

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ГОСУДАРСТВЕННОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В КОНТЕКСТЕ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ*

Светлана Валерьевна РАТНЕР^{а*}, Валерий Викторович ИОСИФОВ^б

^а доктор экономических наук, главный научный сотрудник лаборатории экономической динамики и управления инновациями,
Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН (ИПУ РАН),
Москва, Российская Федерация
lanaratner@ipu.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3485-5595>
SPIN-код: 7840-4282

^б кандидат технических наук, доцент кафедры наземного транспорта и механики,
Кубанский государственный технологический университет (КубГТУ),
Краснодар, Российская Федерация
iosifov_v@mail.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: 3558-0754

* Ответственный автор

История статьи:

Рег. № 514/2022
Получена 10.11.2022
Получена
в доработанном виде
24.11.2022
Одобрена 08.12.2022
Доступна онлайн
28.12.2022

УДК 338.2
JEL: O33, Q42

Ключевые слова:

финансирование
исследований и
разработок,
климатическая
политика,
логистическая
регрессия, прогноз

Аннотация

Предмет. Исследования и разработки в области «чистых» технологий, их результаты и эффективность финансирования.

Цели. Построение модели логистической регрессии, позволяющей по данным о государственном финансировании исследований энергетических технологий спрогнозировать, будет ли снижена углеродоемкость экономики страны в среднесрочном периоде.

Результаты. Построена модель логистической регрессии. Обнаружено, что государственное финансирование исследований и разработок углеводородных технологий отрицательным образом сказывается на динамике углеродоемкости страны и повышает вероятность ее роста по сравнению с предыдущими периодами.

Выводы. Построенная модель может быть использована на практике для прогнозирования результативности финансирования инноваций в области энергетических технологий в контексте климатической политики. Использованный подход к прогнозированию, основанный на машинном обучении, представляется перспективным, особенно при накоплении достаточно больших объемов статистических данных по структуре финансирования исследований и разработок и углеродоемкости.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2022

^а Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 20-010-00589 «Разработка методологии и инструментария оценки эффективности вариантов государственной поддержки инновационных транспортных технологий в контексте новой климатической политики России».

Для цитирования: Ратнер С.В., Иосифов В.В. Прогнозирование результативности государственного финансирования исследований и разработок в области энергетических технологий в контексте достижения целей климатической политики // *Финансы и кредит*. — 2022. — Т. 28, № 12. — С. 2703 — 2721.
<https://doi.org/10.24891/fc.28.12.2703>

Введение

Энергетический сектор сегодня является источником около трех четвертей выбросов парниковых газов, поступающих в атмосферу планеты [1, 2]. Его полная или как минимум частичная декарбонизация и является ключом к предотвращению наихудших последствий изменения климата, возможно, самой большой проблемы, с которой столкнулось человечество. Сокращение глобальных выбросов двуокиси углерода (CO_2) до нуля к 2050 г. согласуется с усилиями по ограничению долгосрочного роста средней глобальной температуры до $1,5^\circ\text{C}$. Для этого требуется не что иное, как полная трансформация путей производства, транспортировки и потребления энергии [3, 4]. Растущий политический консенсус в отношении декарбонизации мировой экономики дает основания для значительного оптимизма в отношении прогресса, который может быть реализован в мире, но изменения, необходимые для достижения нулевого уровня выбросов во всем мире к 2050 г., пока что плохо изучены. Нужно проделать огромный объем работы, чтобы воплотить сегодняшние амбиции по декарбонизации мировой экономики в реальность, особенно с учетом разнообразия ситуаций в разных странах и их различных возможностей для внесения требующихся изменений [5, 6].

Многие страны на пути снижения углеродоемкости (отношения объемов выбросов парниковых газов к объему ВВП) своих экономик тратят значительные ресурсы на исследования и разработки (ИиР) в области «чистых» технологий (*рис. 1*). Результаты этих научных исследований должны стать основой для создания новых и совершенствования уже существующих энергетических технологий [7–9].

Однако эффективность таких расходов не всегда можно легко определить. В некоторых странах с высоким уровнем государственной поддержки исследований и разработок в области энергетических технологий углеродоемкость экономики со временем снижается, а в некоторых остается практически без изменений или даже растет (*рис. 2*). Так, среди стран — лидеров по объемам финансирования ИиР в области энергетических технологий за период 2016—2018 гг. результаты разнятся. В Норвегии, Бразилии, Канаде и Японии углеродоемкость экономики увеличилась по

сравнению с 2010—2012 гг., а в Италии, Южной Корее, Великобритании, Германии, Франции и США — снизилась.

