 | -5,574E-05 | 0,0002937 |

Согласно результатам, уравнение записывается:

10. Проверить значимость регрессионной модели и коэффициентов регрессии. Проверить модели на достоверность с помощью F-критерия Фишера и коэффициента детерминации. Если Fр≥Fф , то построенная модель значима, т.е. выборка соответствует генеральной совокупности. Чем ближе коэффициент детерминации к 1, тем точнее модель, то есть коэффициент должен быть не менее 0,7 (R2≥0,7).

F-критерия Фишера рассчитывается по формуле:

где R - коэффициент корреляции;  
      f1 и f2 - число степеней свободы.

Первая дробь в уравнении равна отношению объясненной дисперсии к необъясненной. Каждая из этих дисперсий делится на свою степень свободы (вторая дробь в выражении). Число степеней свободы объясненной дисперсии f1 равно количеству объясняющих переменных линейной модели.

Число степеней свободы необъясненной дисперсии f2 = T-k-1, где T-количество временных периодов , k-количество объясняющих переменных.

Для проверки значимости уравнения регрессии вычисленное значение критерия Фишера сравнивают с [табличным](http://www.chem-astu.ru/science/reference/F-statistic.html), взятым для числа степеней свободы f1 (бóльшая дисперсия) и f2 (меньшая дисперсия) на выбранном уровне значимости (обычно 0.05). Если рассчитанный критерий Фишера выше, чем табличный, то объясненная дисперсия существенно больше, чем необъясненная, и модель является значимой.

При осуществлении регрессионного анализа в программе Excel коэффициент детерминации и F-критерия Фишера рассчитывается автоматически. Коэффициент детерминации 0,968390226≥ 0,7, F-критерия Фишера 99,56629878, Fрасчетное ≥ Fтабличное, модель считается значимой.

## 1.8 Анализ влияния деятельности человека на экологию планеты

1.Сформулировать цель анализа

Цель: Проанализировать влияние деятельности человека на экологию планеты. Составить и решить систему взаимосвязанных уравнений из семи уравнений, каждое из которых ADL-модель.

3. Отобразить таблицу взаимозависимости эндогенных и экзогенных параметров модели.

Взаимозависимость эндогенных и экзогенных параметров модели отражена в таблице.

Таблица 1.8.1 - Взаимозависимость эндогенных и экзогенных параметров модели

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Эндогенный параметр |  | Экзогенные параметры | | | | | | |
| Y1t |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Y2t | Y7t |  |  |  |  |  |  |  |
| Y3t |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Y4t |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Y5t |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Y6t | Y7t |  |  |  |  |  |  |  |
| Y7t |  |  |  |  |  |  |  |  |

4. Составить структурную форму модели

В общем виде система уравнений записывается в виде:

С учетом результатов проведенных анализов на основе ADL модели, структурная форма приобретает вид:

С учетом найденных коэффициентов, система одновременных уравнений равна:

5. Рассмотреть идентифицируемость системы уравнений.

D+1 > Н – уравнение сверхидентифицируемо.

где Н – число эндогенных переменных в i-ом уравнении системы; D – число экзогенных переменных, которые содержатся в системе, но не входят в данное уравнение.

По необходимому и достаточному условию уравнения системы являются сверхидентифицируемы. Следует применить метод ДМНК.

7. На основе полученных уравнений, рассчитать теоретические значения переменных модели.

Так как все уравнения модели являются сверхидентифицируемы, модель следует решать по методу ДМНК. Для этого следует рассчитать теоретические значения эндогенных переменных путем подстановки экзогенных параметров в найденные уравнения. Требуется получить новые ряды теоретических значений эндогенных переменных. Расчеты осуществляются в программе Excel. Результат приведен в таблице ниже.

