

ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА/PROBABILITY THEORY AND MATHEMATICAL STATISTICS

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.78>

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ МОНИТОРИНГА ОРНИТОКОМПЛЕКСОВ НА ТЕРРИТОРИИ БОТИЕВСКОГО ВЕТРОПАРКА (ЗАПОРОЖСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Научная статья

Сиохин В.Д.¹, Еремеев В.С.², Петренко И.А.^{3,*}

¹ Научно-исследовательский центр «Биоразнообразие-экоресурс и мониторинг», Мелитополь, Российская Федерация

^{1,2} Мелитопольский государственный университет, Мелитополь, Российская Федерация

³ Северо-Кавказский филиал Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, Минеральные Воды, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (pia63[at]mail.ru)

Аннотация

В статье рассмотрено применение методов статистической обработки данных для анализа динамики изменения численности птиц на территории Ботиевской ветровой электростанции и в буферных зонах в период её эксплуатации с 2013 г. по 2021 г. включительно. На первом этапе анализа проверялась возможность появления ошибочных измерений или аномальных величин, которые выпадали из общих статистических закономерностей, для чего использовался метод Ирвина. В результате проверки часть данных была изъята из дальнейшего рассмотрения. На втором этапе проверялась возможность корреляционной зависимости скорректированной численности птиц на территории ВЭС от времен её эксплуатации в различные сезоны. Значимость коэффициентов корреляции проверялась с помощью *T*-критерия Стьюдента. Вычисленное значение критерия для зимнего сезона равно -0,062, что свидетельствует об отсутствии зависимости количества птиц от времени эксплуатации. Критерии Стьюдента для весеннего, гнездового, осенних сезонов и общей численности птиц за весь год находились в пределах от 2,77 до 5,12, что больше критической величины 2,45 для 5%-го уровня значимости. Следовательно, в этом случае можно говорить о зависимости, которая была представлена в виде уравнений регрессии: (весенний сезон), (гнездовой сезон), (осенний сезон), (общая численность).

Ключевые слова: статистическая обработка данных, уравнение регрессии, коэффициент корреляции, *T*-критерий Стьюдента, ветровая электростанция, орнитокомплексы, птицы.

STATISTICAL PROCESSING OF THE RESULTS OF MONITORING ORNITHOLOGICAL COMPLEXES IN THE TERRITORY OF THE BOTIEVSKY WIND PARK (ZAPORIZHZHIA OBLAST)

Research article

Siokhin V.D.¹, Yeremeev V.S.², Petrenko I.A.^{3,*}

¹ Scientific Research Center "Biodiversity-Ecological resource and monitoring", Melitopol, Russian Federation

^{1,2} Melitopol State University, Melitopol, Russian Federation

³ North Caucasian branch of Belgorod state technological University named after. V. G. Shukhov, Mineralnye Vody, Russian Federation

* Corresponding author (pia63[at]mail.ru)

Abstract

The article considers the application of statistical data processing methods to analyze the dynamics of changes in the number of birds on the territory of the Botievskaya wind power plant and in buffer zones during its operation from 2013 to 2021 inclusive. At the first stage of the analysis, the possibility of erroneous measurements or abnormal values that fell out of general statistical patterns was checked, for which the Irwin method was used. As a result of the verification, some of the data was withdrawn from further consideration. At the second stage, the possibility of correlating the adjusted number of birds on the territory of the wind farm with the times of its operation in different seasons was tested. The significance of the correlation coefficients was checked using the Student's *T*-test. The calculated criterion value for the winter season is -0.062, which indicates that the number of birds does not depend on the time of operation. The Student's criteria for the spring, nesting, and autumn seasons and the total number of birds for the entire year ranged from 2,77 to 5,12, which is more than the critical value of 2,45 for the 5% significance level. Therefore, in this case, we can talk about the dependence, which was presented in the form of regression equations: $x=8935,5-838,2t$ (spring season), $x=4040,8-374,7t$ (breeding season), $x=6954,8-519,1t$ (autumn season), $x=22782,3-2022,8t$ (total population).

Keywords: statistical data processing, regression equation, correlation coefficient, Student's *T*-test, wind farm, ornithocomplexes, birds.