Причинами такой неоднозначности результатов инвестирования в исследования и разработки могут быть, как показывают исследования различных авторов, высокая или низкая эффективность национальной инновационной системы страны [10], стратегия международной торговли (ввозятся или нет наилучшие доступные энергетические технологии в страну) [11], а также структура инвестиций в разрезе различных энергетических технологий [12]. Так, например, среди стран — лидеров по объемам государственных инвестиций в исследования и разработки в области энергетики среди членов ОЭСР, Франция и Япония в период 2010—2012 гг. направляли наибольшую долю инвестиций на инновации в область атомной энергетики, Канада и Норвегия — в область углеводородной энергетики, а Бразилия, Корея и США — в область возобновляемой энергетики (ВИЭ) (рис. 3).

Однако никаких работ по построению прогностических моделей эффективности государственного финансирования исследований и разработок в области энергетических технологий с точки зрения достижения целей климатической политики нами в современной литературе в области экономики энергетики не выявлено.

Целью настоящего исследования является построение модели логистической регрессии, позволяющей по данным о государственном финансировании исследований и разработок в области различных энергетических технологий спрогнозировать, будет ли снижена углеродоемкость экономики страны (да/нет) в среднесрочном периоде (около 5 лет). В качестве основных технологий, потенциально влияющих на углеродоемкость экономики, рассматривались технологии повышения энергоэффективности (ЕЕ), технологии традиционной углеводородной энергетики (FF), возобновляемой энергетики (REN), ядерной энергетики (NUC) и технологии водородной энергетики и топливных ячеек (H2FC).

Материалы и методы

Алгоритм двухклассовой логистической регрессии выдает вероятность отнесения того или иного объекта к одному из двух рассматриваемых классов, причем вероятность определяется как число из диапазона $[0, 1]$. В зависимости от значения полученной вероятности, наблюдению присваивается тот или иной класс. Изначально задача классификации решается на обучающей выборке данных, затем качество модели

проверяется на тестовой выборке. Для проверки качества модели классификации используется ROC-анализ, то есть строится ROC-кривая (Receiver Operator Characteristic), которая показывает зависимость количества верно классифицированных положительных примеров от количества неверно классифицированных отрицательных примеров [13–15].

В терминологии ROC-анализа верно классифицированные положительные примеры называются истинно положительным, неверно классифицированные отрицательные примеры — ложно отрицательным множеством. При этом предполагается, что у классификатора имеется некоторый параметр, при варьировании которого можно получить то или иное разбиение на два класса. Этот параметр называют порогом или точкой отсечения (cut-off value). В зависимости от него будут получаться различные величины ошибок I и II рода¹ [16].

Построение модели логистической регрессии и проверка ее качества в данном исследовании осуществлялись в среде Azure ML Studio, которая позволяет строить эксперименты по машинному обучению с большими данными [17, 18].

Информационной базой исследования послужили данные Мирового энергетического агентства (МЭА) об объемах финансирования исследований и разработок различных энергетических технологий (8 видов) за период с 2010 по 2020 г. по 31 стране², данные Мирового Банка об объемах ВВП³ и о выбросах CO₂⁴ по выбранным странам за тот же период.

Предварительная обработка данных включала в себя следующие шаги.

- Расчет средних показателей финансирования различных энергетических технологий за период 2010—2012 гг. как доли ВВП (*табл. 1*).
- Расчет средних показателей углеродоемкости стран за период 2010—2012 и 2016—2018 гг. (отношение объемов выбросов к ВВП).

¹ Шичков Д.В., Фролов И.И. Методы оценки кредитных рисков // Big Data and Advanced Analytics. 2021. № 7-2. С. 35—44; Сабитов А.А., Минниханов Р.Н., Дагаева М.В. и др. Методы интеллектуального анализа текстовых данных для служб экстренного реагирования // Математические методы в технике и технологиях — ММТТ. 2020. Т. 7. С. 84—87.

² Energy Technology RD&D Budgets. Tracking trends in spending by energy technology in IEA countries back to 1974. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/energy-technology-rd-and-d-budget-database-2>

³ GDP (current US\$). The World Bank. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?view=chart>

⁴ CO₂ emissions (kt). The World Bank. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT?view=chart>

- Сравнение показателей углеродоемкости и разбиение стран на две группы в зависимости от того, снизилась ли углеродоемкость экономики страны в 2016—2018 гг. по сравнению с 2010—2012 гг., или нет (отклик 1 или 0).
- Подборка выборки для тестовой классификации (5 стран) и прогнозирования (2 страны).

Описательная статистика показателей, которые были выбраны в модели в качестве предикторов, приведена в *табл. 1*.

Обучающая выборка состояла из данных по 24 странам, а именно: Австралии, Австрии, Бельгии, Бразилии, Канаде, Чехии, Дании, Эстонии, Финляндии, Франции, Германии, Венгрии, Ирландии, Италии, Японии, Южной Кореи, Нидерландам, Новой Зеландии, Норвегии, Польше, Португалии, Словакии, Великобритании и США. Тестовая выборка состояла из данных по пяти странам, а именно: Греции, Мексики, Испании, Швейцарии и Швеции.

