УДК 528.854.4

Програмне забезпечення для обробки наукових досліджень впливу довкілля на орнітофауну м. Вільнянськ

Борисов Віталій Валерійович

*Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького,
Мелітополь, Україна*

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ	АНОТАЦІЯ
<p><i>Історія:</i></p> <p>Надійшла: 22.10.2018 Прийнята до публікації: 12.02.2019 Опублікована онлайн: 20.03.2019</p> <hr/> <p><i>Ключові слова:</i></p> <p>програмне забезпечення обробка даних орнітофауна геоінформаційні системи Google Maps Google Earth STATISTICA</p> <hr/> <p>© Борисов В. В.</p> <p>Стаття ліцензована відповідно до "CC BY 4.0".</p>	<p>У статті наведено опис інформаційних технологій, які було використано у процесі дослідження орнітофауни м. Вільнянськ Запорізької обл. На основі аналізу наукових джерел під час осінньо-зимового обліку орнітофауни застосовувались методи маршрутного (прокладення трансект на короткі та довгі відстані), картографічного (створення мап пробних ділянок та нанесення на них особин з визначенням їх щільності) і комбінованого (поєднання елементів двох попередніх) обліку. У процесі оброблювання даних було застосовано програмне забезпечення пакету Microsoft Office, Google Earth, Google Maps і статистичний пакет STATISTICA. У результаті цих досліджень було створено загальну картосхему району спостережень за птахами, розраховані розміри площ біотопів для подальшого нанесення особин на їх ділянки з урахуванням елементів урболандшафтів, проведено аналіз динаміки чисельності птахів за осінньо-зимовий період 2017/2018 рр. та визначено коефіцієнти кореляції, які дозволили встановити залежність між температурою і метеоумовами та популяційними показниками.</p>

Analysis of applied software tools for processing scientific research environmental impact of the avifauna town of Vilnyansk

Vitaliy Borisov

*Bogdan Khmelnytsky Melitopol state pedagogical university,
Melitopol, Ukraine*

Abstract. The article provides a detailed description of the materials, instruments and technological tools that he uses in the research of avifauna in Vilnyansk. On the basis of the analysis of scientific sources during the autumn, winter and spring accounting of avifauna of accounting sites of the city the methods of average maximum hearing of birds, route methods of accounting, cartographic and combined accounting were applied. In the processing of statistical and graphical data, the software package Microsoft Office, a collection of audio files, GIS products

technologies Google Earth, Google Maps, Photoshop and applied software STATISTICA. When building maps for Vilnyansk town, taking into account its physical and geographical features, were used products Google Maps and Google Earth, which allowed to create a map of the city divided by squares 500x500meters to account the areas of observation, as well as to make calculations of the size of the areas of these biotopes, in which there was a record of birds. Using STATISTICA package allowed to establish the dependence of individuals, species diversity of avifauna on environmental factors and factors (temperature characteristics, dates of observations), to establish correlation indicators, as well as the dynamics of the number of birds. Thanks to the effects of the Google Earth program, a detailed analysis of the city facilities (social infrastructure, both part of the residential and natural landscapes) was carried out. As a result of these studies, a general mapping of the bird observation area was created, the sizes of habitats were calculated for the subsequent drawing of individuals of one species or another in their areas, taking into account the elements of the urban landscapes (private development areas, northern part of the city, central and southern areas), dynamics analysis the number of birds during the autumn-winter period 2017/2018 and established correlation coefficients that allowed establishing a relationship between ambient temperature, weather conditions and population disappeared.

Keywords: software; data processing; avifauna; geographic information systems; Google Maps; Google Earth; STATISTICA.

Вступ

Постановка проблеми. Процеси заселення населених пунктів тваринами, зокрема птахами, здавна привертали увагу дослідників. Не втратили своєї актуальності подібні дослідження і нині, оскільки у сучасних умовах населених пунктів вижити можуть тільки найбільш толерантні і пристосовані організми. Антропогенний вплив докорінно змінює природне середовище проживання більшості видів птахів. Особливо наочними ці зміни є у степових районах з інтенсивним сільськогосподарським виробництвом, наприклад у Запорізькій області, територія якої за останні 100 років зазнала тотальної трансформації, пов'язаної з господарською та рекреаційною діяльністю людини. Щоб вижити у такому середовищі, багато видів птахів, максимально проявляючи свою екологічну пластичність, змушені пройти деякі стадії синантропізації (урбанізації) і адаптуватися до життя поряд з людиною. Урбанізацію можна розглядати як вимушене явище переходу птахів з одного, менш перетвореного, ландшафту до іншого – селітебного. З іншого боку, міста мають більш сприятливі кормові, гніздові і захисні умови для птахів у порівнянні з природними ландшафтами. Внаслідок посилення антропогенних впливів на природні екосистеми урбанізовані території починають виконувати роль своєрідних резерватів, в яких відбувається збереження і розмноження

