**Анализ интенсивности выбросов CO2 относительно ископаемого топлива «сжиженный природный газ (СПГ)». (Выбор инновационного решения по проблеме энергоперехода)**

За последние десятилетия концепция «зеленой» экономики приобрела большую популярность во всем мире. Одним из ключевых элементов «зеленой» экономики является энергопереход, признанный в качестве глобального тренда практически всеми странами. Под энергопереходом понимается модернизация, направленная на повышение энергоэффективности, снижении негативного воздействия на окружающую среду существующих мощностей в добывающей, перерабатывающей промышленности, жилищно-коммунальном хозяйстве, формирование принципиально новых моделей производства и потребления, обеспечивающих получение прибыли и удовлетворение потребностей населения с минимальным негативным воздействием на окружающую среду.

**1. Сформулировать Предметную область.**

Предметная область (1) Торговый баланс СПГ; (2) Производство нефтепродуктов стран мира; (3) Экспорт СПГ стран мира; (4) Интенсивность выбросов CO2.

Сжиженный природный газ (СПГ) — это природный газ, охлажденный примерно до минус 162 градусов по Цельсию, чтобы облегчить транспортировку на потребительские рынки. При добыче природный газ содержит смесь метана, этана, пропана и бутана. Последние два обычно разделяются и хранятся при низком давлении перед продажей в виде сжиженного нефтяного газа (СНГ). В свою очередь СПГ состоит преимущественно из метана и этана.

1. Торговый баланс СПГ

Торговый баланс СПГ представляет собой разницу между импортом и экспортом сжиженного природного газа (СПГ) страны. Если страна экспортирует больше СПГ, чем импортирует, у нее будет отрицательный торговый баланс СПГ, что указывает на то, что она является экспортером СПГ. И наоборот, если страна импортирует больше СПГ, чем экспортирует, у нее будет положительный торговый баланс СПГ, что указывает на то, что она является импортером СПГ. Торговый баланс СПГ является важным индикатором энергетической независимости и экономической конкурентоспособности страны на мировом рынке природного газа.

1. Производство нефтепродуктов стран мира

Производство нефтепродуктов играет решающую роль в удовлетворении глобального спроса на энергию и обеспечении топливом и сырьем, необходимыми для современной экономики. Нефтеперерабатывающая промышленность — это сложный и высокоинтегрированный сектор, который включает в себя крупные нефтеперерабатывающие заводы, распределительные сети и цепочки поставок для доставки этих важнейших продуктов потребителям по всему миру.

1. Экспорт СПГ стран мира

Экспорт СПГ — это процесс экспорта сжиженного природного газа (СПГ) и сжиженного пропана (сжиженного нефтяного газа) (СНГ) на международные рынки. СПГ — это форма природного газа, охлажденная до -162 градусов по Цельсию (-260 градусов по Фаренгейту) для перевода его в жидкое состояние для облегчения транспортировки и хранения. Сжиженный нефтяной газ представляет собой смесь пропана и бутана, которую также сжижают для транспортировки и использования.

СПГ и СНГ используются для различных целей, включая производство электроэнергии, отопление, промышленные процессы, транспортное топливо и нефтехимическое сырье.

1. Интенсивность выбросов CO2

Выбросы CO2 охватывают только выбросы от сжигания ископаемого топлива (угля, нефти и газа). Интенсивность выбросов CO2 – это отношение выбросов CO2 от сжигания топлива к валовому внутреннему продукту (ВВП), измеряемому в постоянных долларах США по паритету покупательной способности.

**Предметная область оценивается переменными**:

1. в t-ом году (CO2 intensity at constant purc).
2. - Торговый баланс СПГ страны в t-ом году (LNG balance of trade);
3. - Производство нефтепродуктов страны в t-ом году (Refined oil products production);
4. - Экспорт СПГ страны в t-ом году (Product: 271111 Natural gas, liquefied) + (Product: 271112 Propane, liquefied).

**Данные: База Энергетика** (<https://energystats.enerdata.net/oil-products/world-oil-balance-trade-data.html>)

**Данные по экспорту СПГ – База** [**https://www.trademap.org/Index.aspx**](https://www.trademap.org/Index.aspx) (<https://www.trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=1%7c%7c%7c%7c%7c271111%7c%7c%7c6%7c1%7c1%7c2%7c2%7c1%7c2%7c1%7c1%7c1>) +

(<https://www.trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=1%7c%7c%7c%7c%7c271112%7c%7c%7c6%7c1%7c1%7c2%7c2%7c1%7c2%7c1%7c1%7c1>)

**2. Сформулировать цель и задачи нахождения инновационного решения по проблеме энергоперехода относительно ископаемого топлива «сжиженный природный газ (СПГ)».**

Цель. **Провести классификацию** предметной области 40 стран мира, оцениваемых четырьмя показателями, в 2003, 2010, 2021 годах и **выполнить анализ влияния факторов** «численность исследователей и разработчиков в стране» + «затраты на исследования и разработки в стране» на (1) Интенсивность CO2 при постоянной чистоте (), на (2) Торговый баланс СПГ страны (), на (3) Производство нефтепродуктов страны (), на (4) Экспорт СПГ страны ().

Задачи:

* Собрать статистические данные по переменным, описывающим предметную область, за 2003, 2010, 2021 годы по странам мира. Выборка 40 стран.
* Представить исходную информацию по статистическим данным в виде таблицы.
* Используя кластерный анализ, классифицировать страны на n кластеров в каждом году (2003, 2010, 2021) на основе значений показателей, оценивающих предметную область.
* Кратко изложить сущность кластерного анализа и интерпретировать результаты.
* Выполнить анализ влияния инновационно–технической сферы страны на предметную область, используя регрессионный анализ.
* Собрать информацию по объектам анализа и представить влияющие данные в виде таблицы для первого анализа, второго анализа, третьего анализа, четвертого анализа.
* Кратко изложить сущность регрессионного анализа.
* Измерить эффект влияния факторов X1 и X2 на Y.
* Проверить значимость полученных результатов.
* Интерпретировать результат.
* Выбрать инновационное решение по проблеме энергоперехода.

**3. Собрать информацию по показателям, оценивающим предметную область,** за 2003, 2010, и 2021 годы по странам мира. Выборка 40 стран.

Исходная информация представлена в виде таблицы 1, 2 и 3.