Введение

Азово-Черноморский регион содержит природные территории, которые являются резерватами уникального биоразнообразия, и поддерживают многочисленные популяции перелетных птиц в масштабах Евразии [1], [2]. Ботиевская ветровая электростанция (ВЭС) расположена на побережье Азовского моря, поэтому изучение её влияния на миграционные процессы представляет большой интерес. Результаты мониторинга Ботиевского ветрового парка и прилегающей территории получены группой сотрудников Научно-исследовательского центра «Биоразнообразие»

Мелитопольского государственного университета имени Б. Хмельницкого под руководством кандидата биологических наук В. Д. Сиохина в 2013–2021 годах и опубликованы в отчёте [3]. В статье Сидоренко В.С., Горлова П.И. и Сиохина В.Д. [4] приведены данные об изменении численности птиц во время весенней миграции на территории ВЭС. Настоящая работа посвящена статистическому анализу динамики миграционных процессов в зимний, весенний, гнездовой и осенний периоды миграции на территории Ботиевской ВЭС и буферных зонах.

Структурные характеристики территории Ботиевской ВЭС и динамика птиц в различные сезоны в 2013–2021 годах

Раздел составлен по данным работы [3]. Ботиевская ВЭС расположена на побережье Азовского моря в пределах Приазовского района Запорожской области (рис. 1). В антропогенном аспекте площадка ВЭС с прилегающей территорией и буферными зонами занята только сельскохозяйственными угодьями и лесополосами. Лесонасаждения представлены лесополосами, которые отличается составом древесных насаждений, шириной и кустарниковым ярусом.



Рисунок 1 - Схема расположения Ботиевской ВЭС
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.78.1>

Учёт сезонных комплексов птиц проводился маршрутным методом. Для получения информации о динамике птичьих перемещений проводились наблюдения в отдельных мониторинговых точках и на выделенных участках, что позволяло определять угрозы столкновения птиц с ветровыми установками. Численность учтённых птиц на территории ВЭС и буферных зонах в зимний, весенний, гнездовой и осенний периоды в 2013–2021 годах представлялась в виде таблиц. Пример информации о видовом разнообразии и численности птиц в период весенней миграции в 2013–2021 годах приведён в таблице 1.

Таблица 1 - Сравнительная характеристика видового разнообразия и численности птиц в период весенней миграции в 2013–2021 годах

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.78.2>

№	Вид	2013	2014	2015-2019	2020	2021	2013-2021
1	Поганка чёрношейная			25	25		50
2	Поганка большая	-	101	698	4	11	814
3	Баклан большой	87	65	11735	169	617	12673
4	Цапля большая белая	11	-	-	4	-	15
...							
122	Коноплянка	-	-	80	-	11	91
123	Просянка	5	-	31	19	8	63

№	Вид	2013	2014	2015-2019	2020	2021	2013-2021
124	Овсянка обыкновенная	-	-	8	-	-	8
125	Овсянка садовая	-	-	1	-	-	1
Всего	Количество видов	28	38	89	52	41	92
	Численность птиц	7921	6773	32667	2402	2612	52575

Обработка полученных данных показала, что орнитокомплекс на территории Ботиевской ВЭС в период 2013-2021 гг. состоял из 92 видов птиц. Наименьшее количество видов зафиксировано в 2018 г. (23 вида). Наибольшее количество видов зафиксировано в 2020 г. (52 вида).

Среди представленных видов по численности преобладает Турухтан (*Philomachus pugnax*), Бережливая ворона (*Corvus frugilegus*) и Пелагаз (*Tadorna tadorna*). Наименьшее количество наблюдается у Коровайки (*Plegadis falcinellus*), Аиста белого (*Ciconia ciconia*), Утки серой (*Anas strepera*), Ястреба малого, Веретенника малого (*Limosa lapponica*), Сыча домового (*Athenen noctua*), Дрозда певчего (*Turdus philomelos*) и Овсянки садовой — по одной особи.

В течение всего весеннего периода наблюдений зафиксировано 52575 особей 92 видов. Численность птиц в различные сезоны представлена в таблице 2.