деяких видів. При цьому адаптація синантропних пернатих до життя в урбанізованому ландшафті може проявлятися в освоєнні нових місць для гніздування, адаптації до міського шуму і присутності людини, до місць пошуку корму і зимових умов міста. У міській обстановці звуження і сегрегація екологічних ніш виражені слабо. Високі темпи сучасного містобудування супроводжуються корінними перетвореннями природних ландшафтів і їх біологічних компонентів. Оскільки будь-яке радикальне вторгнення у цілісну систему неминуче викликає катастрофічні наслідки, виникає нагальна потреба у спеціальних заходах щодо зменшення їх масштабів. При подоланні екологічних проблем не обійтись без використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), які дозволяють на основі комп'ютерної обробки зібраних даних отримати інформацію для прогнозування розвитку ситуацій в екосистемах.

Аналіз останніх досліджень. Різноманітні аспекти використання ІКТ у процесі орнітологічних досліджень висвітлено у багатьох роботах сучасних науковців. Наприклад, у роботах ([Fagerlund, & Laine, 2014](#); [Raghuram, Chavan, Belur, & Koolagudi, 2016](#)) представлено методологію автоматичної класифікації птахів на основі їх щебетання (звукових патернів) з використанням різних технологій обробки звуку і машинного навчання. У роботі ([Alippi, Ambrosini, Longoni, Cogliati, & Roveri, 2017](#)) представлено

інженерну систему, призначену для відстеження пересування тварин. Система складається з пристроїв стеження, які працюють за технологією GSM і підключені до мережі GSM для віддаленої передачі / обміну даними, і спеціального програмного забезпечення. У статті також показано результати роботи цієї системи на прикладі стеження за міграцією фламінго на узбережжі північного сходу Італії. Автори дослідження ([Kazempour, Beer, Herzog, Kaltenthaler, Lohrer, & Seidl, 2018](#)) презентують програму FATBIRD, призначену для візуалізації й аналізу шляхів міграції птахів на основі даних телеметричного GPS / GSM стеження, але й допомагає дослідникам у кількох аспектах аналізу.

Застосування графічних автокореляційних функцій (АКФ) програмного пакету STATISTICA для відображення динаміки змін чисельності птахів за сезонні та багаторічні періоди спостережень (порівняння щільності птахів за поточний рік з минулим роком методом авторегресії) розглядається у статті О. В. Мацюри і К. Янковського ([2016](#)). Використання математичних методів у цьому програмному забезпеченні було висвітлено у роботі Ю. Г. Пузаченка ([2004](#)). Результати вивчення скупченості журавлів на території Муравйовського парку, а також аналізу отриманих даних з використанням Excel та базового інструментарію пакету STATISTICA представлено у роботі П. І. Горлова і О. В. Мацюри ([2017](#)). Результатам дослідження статевої структури виловлених та загинувших краснозобиків за допомогою засобів статистичного аналізу програми STATISTICA на базі результатів щорічних порівнянь, відображених у вигляді пентад Бертольда, присвячена стаття О. А. Дядичевої, С. В. Хоменка, М. Е. Жмуда, І. І. Чернича, Б. А. Гармаша і В. В. Кинди ([1999](#)).

Застосуванням технологій GPS навігації у процесі визначення напрямів польоту птахів, використанням географічної візуалізації Google Earth (на базі інтегрованих треків у вигляді .kmz файлів) для картування територій і маршрутів пересувань, фіксації явищ та вимірювання відстаней, а також статистичною обробкою з використанням Excel займалися П. І. Горлов, А. Б. Анненков, В. Д. Сіохін й

А. І. Сидоренко ([2017](#)) при дослідженні сезонних міграцій птахів в межах річки Домузли та Корсака в умовах близького розташування вітрової станції. Дослідженням осінньої міграції лучної очеретянки займався О. С. Закала ([2005](#)), в результаті його роботи при допомозі обчислювальних параметрів Excel ним було визначено різну вікову частку протягом періоду вилову.