Схема эксперимента по машинному обучению состояла из загрузки данных, разделения их на обучающую и тестовую выборку, построения модели логистической регрессии, обучения модели и тестирования модели на тестовой выборке. После проверки качества модели строился прогноз для двух стран — Турции и Литвы. Схема эксперимента приведена на *рис. 4*.

Результаты

Была построена модель логистической регрессии, у которой только один коэффициент регрессии, а именно коэффициент при предикторе — финансирование исследований и разработок в области углеводородных технологий, является статистически значимым и ненулевым (*рис. 5*). Заметим, что коэффициент регрессии является отрицательным ($-0,077$), это означает, что рост государственного финансирования исследований и разработок в области углеводородных технологий приводит в среднесрочной перспективе (через 5 лет) к росту вероятности повышения углеродоемкости экономики страны. Такой результат является вполне ожидаемым с точки зрения логики процесса снижения углеродоемкости.

Построенная модель логистической регрессии имеет удовлетворительное качество (*Precision (точность)* = 0,759; *Recall (полнота)* = 1; *AUC (площадь под кривой)* = 0,568). Из 29 тестовых наблюдений только 7 было классифицировано неверно и ошибочно отнесено к первому классу (страны, у которых углеродоемкость снижается). Случаев ошибочного отнесения страны ко второму классу (страны, у которых углеродоемкость растет) не

выявлено. В результате прогноза обе страны — Турция и Литва — были отнесены к первому классу (ожидается снижение углеродоемкости) с вероятностью более 75%.

Наиболее интересным с точки зрения экономической и управленческой интерпретации построенной модели является тот факт, что коэффициенты регрессии при всех предикторах, которые отвечают за государственное финансирование исследований и разработок в области энергоэффективности, ВИЭ, атомной энергетики, топливных элементов и водородной энергетики оказались не статистически значимыми (нулевыми). То есть финансирование исследований в этих областях не влияет на углеродоемкость экономики в среднесрочном периоде. Данный результат можно объяснить следующими причинами:

- 1) недостаточностью объемов финансирования перечисленных направлений исследований;
- 2) недостаточно длительным периодом между осуществлением финансирования ИиР и замером изменений уровня углеродоемкости экономики (инновационные технологии не успели внедриться в практику);
- 3) потенциальным «перетоком» инновационных разработок за пределы национальной экономики в случае, если страна более всего ориентирована на высокотехнологичный экспорт.

Первые две причины могут быть исследованы в рамках построенной модели, однако для этого необходимо провести новый этап сбора и подготовки первичных данных. В настоящее время временные ряды по объемам государственного финансирования ИиР в области энергетических технологий в базе МЭА пока что ограничены 2019—2021 гг., которые не являются репрезентативными с точки зрения изменений углеродоемкости из-за последствий пандемии COVID-19. В дальнейшем при получении новых статистических данных по выбросам парниковых газов и ВВП исследуемых стран возможна подстановка новых первичных данных и переобучение модели. Третья причина, к сожалению, не может быть исследована в рамках построенной модели.

Несмотря на указанные ограничения, построенная модель может быть использована на практике для прогнозирования результативности финансирования инноваций в области энергетических технологий в контексте климатической политики.

Выводы

На основе построенной модели логистической регрессии можно сделать вывод о том, что государственное финансирование исследований и разработок углеводородных технологий отрицательно сказывается на динамике углеродоемкости страны и повышает вероятность роста углеродоемкости по сравнению с предыдущими периодами. При этом зависимость вероятности роста углеродоемкости в среднесрочном периоде (5 лет) от объемов финансирования ИиР имеет следующий вид:

$$P_- = 1 - P_+ = \frac{1}{1 + e^{-(1,1537 - 0,0771 \cdot FF)}},$$

где FF — средний объем финансирования ИиР углеводородных технологий, измеренный в долях ВВП.

Объемы финансирования ИиР в области «чистых» энергетических технологий в среднесрочной перспективе не оказывают статистически значимого влияния на динамику углеродоемкости экономики страны.

Несмотря на определенные ограничения, построенная модель может быть использована на практике для прогнозирования результативности финансирования инноваций в области энергетических технологий в контексте климатической политики. Использованный подход к прогнозированию, основанный на машинном обучении, представляется перспективным, особенно при накоплении достаточно больших объемов статистических данных по структуре финансирования исследований и разработок и углеродоемкости.