Таблица 2 - Численность птиц, учтённых в 2013-2021 годах на территории Ботиевской станции и буферных зонах в различные периоды

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.78.3>

	Численность птиц	Количество видов
Зимний период	8 541	49
Весенняя миграция	52 575	92
Гнездовой период	18 316	108
Осенняя миграция	50 552	87

Наибольшая активность птиц согласно данным таблицы 2 проявляется в весенний и осенний периоды миграции. Численность птиц на территории ВЭС весной и осенью сопоставимы, на прилегающих зонах в весенний период она выше осеннего более чем на 50%.

В таблице 3 приведена численность зарегистрированных птиц по данным отчёта [3].

Таблица 3 - Количество птиц на территории Ботиевской станции и буферных зонах

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.78.4>

Год	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Зимний сезон	741	511	624	2644	619	365	1622	868	547
Весенний сезон	7921	6773	16297	9526	2593	2480	1971	2402	2612
Гнездовой сезон	3021	5364	2714	2301	1145	792	238	1206	1544
Осенний сезон	6330	7845	1255	16097	7869	2777	4162	2472	1645
Всего	18013	20493	20890	30568	12226	6414	7993	6948	6348

Статистическая обработка изменения численности птиц в период эксплуатации ВЭС в различные сезоны от 2013 г. до 2021 г.

Статистический анализ данных, представленных в таблице 3, проводился в соответствии с рекомендациями, изложенными в работе [4]. На первом этапе с использованием метода Ирвина проверялась возможность появления ошибочных измерений или аномальных величин, которые выпадают из общих статистических закономерностей полученных результатов. Метод основан на определении коэффициентов $\lambda_i = |x_i - x_{i-1}| / s_x$ для каждой строки из таблицы 3 в

отдельности, где x_i — численность птиц в i -м году ($i=0$ относится к 2013 г., $i=1$ — к 2014 г. и т.д., $i=9$ — к 2021 г.), s_x — среднеквадратическое отклонение, вычисляемое по формуле

$$S_x = \sqrt{S_x^2} = \sum_{i=1}^{i=9} (x_i - x_{cp})^2. \quad (1)$$

Величина x_{cp} определяет среднее значение численности птиц в анализируемом сезоне. Полученные значения λ_i сравнивались с критическим параметром λ_a . Если $\lambda_i > \lambda_a$, то больший из двух элементов с номерами $i-1$ и i в статистическом ряде отбрасывался из анализа. Параметр λ_a для объёма выборки, равного 9, и 5%-го уровня значимости приблизительно равен 1,9. Следует отметить, что отбракованный элемент может не являться результатом ошибки измерения, а отражать влияние известного или неизвестного фактора. Но здесь математика бессильна. Решение по отбраковке принимает исследователь. Вычисленные коэффициенты λ_i приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Параметр Ирвина λ_i в случае учёта птиц на территории Ботиевской ВЭСDOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.78.5>

i	2	3	4	5	6	7	8	9
Год	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Зимний сезон	0,31	0,15	2,76	2,77	0,33	1,66	1,0	0,42
Миграция весной	0,24	1,97	1,4	1,43	0,05	0,23	0,22	0,08
Гнездовой сезон	1,52	1,72	0,27	0,75	0,98	2,61	2,33	0,66
Миграция осенью	0,32	1,41	3,17	1,76	1,57	0,64	0,72	0,34
Общая численность	0,29	0,05	1,13	2,15	1,41	0,41	0,13	0,08

Из таблицы 4 видно, что результаты ряда измерений выпадают из общих статистических закономерностей и подлежат отбраковке. К ним относятся следующие данные:

Численность птиц в зимний период миграции в 2016 г. (2644 птиц), параметр $\lambda_4=2,76$.

Численность птиц в весенний период миграции в 2015 г. (2387 птиц), параметр $\lambda_3=1,97$.

Численность птиц в гнездовой период миграции в 2019 г. (238 птиц), параметр $\lambda_7=2,61$.

Численность птиц в осенний период миграции в 2016 г. (16097 птиц), параметр $\lambda_4=3,17$.

Общая численность в 2016 г. (30568 птиц), параметр $\lambda_5=2,15$.