Загалом, різні аспекти впливу вітрових електростанцій на умови існування й поведінку птахів обговорюються у багатьох роботах українських дослідників, зокрема ([Горлов, Сіохин, Осадчий, Васильєв, Мацюра, & Баджи, 2016](#); [Осадчий, Еремеев, & Осадчая, 2018](#)).

Для автоматизації задач польової орнітології колективом науковців Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького було створено web-портал, який функціонує у вигляді серверної бази даних міграційного обліку і моніторингу птахів «Web Birds» ([Осадчий, Горлов, & Сердюк, 2016](#)).

Проблему трансформації різноманіття орнітофауни Дзержинського водосховища під дією рекреаційного навантаження досліджувала Т. В. Шупова. Нею було здійснено оцінку подібності різних біотопів гніздових птахів з застосуванням інструментів кластерного аналізу програми Origin Pro, що дало змогу встановити тенденції розвитку пташиних угруповань ([Шупова, 2017](#)).

Застосування методів математичного моделювання з метою вирішення завдання ідентифікації видів птахів за радіолокаційними даними досліджували В. В. Осадчий, В. С. Еремеев, О. В. Мацюра ([Osadchy, Yermeev, & Matsyura, 2016, 2017](#)).

Проте у проаналізованих публікаціях недостатньо висвітлено використання інструментарію пакету STATISTICA для визначення впливу кліматичних факторів середовища в урболандшафті малого міста на популяцію авіафауни.

Мета статті: охарактеризувати особливості застосування програмного забезпечення для обробки результатів дослідження впливу довкілля на видовий і кількісний склад

орнітофауни м. Вільнянськ Запорізької області.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Під час досліджень популяційних показників птахів не обійтись без статистичних функцій аналізу, які допомагають отримати інформацію з даних і оцінити її якість ([Дядичева, Хоменко, Жмуд, Черничко, Гармаш, & Кинда, 1999](#)). Робота з усіма модульними процедурами базової статистики відбувається в рамках єдиного програмного пакета, для якого можна вибрати одні з декількох запропонованих інтерфейсів користувача. Одним з найважливіших напрямків аналізу вихідних даних є статистичний аналіз розподілів ([Бродський, & Молодецька, 2014](#)), оскільки дозволяє отримати необхідну інформацію про популяцію орнітофауни та представити графічні результати на базі облікових даних.

Існує багато програмних засобів для обробки та аналізу статистичних даних, проте,

на нашу думку, заслуговують на увагу SPSS, SAS, STATISTICA, NCSS, S-Plus, STATA/StatTransfer, SYSTAT, MINITAB та STATGRAPHICS+. У цей перелік ми не включаємо низку інших відомих систем, як-от: GAUSS, GENSTAT, GLIM (через недостатнє поширення в Україні), SigmaStat, StatXact і LogXact (через недостатнє охоплення статистичних параметрів).

Інструменти описової статистики представлені в усіх названих програмних пакетах. Проте порівняльний аналіз процедур базової статистики ([табл. 1](#)) свідчить, що не усі програми мають потрібні процедури для аналізу вибірок. Враховуючи результати оцінки прикладних програмних пакетів по критеріям наявності модульних процедур ([Кабанов, 2000](#)) та керуючись власним досвідом застосування STATISTICA в орнітології, саме це програмне забезпечення ми обрали для вирішення поставлених завдань.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика програмних засобів на базі критеріїв оцінки описової статистики

Програма	Критерії оцінки на основі параметрів описової статистики (модульних процедур базової статистики)				
	Точкові діаграми	Нормальність очікуваної частоти	Тест Колмогорова- Смирнова	Тест Шاپіро- Вілکا	Геометрична та гармонійна середні
SPSS	+	-	-	-	-
SAS	+	+	-	-	-
STATISTICA	+	+	+	+	+
NCSS	+	-	+	+	+
S-Plus	+	-	+	-	+/-
STATA/StatTransfer	+	+	-	-	+/-
SYSTAT	+	-	-	+	+
MINITAB	+	+	+	+	-
STATGRAPHICS+	+	-	+	+	+/-

Однією із важливих властивостей модульних компонентів STATISTICA є їх швидкодія при роботі з великим обсягом даних і обчислювальна потужність додатків, що вимагають регулярної побудови запитів до баз даних. Також треба відзначити легкість встановлення цього пакету на персональні комп'ютери з операційною системою Windows, що надає можливість автоматично

визначати і використовувати переваги апаратного прискорення, яке може бути реалізовано не тільки відеокартами стаціонарних комп'ютерів найвищого рівня, а й графічними прискорювачами ноутбуків «середнього» рівня ([Пузаченко, 2004](#)). У результаті діаграмні точкові графіки швидше будуються і підтримують різноманітні налаштування. Точкові діаграми з розсіяними