Таблица 1. Показатели, оценивающие предметную область. 2003 год.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Страна | y1 - CO2 intensity at constant purc | y2 - LNG balance of trade | y3 - Refined oil products production | y4 - Natural gas, liquefied + Propane, liquefied |
| Belgium | 0,269 | 3,1 | 46 | 198994 |
| Czechia | 0,467 | 1,2 | 7 | 3726 |
| France | 0,162 | 12,5 | 87 | 145808 |
| Germany | 0,252 | 3,6 | 116 | 46379 |
| Italy | 0,197 | 3,5 | 98 | 62784 |
| Netherlands | 0,259 | 0,0 | 56 | 166330 |
| Poland | 0,469 | 0,0 | 18 | 2932 |
| Portugal | 0,198 | 0,5 | 13 | 5735 |
| Romania | 0,346 | 0,5 | 12 | 132 |
| Spain | 0,217 | 15,5 | 58 | 61573 |
| Sweden | 0,149 | 0,0 | 19 | 64862 |
| United Kingdom | 0,232 | 0,0 | 85 | 683658 |
| Norway | 0,144 | 0,0 | 16 | 687458 |
| Turkiye | 0,206 | 4,6 | 26 | 6010 |
| Kazakhstan | 0,699 | 0,0 | 9 | 68832 |
| Russia | 0,651 | 0,0 | 190 | 142771 |
| Ukraine | 0,754 | 5,7 | 22 | 11578 |
| Canada | 0,472 | 0,0 | 105 | 1257190 |
| United States | 0,393 | 12,9 | 851 | 546401 |
| Argentina | 0,232 | 0,0 | 27 | 195675 |
| Brazil | 0,143 | 0,0 | 84 | 876 |
| Chile | 0,216 | 0,0 | 11 | 3770 |
| Colombia | 0,144 | 0,0 | 15 | 1757 |
| Mexico | 0,236 | 0,0 | 77 | 0 |
| China | 0,709 | 0,0 | 264 | 1135 |
| India | 0,310 | 0,3 | 124 | 10104 |
| Indonesia | 0,236 | -36,4 | 50 | 6343043 |
| Japan | 0,249 | 76,2 | 202 | 22 |
| Malaysia | 0,328 | -22,6 | 23 | 3574825 |
| Thailand | 0,263 | 0,0 | 45 | 4629 |
| Australia | 0,455 | -10,6 | 37 | 1803397 |
| New Zealand | 0,249 | 0,1 | 5 | 677 |
| Algeria | 0,231 | -29,1 | 30 | 5389038 |
| Egypt | 0,190 | 0,0 | 31 | 110816 |
| Nigeria | 0,118 | -11,3 | 6 | 287925 |
| South Africa | 0,656 | 0,0 | 16 | 276 |
| Iran | 0,426 | 0,0 | 80 | 215673 |
| Kuwait | 0,464 | 0,0 | 44 | 553688 |
| Saudi Arabia | 0,308 | -17,2 | 109 | 3082093 |
| United Arab Emirates | 0,273 | -6,6 | 28 | 1496829 |

Таблица 2. Показатели, оценивающие предметную область. 2010 год.

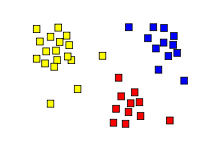
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Страна | y1 - CO2 intensity at constant purc | y2 - LNG balance of trade | y3 - Refined oil products production | y4 - Natural gas, liquefied + Propane, liquefied |
| Belgium | 0,224 | 6,0 | 35 | 691978 |
| Czechia | 0,346 | 1,5 | 8 | 9181 |
| France | 0,136 | 13,3 | 71 | 336795 |
| Germany | 0,217 | 4,0 | 101 | 68171 |
| Italy | 0,173 | 8,9 | 90 | 396846 |
| Netherlands | 0,235 | 0,0 | 58 | 346977 |
| Poland | 0,363 | 0,0 | 24 | 12001 |
| Portugal | 0,152 | 2,8 | 12 | 16666 |
| Romania | 0,202 | 0,7 | 11 | 20942 |
| Spain | 0,166 | 27,8 | 57 | 33957 |
| Sweden | 0,114 | 0,0 | 21 | 160694 |
| United Kingdom | 0,193 | 19,0 | 74 | 946504 |
| Norway | 0,145 | -4,8 | 16 | 2428672 |
| Turkiye | 0,192 | 8,2 | 20 | 1753 |
| Kazakhstan | 0,671 | 0,0 | 14 | 576925 |
| Russia | 0,498 | -11,2 | 246 | 3806064 |
| Ukraine | 0,544 | 6,5 | 12 | 88 |
| Canada | 0,381 | 2,1 | 98 | 1682521 |
| United States | 0,332 | 11,0 | 834 | 2608842 |
| Argentina | 0,202 | 1,8 | 28 | 332587 |
| Brazil | 0,133 | 2,6 | 94 | 1620 |
| Chile | 0,210 | 3,0 | 9 | 43 |
| Colombia | 0,119 | 0,0 | 13 | 766 |
| Mexico | 0,231 | 5,6 | 69 | 1 |
| China | 0,642 | 11,5 | 401 | 232335 |
| India | 0,300 | 12,9 | 202 | 14901 |
| Indonesia | 0,203 | -27,8 | 47 | 10571741 |
| Japan | 0,228 | 91,8 | 178 | 6 |
| Malaysia | 0,334 | -30,7 | 23 | 12102389 |
| Thailand | 0,249 | 0,0 | 54 | 4 |
| Australia | 0,415 | -22,8 | 33 | 9042636 |
| New Zealand | 0,201 | 0,0 | 5 | 226 |
| Algeria | 0,241 | -18,8 | 34 | 9787296 |
| Egypt | 0,198 | -7,9 | 30 | 2266225 |
| Nigeria | 0,075 | -21,3 | 5 | 2909522 |
| South Africa | 0,614 | 0,0 | 14 | 15943 |
| Iran | 0,459 | 0,0 | 89 | 1423938 |
| Kuwait | 0,521 | 2,8 | 46 | 1429321 |
| Saudi Arabia | 0,372 | -15,0 | 119 | 4081586 |
| United Arab Emirates | 0,332 | -7,0 | 31 | 7722969 |

Таблица 3. Показатели, оценивающие предметную область. 2021 год.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Страна | y1 - CO2 intensity at constant purc | y2 - LNG balance of trade | y3 - Refined oil products production | y4 - Natural gas, liquefied + Propane, liquefied |
| Belgium | 0,164 | 4,2 | 31 | 487786 |
| Czechia | 0,235 | 1,3 | 7 | 11319 |
| France | 0,105 | 15,9 | 36 | 744149 |
| Germany | 0,159 | 4,3 | 93 | 67146 |
| Italy | 0,137 | 9,9 | 69 | 170266 |
| Netherlands | 0,164 | 8,9 | 59 | 1081204 |
| Poland | 0,251 | 4,0 | 27 | 32082 |
| Portugal | 0,110 | 5,6 | 11 | 15168 |
| Romania | 0,133 | 0,9 | 11 | 5489 |
| Spain | 0,128 | 18,8 | 59 | 803343 |
| Sweden | 0,069 | 0,5 | 21 | 405901 |
| United Kingdom | 0,113 | 14,4 | 48 | 534251 |
| Norway | 0,107 | 0,0 | 13 | 1403491 |
| Turkiye | 0,156 | 14,1 | 38 | 32376 |
| Kazakhstan | 0,452 | 0,0 | 18 | 506105 |
| Russia | 0,465 | -40,3 | 272 | 8328445 |
| Ukraine | 0,354 | 4,3 | 1 | 77 |
| Canada | 0,318 | 0,7 | 106 | 3218817 |
| United States | 0,230 | -145,6 | 821 | 47989261 |
| Argentina | 0,200 | 1,5 | 25 | 196242 |
| Brazil | 0,146 | 6,5 | 98 | 35651 |
| Chile | 0,198 | 4,5 | 9 | 56480 |
| Colombia | 0,110 | 0,3 | 20 | 920 |
| Mexico | 0,173 | 4,8 | 43 | 15271 |
| China | 0,409 | 106,0 | 711 | 279051 |
| India | 0,245 | 30,7 | 254 | 563 |
| Indonesia | 0,176 | -10,4 | 41 | 4609725 |
| Japan | 0,193 | 95,0 | 129 | 69 |
| Malaysia | 0,287 | -31,1 | 27 | 8990778 |
| Thailand | 0,207 | 8,0 | 56 | 44308 |
| Australia | 0,291 | -103,0 | 21 | 37126546 |
| New Zealand | 0,153 | 0,2 | 5 | 2146 |
| Algeria | 0,302 | -15,8 | 38 | 5392013 |
| Egypt | 0,158 | -5,5 | 34 | 4036965 |
| Nigeria | 0,097 | -22,1 | 0 | 5116880 |
| South Africa | 0,499 | 0,0 | 7 | 7859 |
| Iran | 0,480 | 0,0 | 90 | 6782329 |
| Kuwait | 0,626 | 8,1 | 36 | 1701142 |
| Saudi Arabia | 0,334 | -13,0 | 155 | 6083456 |
| United Arab Emirates | 0,280 | -5,4 | 58 | 29135118 |

