

СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ АНАЛИЗА ВЛИЯНИЯ ЛЕСНОГО ПОКРОВА НА ВЫБРОСЫ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

А.О. Карташов, В.И. Куницын, А.В. Толкачев

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Влияние лесного покрова на углеродный след остается одной из важнейших тем экологической сферы в Российской Федерации. Использование точных моделей и графиков для анализа позволяет отражать реальную картину по регионам. Данная работа позволяет формировать понимание механизмов с целью уменьшения количества выбросов CO₂. А также влияния экономических показателей на этот процесс.

Ключевые слова: анализ данных, математические модели, графическое представление.

CREATING AN INFORMATION MODEL TO ANALYZE THE IMPACT OF FOREST COVER ON CARBON DIOXIDE EMISSIONS

A.O. Kartashov, V.I. Kunitsyn, Tolkachev A.V.

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

The impact of forest cover on the carbon footprint remains one of the most important environmental issues in the Russian Federation. The use of accurate models and graphs for analysis allows us to reflect the real situation by region. This work helps us understand the mechanisms involved in reducing CO₂ emissions. It also highlights the impact of economic factors on this process.

Keywords: data analysis, mathematical models, and graphical representation.

Введение

Лесные массивы является одной важнейших частей экономического развития нашей страны. Они входят в неотъемлемую часть экологической повестки, позволяя сокращать опасные выбросы, а также минимизировать ущерб от промышленных предприятий в различных регионах Российской Федерации. Для формирования адекватной и объективной картины, с целью сохранения и ухода за природными богатствами, необходимо наглядно видеть, как лесной покров влияет на углеродный след. Целью данной статьи является обзор функционала программы, выполняющей эти функции.

Набор данных и анализ используемых библиотек

Изначальный набор данных представляет собой набор данных в CSV файле, содержащий информацию о выбранных регионах и сводных данных по различным критериям. Среди этих критериев: общая площадь региона, доля лесов в проценте от территории, площадь лесов, население, годовые выбросы углекислого газа, значения ВРП каждого региона.

Для работы с представленным массивом данных, а также дальнейшей обработкой и преобразованием его в графический вид, были использованы различные библиотеки. В таблице 1 представлена информация о каждой библиотеке и ее функционале в рамках рассматриваемой программы.

Таблица 1 – Обзор библиотек

Название библиотеки	Использование в программе
pandas	Чтение файла с данными, расчет новых столбцов, сортировка данных
scikit-learn	Расчет линейной регрессии
matplotlib	Сохранение рисунков и отчетов в формате png, создание 3d-графика
numpy	Вывод квантилей, процентилей, линейных пространств, линии тренда

Анализ данных и сравнение моделей

```
► Размеры: (20, 8)
  region year ... gdp_bil_rub co2_mtons
0  Московская область 2023 ... 9500 35.73
1  Санкт-Петербург 2023 ... 5200 25.68
2  Красноярский край 2023 ... 4800 25.85
3  Иркутская область 2023 ... 3500 25.19
4  Республика Саха (Якутия) 2023 ... 1200 16.53

[5 rows x 8 columns]

► Корреляции:
      forest_cover_pct forest_area_kha co2_mtons
forest_cover_pct      1.000000      0.667684 -0.227188
forest_area_kha       0.667684      1.000000 -0.176343
co2_mtons             -0.227188     -0.176343  1.000000

► Model 1: CO2 ~ forest_cover_pct
  coef = -0.05270199232508018 intercept = 23.752938022393945 R² = 0.05161446164062844
► Model 2: CO2 ~ forest_cover_pct + gdp_bil_rub
  coefs = [0.01515831 0.00220894] intercept = 13.422905388737526 R² = 0.833861716860595
```

Рисунок 1 – Статистические данные

На рисунке 1 мы видим первые результаты анализа данных в программе. Изначально массив данных состоит из 20 строк, которые являются регионами РФ, а также 8 из столбцов, которые являются характеристиками. Как мы видим, таблица с данными корректно отобразилась с соответствующей размерностью. Следующим параметром является вывод корреляции. Здесь мы рассматриваем, как связаны лесистость и выбросы углекислого газа, площадь лесов и выбросы углекислого газа, а также лесистость и площадь лесов.

Рассмотрим каждый показатель отдельно. Корреляция лесистости и выбросов равна -0.227, соответственно, можно сделать вывод о том, что чем больше лесов, тем выбросов немного меньше. Однако эффект достаточно слабый.

То же самое касается площади лесов и выбросов. В данном случае показатель еще ниже и равен -0.176.

Однако лесистость и площадь лесов связаны напрямую, так как показатель в данном случае 0.667. То есть, чем больше территория и процент лесов на ней, тем больше площадь лесов.

Также на рисунке 1 представлены результаты двух моделей. Для Model 1 мы берем только показатель лесистости региона, а переменная – это количество выбросов CO₂ в год. Показатель коэффициента регрессии примерно -0,052701.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что если лесистость поднимается на 1 процент, то уровень выбросов уменьшается на 53 тысячи тонн в год.