матрицями в STATISTICA є ActiveX-об'єктами, тому їх можна легко інтегрувати у зовнішні документи (наприклад, документи Excel або Word) і далі редагувати безпосередньо у програмі-клієнті ([Краткая экскурсия по системе STATISTICA, н/д](#)). Дуже зручно експортувати отримані графічні зображення з STATISTICA у графічний редактор Adobe Photoshop, який дозволяє підвищити якість отриманих діаграм, шляхом використання різних інструментів, фільтрів, інтегрованих шумодавів, а також зберегти їх у зручному форматі та розмірі.

У процесі дослідження орнітофауни м. Вільнянськ дані спостережень (кількість видів і особин птахів, температурні показники, дат) були занесені до електронних таблиць Excel і далі імпортовані до пакету STATISTICA. Для побудови точкових діаграм з трендами у цьому пакеті нами було застосовано інструмент Точкові діаграми. У розрахунках кореляційних коефіцієнтів, які дозволили виявити особливості лінії регресії, були включені такі процедурні параметри, як нормальність очікуваної частоти, тести

Колмогорова-Смирнова і Шапіро-Вілка, а також параметри геометричної і гармонійної середніх. Їх використання виявило поведінку тренда з урахуванням числа ймовірностей та помилок відхилення, а також дало змогу переконатись у тому, що значення вибірок, які містять від 1 до 31 елементів, відповідають нормальному розподілу Гауса. Враховані параметри гармонійних та геометричних середніх показали відсутність нуль гіпотези, що засвідчило відповідність значень вибірок отриманим кореляційним результатам.

Іншим важливим інструментом досліджень орнітофауни є геоінформаційної системи (ГІС). Нами було проаналізовано три ГІС системи (пошуково-інформаційна картографічна служба «Яндекс.Карты», картографічні довідники «2ГІС», сервіс «Google Maps») з урахуванням таких критеріїв, як деталізація, варіанти відображення ландшафтів, наявність режиму 3D-панорами, підтримка довідкової інформації та функцій при розрахунку площ полігонів обліків за видами та особинами птахів ([табл. 2](#)).

Таблиця 2. Порівняльна характеристика деяких ГІС

Критерії оцінювання	Яндекс.Карты	2ГІС	Google Maps
Деталізація	Низька якість об'єктів на місцевості (елементи міських ландшафтів виглядають нечітко при наближенні), відсутня деталізація будівель.	Слабка деталізація, відображаються назви найбільших вулиць та проспектів центральної та західної частини міста. При виборі об'єкта, доступні лише його координати.	Гарна деталізація для Вільнянська. Висока видимість будівель у житлових кварталах.
Варіант вибору відображення ландшафту	Мапа, народна мапа	Відсутні інструменти вибору рельєфу міської місцевості з урболандшафтами	Мапа, супутник
Режим 3D Панорама	Відсутній	Відсутній	Доступний
Наявність довідкової інформації	Детальна інформація про організації	Для м. Вільнянськ відсутні назви установ та організацій	Детальна інформація про об'єкти міської інфраструктури
Функції «Виміряти відстань» та «Шукати поруч»	Присутні, але немає можливості розрахувати площі облікових полігонів при обліку орнітофауни	Тільки у вигляді інструментів для виміру відстаней без можливостей розрахунку площ полігонів спостережень за птахами	Дозволяють прокласти відстань та виміряти площі заданих на мапі ділянок досліджень і знайти об'єкти поблизу

Порівняльний аналіз показав, що сервіс Google Maps, який має версію для персональних комп'ютерів – Google Earth, є більш зручним для створення картосхем з подальшим нанесенням складових частин урболандшафтів, тому що охоплює не тільки мегаполіси, але і малі міста. На відміну від нього, 2GIS і Яндекс.Карты мають урізаний функціонал в плані панорамного режиму 3D перегляду вулиць й інших міських ландшафтів. Google Maps надає більше варіантів при виборі ландшафту для створення карт полігонів спостережень і кращу деталізацію будівель ([Горлов, Анненков, Сіохин, & Сидоренко, 2017](#)). Програма Google Earth має деякі переваги у порівнянні з онлайн-версією Google Maps, зокрема: вищу швидкість завантаження фотознімків, можливість плавної зміни масштабу й ін.

