

РЕЦЕНЗИЯ № 2

на статью «ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ВЛАЖНОСТИ АТМОСФЕРЫ НАД ОКЕАНОМ ПО ДАННЫМ СОПУТСТВУЮЩИХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ»

авторского коллектива: С. А. Вострикова, М. А. Криницкий, С. К. Гулев,

Статья посвящена восстановлению приповерхностной влажности атмосферы над океаном по данным сопутствующих метеорологических измерений с применением методов машинного обучения по данным о характеристиках океана и атмосферы (ICOADS). В ней эта задача решается в формулировке аппроксимации относительной влажности по данным сопутствующих измерений атмосферного давления, температуры воздуха, скорости и направления ветра, температуры поверхности океана, а также наблюдений количества и типов облачности на трех ярусах. На основе полученных результатов были построены карты пространственного распределения ошибок моделей машинного восстановления, которые позволили выявить регионы с высокой и низкой точностью аппроксимации влажности.

Исследование подтвердило эффективность методов машинного обучения для восстановления климатических рядов, определило наиболее подходящие модели для этой задачи и обозначило перспективные направления для дальнейшей работы.

В целом статья выполнена на высоком научном уровне. Однако в ней обнаружены следующие редакционные замечания:

1. В *Аннотации* и во *Введении* отредактировать первые предложения, в которых сказано, что «Влажность воздуха в приповерхностном слое атмосферы, определяющим интенсивность переноса влаги и тепла между океаном и атмосферой...» поскольку влажность не может сама по себе определять «интенсивность переноса влаги» за которую отвечают в большей степени процессы турбулентного обмена между атмосферой и океаном.
2. *Строки 23–26*: Здесь ставится задача «восстановления временных рядов влажности». Необходимо указать с каким интервалом (осреднением) по времени.
3. В *строке 34*: уточнить «для каждого 2-градусного квадрата», поскольку в разных картографических проекциях это могут быть не только квадраты, но и трапеции, что даже больше имеет физический смысл. Здесь и ниже.
4. *Строка 102*: Запятая – лишняя.
5. *Строка 112*: Пояснить, что есть «гиперпараметры».
6. В *строках 126–127*: устранить противоречие. Их них можно понять, что DISO3 есть приложение к ICOADS, когда как на предыдущей странице указано, что DISO3 – авторская база данных. Кроме того, не нужно еще раз расшифровывать аббревиатуру DISO3.
7. В *строке 137* пояснить, что скрывается за «тщательно отфильтрованными и скорректированными данными». Указать методологию этих процедур. Ведь зачастую это сама по себе может быть очень сложной задачей.
8. В *строках 154–155*: желательно дать пояснение к рисунку 2: описать главный и промежуточные пики и резкие перепады в количестве данных. Чем они могут быть обусловлены?
9. В *Таблице 1* желательно указать, к каким горизонтам/уровням/высотам приписываются представленные здесь данные.
10. В *строке 170* вводится термин «стандартизация», «стандартизированное значение признака». Пояснить/дать определение. Ведь судя по формуле (1) это просто метод обезразмеривания с нормировкой на стандартное отклонение. И лучше в этой

формуле не вводить новую переменную Z , а, допустим, оставить старую, например, со звездочкой или с волной. Тогда будет видна преемственность.

11. *Строка 178*: Пояснить, что есть «действительных» [признаков]? Ведь выше было «стандартизированное значение признака»?
12. *Строка 202*: Пояснить пространственную привязку квадратов.
13. *Строка 259*: Запятая – лишняя.
14. *Строка 343*: Здесь и ниже вместо «отложенной», лучше написать «выбранной».
15. *Раздел 2.2.4*: Все действия в подпунктах указаны в будущем времени. Поскольку вся работа выполнена, лучше использовать прошедшее.
16. В строке 348: появляется новый термин «тривиальная модель». Дать определение.
17. В *строках 361–363*: нужно использовать математический формат для переменных N и i .
18. В *разделе 2.2.5* сделаны ссылки и описываются некие графические материалы. Может их поместить в текст для большей ясности?
19. *Строка 413*: Запятая – лишняя.
20. *Строка 505*: Вторая запятая – лишняя.
21. Для рисунков с диаграммами постараться дать физическое объяснение, почему в некоторых случаях наблюдается одномодальное распределения, а в большинстве случаев – двумодальное.