**4. Используя кластерный анализ, классифицировать страны на *n* кластеров в каждом году (**2003, 2010, 2021) **на основе значений показателей, оценивающих предметную область.**

Кластерный анализ (англ. cluster analysis) — многомерная статистическая процедура, выполняющая сбор данных, содержащих информацию о выборке объектов, и затем упорядочивающая объекты в сравнительно однородные группы [1][2][3][4]. Задача кластеризации относится к статистической обработке, а также к широкому классу задач обучения без учителя.



Результат кластерного анализа обозначен раскрашиванием точек в соответствии с принадлежностью к одному из трёх кластеров.

* 1. **Классифицировать страны на n кластеров в 2003 году**.

Для стран, названных в табл. 1 задача кластерного анализа сформулирована следующим образом:

Классифицировать страны, на 2 кластера на основе значений показателей - Интенсивность CO2 при постоянной чистоте в t-ом году (CO2 intensity at constant purc); - Торговый баланс СПГ страны в t-ом году (LNG balance of trade); - Производство нефтепродуктов страны в t-ом году (Refined oil products production); - Экспорт сжиженного природного газа (СПГ) страны в t-ом году (Product: 271111 Natural gas, liquefied) + (Product: 271112 Propane, liquefied).

Для этого используется модуль кластерного анализа в пакете SPSS (Классификация: К-среднее).

Кластеризация K-средних — это алгоритм машинного обучения, который разбивает наблюдения на фиксированное число (k) непересекающихся кластеров. Каждый кластер характеризуется своим центроидом, и каждое наблюдение принадлежит кластеру, центроид которого находится ближе всего к этому наблюдению.

На рисунках 1,2,3,4 показан алгоритм выполнения кластерного анализа в SPSS.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, число, программное обеспечение

Автоматически созданное описание

Рисунок 1 – Выполнение кластерного анализа в SPSS

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение, Значок на компьютере

Автоматически созданное описание**

Рисунок 2 – Выбор переменных для анализа

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, число

Автоматически созданное описание**

Рисунок 3 – Выбор описательных статистик

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, число

Автоматически созданное описание**

Рисунок 4 – Вывод номера кластера для каждой страны и расстояния от центра кластера

В результате использования модуля кластерного анализа получаем, 2 кластера.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, число, диаграмма

Автоматически созданное описание

Рисунок 5 – Центры кластеров и расстояния между ними

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, число

Автоматически созданное описаниеРисунок 6 – Таблица дисперсионного анализа

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, белый

Автоматически созданное описание

Рисунок 7 – Число наблюдений в каждом кластере

В таблице 4 представлена принадлежность каждой страны к одному из двух кластеров.

Таблица 4 – Принадлежность к кластеру

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер наблюдения | Страна | Кластер | Расстояние |
| 1 | Belgium | 2 | 46850,514 |
| 2 | Czechia | 2 | 242118,512 |
| 3 | France | 2 | 100036,501 |
| 4 | Germany | 2 | 199465,503 |
| 5 | Italy | 2 | 183060,501 |
| 6 | Netherlands | 2 | 79514,504 |
| 7 | Poland | 2 | 242912,508 |
| 8 | Portugal | 2 | 240109,510 |
| 9 | Romania | 2 | 245712,510 |
| 10 | Spain | 2 | 184271,502 |
| 11 | Sweden | 2 | 180982,511 |
| 12 | United Kingdom | 2 | 437813,500 |
| 13 | Norway | 2 | 441613,505 |
| 14 | Turkiye | 2 | 239834,506 |
| 15 | Kazakhstan | 2 | 177012,515 |
| 16 | Russia | 2 | 103073,557 |
| 17 | Ukraine | 2 | 234266,507 |
| 18 | Canada | 2 | 1011345,500 |
| 19 | United States | 2 | 300557,486 |
| 20 | Argentina | 2 | 50169,530 |
| 21 | Brazil | 2 | 244968,500 |
| 22 | Chile | 2 | 242074,510 |
| 23 | Colombia | 2 | 244087,509 |
| 24 | Mexico | 2 | 245844,500 |
| 25 | China | 2 | 244709,568 |
| 26 | India | 2 | 235740,504 |
| 27 | Indonesia | 1 | 1745793,250 |
| 28 | Japan | 2 | 245822,540 |
| 29 | Malaysia | 1 | 1022424,750 |
| 30 | Thailand | 2 | 241215,503 |
| 31 | Australia | 2 | 1557552,501 |
| 32 | New Zealand | 2 | 245167,512 |
| 33 | Algeria | 1 | 791788,250 |
| 34 | Egypt | 2 | 135028,509 |
| 35 | Nigeria | 2 | 42080,569 |
| 36 | South Africa | 2 | 245568,509 |
| 37 | Iran | 2 | 30171,500 |
| 38 | Kuwait | 2 | 307843,502 |
| 39 | Saudi Arabia | 1 | 1515156,751 |
| 40 | United Arab Emirates | 2 | 1250984,501 |

В первый кластер попали всего лишь 4 страны, в то время как во второй – 36 стран. Это позволяет сделать вывод о том, что представленные данные не разделимы на разные кластеры, и использование кластерного анализа не оптимально для данного набора данных.

Проанализируем страны, которые попали в первый кластер:

* Индонезия
* Малайзия
* Алгерия
* Саудовская Аравия

В таблице 5 представлены статистические данные по исследуемым переменным за 2003 год. Как мы видим, у этих стран самые большие показатели по экспорту СПГ и самые большие отрицательные значения торгового баланса. Из этого мы делаем вывод, что эти 4 страны являются чистыми экспортерами СПГ, поэтому для дальнейшего регрессионного анализа мы их исключим, чтобы результаты анализа не были искажены. Будем считать их так называемыми выбросами.

Таблица 5 – Чистые экспортеры за 2003 год (кластер №1)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Страна | y1 - CO2 intensity at constant purc | y2 - LNG balance of trade | y3 - Refined oil products production | y4 - Natural gas, liquefied + Propane, liquefied |
| Indonesia | 0,236 | -36,4 | 50 | 6343043 |
| Malaysia | 0,328 | -22,6 | 23 | 3574825 |
| Algeria | 0,231 | -29,1 | 30 | 5389038 |
| Saudi Arabia | 0,308 | -17,2 | 109 | 3082093 |

* 1. **Классифицировать страны на n кластеров в 2010 году**

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, число, Шрифт

Автоматически созданное описание**

Рисунок 8 – Центры кластеров и расстояния между ними

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, число

Автоматически созданное описание**

Рисунок 9 – Таблица дисперсионного анализа

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 10 – Число наблюдений в каждом кластере

В таблице 6 представлена принадлежность каждой страны к одному из двух кластеров.