Скорректированные данные по численности птиц после отбраковки возможных ошибочных измерений или аномальных величин представлены в таблице 5.

Таблица 5 - Скорректированная численность птиц на территории Ботиевской станции и буферных зонах

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.78.6>

Год	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Зимний сезон	741	511	624		619	365	1622	868	547
Весенний сезон	7921	6773		9526	2593	2480	1971	2402	2612
Гнездовой сезон	3021	5364	2714	2301	1145	792		1206	1544
Осенний сезон	6330	7845	1255		7869	2777	4162	2472	1645
Всего	18013	20493	20890		12226	6414	7993	6948	6348

На втором этапе анализировалась возможность корреляционной зависимости численности птиц x_i от года учёта t_i в период 2013–2021 г. Наличие линейной связи между ними определялось по значению коэффициента корреляции [6]

$$r_{xt} = (\sum_{i=1}^{n=1} x_i t_i - nx_{cp} t_{cp}) / ns_x s_t, \quad (2)$$

где $s_x = \sqrt{s_x^2}$, $s_t = \sqrt{s_t^2}$ — среднеквадратические отклонения.

Значимость коэффициента (2) проверялась с использованием T -критерия Стьюдента $q = n - 2$ для степеней свободы:

$$T = |r_{tx}| \sqrt{n-2} / \sqrt{1 - r_{tx}^2}. \quad (3)$$

Если значение T больше критической величины T_{kr} при выбранном уровне значимости q , то между параметрами количества птиц x и временем эксплуатации t существует линейная связь, которую можно представить в виде линейного уравнения регрессии

$$x = a + bt, \quad (4)$$

где $a = x_{cp} - r_{tx} t_{cr} s_{\sqrt{s_t}}$, $b = r_{tx} s_{\sqrt{s_t}}$.

В противном случае, при $T < T_{kr}$ подобная связь отсутствует. Вычисленные коэффициенты корреляции для выборок, представленных в таблице 5, соответствующие значения T -критерия Стьюдента для 5%-го уровня значимости для $n=8-2=6$ степеней свободы и критические значения T_{kr} приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Параметры корреляционной связи

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.78.7>

Параметры	r_{tx}	T	T_{kr}	a	b
Зимний сезон	-0,062	0,163	2,45	570,09	32,59
Весенний сезон	-0,847	4,193	2,45	8935,53	-838,24
Гнездовой сезон	-0,815	3,736	2,45	4040,82	-374,73
Осенний сезон	-0,742	2,766	2,45	6954,79	-519,11
Общая численность	-0,889	5,123	2,45	22782,32	-2022,77

Примечание: r_{tx} – коэффициенты корреляции; T -критерии Стьюдента; T_{kr} – критические значения критерии Стьюдента; b – коэффициенты уравнения регрессии

Из таблицы 6 видно, что во всех случаях, за исключением зимнего сезона, коэффициент Стьюдента (3) больше критического значения. Следовательно, корреляционная связь существует для большинства сезонов, которую в соответствии с формулой (4) можно представить в виде уравнений регрессии.

Весенний сезон:

$$x = 8935,5 - 838,2t \quad (5)$$

Гнездовой сезон:

$$x = 4040,8 - 374,7t \quad (6)$$

Осенний сезон:

$$x = 6954,7 - 519,1t \quad (7)$$

Общая численность:

$$x = 22782,3 - 2022,8t \quad (8)$$

Корреляционные зависимости численности птиц от времени эксплуатации ВЭС, рассчитанные по формулам (5)–(8), приведены на рисунках 2–5. Наиболее сильно выраженные зависимости относятся к весеннему сезону, осеннему сезону и к общей численности птиц.