Общее замечание: на взгляд рецензента авторы злоупотребляют словом «ключевых» [параметров, характеристик и т. д.]. Лучше в некоторых случаях заменить его на синонимы.

Все эти замечания могут быть исправлены в рабочем порядке и рецензент не настаивает на еще одной процедуре рецензирования.

Подпись. Рецензент № 2. 05.05.2025.

От редакции: рецензия была направлена авторскому коллективу.

Ответ рецензенту № 2 на Рецензию от 05.05.2025 на статью авторского коллектива: С. А. Вострикова, М. А. Крицкий, С. К. Гулев, М. П. Александрова «ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ВЛАЖНОСТИ АТМОСФЕРЫ НАД ОКЕАНОМ ПО ДАННЫМ СОПУТСТВУЮЩИХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ».

Мы благодарим рецензента за время, уделенное нашей статье, и усилия, вложенные в оценку значимости наших результатов и их достоверности.

Далее мы приводим ответ на замечания рецензента по пунктам. Замечания рецензента приводятся полужирным шрифтом, исходный текст статьи приводится курсивом, наши комментарии и скорректированный текст приводится обычным шрифтом.

Рецензент: *В Аннотации и во Введении отредактировать первые предложения, в которых сказано, что «Влажность воздуха в приповерхностном слое атмосферы ..., определяющим интенсивность переноса влаги и тепла между океаном и атмосферой ...» поскольку влажность не может сама по себе определять «интенсивность переноса влаги» за которую отвечают в большей степени процессы турбулентного обмена между атмосферой и океаном.*

Ответ: Мы согласны, что первоначальная формулировка могла быть интерпретирована как придающая влажности самостоятельную роль в формировании обменных процессов.

В обновлённой формулировке подчеркивается, что влажность рассматривается как важный климатический параметр, оказывающий влияние на процессы влаго- и теплообмена между океаном и атмосферой, без отнесения к числу факторов, напрямую определяющих их интенсивность.

Исходный текст в аннотации:

Влажность воздуха в приповерхностном слое атмосферы над океаном является ключевым климатическим параметром, определяющим интенсивность переноса влаги и тепла между океаном и атмосферой, и оказывающим значительное влияние на динамику атмосферных процессов в целом.

Исправленный текст:

Влажность воздуха в приповерхностном слое атмосферы над океаном является ключевым климатическим параметром, влияющим на процессы переноса влаги и тепла между океаном и атмосферой, а также на динамику атмосферных процессов в целом.

Исходный текст в разделе 1 «Введение»:

Влажность воздуха над океаном в приповерхностном слое атмосферы – важный климатический параметр, определяющий процессы переноса влаги и тепла на границе океана с атмосферой и влияющий на динамику атмосферных процессов.

Исправленный текст:

Влажность воздуха над океаном в приповерхностном слое атмосферы – важный климатический параметр, оказывающий значительное влияние на динамику атмосферы и обменные процессы между океаном и атмосферой.

Рецензент: *Строки 23-26. Здесь ставится задача «восстановления временных рядов влажности». Необходимо указать с каким интервалом (осреднением) по времени.*

Ответ: Действительно, указание временного разрешения является важным уточнением. В доработанном варианте статьи внесено пояснение, что восстановление проводится для моментальных значений относительной влажности, соответствующих отдельным измерениям. Временное разрешение восстанавливаемых значений соответствует единичным измерениям во времени, без предварительного осреднения по времени.

Исходный текст в аннотации:

В настоящей статье решена задача в формулировке аппроксимации относительной влажности по данным сопутствующих измерений...