Таблица 1

Описательная статистика предикторов (средний за три года объем государственного финансирования, в долях ВВП) в обучающей выборке

Table 1

Descriptive statistics of predictors in the learning sample: 3-year average government funding, as a share of GDP

Вид технологии	Среднее арифметическое	Медиана	Минимум	Максимум	Стандартное отклонение
EE	0,0147	0,0077	0	0,0933	0,0243
FF	0,0066	0,0028	0	0,0598	0,0119
REN	0,019	0,0098	0,0005	0,2641	0,0476
NUC	0,0069	0,0038	0	0,0341	0,0091
H2FC	0,0023	0,001	0	0,022	0,0044

Источник: авторская разработка

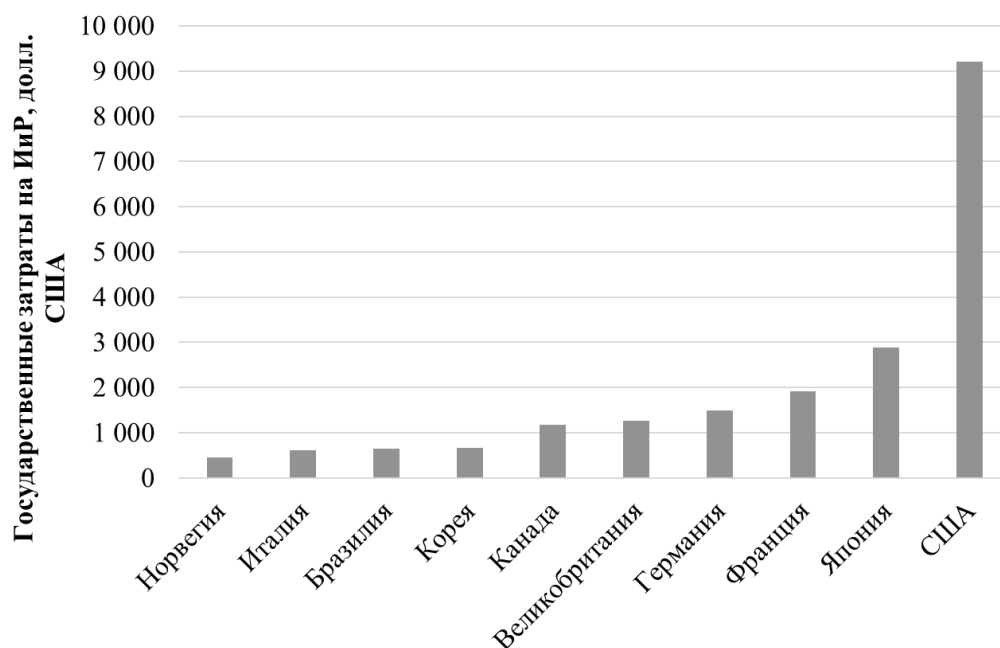
Source: Authoring

Рисунок 1

Государственные затраты на исследования и разработки в области энергетических технологий (долл. США) в 2020 г. в странах — лидерах среди членов ОЭСР

Figure 1

Government spending on energy technology research and development (\$USA) in top OECD countries in 2020



Источник: авторская разработка по данным МЭА. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/energy-technology-rd-and-d-budget-database-2>

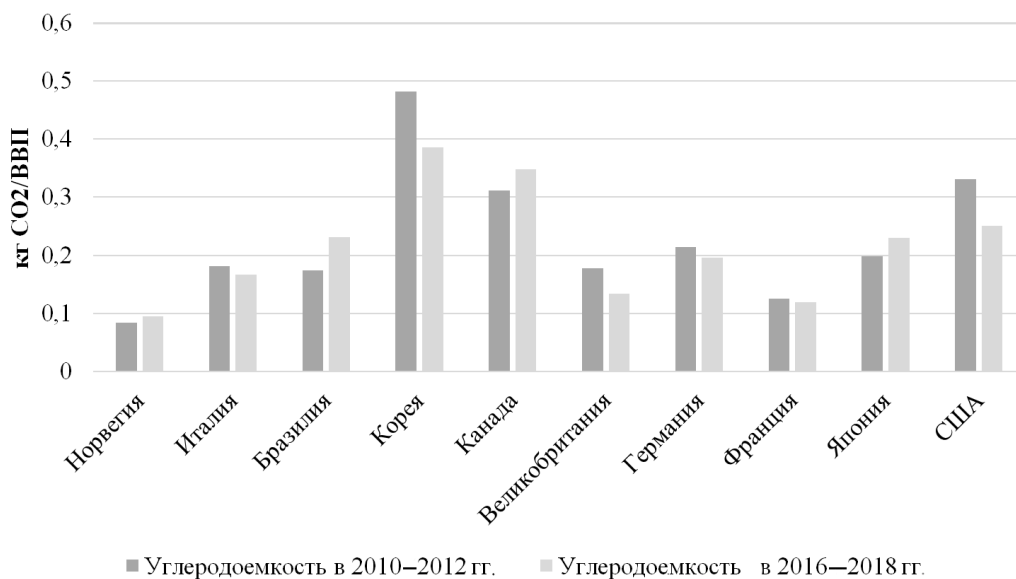
Source: Authoring, based on the IEA data. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/energy-technology-rd-and-d-budget-database-2>

Рисунок 2

Изменения углеродоемкости экономики стран с наибольшими государственными расходами на исследования и разработки в области энергетических технологий

Figure 2

Changes in the carbon intensity of the economies of countries with the highest public spending on R&D in energy technology