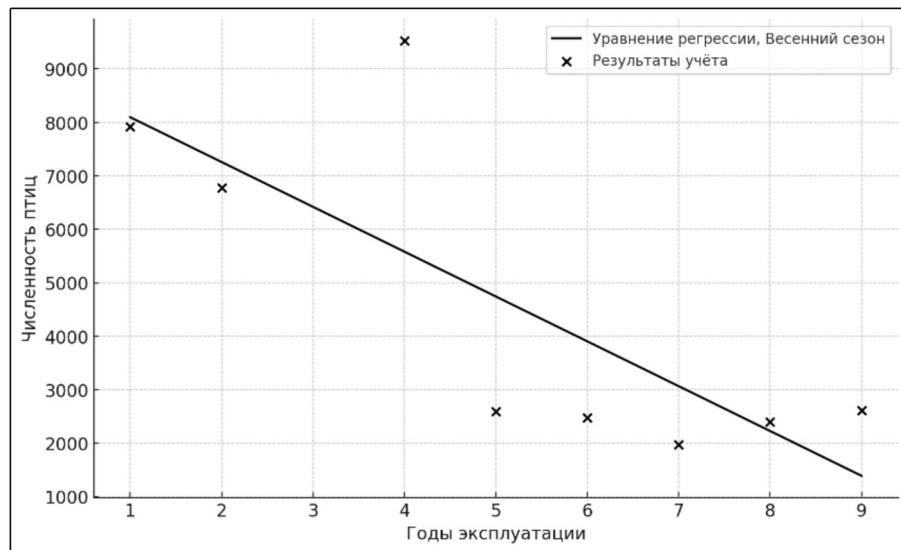


Рисунок 2 - Корреляционная зависимость численности птиц от времени эксплуатации ВЭС для весеннего сезона, вычисленная по формуле (5)

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.78.8>

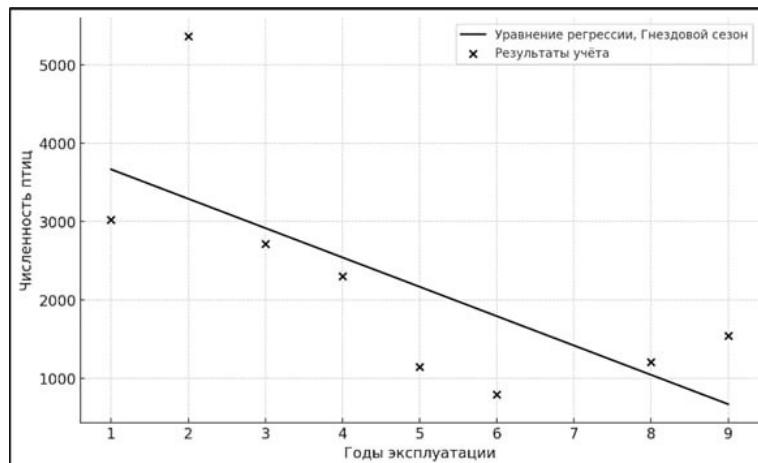


Рисунок 3 - Корреляционная зависимость численности птиц от времени эксплуатации ВЭС для гнездового сезона, вычисленная по формуле (6)

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.78.9>

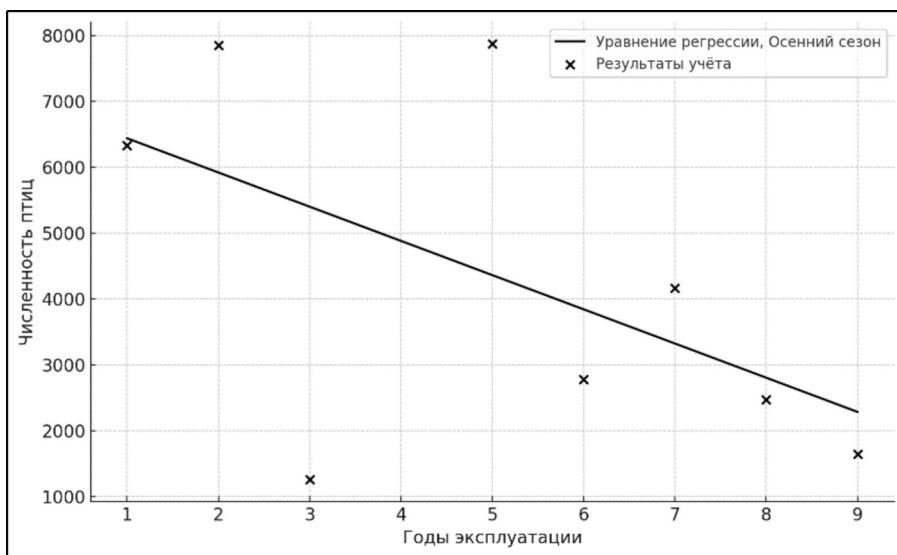


Рисунок 4 - Корреляционная зависимость численности птиц от времени эксплуатации ВЭС для осеннего сезона, вычисленная по формуле (7)