Исправленный текст:

В настоящей статье решена задача в формулировке аппроксимации моментальных значений относительной влажности по данным сопутствующих измерений...

Рецензент: *В строке 34 уточнить «для каждого 2-градусного квадрата», поскольку в разных картографических проекциях это могут быть не только квадраты, но и трапеции, что даже больше имеет физический смысл. Здесь и ниже.*

Ответ: Благодарим за замечание. Мы согласны, что термин «2-градусный квадрат» может быть физически и географически некорректным. При использовании географических координат соответствующие области на поверхности Земли представляют собой трапеции, а не квадраты. Соответствующие формулировки были уточнены по всему тексту статьи.

Исходный текст в аннотации:

...мы провели исследование для каждого 2-градусного квадрата...

Исправленный текст:

...мы провели исследование для каждой ячейки размером 2° по широте и долготе (географическая трапеция)...

Исходный текст в разделе 2.2 «Методы»:

...подход, основанный на разбиении всей водной поверхности на квадраты размером 2x2 градуса по широте и долготе.

Исправленный текст:

...подход, основанный на разбиении всей водной поверхности на ячейки размером 2x2 градуса по широте и долготе.

Исходный текст в разделе 2.2 «Методы»:

Дальнейшее улучшение точности достигается за счёт разделения данных по сезонам внутри каждого квадрата...

Исправленный текст:

Дальнейшее улучшение точности достигается за счёт разделения данных по сезонам внутри каждой ячейки...

Исходный текст в разделе 2.2 «Методы»:

Из рассмотрения были исключены квадраты, в которых меньше 1000 наблюдений...

Исправленный текст:

Из рассмотрения были исключены регионы, в которых меньше 1000 наблюдений...

Исходный текст в разделе 2.2 «Методы»:

...для ускорения обучения моделей, в квадратах с более чем 100 000 данных...

Исправленный текст:

...для ускорения обучения моделей, в регионах с более чем 100 000 данных...

Исходный текст в разделе 2.2 «Методы»:

Рис. 3 — Распределение количества наблюдений в квадратах 2x2°...

Исправленный текст:

Рис. 3 — Распределение количества наблюдений в ячейках 2x2°...

Исходный текст в разделе 2.2 «Методы»:

Распределение количества наблюдений в квадратах 2x2°...

Исправленный текст:

Распределение количества наблюдений в ячейках 2x2°...

Исходный текст в разделе 2.2 «Методы»:

Обучение каждой модели выполнялось отдельно для каждого 2x2-градусного квадрата...

Исправленный текст:

Обучение каждой модели выполнялось отдельно для каждой 2x2-градусной ячейки...

Исходный текст в разделе «Заключение»:

Примененный в работе подход, основанный на разделении данных по квадратам...

Исправленный текст:

Примененный в работе подход, основанный на разделении данных по 2-градусным ячейкам...

Рецензент: Строка 102. Запятая – лишняя.

Ответ: Действительно, запятая после «машинного обучения» не нужна, так как вводной конструкции нет. Запятая в строке 102 удалена.

Исходный текст в разделе «Введение»:

В терминах машинного обучения, эта задача представляет собой задачу восстановления регрессии, в которой целевой переменной является относительная влажность, а признаками – сопутствующие метеорологические наблюдения и измерения.

Исправленный текст:

В терминах машинного обучения эта задача представляет собой задачу восстановления регрессии, в которой целевой переменной является относительная влажность, а признаками – сопутствующие метеорологические наблюдения и измерения.

Рецензент: *Строка 112. Пояснить, что есть «гиперпараметры».*

Ответ: Благодарим за замечание. В доработанном тексте мы добавили пояснение: под гиперпараметрами понимаются настраиваемые внешние параметры моделей, не оптимизируемые в процессе обучения по данным.

Исходный текст в разделе «Введение»:

...мы провели оптимизацию гиперпараметров, что позволило улучшить качество аппроксимации и обеспечить высокую обобщающую способность моделей.