Таблица 6 – Принадлежность к кластеру

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер наблюдения | Страна | Кластер | Расстояние |
| 1 | Belgium | 2 | 75296,335 |
| 2 | Czechia | 2 | 758093,319 |
| 3 | France | 2 | 430479,315 |
| 4 | Germany | 2 | 699103,314 |
| 5 | Italy | 2 | 370428,314 |
| 6 | Netherlands | 2 | 420297,316 |
| 7 | Poland | 2 | 755273,317 |
| 8 | Portugal | 2 | 750608,318 |
| 9 | Romania | 2 | 746332,318 |
| 10 | Spain | 2 | 733317,315 |
| 11 | Sweden | 2 | 606580,318 |
| 12 | United Kingdom | 2 | 179229,687 |
| 13 | Norway | 2 | 1661397,687 |
| 14 | Turkiye | 2 | 765521,318 |
| 15 | Kazakhstan | 2 | 190349,329 |
| 16 | Russia | 2 | 3038789,690 |
| 17 | Ukraine | 2 | 767186,318 |
| 18 | Canada | 2 | 915246,686 |
| 19 | United States | 2 | 1841567,836 |
| 20 | Argentina | 2 | 434687,319 |
| 21 | Brazil | 2 | 765654,314 |
| 22 | Chile | 2 | 767231,319 |
| 23 | Colombia | 2 | 766508,318 |
| 24 | Mexico | 2 | 767273,315 |
| 25 | China | 2 | 534939,405 |
| 26 | India | 2 | 752373,323 |
| 27 | Indonesia | 1 | 726334,800 |
| 28 | Japan | 2 | 767268,324 |
| 29 | Malaysia | 1 | 2256982,800 |
| 30 | Thailand | 2 | 767270,315 |
| 31 | Australia | 1 | 802770,200 |
| 32 | New Zealand | 2 | 767048,319 |
| 33 | Algeria | 1 | 58110,200 |
| 34 | Egypt | 2 | 1498950,687 |
| 35 | Nigeria | 2 | 2142247,688 |
| 36 | South Africa | 2 | 751331,318 |
| 37 | Iran | 2 | 656663,686 |
| 38 | Kuwait | 2 | 662046,687 |
| 39 | Saudi Arabia | 2 | 3314311,686 |
| 40 | United Arab Emirates | 1 | 2122437,200 |

В первый кластер попали всего лишь 5 стран, в то время как во второй – 35 стран. Это позволяет сделать вывод о том, что представленные данные не разделимы на разные кластеры, и использование кластерного анализа не оптимально для данного набора данных.

Однако ситуация по странам первого кластера немного изменилась по сравнению с 2003 годом. Проанализируем страны, которые попали в первый кластер:

* Индонезия
* Малайзия
* Австралия
* Алгерия
* Объединенные Арабские Эмираты

В таблице 7 представлены статистические данные по исследуемым переменным за 2010 год. Как мы видим, ситуация повторяется: в первый кластер попали чистые экспортеры с самыми большими показателями по экспорту СПГ и отрицательными значениями торгового баланса. Для дальнейшего регрессионного анализа мы их исключим, чтобы результаты анализа не были искажены. Будем считать их так называемыми выбросами.

Таблица 7 – Чистые экспортеры за 2010 год (кластер №1)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Страна | y1 - CO2 intensity at constant purc | y2 - LNG balance of trade | y3 - Refined oil products production | y4 - Natural gas, liquefied + Propane, liquefied |
| Malaysia | 0,334 | -30,7 | 23 | 12102389 |
| Indonesia | 0,203 | -27,8 | 47 | 10571741 |
| Algeria | 0,241 | -18,8 | 34 | 9787296 |
| Australia | 0,415 | -22,8 | 33 | 9042636 |
| United Arab Emirates | 0,332 | -7,0 | 31 | 7722969 |

* 1. **Классифицировать страны на n кластеров в 2021 году**

****

Рисунок 11 – Центры кластеров и расстояния между ними

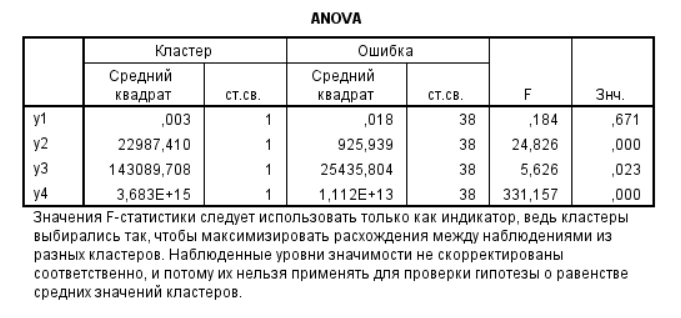
****

Рисунок 12 – Таблица дисперсионного анализа

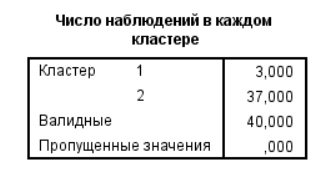
****

Рисунок 13 – Число наблюдений в каждом кластере

В таблице 8 представлена принадлежность каждой страны к одному из двух кластеров.

Таблица 8 – Принадлежность к кластеру

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер наблюдения | Страна | Кластер | Расстояние |
| 1 | Belgium | 2 | 1166248,136 |
| 2 | Czechia | 2 | 1642715,136 |
| 3 | France | 2 | 909885,136 |
| 4 | Germany | 2 | 1586888,135 |
| 5 | Italy | 2 | 1483768,135 |
| 6 | Netherlands | 2 | 572830,135 |
| 7 | Poland | 2 | 1621952,136 |
| 8 | Portugal | 2 | 1638866,136 |
| 9 | Romania | 2 | 1648545,136 |
| 10 | Spain | 2 | 850691,135 |
| 11 | Sweden | 2 | 1248133,136 |
| 12 | United Kingdom | 2 | 1119783,135 |
| 13 | Norway | 2 | 250543,142 |
| 14 | Turkiye | 2 | 1621658,136 |
| 15 | Kazakhstan | 2 | 1147929,136 |
| 16 | Russia | 2 | 6674410,868 |
| 17 | Ukraine | 2 | 1653957,137 |
| 18 | Canada | 2 | 1564782,865 |
| 19 | United States | 1 | 9905619,347 |
| 20 | Argentina | 2 | 1457792,136 |
| 21 | Brazil | 2 | 1618383,135 |
| 22 | Chile | 2 | 1597554,136 |
| 23 | Colombia | 2 | 1653114,136 |
| 24 | Mexico | 2 | 1638763,135 |
| 25 | China | 2 | 1374983,287 |
| 26 | India | 2 | 1653471,145 |
| 27 | Indonesia | 2 | 2955690,865 |
| 28 | Japan | 2 | 1653965,138 |
| 29 | Malaysia | 2 | 7336743,865 |
| 30 | Thailand | 2 | 1609726,135 |
| 31 | Australia | 1 | 957095,708 |
| 32 | New Zealand | 2 | 1651888,137 |
| 33 | Algeria | 2 | 3737978,865 |
| 34 | Egypt | 2 | 2382930,865 |
| 35 | Nigeria | 2 | 3462845,866 |
| 36 | South Africa | 2 | 1646175,136 |
| 37 | Iran | 2 | 5128294,865 |
| 38 | Kuwait | 2 | 47107,880 |
| 39 | Saudi Arabia | 2 | 4429421,866 |
| 40 | United Arab Emirates | 1 | 8948523,670 |

В первый кластер попали всего лишь 3 страны, в то время как во второй – 37 стран. Это позволяет сделать вывод о том, что представленные данные не разделимы на разные кластеры, и использование кластерного анализа не оптимально для данного набора данных.