Надані цими сервісами інтерактивні онлайн-мапи базуються на ГІС-технологіях, працюють з просторовими даними і дозволяють знайти будь-яку точку на місцевості. На відміну від звичайних інтерактивних ГІС-мап, вони відображають не тільки картографічну інформацію, а й космічні знімки, взяті з бази даних дистанційного зондування й з'єднані у панорамні зображення і топографічні мапи, а у випадку Google Earth навіть з детальною тривимірною візуалізацією. Сервіс Google Maps забезпечує можливість перегляду мап у будь-яких браузерах (Internet Explorer, Firefox, Safari, Opera й ін.). Будь-яка точка світу відображається на Google Maps з точністю до 1:25000 на основі даних, отриманих з супутника Landsat-7. Відображення територій до масштабу 1:2000 відбувається завдяки підключенню знімків компанії Digital Globe, отриманих із супутника Quickbird-2 (сервіси Google). При перегляді є можливість самостійно обирати, яку область, в якому масштабі і режимі переглядати. Залежно від місця розташування користувача, сервіс Google Maps дозволяє шукати різноманітні об'єкти з чіткою деталізацією і отримувати інформацію про них ([Шляхтина, 2010](#)).

Ці фактори стали вирішальними при виборі Google Maps і Google Earth для побудови картографічних схем м. Вільнянськ на етапі створення цифрових мап з природними й

антропогенними ландшафтами і нанесення на них птахів різних видів. Завдяки ефектам програми Google Earth було проведено детальний аналіз об'єктів міста (соціальної інфраструктури, частини селітебних і природних ландшафтів).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У період з 27 жовтня 2017 р. до 18 травня 2018 р. нами було зареєстровано 27 видів птахів на досліджуваних полігонах. При чому їх видова щільність і чисельність особин в різних біотопах дещо відрізнялася. Так у північній частині міста, більшу частину якої займає парк Ювілейний, видове біорізноманіття було вищим (27 видів, з щільністю у 2072 особини/км²), ніж на інших ділянках досліджень (у середньому 24-25 видів у центральному і південному районах, масивах приватного сектору і кварталах багатоповерхівок). Найбільша чисельність особин була зафіксована у приватному секторі, переважно за рахунок синантропних представників авіфауни (дятлів, граків, горобців, голубів сизих, ворон сірих, горлиць тощо) з щільністю 4022 особини/км². Аналіз накопичених статистичних даних дозволив виявити, при яких кореляційних коефіцієнтах і параметрах температурних умов навколишнього середовища буде змінюватись чисельність і кількість видів популяції, чи буде вона більш-менш сталою або коливатись. Використання параметрів описової статистики дозволило встановити залежність кількості особин від видового різноманіття орнітофауни, факторів навколишнього середовища і періоду спостережень, розрахувати кореляційні показники, а також побудувати точкові діаграми з матричним розсіянням.

Аналіз облікових статистичних даних досліджень, проведених в осінньо-зимовий період 2017/2018 рр., у програмі STATISTICA показав, що розраховані кореляційні показники залежності між видами і особинами, як параметрами популяції, коливалися у межах від -0,99 до 0,54 ([рис. 1](#)). При показникові 0,54 тренд має тенденцію до зростання, тобто при збільшенні кількості особин підвищується і число видів.

Рис. 1. Кореляційна залежність між видами та особинами птахів

Було визначено, що лінія тренду з коефіцієнтом кореляції в 0,48 (залежність особин від температури повітря) у зимовий період 2017/2018 рр. зростала при температурі 10–20 °С, а з падінням нижче нульової позначки (хуртовинах, поганій видимості) зменшувалась і кількість особин (рис. 2).

Було встановлено, що на динаміку чисельності птахів суттєво впливають метеоумови навколишнього середовища. Наприклад, погодні умови у другій половині листопада 2017 р. суттєво погіршились внаслідок дощових та вітряних днів. Обчислений кореляційний показник склав - 0,99 (залежність видів від температури повітря навколишнього середовища) і лінія тренду пішла на спад, що позначилось на кількості видів (рис. 3).

На основі обробки статистичних даних у програмному пакеті STATISTICA можливе

створення нової методики побудови графічних моделей стану синантропних видів птахів для малого міста Вільнянськ з урахуванням його ландшафтно-географічних особливостей. Наприклад, проведення розрахунків кореляційних показників для дослідження популяційного стану найбільш синантропних видів та створення графічних моделей з використанням зв'язаних таблиць для побудови тримірних гістограм.