Исправленный текст:

...мы провели оптимизацию гиперпараметров – параметров, задающих конфигурацию модели и процесса её обучения, значения которых выбираются до начала обучения и не обновляются в ходе оптимизации модели по данным. Подбор гиперпараметров позволил улучшить качество аппроксимации и обеспечить высокую обобщающую способность моделей.

Рецензент: *В строках 126-127 устранить противоречие. Их них можно понять, что DISO3 есть приложение к ICOADS, когда как на предыдущей странице указано, что DISO3 – авторская база данных. Кроме того, не нужно еще раз расшифровывать аббревиатуру DISO3.*

Ответ: Спасибо за замечание. Формулировка уточнена: в тексте однозначно указано, что DISO3 представляет собой авторский набор данных, сформированный на основе отфильтрованных и дополненных записей из ICOADS. Повторная расшифровка аббревиатуры DISO3 была исключена.

Исходный текст в разделе 2.1 «Данные»:

В исследовании использовался набор данных DISO3 (Dataset of In-Situ Observations over the Ocean). Он был унаследован от базы данных ICOADS (Freeman et al., 2017)...

Исправленный текст:

В настоящем исследовании использовался набор данных DISO3 – авторская база данных, сформированная на основе тщательно отобранных и предобработанных данных из массива ICOADS (Freeman et al., 2017)...

Рецензент: *В строке 137 пояснить, что скрывается за «тщательно отфильтрованными и скорректированными данными». Указать методологию этих процедур. Ведь зачастую это сама по себе может быть очень сложной задачей.*

Ответ: В соответствующем фрагменте текста формулировка уточнена. Теперь прямо указано, что фильтрация заключалась в удалении записей с пропущенными значениями ключевых параметров. Также добавлено пояснение о методике расчёта производных параметров: относительной влажности и локальной высоты солнца.

Поскольку эти процедуры не являются основной темой статьи, они описаны кратко, но с сохранением ключевой информации.

Добавлен текст в раздел 2.1 «Данные»:

Фильтрация заключалась в удалении записей с пропущенными значениями основных параметров, таких как дата, координаты, температура воздуха и атмосферное давление. После фильтрации для каждого наблюдения были рассчитаны производные параметры. Относительная влажность определялась на основе температуры воздуха, точки росы и давления с использованием приближённого эмпирического соотношения. Высота солнца над горизонтом рассчитывалась по координатам, дате и времени суток на основе геометрической модели астрономического положения Солнца.

Рецензент: В строках 154-155 желательно дать пояснение к рисунку 2: описать главный и промежуточные пики и резкие перепады в количестве данных. Чем они могут быть обусловлены?

Ответ: В разделе 2.1 «Данные» мы добавили краткий комментарий, отмечающий наличие характерных пиков и спадов, которые могут быть связаны с особенностями исторического накопления данных, изменением плотности наблюдений во времени, а также с изменениями в методах сбора данных. Более детальный анализ причин подобных колебаний требует отдельного рассмотрения и в рамках данной работы не проводился. Мы ограничились описанием общих тенденций, которые могут быть полезны для понимания структуры используемого набора.

Рецензент: В Таблице 1 желательно указать к каким горизонтам/уровням/высотам приписываются представленные здесь данные.

Ответ: Мы согласны, что вопрос о высотах и уровнях измерений важен для интерпретации данных. Однако в составе набора ICOADS используются наблюдения, поступающие с различных типов платформ — судов, буёв, береговых станций и других источников. В связи с этим, высота измерений может различаться в зависимости от источника данных. Поэтому указание уровня измерений для всех параметров в Таблице 1 невозможно.

Рецензент: В строке 170 вводится термин «стандартизация», «стандартизированное значение признака». Пояснить/дать определение. Ведь судя по формуле (1) это просто метод обезразмеривания с нормировкой на стандартное отклонение. И лучше в этой формуле не вводить новую переменную Z , а, допустим, оставить старую, например со звёздочкой или с волной. Тогда будет видна преемственность.