Источник: авторская разработка по данным Мирового Банка

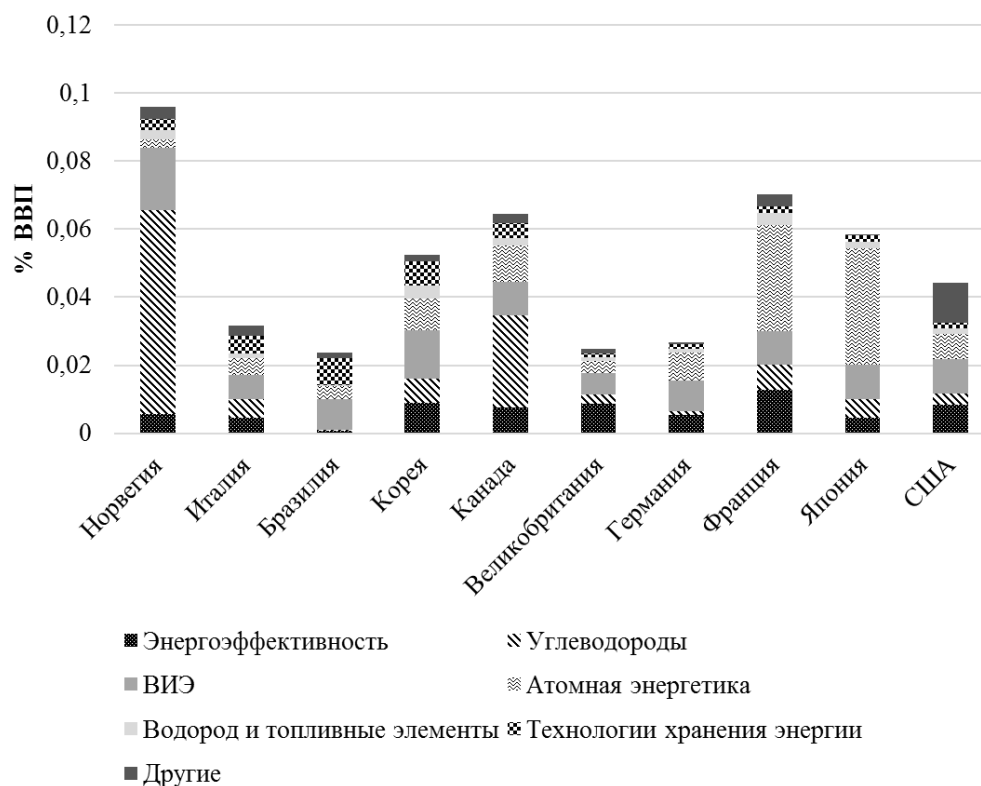
Source: Authoring, based on the World Bank data

Рисунок 3

Структура государственных инвестиций в исследования и разработки в области энергетики в странах — лидерах среди членов ОЭСР (среднее за 2010–2012 гг.)

Figure 3

A structure of public investment in research and development in the field of energy in top OECD countries, average for 2010–2012



Источник: авторская разработка по данным МЭА. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/energy-technology-rd-and-d-budget-database-2>

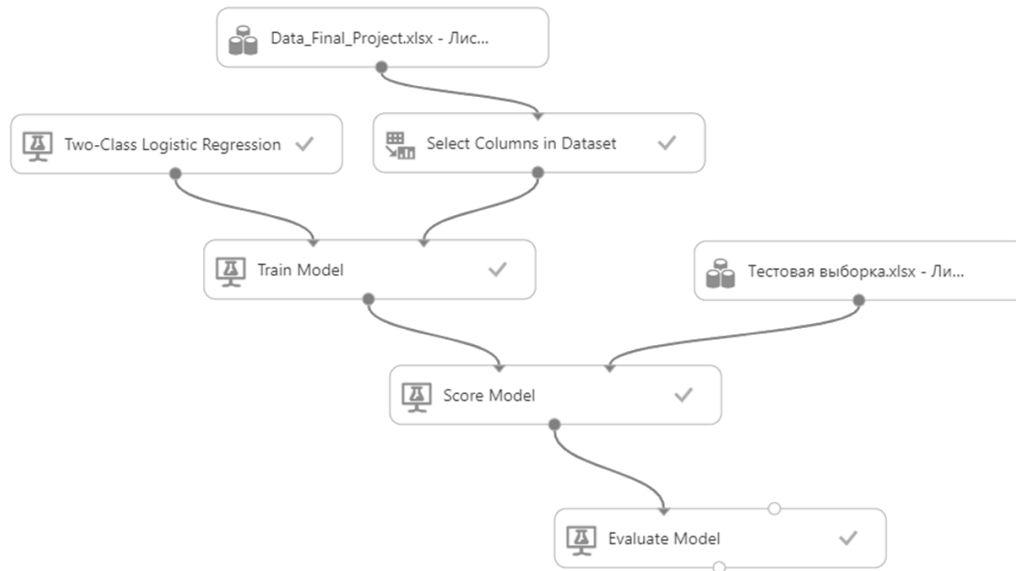
Source: Authoring, based on the IEA data. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/energy-technology-rd-and-d-budget-database-2>