Таблица 1.8.2 - Теоретические значения эндогенных переменных.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Y1 | Y2 | Y3 | Y4 | Y5 | Y6 | Y7 |
| 2 015 | 3 444,11 | 1 427,30 | 16 406,98 | 24 397,94 | 20,02 | 83 684,94 | 39 965,27 |
| 2 014 | 4 075,63 | 1 286,36 | 16 841,18 | 24 177,67 | 20,00 | 85 089,00 | 40 009,42 |
| 2 013 | 4 020,84 | 1 128,60 | 17 153,14 | 24 327,00 | 19,96 | 86 368,66 | 40 057,27 |
| 2 012 | 3 916,37 | 1 524,24 | 17 469,50 | 24 231,19 | 19,91 | 84 969,75 | 40 091,02 |
| 2 011 | 3 883,23 | 1 907,20 | 17 565,19 | 24 113,13 | 19,85 | 84 874,96 | 40 067,26 |
| 2 010 | 3 069,08 | 2 208,18 | 17 078,19 | 24 256,14 | 19,77 | 87 532,76 | 39 841,54 |
| 2 009 | 2 330,28 | 2 561,47 | 16 297,25 | 24 274,29 | 19,67 | 85 459,83 | 39 870,83 |
| 2 008 | 3 268,20 | 3 299,86 | 18 457,58 | 24 233,16 | 19,52 | 87 218,43 | 39 949,28 |
| 2 007 | 2 679,73 | 3 469,37 | 18 290,91 | 24 243,99 | 19,36 | 84 980,53 | 39 981,03 |
| 2 006 | 2 170,26 | 4 774,56 | 17 663,20 | 24 545,49 | 19,16 | 82 853,73 | 40 003,69 |
| 2 005 | 1 997,42 | 5 871,03 | 17 275,01 | 24 802,59 | 18,87 | 82 425,23 | 40 044,17 |
| 2 004 | 1 828,40 | 7 030,56 | 18 336,72 | 24 995,55 | 18,48 | 79 841,43 | 40 067,21 |
| 2 003 | 1 674,74 | 8 657,70 | 17 588,20 | 25 373,82 | 17,95 | 78 151,16 | 40 075,43 |
| 2 002 | 1 526,33 | 10 615,22 | 17 398,01 | 25 557,10 | 17,18 | 79 086,61 | 40 128,28 |
| 2 001 | 1 399,99 | 13 132,76 | 17 238,96 | 25 663,58 | 16,10 | 75 486,90 | 40 183,55 |
| 2 000 | 1 258,32 | 16 179,73 | 16 861,72 | 25 597,34 | 14,61 | 74 595,52 | 40 211,42 |
| 1 999 | 1 111,92 | 20 583,13 | 16 667,95 | 25 308,47 | 12,55 | 71 591,27 | 40 118,12 |
| 1 998 | 970,56 | 26 167,97 | 16 511,73 | 24 461,85 | 9,61 | 65 933,39 | 39 373,90 |

8. Провести регрессионный анализ каждого уравнения структурной формы, используя теоретические значения параметров модели. Найти коэффициенты модели, используя регрессионный анализ. Расчет коэффициентов регрессии осуществляется с помощью программы Exсel. Написать уравнение модели с найденными коэффициентами.

Далее следует осуществить второй шаг МНК, провести регрессионный анализ уравнений структурной формы, подставив вместо фактических значений эндогенных переменных расчетные значения и получить коэффициенты структурной формы модели.

Регрессионный анализ для каждой модели осуществляется в программе Excel, результаты представлены в таблицах ниже.

Таблица 1.8.3- Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,99999 |
| R-квадрат | 0,99999 |
| Нормированный R-квадрат | 0,99999 |
| Стандартная ошибка | 6,7E-13 |
| Наблюдения | 18 |

Таблица 1.8. 4 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 5 | 20032771 | 4006554 | 8,92E+30 | 5,6E-183 |
| Остаток | 12 | 5,39E-24 | 4,49E-25 |  |  |
| Итого | 17 | 20032771 |  |  |  |