Ответ: Термин «стандартизация» уточнён: указано, что под ним понимается нормализация значений признаков путём вычитания выборочного среднего и деления на выборочное стандартное отклонение. Также, чтобы сохранить преемственность в обозначениях, стандартизированное значение переменной обозначено тем же символом с надстрочной звёздочкой вместо новой переменной Z .

Исходный текст в разделе 2.1 «Данные»:

Набор данных DISO3 содержит пропуски, поэтому перед применением методов машинного обучения данные были стандартизированы, для того чтобы приблизить их распределение к нормальному. Это позволило заполнить пропуски значениями, сгенерированными из нормального распределения. Мы заполняли пропуски сгенерированными значениями для действительных переменных (скорость и направление ветра). При этом пропущенные значения для категориальных переменных (балл общей облачности, балл облачности нижнего яруса, тип облачности нижнего, среднего, верхнего яруса и код погоды) удалены. Стандартизация также необходима для того, чтобы все признаки имели сопоставимый диапазон значений, что важно для корректной работы многих алгоритмов машинного обучения, чувствительных к масштабу действительных переменных.

Формула стандартизации для значения признака X выглядит следующим образом:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma},$$

(1)

где Z – стандартизированное значение признака, X – исходное значение признака, μ – выборочное среднее признака, σ – выборочное стандартное отклонение признака. В результате такого преобразования значения действительных признаков имеют среднее 0 и стандартное отклонение 1.

Исправленный текст:

Для корректной работы алгоритмов машинного обучения, чувствительных к масштабу входных данных, все действительные признаки (числовые признаки с непрерывными значениями) были стандартизированы. Под стандартизацией понимается обезразмеривание признаков путём вычитания выборочного среднего и деления на

выборочное стандартное отклонение. Это позволяет привести данные к единому масштабу, где каждое значение отражает отклонение от среднего в единицах стандартного отклонения.

Формула стандартизации для значения признака X выглядит следующим образом:

$$X^{\square} = \frac{X - \mu}{\sigma}, \quad (1)$$

где X^{\square} – стандартизированное значение признака, X – исходное значение признака, μ – выборочное среднее признака, σ – выборочное стандартное отклонение признака X . В результате такого преобразования значения действительных признаков имеют среднее 0 и стандартное отклонение 1.

Также стандартизация данных позволила приблизить их распределение к нормальному и заполнить пропуски в данных значениями, сгенерированными из этого распределения. Мы заполняли пропуски сгенерированными значениями для действительных переменных (скорость и направление ветра). При этом пропущенные значения для категориальных переменных (балл общей облачности, балл облачности нижнего яруса, тип облачности нижнего, среднего, верхнего яруса и код погоды) удалены.

Рецензент: *Строка 178. Пояснить, что есть «действительных» [признаков]? Ведь выше было «стандартизированное значение признака»?*

Ответ: В тексте уточнено, что под «действительными признаками» (или переменными) понимаются непрерывные числовые признаки, принимающие значения на множестве вещественных чисел (например, температура, давление, скорость ветра). Это противопоставляется категориальным признакам, значения которых дискретны и представляют собой классы (например, тип облачности или код погоды).

Исходный текст в разделе 2.1 «Данные»:

...данные были стандартизированы...

Исправленный текст:

...все действительные признаки (числовые признаки с непрерывными значениями) были стандартизированы.

Рецензент: *Строка 202. Пояснить пространственную привязку квадратов.*

Ответ: В доработанном тексте мы уточнили, что пространственные ячейки формировались на основе регулярной широтно-долготной сетки с шагом 2° , с границами, заданными по целым значениям широты и долготы. Такой способ построения обеспечивает непрерывное и неперекрывающееся покрытие всей исследуемой поверхности океана.