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.78.10>

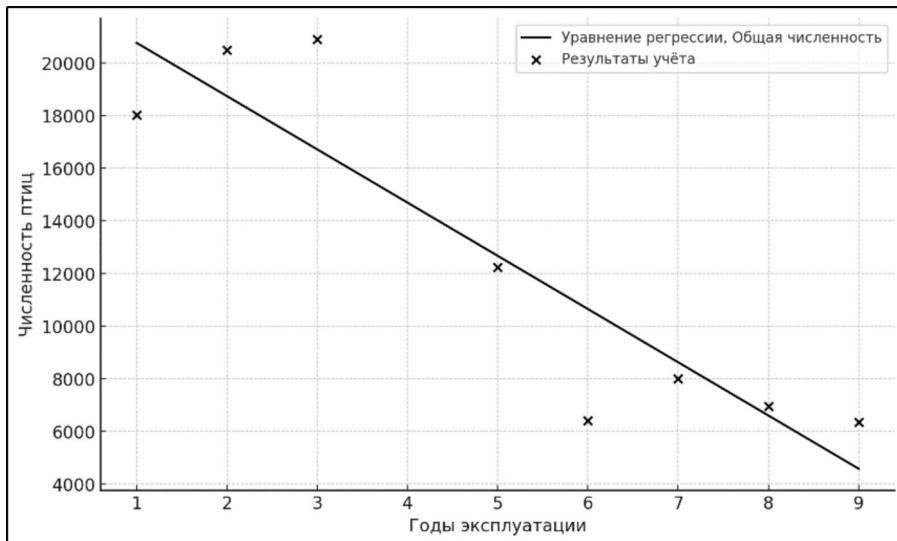


Рисунок 5 - Корреляционная зависимость общей численности птиц от времени эксплуатации ВЭС, вычисленная по формуле (8)

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.78.11>

Достоверность полученных зависимостей подтверждается значениями коэффициентов детерминации r_{tx}^2 и результатом анализа адекватности уравнений регрессии (5-8) с использованием критерия Фишера F для 5%-го уровня значимости, которые приведены в таблице 7. Критерий Фишера вычислялся по формуле

$$F = r_{tx}^2 (n - m) / [(1 - r_{tx}^2)(m - 1)], \quad (9)$$

где m — число параметров в уравнении регрессии, в данном случае равное 2, $n=8$ — количество измерений птиц, которое независимо от сезона было одинаковым и согласно таблице 5 равным 8.

Таблица 7 - Значения коэффициента корреляции r_{tx} , коэффициента детерминации r_{tx}^2 , критерия Фишера F и критического значения критерия Фишера F_{kp}

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.78.12>

Параметры	r_{tx}	r_{tx}^2	F	F_{kp}
Весенний сезон	-0,847	0,723	15,66	5,59
Гнездовой сезон	-0,815	0,664	11,86	5,59
Осенний сезон	-0,742	0,551	7,36	5,59

Параметры	r_{tx}	r_{tx}^2	F	F_{kp}
Общая численность	-0,889	0,790	22,57	5,59

Примечание: по источнику [6]

Заключение

Поскольку временная зависимость количества птиц, учтённых в зимний сезон отсутствует, то в этом случае можно говорить только о численности птиц в рамках статистического разброса относительно среднего значения $x_{cp}=737$. Величина доверительного интервала определялась в предположении, что выборочные данные подчиняются нормальному закону распределения. Разброс численности птиц Δ относительно среднего значения оценивался по формуле $\Delta=0,67s_x$ для 50%-го доверительного интервала и по формуле $\Delta=1,64s_x$ для 90%-го интервала [6]. Минимальное x_{min} и максимальное x_{max} значения интервалов вычислялись по формулам $x_{min}=x_{cp}-\Delta$, $x_{max}=x_{cp}+\Delta$. Нижний и верхний пределы для доверительных интервалов оказались равными: 495 и 979 для 50%-го интервала, 272÷1200 для 90%-го интервала.