Таблица 1.8.5 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | -2354,81 | 9,57E-12 | -7,7E+14 | 1,5E-173 | -7404,81 | -7404,81 | -7404,81 | -7404,81 |
| Переменная X 1 | 0,001346 | 5,03E-16 | 2,68E+12 | 5E-144 | 0,001346 | 0,001346 | 0,001346 | 0,001346 |
| Переменная X 2 | 0,002487 | 4,86E-16 | 5,12E+12 | 2,1E-147 | 0,002487 | 0,002487 | 0,002487 | 0,002487 |
| Переменная X 3 | 0,000338 | 1,11E-17 | 3,04E+13 | 1,1E-156 | 0,000338 | 0,000338 | 0,000338 | 0,000338 |
| Переменная X 4 | 0,000154 | 1,17E-17 | 1,31E+13 | 2,5E-152 | 0,000154 | 0,000154 | 0,000154 | 0,000154 |
| Переменная X 5 | 0,000265 | 2,08E-19 | 1,28E+15 | 3,6E-176 | 0,000265 | 0,000265 | 0,000265 | 0,000265 |

Таблица 1.8.6- Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,99999999 |
| R-квадрат | 0,99999999 |
| Нормированный R-квадрат | 0,99999999 |
| Стандартная ошибка | 5,07654E-12 |
| Наблюдения | 18 |

Таблица 1.8.7 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 7 | 916864483,4 | 1,31E+08 | 5,08E+30 | 6,1743E-152 |
| Остаток | 10 | 2,57712E-22 | 2,58E-23 |  |  |
| Итого | 17 | 916864483,4 |  |  |  |

Таблица 1.8.8 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 40717,95483 | 1,01225E-09 | 4,02253E+13 | 2,2188E-132 | 40717,95483 | 40717,95483 | 40717,955 | 40717,955 |
| Переменная X 1 | 0,83918843 | 7,1313E-16 | 1,17677E+15 | 4,8327E-147 | 0,83918843 | 0,83918843 | 0,8391884 | 0,8391884 |
| Переменная X 2 | -0,195690645 | 2,46501E-14 | -7,93874E+12 | 2,4751E-125 | -0,195690645 | -0,195690645 | -0,195691 | -0,195691 |
| Переменная X 3 | -0,845104124 | 2,49071E-14 | -3,39303E+13 | 1,2168E-131 | -0,845104124 | -0,845104124 | -0,845104 | -0,845104 |
| Переменная X 4 | -0,033047192 | 4,02837E-16 | -8,20361E+13 | 1,7826E-135 | -0,033047192 | -0,033047192 | -0,033047 | -0,033047 |
| Переменная X 5 | 0,001002175 | 1,29449E-17 | 7,74184E+13 | 3,1817E-135 | 0,001002175 | 0,001002175 | 0,0010022 | 0,0010022 |
| Переменная X 6 | -0,000106714 | 3,03459E-18 | -3,51659E+13 | 8,5092E-132 | -0,000106714 | -0,000106714 | -0,000107 | -0,000107 |
| Переменная X 7 | 4854,701203 | 3,97163E-11 | 1,22234E+14 | 3,305E-137 | 4854,701203 | 4854,701203 | 4854,7012 | 4854,7012 |

Таблица 1.8.9 - Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,99999 |
| R-квадрат | 0,99999 |
| Нормированный R-квадрат | 0,99999 |
| Стандартная ошибка | 3,76E-12 |
| Наблюдения | 18 |

Таблица 1.8.10 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 5 | 7016963 | 1403393 | 9,94E+28 | 2,9E-171 |
| Остаток | 12 | 1,7E-22 | 1,41E-23 |  |  |
| Итого | 17 | 7016963 |  |  |  |