Однако ситуация по странам первого кластера опять же изменилась по сравнению с 2003 и 2010 годами. Проанализируем страны, которые попали в первый кластер:

* США
* Австралия
* Объединенные Арабские Эмираты

В таблице 9 представлены статистические данные по исследуемым переменным за 2021 год. Как мы видим, ситуация повторяется: в первый кластер попали чистые экспортеры с самыми большими показателями по экспорту СПГ и отрицательными значениями торгового баланса. За 11 лет США и Австралия стали абсолютными лидерами по экспорту СПГ в другие страны. Для дальнейшего регрессионного анализа мы их исключим, чтобы результаты анализа не были искажены. Будем считать их так называемыми выбросами.

Таблица 9 – Чистые экспортеры за 2021 год (кластер №1)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Страна | y1 - CO2 intensity at constant purc | y2 - LNG balance of trade | y3 - Refined oil products production | y4 - Natural gas, liquefied + Propane, liquefied |
| United States | 0,230 | -145,6 | 821 | 47989261 |
| Australia | 0,291 | -103,0 | 21 | 37126546 |
| United Arab Emirates | 0,280 | -5,4 | 58 | 29135118 |

1. **Выполнить анализ полученных кластеров**

**Названия кластеров** в соответствии с сущностью (а) интенсивности выбросов CO2 при сжигании топлива в странах мира:

Кластер №1 – страны со средней интенсивностью выбросов CO2 при сжигании топлива в странах мира.

Кластер №2 – не различим по интенсивности выбросов CO2 при сжигании топлива в странах мира (присутствуют страны и с самыми высокими показателями выбросов, и со средними, и с самыми маленькими).

**Названия кластеров** в соответствии с (b) с учетом показателей, оценивающих ископаемое топливо «сжиженный природный газ (СПГ)».

Кластер №1 – чистые экспортеры.

Кластер № 2 – импортеры и средние экспортеры.

1. **Собрать информацию по объектам анализа и представить влияющие данные в виде таблицы для первого анализа, второго анализа, третьего анализа, четвертого анализа.**

Инновационно–техническая сфера страны оценивается показателями: () численность исследователей и разработчиков в стране в t-ом году;) затраты на исследования и разработки в стране в t-ом году.

() – Researchers in R&D (per million people) (численность исследователей и разработчиков в стране в t-ом году, на миллион человек.

()

() – Research and development expenditure (% of GDP) (затраты на исследования и разработки в стране в t-ом году, % от ВВП).

(<https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?view=chart>)

Прежде чем приступать к выполнению регрессионного анализа, проверим отсутствие мультиколлинеарности между независимыми переменными x. Отсутствие мультиколлинеарности является одной из предпосылок выполнения регрессионного анализа.

Мультиколлинеарность  - наличие линейной зависимости между объясняющими переменными (факторами) [регрессионной модели](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%B3%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C).

Проверим коэффициент корреляции между независимыми переменными с помощью пакета Excel «Анализ данных» - «Корреляция».

2003 год:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | *Столбец 1* | *Столбец 2* |
| Столбец 1 | 1 |  |
| Столбец 2 | 0,90715364 | 1 |

2010 год:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | *Столбец 1* | *Столбец 2* |
| Столбец 1 | 1 |  |
| Столбец 2 | 0,8630487 | 1 |

2021 год:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | *Столбец 1* | *Столбец 2* |
| Столбец 1 | 1 |  |
| Столбец 2 | 0,82570841 | 1 |

В каждом из трех годов между переменными ) численность исследователей и разработчиков в стране в t-ом году;) затраты на исследования и разработки в стране в t-ом году присутствует сильная корреляция, что может повлиять на результаты регрессионного анализа и исказить коэффициенты.

Уберем одну переменную из анализа, чтобы устранить мультиколлинеарность. Также добавим в анализ третью переменную ) Потребление электроэнергии на душу населения (киловатт-часы).

(https://ourworldindata.org/grapher/per-capita-electricity-generation)

Проверим корреляцию между ), ) и ). Установим порог корреляции 0,6 – выше этого значения переменные будут считаться сильно коррелированными друг с другом.

2003 год:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Столбец 1 | Столбец 2 | Столбец 3 |
| Столбец 1 | 1 |  |  |
| Столбец 2 | 0,90715364 | 1 |  |
| Столбец 3 | 0,69337773 | 0,556623252 | 1 |

2010 год:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | *Столбец 1* | *Столбец 2* | *Столбец 3* |
| Столбец 1 | 1 |  |  |
| Столбец 2 | 0,8630487 | 1 |  |
| Столбец 3 | 0,6777494 | 0,518187344 | 1 |

2021 год:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | *Столбец 1* | *Столбец 2* | *Столбец 3* |
| Столбец 1 | 1 |  |  |
| Столбец 2 | 0,82570841 | 1 |  |
| Столбец 3 | 0,58193302 | 0,35855557 | 1 |

Как мы видим, корреляция отсутствует между ) и ) во всех трех годах, а также корреляция отсутствует между ) и ) в 2021 году, поэтому в 2021 году проведем два регрессионных анализа, а в 2003 и 2010 по одному.

В таблице 10 представлены значения показателей ), ) и ) за 2003 год. Оранжевым цветом выделены чистые экспортеры, относящиеся к первому кластеру.

Таблица 10 - Показатели, оценивающие влияющие факторы. 2003 год.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Страна | x1 - Researchers in R&D | x2 -Research and development expenditure (% of GDP) | x3 - per capita electricity consumption (kilowatt-hours) |
| Belgium | 2979 | 1,84 | 8033,607 |
| Czechia | 1543 | 1,14 | 8078,6187 |
| France | 3237 | 2,12 | 9374,457 |
| Germany | 3304 | 2,47 | 7384,4326 |
| Italy | 1229 | 1,06 | 4969,5977 |
| Netherlands | 2722 | 1,78 | 5989,741 |
| Poland | 1517 | 0,54 | 3884,102 |
| Portugal | 1936 | 0,70 | 4441,752 |
| Romania | 972 | 0,40 | 2552,9155 |
| Spain | 2210 | 1,02 | 6092,786 |
| Sweden | 5389 | 3,58 | 15107,952 |
| United Kingdom | 3642 | 1,58 | 6675,798 |
| Norway | 4513 | 1,68 | 23348,543 |
| Turkiye | 492 | 0,47 | 2086,5198 |
| Kazakhstan | 320 | 0,25 | 4142,259 |
| Russia | 3356 | 1,29 | 5993,8574 |
| Ukraine | 1450 | 1,07 | 3785,2654 |
| Canada | 3915 | 1,97 | 18102,46 |
| United States | 3764 | 2,55 | 13290,311 |
| Argentina | 719 | 0,41 | 2302,8794 |
| Brazil | 424 | 1,00 | 1965,1285 |
| Chile | 301 | 0,29 | 2846,313 |
| Colombia | 45 | 0,17 | 1110,6323 |
| Mexico | 330 | 0,39 | 1977,2654 |
| China | 671 | 1,12 | 1482,3644 |
| India | 142 | 0,72 | 571,0769 |
| Indonesia | 213 | 0,07 | 526,22345 |
| Japan | 5120 | 2,99 | 8569,175 |
| Malaysia | 672 | 0,78 | 3367,5 |
| Thailand | 281 | 0,25 | 1682,3883 |
| Australia | 3720 | 1,89 | 11470,123 |
| New Zealand | 3102 | 1,15 | 9833,471 |
| Algeria | 415 | 0,20 | 867,5475 |
| Egypt | 429 | 0,35 | 1191,1011 |
| Nigeria | 140 | 0,15 | 145,35777 |
| South Africa | 295 | 0,68 | 4537,0405 |
| Iran | 735 | 0,59 | 2231,6335 |
| Kuwait | 173 | 0,14 | 17801,469 |
| Saudi Arabia | 85 | 0,06 | 7195,416 |
| United Arab Emirates | 1715 | 0,43 | 12967,254 |

В таблице 11 представлены значения показателей ), ) и ) за 2010 год. Оранжевым цветом выделены чистые экспортеры, относящиеся к первому кластеру.