Рисунок 4

Схема эксперимента машинного обучения модели логистической регрессии в среде Azure ML Studio

Figure 4

A machine learning experiment design for a logistic regression model in the Azure ML Studio environment



Источник: авторская разработка

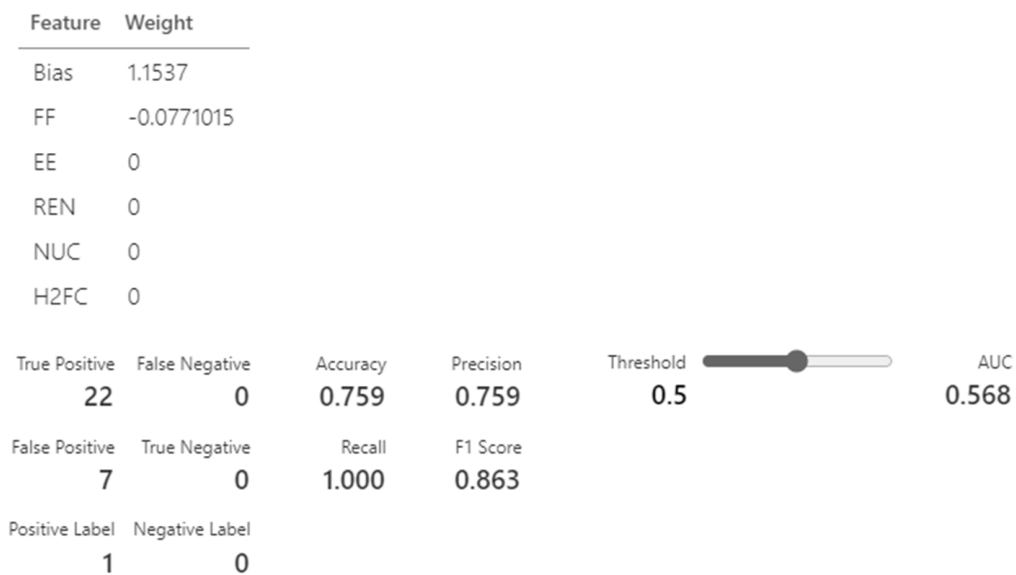
Source: Authoring

Рисунок 5

Результаты обучения и тестирования модели логистической регрессии в среде Azure ML Studio

Figure 5

The results of training and testing a logistic regression model in the Azure ML Studio environment



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Gielen D., Boshell F., Saygin D. et al. The Role of Renewable Energy in the Global Energy Transformation. *Energy Strategy Reviews*, 2019, vol. 24, pp. 38–50. URL: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.01.006>
2. Fidalgo J.N., Fontes D.B.M.M. Fostering Microgeneration in Power Systems: The Effect of Legislative Limitations. *Electric Power Systems Research*, 2012, vol. 84, iss. 1, pp. 181–186. URL: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2011.11.013>
3. Kaygusuz A., Keles C., Alagoz B.B., Karabiber A. Renewable Energy Integration for Smart Sites. *Energy and Buildings*, 2013, vol. 64, pp. 456–462. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.05.031>
4. Kröger W., Nan C. Chapter 3. Power Systems in Transition – Dealing with Complexity. In: Büscher C., Schippl J., Sumpf P. (eds) *Energy as a Sociotechnical Problem: An Interdisciplinary Perspective on Control, Change, and Action in Energy Transitions*. London, Routledge, 2018, 38 p.
5. Østergaard P.A., Duic N., Noorollahi Y., Kalogirou S. Renewable Energy for Sustainable Development. *Renewable Energy*, 2022, vol. 199, pp. 1145–1152. URL: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.09.065>
6. Lerman L.V., Gerstlberger W., Lima M.F., Frank A.G. How Governments, Universities, and Companies Contribute to Renewable Energy Development? A Municipal Innovation Policy Perspective of the Triple Helix. *Energy Research & Social Science*, 2021, vol. 71, 101854. URL: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101854>
7. Pavez I., Kendall L.D., Laszlo C. Positive-Impact Companies: Toward a New Paradigm of Value Creation. *Organizational Dynamics*, 2021, vol. 50, iss. 4, 100806. URL: <https://doi.org/10.1016/j.orgdyn.2020.100806>
8. Kühnbach M., Bekk A., Weidlich A. Towards Improved Prosumer Participation: Electricity Trading in Local Markets. *Energy*, 2022, vol. 239, part E, 122445. URL: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122445>
9. Wittmayer J.M., Campos I., Avelino F. et al. Thinking, Doing, Organising: Prefiguring Just and Sustainable Energy Systems via Collective Prosumer Ecosystems in Europe. *Energy Research & Social Science*, 2022, vol. 86, 102425. URL: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102425>