Таблица 1.8.11 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | -20253,48 | 7,568E-11 | -2,68E+14 | 4,99E-168 | -20253,48 | -20253,48 | -20253,48 | -20253,48 |
| Переменная X 1 | 0,1384862 | 1,595E-15 | 8,684E+13 | 3,66E-162 | 0,1384862 | 0,1384862 | 0,1384862 | 0,1384862 |
| Переменная X 2 | 2,4784372 | 6,25E-15 | 3,965E+14 | 4,46E-170 | 2,4784372 | 2,4784372 | 2,4784372 | 2,4784372 |
| Переменная X 3 | 0,0035181 | 1,233E-17 | 2,854E+14 | 2,3E-168 | 0,0035181 | 0,0035181 | 0,0035181 | 0,0035181 |
| Переменная X 4 | -0,122745 | 6,315E-15 | -1,94E+13 | 2,32E-154 | -0,122745 | -0,122745 | -0,122745 | -0,122745 |
| Переменная X 5 | 0,0011367 | 1,45E-16 | 7,842E+12 | 1,25E-149 | 0,0011367 | 0,0011367 | 0,0011367 | 0,0011367 |

Таблица 1.8.12 - Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,99999 |
| R-квадрат | 0,99999 |
| Нормированный R-квадрат | 0,99999 |
| Стандартная ошибка | 5,4E-12 |
| Наблюдения | 18 |

Таблица 1.8.13 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 6 | 5342498 | 890416,3 | 3,05E+28 | 1,5E-154 |
| Остаток | 11 | 3,21E-22 | 2,92E-23 |  |  |
| Итого | 17 | 5342498 |  |  |  |

Таблица 1.8.14 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 46870,882 | 7,81E-10 | 6,001E+13 | 3,45E-147 | 46870,882 | 46870,882 | 46870,882 | 46870,882 |
| Переменная X 1 | 0,2757606 | 2,588E-15 | 1,066E+14 | 6,25E-150 | 0,2757606 | 0,2757606 | 0,2757606 | 0,2757606 |
| Переменная X 2 | -0,066072 | 9,199E-16 | -7,18E+13 | 4,79E-148 | -0,066072 | -0,066072 | -0,066072 | -0,066072 |
| Переменная X 3 | 0,0160934 | 3,609E-16 | 4,459E+13 | 9,06E-146 | 0,0160934 | 0,0160934 | 0,0160934 | 0,0160934 |
| Переменная X 4 | -0,109058 | 3,599E-15 | -3,03E+13 | 6,35E-144 | -0,109058 | -0,109058 | -0,109058 | -0,109058 |
| Переменная X 5 | -16,38454 | 4,638E-13 | -3,53E+13 | 1,17E-144 | -16,38454 | -16,38454 | -16,38454 | -16,38454 |
| Переменная X 6 | 0,0118707 | 4,679E-16 | 2,537E+13 | 4,48E-143 | 0,0118707 | 0,0118707 | 0,0118707 | 0,0118707 |

Таблица 1.8.15- Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,999999 |
| R-квадрат | 0,999999 |
| Нормированный R-квадрат | 0,916667 |
| Стандартная ошибка | 3,04E-15 |
| Наблюдения | 18 |

Таблица 1.8.16 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 6 | 147,2166 | 24,5361041 | 3,19E+30 | 1,2E-165 |
| Остаток | 12 | 1,11E-28 | 9,2266E-30 |  |  |
| Итого | 18 | 147,2166 |  |  |  |

Таблица 1.8.17 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 5,7590205 | 8,457E-14 | 6,80976E+13 | 6,77E-161 | 5,7590205 | 5,7590205 | 5,7590205 | 5,7590205 |
| Переменная X 1 | 0,7258157 | 4,947E-16 | 1,46719E+15 | 6,77E-177 | 0,7258157 | 0,7258157 | 0,7258157 | 0,7258157 |
| Переменная X 2 | -5,46E-10 | 1,234E-22 | -4,4268E+12 | 1,19E-146 | -5,46E-10 | -5,46E-10 | -5,46E-10 | -5,46E-10 |
| Переменная X 3 | 4,453E-08 | 8,531E-21 | 5,21972E+12 | 1,65E-147 | 4,453E-08 | 4,453E-08 | 4,453E-08 | 4,453E-08 |
| Переменная X 4 | -1,1E-06 | 1,349E-19 | -8,16944E+12 | 7,62E-150 | -1,1E-06 | -1,1E-06 | -1,1E-06 | -1,1E-06 |
| Переменная X 5 | 2,191E-06 | 1,677E-19 | 1,30662E+13 | 2,72E-152 | 2,191E-06 | 2,191E-06 | 2,191E-06 | 2,191E-06 |
| Переменная X 6 | 2,06E-06 | 1,576E-19 | 1,22822E+13 | 2,56E-152 | 2,06E-06 | 2,06E-06 | 2,06E-06 | 2,06E-06 |