Таблица 11 - Показатели, оценивающие влияющие факторы. 2010 год.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Страна | x1 - Researchers in R&D | x2 -Research and development expenditure (% of GDP) | x3 - per capita electricity consumption (kilowatt-hours) |
| Belgium | 3767 | 2,06 | 8537,456 |
| Czechia | 2799 | 1,33 | 8145,4404 |
| France | 3911 | 2,18 | 9013,274 |
| Germany | 4035 | 2,73 | 7657,292 |
| Italy | 1733 | 1,22 | 4979,7354 |
| Netherlands | 3240 | 1,70 | 7167,908 |
| Poland | 1672 | 0,73 | 4067,6362 |
| Portugal | 3918 | 1,54 | 5070,6426 |
| Romania | 969 | 0,45 | 2980,5442 |
| Spain | 2896 | 1,36 | 6401,8086 |
| Sweden | 5280 | 3,17 | 15823,321 |
| United Kingdom | 4105 | 1,63 | 6087,631 |
| Norway | 5444 | 1,64 | 25171,037 |
| Turkiye | 885 | 0,79 | 2883,5164 |
| Kazakhstan | 365 | 0,15 | 4970,58 |
| Russia | 3086 | 1,13 | 6864,858 |
| Ukraine | 1328 | 0,80 | 4133,264 |
| Canada | 4696 | 1,83 | 17130,49 |
| United States | 3549 | 2,71 | 13220,33 |
| Argentina | 1124 | 0,56 | 2910,6968 |
| Brazil | 687 | 1,16 | 2601,3289 |
| Chile | 322 | 0,33 | 3426,219 |
| Colombia | 51 | 0,19 | 1263,3851 |
| Mexico | 345 | 0,49 | 2349,6345 |
| China | 901 | 1,71 | 3120,5957 |
| India | 156 | 0,79 | 755,65027 |
| Indonesia | 223 | 0,08 | 727,6567 |
| Japan | 5120 | 3,10 | 9024,052 |
| Malaysia | 1448 | 1,04 | 4354,105 |
| Thailand | 469 | 0,38 | 2201,3904 |
| Australia | 4594 | 2,37 | 11397,798 |
| New Zealand | 3509 | 1,15 | 10024,515 |
| Algeria | 530 | 0,26 | 1199,2297 |
| Egypt | 472 | 0,43 | 1837,1985 |
| Nigeria | 161 | 0,18 | 154,64154 |
| South Africa | 364 | 0,66 | 4692,292 |
| Iran | 732 | 0,26 | 3126,8132 |
| Kuwait | 142 | 0,10 | 18227,443 |
| Saudi Arabia | 113 | 0,88 | 8458,133 |
| United Arab Emirates | 1802 | 0,52 | 11076,69 |

В таблице 12 представлены значения показателей ), ) и ) за 2021 год. Оранжевым цветом выделены чистые экспортеры, относящиеся к первому кластеру.

Таблица 12 - Показатели, оценивающие влияющие факторы. 2021 год.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Страна | x1 - Researchers in R&D | x2 -Research and development expenditure (% of GDP) | x3 - per capita electricity consumption (kilowatt-hours) |
| Belgium | 6582 | 3,43 | 8528,676 |
| Czechia | 4569 | 2,00 | 7966,132 |
| France | 5175 | 2,22 | 8528,864 |
| Germany | 5536 | 3,14 | 6910,9214 |
| Italy | 2678 | 1,45 | 4834,3755 |
| Netherlands | 6074 | 2,31 | 6948,4697 |
| Poland | 3534 | 1,44 | 4666,683 |
| Portugal | 5473 | 1,68 | 4803,642 |
| Romania | 985 | 0,47 | 3059,2039 |
| Spain | 3252 | 1,43 | 5702,832 |
| Sweden | 8131 | 3,42 | 16411,43 |
| United Kingdom | 4691 | 2,91 | 4587,4736 |
| Norway | 7228 | 1,94 | 29087,43 |
| Turkiye | 2000 | 1,40 | 3932,8623 |
| Kazakhstan | 626 | 0,13 | 5956,8247 |
| Russia | 2725 | 1,20 | 7652,232 |
| Ukraine | 587 | 0,29 | 3555,3625 |
| Canada | 5124 | 1,70 | 16405,445 |
| United States | 4502 | 3,46 | 12325,368 |
| Argentina | 1284 | 0,52 | 3239,8499 |
| Brazil | 1588 | 1,15 | 3091,5022 |
| Chile | 520 | 0,33 | 4181,4614 |
| Colombia | 130 | 0,28 | 1570,563 |
| Mexico | 378 | 0,31 | 2659,324 |
| China | 1687 | 2,43 | 5985,2017 |
| India | 262 | 0,65 | 1218,2467 |
| Indonesia | 410 | 0,31 | 1130,0691 |
| Japan | 5638 | 3,30 | 8183,046 |
| Malaysia | 726 | 1,02 | 5199,5796 |
| Thailand | 2051 | 1,39 | 2610,0156 |
| Australia | 6102 | 1,72 | 10317,852 |
| New Zealand | 5102 | 1,45 | 8464,383 |
| Algeria | 1034 | 0,88 | 1754,9473 |
| Egypt | 822 | 0,91 | 1851,1436 |
| Nigeria | 254 | 1,52 | 147,46863 |
| South Africa | 452 | 0,60 | 3758,0657 |
| Iran | 1717 | 0,99 | 3927,6218 |
| Kuwait | 155 | 0,17 | 16754,857 |
| Saudi Arabia | 692 | 0,45 | 10930,061 |
| United Arab Emirates | 2666 | 1,50 | 15912,187 |

1. **Формулировка цели анализа. Определение результирующей и влияющих переменных.**

Цель. Выполнить четыре анализа по кластеру №2 для каждого периода времени - 2003, 2010, 2021 годы.

Кластер №1 содержит слишком маленькое количество данных для выполнения регрессионного анализа, результаты могут быть искажены.

Результирующие переменные:

- Интенсивность CO2 при постоянной чистоте в t-ом году (CO2 intensity at constant purc)

2. - Торговый баланс СПГ страны в t-ом году (LNG balance of trade);

- Производство нефтепродуктов страны в t-ом году (Refined oil products production);

- Экспорт сжиженного природного газа (СПГ) страны в t-ом году (Product: 271111 Natural gas, liquefied) + (Product: 271112 Propane, liquefied).

Влияющие переменные:

1. – Численность исследователей и разработчиков в стране в t-ом году, на миллион человек.
2. – Затраты на исследования и разработки в стране в t-ом году, % от ВВП.
3. - Потребление электроэнергии на душу населения (киловатт-часы).