Добавлен текст в раздел 2.2 «Методы»:

Пространственные ячейки формировались на основе регулярной широтно-долготной сетки с шагом 2° , где границы каждой ячейки определяются целыми значениями широты и долготы. Такой способ построения обеспечивает непрерывное и неперекрывающееся покрытие всей исследуемой поверхности океана.

Рецензент: *Строка 259. Запятая – лишняя.*

Ответ: Запятая перед союзом «и» действительно была лишней и удалена. Исправление внесено в текст.

Исходный текст в разделе 2.2 «Методы»:

Этот процесс повторяется для каждого подмножества, создавая новые узлы и ветви дерева, и продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто заданное условие остановки.

Исправленный текст:

Этот процесс повторяется для каждого подмножества, создавая новые узлы и ветви дерева и продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто заданное условие остановки.

Рецензент: *Строка 343. Здесь и ниже вместо «отложенной», лучше написать «выбранной».*

Ответ: Благодарим за замечание, однако мы намеренно используем термин «отложенная выборка», поскольку он является устоявшимся в контексте машинного обучения. Он чётко указывает на то, что часть данных использовалась только для последующего тестирования модели и не использовалась для её обучения. Термин «выбранная выборка» может быть интерпретирован неоднозначно (например, как выборка, сформированная по определённому критерию), и в данном случае менее точно отражает суть. Поэтому мы предпочитаем сохранить исходную формулировку.

Рецензент: *Раздел 2.2.4. Все действия в подпунктах указаны в будущем времени. Поскольку вся работа выполнена, лучше использовать прошедшее.*

Ответ: Действительно, раздел описывает уже выполненные действия, поэтому формулировки были приведены в прошедшее время. Исправления внесены в текст.

Исходный текст в разделе 2.2 «Методы»:

Эффективность алгоритмов будет оцениваться на основе нескольких критериев, включающих:

- количественную оценку: будет оценено качество каждой модели на отложенной для теста выборке с использованием метрики качества;
- оценку неопределённостей: будет проведена оценка неопределённости меры качества и целевой переменной, что позволит оценить надёжность полученных результатов;
- сравнение с тривиальной моделью: качество аппроксимации для каждой модели будет сравнено с качеством для тривиальной модели, которая аппроксимирует влажность, как среднее по региону. Это покажет, насколько эффективно работает модель машинного обучения по сравнению с простым усреднением.

На основании этих оценок будет выбран алгоритм с наилучшими показателями для дальнейшего его применения.

Исправленный текст:

Эффективность алгоритмов мы оценивали на основе нескольких критериев, включающих:

- количественную оценку: оценено качество каждой модели на отложенной для теста выборке с использованием метрики качества;
- оценку неопределённостей: проведена оценка неопределённости меры качества и целевой переменной, что позволило оценить надёжность полученных результатов;
- сравнение с тривиальной моделью: качество аппроксимации для каждой модели сравнено с качеством для тривиальной модели – базового алгоритма, который не использует входные признаки и аппроксимирует влажность, как среднее значение величины по региону. Это показало, насколько эффективно работает модель машинного обучения по сравнению с простым усреднением.

На основании этих оценок выбран алгоритм с наилучшими показателями для дальнейшего его применения.

Рецензент: *В строке 348 появляется новый термин «тривиальная модель». Дать определение.*

Ответ: Термин «тривиальная модель» уточнён в тексте: под ним понимается базовый алгоритм, не использующий входные признаки и аппроксимирующий целевую переменную как среднее значение влажности по региону. Исправление внесено при первом упоминании термина.

Исходный текст в разделе 2.2 «Методы»:

...сравнение с тривиальной моделью: качество аппроксимации для каждой модели будет сравнено с качеством для тривиальной модели, которая аппроксимирует влажность, как среднее по региону.

Исправленный текст:

...сравнение с тривиальной моделью: качество аппроксимации для каждой модели сравнено с качеством для тривиальной модели – базового алгоритма, который не использует входные признаки и аппроксимирует влажность, как среднее значение величины по региону.