Таблица 1.8.18- Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,99999 |
| R-квадрат | 0,99999 |
| Нормированный R-квадрат | 0,99999 |
| Стандартная ошибка | 5,46E-11 |
| Наблюдения | 17 |

Таблица 1.8.19 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 8 | 3,62E+08 | 45213098 | 1,52E+28 | 6,6E-112 |
| Остаток | 8 | 2,38E-20 | 2,98E-21 |  |  |
| Итого | 16 | 3,62E+08 |  |  |  |

Таблица 1.8.20 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 113022,4 | 1,48E-08 | 7,62E+12 | 9,8E-101 | 113022,4 | 113022,4 | 113022,4 | 113022,4 |
| Переменная X 1 | 0,082716 | 1,05E-14 | 7,84E+12 | 7,8E-101 | 0,082716 | 0,082716 | 0,082716 | 0,082716 |
| Переменная X 2 | -13,4812 | 3,17E-13 | -4,2E+13 | 1,1E-106 | -13,4812 | -13,4812 | -13,4812 | -13,4812 |
| Переменная X 3 | 12,57476 | 3,55E-13 | 3,54E+13 | 4,6E-106 | 12,57476 | 12,57476 | 12,57476 | 12,57476 |
| Переменная X 4 | -23,0993 | 4,77E-13 | -4,8E+13 | 3,7E-107 | -23,0993 | -23,0993 | -23,0993 | -23,0993 |
| Переменная X 5 | 0,0614 | 1,15E-15 | 5,34E+13 | 1,7E-107 | 0,0614 | 0,0614 | 0,0614 | 0,0614 |
| Переменная X 6 | -32,8999 | 3,15E-12 | -1E+13 | 7,9E-102 | -32,8999 | -32,8999 | -32,8999 | -32,8999 |
| Переменная X 7 | 12,93094 | 3,59E-13 | 3,61E+13 | 3,9E-106 | 12,93094 | 12,93094 | 12,93094 | 12,93094 |
| Переменная X 8 | -46,0635 | 8,22E-13 | -5,6E+13 | 1,2E-107 | -46,0635 | -46,0635 | -46,0635 | -46,0635 |

Таблица 1.8.21- Регрессионная статистика

|  |  |
| --- | --- |
| Множественный R | 0,99999 |
| R-квадрат | 0,99999 |
| Нормированный R-квадрат | 0,99999 |
| Стандартная ошибка | 4,62E-12 |
| Наблюдения | 18 |

Таблица 1.8.22 – Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *df* | *SS* | *MS* | *F* | *Значимость F* |
| Регрессия | 4 | 574997,9 | 143749,5 | 6,74E+27 | 2,1E-177 |
| Остаток | 13 | 2,77E-22 | 2,13E-23 |  |  |
| Итого | 17 | 574997,9 |  |  |  |

Таблица 1.8.23 – Коэффициенты регрессии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Коэффициенты* | *Стандартная ошибка* | *t-статистика* | *P-Значение* | *Нижние 95%* | *Верхние 95%* | *Нижние 95,0%* | *Верхние 95,0%* |
| Y-пересечение | 28600,051 | 1,333E-10 | 2,146E+14 | 1,85E-180 | 28600,051 | 28600,051 | 28600,051 | 28600,051 |
| Переменная X 1 | 0,1512608 | 9,897E-16 | 1,528E+14 | 1,52E-178 | 0,1512608 | 0,1512608 | 0,1512608 | 0,1512608 |
| Переменная X 2 | 0,1637457 | 2,519E-15 | 6,501E+13 | 1,02E-173 | 0,1637457 | 0,1637457 | 0,1637457 | 0,1637457 |
| Переменная X 3 | -0,0004023 | 1,28E-17 | -3,14E+13 | 1,3E-169 | -0,000402 | -0,000402 | -0,000402 | -0,000402 |
| Переменная X 4 | 0,000119 | 1,527E-17 | 7,794E+12 | 9,65E-162 | 0,000119 | 0,000119 | 0,000119 | 0,000119 |