Финансирование

Работа выполнена в рамках проекта № FRRS-2023-035 «Оценка состояния сезонных орнитологических комплексов и трансконтинентальных миграций на мониторинговых полигонах Азово-Черноморского региона и Сиваша, разработка программного обеспечения для моделирования и управления природными комплексами».

Благодарности

Авторы статьи выражают большую благодарность инженеру Гончарову А.Ю. за помощь при проведении расчётов и построении графиков.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть представлена компетентным органам по запросу.

Funding

The work was carried out within the framework of project No. FRRS-2023-035 "Assessment of the state of seasonal ornithological complexes and transcontinental migrations in monitoring sites of the Azov-Black Sea region and Sivash, development of software for monitoring and managing large complexes."

Acknowledgement

The authors of this article express their sincere gratitude to engineer Goncharov A. Yu. for his assistance in performing calculations and constructing graphs.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Бюллетень РОМ: Итоги регионального орнитологического мониторинга. Август 2006 г. Восточная Европа / под ред. И.И. Черничко. — 2008. — 64 с.
2. Andryushchenko Yu.O. Current Status of Anserinae Wintering in Azov-Black Sea Region of Ukraine / Yu.O. Andryushchenko, V.S. Gavrilenko, V.A. Kostiushyn [et al.] // Bulletin of Zoology. — 2019. — Vol. 53, № 4. — P. 297–312. — DOI: 10.2478/vzoo-2019-0031.
3. Сиохин В.Д. Отчет по проведению базового мониторинга сезонных комплексов птиц и летучих мышей с разработкой отдельных позиций менеджмента и минимизации влияния на природные комплексы в границах площадки Ботиевской ВЭС в Приазовском районе Запорожской области / В.Д. Сиохин, П.И. Горлов, И.И. Черничко [и др.] — Мелитополь: Научно-производственное предприятие «Ekoresurs i monitorynh», 2021. — 280 с.
4. Сидоренко А.И. Стабильность весенних орнитокомплексов на территории работающей ветроэлектростанции в период 2013–2020 годов / А.И. Сидоренко, П.И. Горлов, В.Д. Сиохин // Современные исследования птиц Украины: сб. науч. тр. — Мелитополь: ВПЦ «Люкс», 2021. — С. 182.
5. Yeremieiev V.S. Statistical Methods for Processing Data on the Impact of Wind Farms on Birds / V.S. Yeremieiev, V.D. Siokhin, A.V. Matsyura [et al.] // The Eurasia Proceedings of Science, Technology, Engineering and Mathematics. — 2024. — Vol. 29. — P. 293–304.
6. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика / Н.Ш. Кремер. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. — 566 с.
7. Петров Ю.В. Моделирование случайных величин / Ю.В. Петров, С.Н. Аникин, С.А. Юхно. — Санкт-Петербург : Балт. гос. техн. ун-т, 2020. — 90 с.
8. Гельгор А.Л. Методы моделирования случайных величин и случайных процессов: учеб. пособие / А.Л. Гельгор, А.И. Горлов, Е.А. Попов. — Санкт-Петербург : Изд-во Политехн. ун-та, 2012. — 217 с.
9. Васильев А.А. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник и практикум для вузов / А.А. Васильев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Юрайт, 2021. — 232 с.
10. Загребаев А.М. Элементы теории вероятностей и математической статистики: учебное пособие для вузов / А.М. Загребаев. — 2-е изд. — Москва: Юрайт, 2021. — 159 с.