10. Ratner S.V., Balashova S.A., Lychev A.V. The Efficiency of National Innovation Systems in Post-Soviet Countries: DEA-Based Approach. *Mathematics*, 2022, vol. 10, iss. 19, pp. 3615–3638.
URL: <https://doi.org/10.3390/math10193615>
11. Шуйский В.П. Импорт зарубежных технологий как средство ускорения перехода на инновационный путь развития // Российский внешнеэкономический вестник. 2005. № 9. С. 32—40.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/import-zarubezhnyh-tehnologiy-kak-sredstvo-uskoreniya-perehoda-na-innovatsionnyy-put-razvitiya>
12. Pathak S.K., Sharma V., Chougule S.S., Goel V. Prioritization of Barriers to the Development of Renewable Energy Technologies in India Using Integrated Modified Delphi and AHP Method. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 2022, vol. 50, 101818.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101818>
13. Тырсин А.Н. Логистическая регрессия как диагностическая модель сложных стохастических систем // Обозрение прикладной и промышленной математики. 2016. Т. 23. № 4. С. 391—393.
14. Первун О.Е. Логистическая регрессия как возможная нейронная сеть // Информационно-компьютерные технологии в экономике, образовании и социальной сфере. 2020. № 4. С. 56—63.
15. Вараксин А.Н., Шалаумова Ю.В., Константинова Е.Д., Маслакова Т.А. Определение статистических связей между количественной и дихотомической переменными: логистическая регрессия и методы скользящего среднего // Экологические системы и приборы. 2021. № 4. С. 3—9. URL: <https://doi.org/10.25791/esip.04.2021.1219>
16. Красоткина О.В., Турков П.А., Моттль В.В. Байесовская логистическая регрессия в задаче обучения распознаванию образов при смещении решающего правила // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2013. № 2. С. 177—187.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bayesovskaya-logisticheskaya-regressiya-v-zadache-obucheniya-raspoznavaniyu-obrazov-pri-smeschenii-reshayuschego-pravila>
17. Павлюченко К.И., Панфилов П.Б., Горшков Г.С. Изучение возможностей предиктивной аналитики данных FMCG // Инфокоммуникационные технологии. 2021. Т. 19. № 4. С. 439—454.
URL: <https://doi.org/10.18469/ikt.2021.19.4.08>

18. Плоткина А.А. Использование методов машинного обучения в имущественном страховании // Современная математика и концепции инновационного математического образования. 2019. Т. 6. № 1. С. 260—266. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39241227>

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

pISSN 2071-4688
eISSN 2311-8709

Fiscal System

FORECASTING THE EFFECTIVENESS OF PUBLIC FUNDING FOR RESEARCH AND DEVELOPMENT IN THE FIELD OF ENERGY TECHNOLOGIES IN THE CONTEXT OF CLIMATE POLICY TARGETS PURSUIT

Svetlana V. RATNER ^{a,*},
Valerii V. IOSIFOV ^b

^a V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences, Russian Academy of Sciences (ICS RAS),
Moscow, Russian Federation
lanaratner@ipu.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3485-5595>

^b Kuban State Technological University (KUBSTU),
Krasnodar, Russian Federation
iosifov_v@mail.ru
ORCID: not available

* Corresponding author

Article history:

Article No. 514/2022
Received 10 Nov 2022
Received in revised
form 24 Nov 2022
Accepted 8 Dec 2022
Available online
28 December 2022

JEL classification:
O33, Q42

Keywords: R&D
funding, climate policy,
logistic regression,
forecast

Abstract

Subject. This article deals with the issues related to public funding for research and development in the field of energy technologies.

Objectives. The article aims to develop a logistic regression model, which, based on data on public funding for research and development in the field of various energy technologies, could help predict whether the carbon intensity of the country's economy will be reduced (yes / no) in the medium term (about 5 years).

Conclusions and Relevance. Based on the developed logistic regression model, the article concludes that public financing of research and development of hydrocarbon technologies affects the dynamics of the country's carbon intensity negatively and increases the likelihood of an increase in carbon intensity compared to previous periods. The developed model can be used in practice to predict the effectiveness of financing innovations in the field of energy technologies in the context of climate policy. The used approach to forecasting, based on machine learning, seems to be promising, especially with the accumulation of sufficiently large amounts of statistical data on the structure of R&D financing and carbon intensity.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2022

Please cite this article as: Ratner S.V., Iosifov V.V. Forecasting the Effectiveness of Public Funding for Research and Development in the Field of Energy Technologies in the Context of Climate Policy Targets Pursuit. *Finance and Credit*, 2022, vol. 28, iss. 12, pp. 2703–2721. <https://doi.org/10.24891/fc.28.12.2703>