С учетом найденных коэффициентов структурная форма приобретает вид:

9. Сформулировать выводы.

Согласно полученным результатам, можно отметить следующее:

Анализ показателя климатологические катастрофы показал зависимость эндогенной переменной от своих значений в прошлом периоде, причем зависимость положительная. Иными словами, большое количество климатологических катастроф порождает еще большее количество катастроф. Экзогенные параметры не отразили зависимость от прошлых периодов. Однако, все экзогенные параметры имеют положительную взаимосвязь с эндогенным. То есть, рост мирового ВВП, рост занятости населения мира, увеличение экономически активного населения в мире, рост экспорта и импорта товаров в мире, приводит к увеличению климатологических катастроф. Увеличение основных экономических показателей в мире приводит к росту экологических проблем. Что говорит о необходимости внедрения экологичной экономики, производства с сокращенным ущербом для экологии.

Выбросы СО2 на единицу продукции так же отражают зависимость от прошлого периода. Зависимость, аналогично прошлому примеру, положительная, то есть, чем больше выбросов сейчас, тем больше будет в будущем. На эндогенный параметр так же оказывает влияние другой эндогенный параметр, сокращение площади лесов. Следует отметить, что зависимость между ними отрицательная, как в текущем, так и в прошлом периоде, что вполне объяснимо. Показатели объем грузовых перевозок, и объем производства и переработки энергии были удалены из анализа из-за высокой тесноты связи с другими экзогенными переменными. Остальные переменные отразили следующее влияние на объем выбросов СО2. Показатели транспорт и коммуникации, а так же производительность материальных ресурсов при увеличении увеличивают объем выбросов СО2. Показатели объем производства леса кругляка, а так же увеличение дорожной сети, при увеличении, напротив, приводят к сокращению выбросов. Все экзогенные параметры не отражают зависимость от прошлых периодов.

Выбросы парниковых газов от промышленности, аналогично прошлым показателям, отражают положительную зависимость от прошлого периода, следовательно, при неизменном производстве, потенциально возможен рост выбросов. Экзогенные переменные не отражают зависимость от прошлых периодов. Из всех рассмотренных переменных, только одна при увеличении приводит к сокращению выбросов парниковых газов от промышленности, это оборот железнодорожных перевозок. Остальные, а именно, выбросы парниковых газов в добыче и транспортировке угля, нефти и газа, добыча угля и лигнита, отходы, образовавшиеся от промышленности, при увеличении приводят к росту выбросов парниковых газов от промышленности.

Выбросы парниковых газов от сельского хозяйства, аналогично прошлым, положительно зависит от прошлых периодов. Производство оборудования для сельского и лесного хозяйства, а так же отходы, образовавшиеся от сельского хозяйства, приводят к увеличению выбросов парниковых газов от сельского хозяйства, что вполне объяснимо. Остальные параметры, напротив, сдерживают рост объема выбросов. Производство оборудования для пищевой промышленности, производства напитков и переработки табака, увеличение площади пахотных земель, а так же отходы животноводства: потребление энергии, сокращают объем выбросов, сдерживая ухудшение экологической ситуации в сельскохозяйственной сфере. Показатель животноводство был удален из анализа, так как отражал высокую тесноту связи с рассматриваемыми параметрами.