Интерсепт показывает уровень выбросов для регионов, где показатель лесистости равен 0. В нашем случае он равен 23,7. То есть, это среднее базовое значение зависимой переменной.

Коэффициент детерминации показывает, насколько хорошо модель объясняет вариацию данных. Наше значение 5% (0.05), что достаточно близко к 0, а значит, связь слабая. Соответственно, лесистость объясняет лишь 5% различий в выбросах углекислого газа.

В Model 2 мы добавляем к нашим факторам значение валового регионального продукта (ВРП). Это позволяет учитывать экономический показатель. Сравним новые показатели со старыми.

Для коэффициента мы имеем два показателя 0.015 и 0.002. Новый показатель означает, что рост ВРП на 1 миллиард рублей, увечит выбросы на 2000 тонн в год. Интерсепт в данном случае равен 13,42 для данных, где лесистость и ВРП равны нулю.

Показатель коэффициента детерминации у данной модели уже 0.83. Относительно предыдущей модели мы видим существенный прирост. Можно сделать вывод о том, что промышленные регионы генерируют больше выбросов, несмотря на количество лесного покрова в них.

Графическое отображение взаимосвязи лесистости и углекислого газа

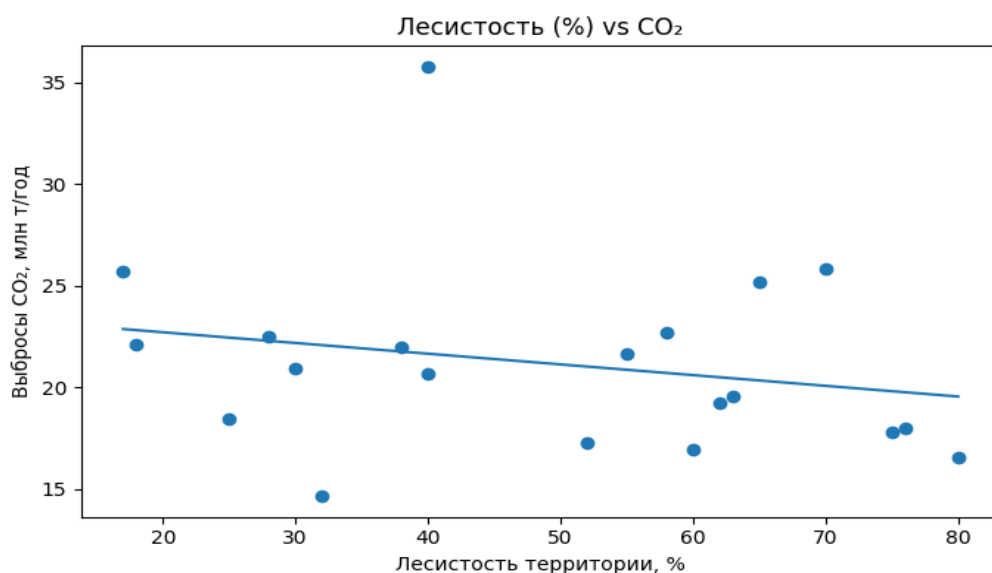


Рисунок 2 – Графическое отображение Model 1

На рисунке 2 мы видим график, который показывает взаимосвязь процента лесного покрова и выбросов CO₂. С помощью синих точек мы показы-

ваем данные по регионам, синяя линия – линейная регрессия для Model 1. По осям расположены данные о лесистости регионов в процентах и показатели выбросов в миллионах тонн за год.

Точки разбросаны выше и ниже линии. Это свидетельствует о том, что данные тяжело объяснить данной моделью, и расположены они беспорядочно.

Также заметно, что на графике есть один четкий выброс. Это показатель, превышающий значение 35 по оси Y, и со значением по оси X равным 40%. То есть, несмотря на средний показатель лесистости, количество выбросов сильно превышает любой показатель на графике. Можно сделать вывод, что на количество выбросов влияют другие параметры и факторы.

Наклон линии небольшой, это показывает, что связь между % лесистости и выбросами очень слабая. Что также подтверждается результатами Model 1, полученными ранее.

Модель 2: $\text{CO}_2 \sim \text{лесистость} + \text{ВРП}$ (3D: точки + плоскость)