References

1. Gielen D., Boshell F., Saygin D. et al. The Role of Renewable Energy in the Global Energy Transformation. *Energy Strategy Reviews*, 2019, vol. 24, pp. 38–50. URL: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.01.006>
2. Fidalgo J.N., Fontes D.B.M.M. Fostering Microgeneration in Power Systems: The Effect of Legislative Limitations. *Electric Power Systems Research*, 2012, vol. 84, iss. 1, pp. 181–186. URL: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2011.11.013>
3. Kaygusuz A., Keles C., Alagoz B.B., Karabiber A. Renewable Energy Integration for Smart Sites. *Energy and Buildings*, 2013, vol. 64, pp. 456–462. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.05.031>
4. Kröger W., Nan C. Chapter 3. Power Systems in Transition – Dealing with Complexity. In: Büscher C., Schippl J., Sumpf P. (eds) *Energy as a Sociotechnical Problem: An Interdisciplinary Perspective on Control, Change, and Action in Energy Transitions*. London, Routledge, 2018, 38 p.
5. Østergaard P.A., Duic N., Noorollahi Y., Kalogirou S. Renewable Energy for Sustainable Development. *Renewable Energy*, 2022, vol. 199, pp. 1145–1152. URL: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.09.065>
6. Lerman L.V., Gerstlberger W., Lima M.F., Frank A.G. How Governments, Universities, and Companies Contribute to Renewable Energy Development? A Municipal Innovation Policy Perspective of the Triple Helix. *Energy Research & Social Science*, 2021, vol. 71, 101854. URL: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101854>
7. Pavez I., Kendall L.D., Laszlo C. Positive-Impact Companies: Toward a New Paradigm of Value Creation. *Organizational Dynamics*, 2021, vol. 50, iss. 4, 100806. URL: <https://doi.org/10.1016/j.orgdyn.2020.100806>
8. Kühnbach M., Bekk A., Weidlich A. Towards Improved Prosumer Participation: Electricity Trading in Local Markets. *Energy*, 2022, vol. 239, part E, 122445. URL: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122445>
9. Wittmayer J.M., Campos I., Avelino F. et al. Thinking, Doing, Organising: Prefiguring Just and Sustainable Energy Systems via Collective Prosumer Ecosystems in Europe. *Energy Research & Social Science*, 2022, vol. 86, 102425. URL: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102425>

10. Ratner S.V., Balashova S.A., Lychev A.V. The Efficiency of National Innovation Systems in Post-Soviet Countries: DEA-Based Approach. *Mathematics*, 2022, vol. 10, iss. 19, pp. 3615–3638.
URL: <https://doi.org/10.3390/math10193615>
11. Shuiskii V.P. [Import of foreign technologies as a means of accelerating the transition to an innovative development path]. *Rossiiskii vneshneekonomicheskii vestnik = Russian Foreign Economic Journal*, 2005, no. 9, pp. 32–40. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/import-zarubezhnyh-tehnologiy-kak-sredstvo-uskoreniya-perehoda-na-innovatsionnyy-put-razvitiya> (In Russ.)
12. Pathak S.K., Sharma V., Chougule S.S., Goel V. Prioritization of Barriers to the Development of Renewable Energy Technologies in India Using Integrated Modified Delphi and AHP Method. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 2022, vol. 50, 101818.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101818>
13. Tyrsin A.N. [Logistic regression as a diagnostic model for complex stochastic systems]. *Obozrenie prikladnoi i promyshlennoi matematiki = OP&PM Surveys on Applied and Industrial Mathematics*, 2016, vol. 23, no. 4, pp. 391–393. (In Russ.)
14. Pervun O.E. [Logistic regression as a possible neural network]. *Informatsionno-komp'yuternye tekhnologii v ekonomike, obrazovanii i sotsial'noi sfere = Information and Computer Technologies in the Economy, Education and Social Sphere*, 2020, no. 4, pp. 56–63. (In Russ.)
15. Varaksin A.N., Shalaumova Yu.V., Konstantinova E.D., Maslakova T.A. [Determination of statistical relationships between quantitative and dichotomous variables: logistic regression and moving average methods]. *Ekologicheskie sistemy i pribory = Ecological Systems and Devices*, 2021, no. 4, pp. 3–9. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.25791/esip.04.2021.1219>
16. Krasotkina O.V., Turkov P.A., Mottl' V.V. [Bayesian logistic regression in the pattern recognition problem under concept drift]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki = Izvestiya Tula State University. Technical Sciences*, 2013, no. 2, pp. 177–187.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bayesovskaya-logisticheskaya-regressiya-v-zadache-obucheniya-raspoznavaniyu-obrazov-pri-smeschenii-reshayuschego-pravila> (In Russ.)

17. Pavlyuchenko K.I., Panfilov P.B., Gorshkov G.S. [Exploring the capabilities of predictive data analytics in FMCG industry]. *Infokommunikacionnye Tehnologii*, 2021, vol. 19, no. 4, pp. 439–454. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.18469/ikt.2021.19.4.08>
18. Plotkina A.A. [The use of machine learning methods in property insurance]. *Sovremennaya matematika i kontseptsii innovatsionnogo matematicheskogo obrazovaniya*, 2019, vol. 6, no. 1, pp. 260–266. (In Russ.)
URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39241227>

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.