Рецензент: В строках 361-363 нужно использовать математический формат для переменных N и i .

Ответ: Благодарим за замечание. Обозначения переменных N и i приведены к математическому формату. Исправления внесены в текст.

Исходный текст в разделе 2.2 «Методы»:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2},$$

(2)

Исправленный текст:

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

(2)

Рецензент: В п. 2.2.5 сделаны ссылки и описываются некие графические материалы. Может их поместить в текст для большей ясности?

Ответ: Спасибо за замечание. Действительно, визуальные материалы играют важную роль в интерпретации результатов. Однако упомянутые графики (гистограммы и карты ошибок) уже включены в раздел 3.4 «Анализ пространственных карт и гистограмм», где они подробно прокомментированы.

Раздел 2.2 «Методы» посвящён описанию используемых подходов и методологий, а не представлению результатов — именно поэтому визуальные материалы, относящиеся к оценке качества моделей, размещены в разделе 3 «Результаты». Перенос их в раздел методов нарушил бы логическую структуру статьи и затруднил восприятие. Поэтому мы предпочитаем сохранить текущее расположение графических материалов.

Рецензент: Строка 413. Запятая – лишняя.

Ответ: Запятая после слова «оценивается» действительно была лишней. Ошибка исправлена.

Исходный текст в разделе 2.2 «Методы»:

Неопределенность целевой переменной оценивается, как выборочное стандартное отклонение полученного множества оценок.

Исправленный текст:

Неопределённость целевой переменной оценивается как выборочное стандартное отклонение полученного множества оценок.

Рецензент: Строка 505. Вторая запятая – лишняя.

Ответ: Действительно, запятая перед «хотя» в данном контексте является лишней. Исправление внесено в текст.

Исходный текст в разделе 3.5 «Сравнение моделей»:

Линейная регрессия, хотя и учитывает линейные зависимости, ограничена в моделировании сложных, нелинейных взаимосвязей.

Исправленный текст:

Линейная регрессия, хотя и учитывает линейные зависимости, ограничена в моделировании сложных, нелинейных взаимосвязей.

Рецензент: Для рисунков с диаграммами постараться дать физическое объяснение, почему в некоторых случаях наблюдается одномодальное распределения, а в большинстве случаев – двумодальное.

Ответ: Благодарим за замечание. Мы признаем важность данного вопроса, однако на текущем этапе исследования нам **не удалось установить физическое объяснение** различий в форме распределений. Мы затрудняемся дать достоверную интерпретацию в рамках данного исследования, но считаем этот вопрос перспективным для дальнейшего изучения.

Рецензент: *Общее замечание: на взгляд рецензента авторы злоупотребляют словом «ключевых» [параметров, характеристик и т.д.]. Лучше в некоторых случаях заменить его на синонимы.*

Ответ: Благодарим за замечание. Мы учли рекомендацию и заменили слово «ключевых» на более уместные синонимы в ряде случаев. Формулировки скорректированы с сохранением исходного смысла.

С уважением, авторский коллектив. 12.05.2025.

От редакции: ответ и доработанная версия статьи были направлены редакцией рецензенту.

Подтверждение Рецензента № 2 на публикацию:

Здравствуйте!

Авторы проделали необходимую работу по устранению ранее выявленных замечаний. Рецензент согласен со всеми доработками и пояснениями к статье.

Однако замечание к *строкам 361–363* (сейчас это *строки 366–373*), что нужно использовать математический формат для переменных N и i , осталось не до конца исправленным. Кроме того, нужно устранить ошибку в формуле (2), которая вкралась в неё после ее редакции.

Все эти небольшие замечания могут быть исправлены в рабочем порядке и еще одной процедуры рецензирования статья не требует.

Подпись. Рецензент № 2. 12.05.2025.

От редакции: замечание рецензента было направлено авторскому коллективу. Поступила доработанная версия статьи, повторное рецензирование не требуется. 12.05.2025.