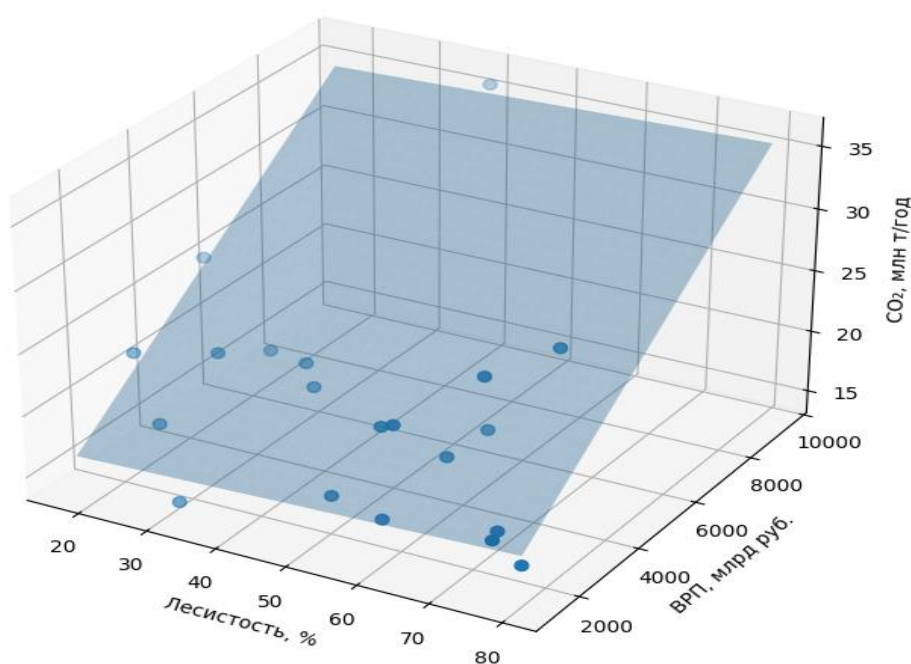


Рисунок 3 – Графическое отображение Model 2

На рисунке 3 представлен график для Model 2. Отличие данного графика в том, что он представляет собой трехмерную плоскость, так как мы учитываем новую переменную – показатель ВРП, отображенную по оси Y.

По итогам анализа можно сделать вывод о взаимосвязи показателей валового регионального продукта и выбросах CO_2 . Чем больше ВРП, тем сильнее

выбросы. Однако лесистость способствует снижению таких выбросов, хотя и связь меньше, чем влияние экономических показателей.

Также как в Model 1, в Model 2 существуют выбросы. Но с введением дополнительной переменной их количество выросло. Аномальные значения для трехмерного графика – это значения, сильно отклоняющиеся от плоскости выше или ниже.

Список литературы

1. Левочкин, Р. Г. Взаимоотношение экологического и углеродного следа / Р. Г. Левочкин, А. В. Козачек // Мир науки без границ : Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции молодых учёных с международным участием, Тамбов, 26 апреля 2024 года. – Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, 2024. – С. 183-186.
2. Ilkevich, D. A. Artificial intelligence and remote sensing: a new approach to monitoring carbon footprint in cities / D. A. Ilkevich // 28 ноября 2024 года, 2024. – Р. 59-64.
3. Завьялова, Е. Б. Сравнительный анализ эффективности механизмов углеродного рынка и углеродного налога для реализации целей общемирового снижения углеродного следа / Е. Б. Завьялова, Ц. Ли // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экономика. – 2023. – Т. 31, № 4. – С. 740-759. – DOI 10.22363/2313-2329-2023-31-4-740-759.
4. Романцева, Ю. Н. Цифровые решения для расчета углеродного следа в сельском хозяйстве / Ю. Н. Романцева, А. М. Бодур // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2024. – Т. 15, № 11(152). – С. 150-159. – DOI 10.36871/ek.ur.p.r.2024.11.15.021.
5. Неминущая, С. А. Инновационные способы сокращения углеродного следа в мировой экономике / С. А. Неминущая, Е. В. Моисеева, Н. А. Азарова // Трансформация экономических систем: низкоуглеродная экономика и климатическая политика : материалы Международной научно-практической конференции, Воронеж, 15 апреля 2022 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2022. – С. 68-73. – DOI 10.58168/LCECP2022_68-73.

References

1. Levochkin, R. G. Relationship of the ecological and carbon footprint / R. G. Levochkin, A. V. Kozachek // The world of science without borders : Materials of the XI All-Russian scientific and practical conference of young scientists with international participation, Tambov, April 26, 2024. Tambov: Tambov State Technical University, 2024. pp. 183-186.
2. Ilkevich, D. A. Artificial intelligence and remote sensing: a new approach to monitoring carbon footprint in cities / D. A. Ilkevich / November 28, 2024, 2024. – P. 59-64.
3. Zavialova, E. B. Comparative analysis of the effectiveness of carbon market and carbon tax mechanisms for achieving the goals of global carbon footprint reduction / E. B. Zavyalova, C. Li // Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Economics. – 2023. – Vol. 31, No. 4. – Pp. 740-759. – DOI 10.22363/2313-2329-2023-31-4-740-759.
4. Romantseva, Yu. N. Digital Solutions for Calculating the Carbon Footprint in Agriculture / Yu. N. Romantseva, A. M. Bodur // Economics and Management: Problems and Solutions. – 2024. – Vol. 15, No. 11(152). – pp. 150-159. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2024.11.15.021.
5. Neminushchaya, S. A. Innovative ways to reduce the carbon footprint in the global economy / S. A. Neminushchaya, E. V. Moiseeva, N. A. Azarova // Transformation of economic systems: low-carbon economics and climate policy : proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Voronezh, April 15, 2022. – Voronezh: G.F. Morozov Voronezh State Forestry University, 2022. – Pp. 68-73. – DOI 10.58168/LCECP2022_68-73.