***Зависимые показатели*** в нашем примере — это показатели, оценивающие ископаемое топливо «сжиженный природный газ (СПГ)» и Интенсивность выбросов CO2 в t-ом году.

***Независимые факторы*** в нашем примере — это численность исследователей и разработчиков в стране в t-ом году, затраты на исследования и разработки в стране в t-ом году и потребление электроэнергии на душу населения в стране в t-ом году.

1. **Выполнить анализ влияния инновационно – технической сферы страны на предметную область, используя регрессионный анализ.**

В статистическом моделировании регрессионный анализ представляет собой набор статистических процессов для оценки взаимосвязей между зависимой переменной и одной или несколькими независимыми переменными (часто называемые «предикторами», «объясняющими переменными»).

Выполним регрессионный анализ с помощью SPSS. Ниже на рисунках представлен алгоритм выполнения анализа в данной программе.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, число, программное обеспечение

Автоматически созданное описание

Рисунок 14 – Линейная регрессия

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение, Значок на компьютере

Автоматически созданное описание

Рисунок 15 – Выбор переменных для анализа

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение, веб-страница

Автоматически созданное описание

Рисунок 16 – Настройка вывода статистик

2003 год

**Первый анализ**. Выяснить влияние затрат на исследования и разработки и потребления электроэнергии на душу населения в кластере №2 на Интенсивность выбросов CO2 при сжигании топлива.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание

Рисунок 17 – сводка для модели

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание

Рисунок 18 – Дисперсионный анализ

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание

Рисунок 19 – Коэффициенты

Значение R-квадрата (коэффициента детерминации) = 1% - независимые переменные объясняют 1% дисперсии зависимой переменной. Модель статистически не значима.

**Второй анализ**. Выяснить затрат на исследования и разработки и потребления электроэнергии на душу населения в кластере №2 на Торговый баланс СПГ стран кластера.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание

Рисунок 20 – сводка для модели

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание

Рисунок 21 – Дисперсионный анализ

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание

Рисунок 22 – Коэффициенты

Значение R-квадрата (коэффициента детерминации) = 23% - независимые переменные объясняют 23% дисперсии зависимой переменной.

Значимость F-критерия Фишера = 0,012 < 0,05 =>регрессия статистически значима.

Значимость t-статистики независимой переменной x2 = 0,004 < 0,05 => присутствует статистически значимое влияние затрат на исследования и разработки в кластере №2 на Торговый баланс СПГ стран кластера.

**Третий анализ**. Выяснить влияние затрат на исследования и разработки и потребления электроэнергии на душу населения в кластере №2 на Производство нефтепродуктов стран.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание

Рисунок 23 – сводка для модели

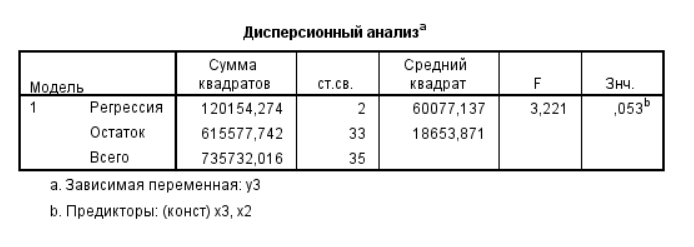


Рисунок 24 – Дисперсионный анализ

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, линия, Шрифт

Автоматически созданное описание

Рисунок 25 – Коэффициенты

Значение R-квадрата (коэффициента детерминации) = 16% - независимые переменные объясняют 16% дисперсии зависимой переменной.

Значимость F-критерия Фишера = 0,053 > 0,05 => регрессия статистически не значима.

**Четвертый анализ**. Выяснить влияние затрат на исследования и разработки и потребления электроэнергии на душу населения в кластере №2 на Экспорт СПГ стран.

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 26 – сводка для модели

**Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 27 – Дисперсионный анализ

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, число

Автоматически созданное описание**

Рисунок 28 – Коэффициенты

Значение R-квадрата (коэффициента детерминации) = 38% - независимые переменные объясняют 38% дисперсии зависимой переменной.

Значимость F-критерия Фишера = 0 < 0,05 =>регрессия статистически значима.

Значимость t-статистики независимой переменной x3 = 0 < 0,05 => присутствует статистически значимое влияние потребления электроэнергии на душу населения в кластере №2 на Экспорт СПГ стран.

2010 год

**Первый анализ**. Выяснить влияние затрат на исследования и разработки и потребления электроэнергии на душу населения в кластере №2 на Интенсивность выбросов CO2 при сжигании топлива.

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 29 – сводка для модели

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 30 – Дисперсионный анализ

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 31 – Коэффициенты

Значение R-квадрата (коэффициента детерминации) = 7% - независимые переменные объясняют 7% дисперсии зависимой переменной. Модель статистически не значима.

**Второй анализ**. Выяснить затрат на исследования и разработки и потребления электроэнергии на душу населения в кластере №2 на Торговый баланс СПГ стран кластера.

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 32 – сводка для модели

**Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 33 – Дисперсионный анализ

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 34 – Коэффициенты

Значение R-квадрата (коэффициента детерминации) = 28% - независимые переменные объясняют 28% дисперсии зависимой переменной.

Значимость F-критерия Фишера = 0,005 < 0,05 =>регрессия статистически значима.

Значимость t-статистики независимой переменной x2 = 0,001 < 0,05 => присутствует статистически значимое влияние затрат на исследования и разработки в кластере №2 на Торговый баланс СПГ стран кластера.

**Третий анализ**. Выяснить влияние затрат на исследования и разработки и потребления электроэнергии на душу населения в кластере №2 на Производство нефтепродуктов стран.

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 35 – сводка для модели

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 36 – Дисперсионный анализ

**Изображение выглядит как текст, линия, число, чек

Автоматически созданное описание**

Рисунок 37 – Коэффициенты

Значение R-квадрата (коэффициента детерминации) = 17% - независимые переменные объясняют 17% дисперсии зависимой переменной.

Значимость F-критерия Фишера = 0,053 > 0,05 => регрессия статистически не значима.

**Четвертый анализ**. Выяснить влияние затрат на исследования и разработки и потребления электроэнергии на душу населения в кластере №2 на Экспорт СПГ стран.

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 38 – сводка для модели

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 39 – Дисперсионный анализ

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, число

Автоматически созданное описание**

Рисунок 40 – Коэффициенты

Значение R-квадрата (коэффициента детерминации) = 15% - независимые переменные объясняют 15% дисперсии зависимой переменной.

Значимость F-критерия Фишера = 0,076 > 0,05 =>регрессия статистически не значима.

2021 год

**Первый анализ**. Выяснить влияние затрат на исследования и разработки и потребления электроэнергии на душу населения в кластере №2 на Интенсивность выбросов CO2 при сжигании топлива.

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 41 – сводка для модели

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 42 – Дисперсионный анализ

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 43 – Коэффициенты

Значение R-квадрата (коэффициента детерминации) = 21% - независимые переменные объясняют 21% дисперсии зависимой переменной.

Значимость F-критерия Фишера = 0,02 < 0,05 =>регрессия статистически значима.

Значимость t-статистики независимой переменной x2 = 0,006 < 0,05 => присутствует статистически значимое влияние затрат на исследования и разработки в кластере №2 на Интенсивность выбросов CO2 при сжигании топлива.