11. Письменный Д. Конспект лекций по теории вероятностей, математической статистике и случайным процессам / Дмитрий Письменный. — 5-е изд. — Москва: Айрис-пресс, 2010. — 288 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Bulletin ROM: Itogi regional'nogo ornitologicheskogo monitoringa. Avgust 2006 g. Vostochnaya Evropa [Bulletin of ROM: Results of Regional Ornithological Monitoring. August 2006. Eastern Europe] / ed. by I.I. Chernichko. — 2008. — 64 p. [in Russian]
2. Andryushchenko Yu.O. Current Status of Anserinae Wintering in Azov-Black Sea Region of Ukraine / Yu.O. Andryushchenko, V.S. Gavrilenko, V.A. Kostiushyn [et al.] // Bulletin of Zoology. — 2019. — Vol. 53, № 4. — P. 297–312. — DOI: 10.2478/vzoo-2019-0031.
3. Siokhin V.D. Otchet po provedeniju bazovogo monitoringa sezonnnyh kompleksov ptic i letuchih myshej s razrabotkoj otdel'nyh pozicij menedzhmenta i minimalizacii vlijanija na prirodnye kompleksy v granicah ploshhadki Botievskoj VES v Pria-zovskom rajone Zaporozhskoj oblasti [Report on the Basic Monitoring of Seasonal Bird and Bat Assemblages with Development of Management and Impact Minimization Measures within the Botievska Wind Farm Site in the Priazovskiy District of Zaporizhzhia Oblast] / V.D. Siokhin, P.I. Gorlov, I.I. Chernichko [et al.] — Melitopol: research and production enterprise «Ekoresurs i monitorynh», 2021. — 280 p. [in Russian]
4. Sidorenko A.I. Stabil'nost' vesennyh ornitokompleksov na territorii rabotajushhej vetroelektrostantsii v period 2013–2020 godov [Stability of Spring Bird Assemblages within an Operational Wind Farm during 2013–2020] / A.I. Sidenko, P.I. Gorlov, V.D. Siokhin // Sovremennye issledovanija ptic Ukrayny: sb. nauch. tr. [Modern Studies of Birds of Ukraine: Collected Scientific Papers]. — Melitopol: VPC «Lux», 2021. — P. 182. [in Russian]
5. Yeremieiev V.S. Statistical Methods for Processing Data on the Impact of Wind Farms on Birds / V.S. Yeremieiev, V.D. Siokhin, A.V. Matsyura [et al.] // The Eurasia Proceedings of Science, Technology, Engineering and Mathematics. — 2024. — Vol. 29. — P. 293–304.
6. Kremer N.Sh. Teoriya verojatnostej i matematicheskaja statistika [Probability Theory and Mathematical Statistics] / N.Sh. Kremer. — 2nd ed., rev. and enl. — Moscow: Uniti-Dana, 2004. — 566 p. [in Russian]
7. Petrov Yu.V. Modelirovanie sluchajnyh velichin [Modeling of Random Variables] / Yu.V. Petrov, S.N. Anikin, S.A. Yukhno. — St. Petersburg : Balt. State Technical University, 2020. — 90 p. [in Russian]
8. Gel'gor A.L., Gorlov A.I., Popov E.A. Metody modelirovaniya sluchajnyh velichin i sluchajnyh processov: ucheb. posobie [Methods of Modeling Random Variables and Random Processes: Study Guide] / A.L. Gel'gor, A.I. Gorlov, E.A. Popov. — St. Petersburg : Polytechnical University Publishing House, 2012. — 217 p. [in Russian]
9. Vasil'ev A.A. Teoriya verojatnostej i matematicheskaja statistika: uchebnik i praktikum dlja vuzov [Probability Theory and Mathematical Statistics: Textbook and Workshop for Universities] / A.A. Vasil'ev. — 2nd., rev. and enl. — Moscow: Urajt, 2021. — 232 p. [in Russian]
10. Zagrebaev A.M. Jelementy teorii verojatnostej i matematicheskoj statistiki: uchebnoe posobie dlja vuzov [Elements of Probability Theory and Mathematical Statistics: Study Guide for Universities] / A.M. Zagrebaev. — 2-nd ed. — Moscow: Urajt, 2021. — 159 p. [in Russian]
11. Pismennyj D. Konспект lekcij po teorii verojatnostej, matematicheskoj statistike i sluchajnym processam [Lecture Notes on Probability Theory, Mathematical Statistics and Random Processes] / Dmitrij Pismennyj. — 5th ed.. — Moscow: Ajris-press, 2010. — 288 p. [in Russian]