Процент изменения глобальной температуры увеличивается с течением времени, отражая зависимость от собственного значения в прошлом периоде. На рост процента изменения глобальной температуры оказывают влияние увеличение выбросов закиси азота, увеличение отходов, образовавшихся от электричества, газа, пара и кондиционирования воздуха, увеличение отходов, образовавшихся в домашних хозяйствах. Объем выбросов метана и парниковых газов отражают обратную зависимость с эндогенным параметром. Следует обратить внимание на то, что объем выбросов CO2 от потребления и сжигания ископаемого топлива имеет высокую связь со всеми влияющими переменными, в связи с чем, был удален из анализа.

Изъятие поверхности пресной воды, как и остальные эндогенные переменные, положительно зависит от своего значения в прошлом периоде, то есть рост уровня изъятия в прошлом году приведет к еще большему уровню изъятия в текущем году. Показатель отражает зависимость от сокращения площади лесов, однако, зависимость различная в разные периоды времени. В прошлом периоде наличие лесов сдерживает изъятие поверхности пресной воды, сокращение леса -стимулирует изъятие, а в текущем периоде наоборот. Показатели розничная и оптовая торговля живыми животными и сельскохозяйственными материалами, а так же оборот корма для животных были удалены из анализа. Остальные переменные отразили следующее влияние на эндогенный параметр. Возобновляемые ресурсы пресной воды, а так же экономический ущерб от гидрологических бедствий, приводят к росту изъятия пресной воды. Тогда как ежегодные пресноводные отходы, чистое количество пресной воды, поставляемое промышленности, отражают обратную зависимость.

Сокращение площади лесов в текущем периоде, так же как и остальные эндогенные переменные, приведет к еще большему сокращению в будущем. Кроме того на эндогенный параметр влияют площадь земель сельскохозяйственного назначения, общая численность населения, производство целлюлозно-бумажных изделий. Отрицательно на сокращение площади лесов влияет только общая численность населения. Остальные показатели стимулируют сокращение.

Проанализировав зависимость экологических показателей от деятельности человека, можно заключить, что большинство процессов жизнедеятельности протекают с большим ущербом для экологии. Основные экономические процессы стимулируют развитие экологических проблем. Безусловно, существует высокая необходимость внедрения экологичной экономики, производства с сокращенным ущербом для экологии.

# Заключение

Целью исследования являлся анализ влияния деятельности человека на экологию планеты. В ходе исследования была решена система из 7 одновременных эконометрических уравнений, каждое из которых решено с использованием ADL-модели. Цель исследования была выполнена.

В результате исследования была получена следующая модель зависимости экологии планеты от деятельности человека:

В результате были получены следующие выводы:

* Анализ показателя климатологические катастрофы показал зависимость эндогенной переменной от своих значений в прошлом периоде, причем зависимость положительная. Иными словами, большое количество климатологических катастроф порождает еще большее количество катастроф. Экзогенные параметры не отразили зависимость от прошлых периодов. Однако, все экзогенные параметры имеют положительную взаимосвязь с эндогенным. То есть, рост мирового ВВП, рост занятости населения мира, увеличение экономически активного населения в мире, рост экспорта и импорта товаров в мире, приводит к увеличению климатологических катастроф. Увеличение основных экономических показателей в мире приводит к росту экологических проблем. Что говорит о необходимости внедрения экологичной экономики, производства с сокращенным ущербом для экологии.
* Выбросы СО2 на единицу продукции так же отражают зависимость от прошлого периода. Зависимость, аналогично прошлому примеру, положительная, то есть, чем больше выбросов сейчас, тем больше будет в будущем. На эндогенный параметр так же оказывает влияние другой эндогенный параметр, сокращение площади лесов. Следует отметить, что зависимость между ними отрицательная, как в текущем, так и в прошлом периоде, что вполне объяснимо. Показатели объем грузовых перевозок, и объем производства и переработки энергии были удалены из анализа из-за высокой тесноты связи с другими экзогенными переменными. Остальные переменные отразили следующее влияние на объем выбросов СО2. Показатели транспорт и коммуникации, а так же производительность материальных ресурсов при увеличении увеличивают объем выбросов СО2. Показатели объем производства леса кругляка, а так же увеличение дорожной сети, при увеличении, напротив, приводят к сокращению выбросов. Все экзогенные параметры не отражают зависимость от прошлых периодов.
* Выбросы парниковых газов от промышленности, аналогично прошлым показателям, отражают положительную зависимость от прошлого периода, следовательно, при неизменном производстве, потенциально возможен рост выбросов. Экзогенные переменные не отражают зависимость от прошлых периодов. Из всех рассмотренных переменных, только одна при увеличении приводит к сокращению выбросов парниковых газов от промышленности, это оборот железнодорожных перевозок. Остальные, а именно, выбросы парниковых газов в добыче и транспортировке угля, нефти и газа, добыча угля и лигнита, отходы, образовавшиеся от промышленности, при увеличении приводят к росту выбросов парниковых газов от промышленности.
* Выбросы парниковых газов от сельского хозяйства, аналогично прошлым, положительно зависит от прошлых периодов. Производство оборудования для сельского и лесного хозяйства, а так же отходы, образовавшиеся от сельского хозяйства, приводят к увеличению выбросов парниковых газов от сельского хозяйства, что вполне объяснимо. Остальные параметры, напротив, сдерживают рост объема выбросов. Производство оборудования для пищевой промышленности, производства напитков и переработки табака, увеличение площади пахотных земель, а так же отходы животноводства: потребление энергии, сокращают объем выбросов, сдерживая ухудшение экологической ситуации в сельскохозяйственной сфере. Показатель животноводство был удален из анализа, так как отражал высокую тесноту связи с рассматриваемыми параметрами.
* Процент изменения глобальной температуры увеличивается с течением времени, отражая зависимость от собственного значения в прошлом периоде. На рост процента изменения глобальной температуры оказывают влияние увеличение выбросов закиси азота, увеличение отходов, образовавшихся от электричества, газа, пара и кондиционирования воздуха, увеличение отходов, образовавшихся в домашних хозяйствах. Объем выбросов метана и парниковых газов отражают обратную зависимость с эндогенным параметром. Следует обратить внимание на то, что объем выбросов CO2 от потребления и сжигания ископаемого топлива имеет высокую связь со всеми влияющими переменными, в связи с чем, был удален из анализа.
* Изъятие поверхности пресной воды, как и остальные эндогенные переменные, положительно зависит от своего значения в прошлом периоде, то есть рост уровня изъятия в прошлом году приведет к еще большему уровню изъятия в текущем году. Показатель отражает зависимость от сокращения площади лесов, однако, зависимость различная в разные периоды времени. В прошлом периоде наличие лесов сдерживает изъятие поверхности пресной воды, сокращение леса -стимулирует изъятие, а в текущем периоде наоборот. Показатели розничная и оптовая торговля живыми животными и сельскохозяйственными материалами, а так же оборот корма для животных были удалены из анализа. Остальные переменные отразили следующее влияние на эндогенный параметр. Возобновляемые ресурсы пресной воды, а так же экономический ущерб от гидрологических бедствий, приводят к росту изъятия пресной воды. Тогда как ежегодные пресноводные отходы, чистое количество пресной воды, поставляемое промышленности, отражают обратную зависимость.
* Сокращение площади лесов в текущем периоде, так же как и остальные эндогенные переменные, приведет к еще большему сокращению в будущем. Кроме того на эндогенный параметр влияют площадь земель сельскохозяйственного назначения, общая численность населения, производство целлюлозно-бумажных изделий. Отрицательно на сокращение площади лесов влияет только общая численность населения. Остальные показатели стимулируют сокращение.
* Проанализировав зависимость экологических показателей от деятельности человека, можно заключить, что большинство процессов жизнедеятельности протекают с большим ущербом для экологии. Основные экономические процессы стимулируют развитие экологических проблем. Безусловно, существует высокая необходимость внедрения экологичной экономики, производства с сокращенным ущербом для экологии.