**Второй анализ**. Выяснить затрат на исследования и разработки и потребления электроэнергии на душу населения в кластере №2 на Торговый баланс СПГ стран кластера.

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 44 – сводка для модели

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 45 – Дисперсионный анализ

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, линия, Шрифт

Автоматически созданное описание**

Рисунок 46 – Коэффициенты

Значение R-квадрата (коэффициента детерминации) = 16% - независимые переменные объясняют 16% дисперсии зависимой переменной.

Значимость F-критерия Фишера = 0,05 = 0,05 =>регрессия статистически значима.

Значимость t-статистики независимой переменной x2 = 0,015 < 0,05 => присутствует статистически значимое влияние затрат на исследования и разработки в кластере №2 на Торговый баланс СПГ стран кластера.

**Третий анализ**. Выяснить влияние затрат на исследования и разработки и потребления электроэнергии на душу населения в кластере №2 на Производство нефтепродуктов стран.

**Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 47 – сводка для модели

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 48 – Дисперсионный анализ

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, число

Автоматически созданное описание** Рисунок 49 – Коэффициенты

Значение R-квадрата (коэффициента детерминации) = 4% - независимые переменные объясняют 4% дисперсии зависимой переменной. Модель статистически не значима.

**Четвертый анализ**. Выяснить влияние затрат на исследования и разработки и потребления электроэнергии на душу населения в кластере №2 на Экспорт СПГ стран.

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 50 – сводка для модели

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 51 – Дисперсионный анализ

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, число, Шрифт

Автоматически созданное описание**

Рисунок 52 – Коэффициенты

Значение R-квадрата (коэффициента детерминации) = 5% - независимые переменные объясняют 5% дисперсии зависимой переменной. Модель статистически не значима.

**Первый анализ**. Выяснить влияние численности исследователей и разработчиков в стране и потребления электроэнергии на душу населения в кластере №2 на Интенсивность выбросов CO2 при сжигании топлива.

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 53 – сводка для модели

**Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 54 – Дисперсионный анализ

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, число

Автоматически созданное описание**

Рисунок 55 – Коэффициенты

Значение R-квадрата (коэффициента детерминации) = 34% - независимые переменные объясняют 34% дисперсии зависимой переменной.

Значимость F-критерия Фишера = 0,001 < 0,05 =>регрессия статистически значима.

Значимость t-статистики независимой переменной x1 = 0 < 0,05 => присутствует статистически значимое влияние численности исследователей и разработчиков в стране в кластере №2 на Интенсивность выбросов CO2 при сжигании топлива.

Значимость t-статистики независимой переменной x3 = 0,007 < 0,05 => присутствует статистически значимое влияние потребления электроэнергии на душу населения в кластере №2 на Интенсивность выбросов CO2 при сжигании топлива.

**Второй анализ**. Выяснить влияние численности исследователей и разработчиков в стране и потребления электроэнергии на душу населения в кластере №2 на Торговый баланс СПГ стран кластера.

**Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 56 – сводка для модели

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 57 – Дисперсионный анализ

**Изображение выглядит как текст, число, Шрифт, снимок экрана

Автоматически созданное описание**

Рисунок 58 – Коэффициенты

Значение R-квадрата (коэффициента детерминации) = 4% - независимые переменные объясняют 4% дисперсии зависимой переменной. Модель статистически не значима.

**Третий анализ**. Выяснить влияние численности исследователей и разработчиков в стране и потребления электроэнергии на душу населения в кластере №2 на Производство нефтепродуктов стран.

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 59 – сводка для модели

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 60 – Дисперсионный анализ

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 61 – Коэффициенты

Значение R-квадрата (коэффициента детерминации) = 1% - независимые переменные объясняют 1% дисперсии зависимой переменной. Модель статистически не значима

**Четвертый анализ**. Выяснить влияние численности исследователей и разработчиков в стране и потребления электроэнергии на душу населения в кластере №2 на Экспорт СПГ стран.

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 62 – сводка для модели

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 63 – Дисперсионный анализ

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание**

Рисунок 64 – Коэффициенты

Значение R-квадрата (коэффициента детерминации) = 10% - независимые переменные объясняют 10% дисперсии зависимой переменной.

Значение стандартной ошибки оценки огромно и равно = 2542969.

Модель статистически не значима.

1. **Интерпретация результата.**

Таким образом, после проведения регрессионного анализа были выявлены следующие статистически значимые связи:

* В 2003, 2010 и 2021 годах выявлено значимое влияние затрат на исследования и разработки в кластере №2 на Торговый баланс СПГ стран кластера .

В таблице 13 представлены коэффициенты уравнения.

Таблица 13 - Коэффициенты регрессионного уравнения для

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Год | Кластер 2 | | |
| а0 | а1 | а2 |
| 2003 | -3,140 | 8,836 | -0,001 |
| 2010 | -4,221 | 12,332 | -0,001 |
| 2021 | -5,988 | 11,456 | -0,001 |

* В 2003 году выявлено значимое влияние потребления электроэнергии на душу населения в кластере №2 на Экспорт СПГ стран .

В таблице 14 представлены коэффициенты уравнения.

Таблица 14 - Коэффициенты регрессионного уравнения для

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Год | Кластер 2 | | |
| а0 | а1 | а2 |
| 2003 | 1765,505 | -105566,992 | 55,225 |

* В 2021 году выявлено значимое влияние затрат на исследования и разработки в кластере №2 на Интенсивность выбросов CO2 при сжигании топлива .

В таблице 15 представлены коэффициенты уравнения.

Таблица 15 - Коэффициенты регрессионного уравнения для

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Год | Кластер 2 | | |
| а0 | а1 | а2 |
| 2021 | 0, 287 | -0,066 | 5,75 |

* В 2021 году выявлено значимое влияние численности исследователей и разработчиков в стране и потребления электроэнергии на душу населения в кластере №2 на Интенсивность выбросов CO2 при сжигании топлива .

В таблице 16 представлены коэффициенты уравнения.

Таблица 16 - Коэффициенты регрессионного уравнения для

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Год | Кластер 2 | | |
| а0 | а1 | а2 |
| 2021 | 0, 265 | 1,217 | -4,07 |

Обобщая полученные результаты, приходим к выводу, что во всех рассматриваемых периодах (2003, 2010, 2021 годы) присутствует статистически значимое влияние затрат на исследования и разработки в кластере №2 на Торговый баланс СПГ стран кластера .

Также в современности (2021 год) присутствует влияние затрат на исследования и разработки , численности исследователей и разработчиков в стране и потребления электроэнергии на душу населения в кластере №2 на Интенсивность выбросов CO2 при сжигании топлива .

1. **Выбор инновационного решения по проблеме энергоперехода.**

По проблеме энергоперехода СПГ одним из инновационных решений может быть решение, связанное с оптимизацией транспортировок СПГ и тем самым уменьшением выбросов CO2.

Предлагается разработать умную систему управления транспортировками СПГ, которая принесет следующие преимущества:

1. Оптимизация маршрутов поставок СПГ: оптимизация скорости движения транспортного средства (ТС), расхода топлива, сбор данных о состоянии маршрута, о погодных условиях -> сокращение времени ТС в пути, уменьшение выбросов CO2.
2. Мониторинг состояния резервуаров, предназначенных для перевозки СПГ.
3. Мониторинг состояния ТС, предназначенных для перевозки СПГ.
4. Управление скоростью ТС.
5. Расчет оптимальной вместимости и размеров СПГ-танкеров.
6. Мониторинг состояния регазификационных терминалов.