Оскільки ці таблиці можуть містити не більше, ніж 6 показників, при імпорті з робочої книги Excel доцільно вказати найбільш значимі з них (температура повітря, швидкість та висота польоту, розмір біомаси, кількість особин на деревах або на землі, площа ареалу тощо). Побудована модель дозволить виявити залежності між цими параметрами.

Рис. 2. Кореляційна залежність кількості особин від температури повітря у зимовий сезон

Рис. 3. Кореляційна залежність кількості видів від температури в осінній сезон

У процесі дослідження також створено візуальну картосхему міста Вільнянськ з використанням сервісу Google Maps і його десктопної версії Google Earth. Картосхема розділена квадратами жовтого кольору 500x500м для обліку птахів у ділянках спостережень (відмежовані від інших частин міста та позначені червоним кольором), а також обчислено площі цих ділянок (рис. 4).

Результат вимірювань за допомогою інструментів цих програмних засобів показав, що загальна площа ділянок спостереження складає 69 га. Найбільшу площу має північна

частина 43,48% (30 га). До її складу входить парк Ювілейний з прилеглою територією кладовища, розташовані неподалік від північно-східного виїзду з міста. Друге місце за площею посідає центральний район – 24,13% (15 га). Він представлений масивами багатоповерхової забудови й їх прибудинковими зеленими зонами, а також ринком з об'єктами соціальної інфраструктури. Досліджуваний район межує з приватними будинками, прилеглою північною частиною парку Ювілейного.

Рис. 4. Картосхема м. Вільнянськ

Третє місце за площею належить приватному сектору – 20,29% (14 га). На півночі він межує з територією кладовища, а також мережею пересохлих ставків р. Вільнянки, на півдні з біотопом парку імені Шевченка. Територія південної ділянки найменша і складає 14,49% (10 га). В неї входить зелена зона парку імені Шевченка, логістичні і соціальні об'єкти (школа, крамниці, територія залізничного вокзалу, автостанція), об'єкти промислової інфраструктури (територія заводу імені Шевченка).

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У процесі дослідження впливу факторів навколишнього середовища та урболандшафтів на видове біорізноманіття і чисельність особин популяції орнітофауни,

яке проводилось у м. Вільнянськ Запорізької обл. протягом 2017-2018 рр., були застосовані інструменти програмного пакету STATISTICA. Це дозволило створити графічні моделі з розрахованими кореляційними коефіцієнтами і трендами, порівняти параметри популяцій птахів (види і чисельність), а також виявити їх залежність від температурних показників і метеоумов досліджуваних біотопів у різні сезони року (з середньою тривалістю від 1-3 місяців). Також було створено картосхему міста і нанесено на неї штучні і природні об'єкти м. Вільнянськ із застосуванням ГІС. Ця картосхема є основою для розробки мапи міграцій птахів і розміщення колоній гніздових птахів у кожному з досліджуваних біотопів.

Отримані результати можна використати для вирішення як наукових, так і прикладних завдань. У наукових цілях визначення

сезонної та багаторічної динаміки малих міст, виявлення трендів змін чисельності видів орнітофауни за допомогою автокорелограм, з використанням коефіцієнтів програми STATISTICA, лінійних та нелінійних моделей. Цей комплекс параметрів дасть змогу провести моделювання майбутнього стану популяції птахів (виявити позитивні або негативні тенденції у її розвитку) з урахуванням природних й антропогенних факторів навколишнього середовища, виробити шляхи оптимізації відношень між людиною і птахами в умовах інтенсивних процесів урбанізації і забудови раніше неосвоєних територій, впливати на найбільш синантропні види птахів при проведенні біологічного моніторингу, краще дослідити механізми міжвидових і внутрішньовидових зв'язків у популяції птахів, консорційні зв'язки, міграцію, харчові ланцюги, екологічні ніші, гніздування та особливості їх біотопів, підвищити ефективність охорони і збереження рідкісних видів.

Подальші дослідження спрямовано на порівняння отриманих результатів обліку авіфауни малих міст з середніми і великими містами або з іншими ділянками спостережень, відомості про що містяться у базі даних web-порталу Азовсько-Чорноморського регіону.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Бродський, Ю. Б., & Молодецька, К. В. (2014). *Інформатика і системологія*. Житомир: ЖНАЕУ.
- Горлов, П. И., Анненков, А. Б., Сиохин, В. Д., & Сидоренко, А. И. (2017). Сезонные миграции птиц в междуречье Домузлы и Корсака (Приазовский р-н, Запорожская обл.) в свете расположенной здесь ветровой станции: новые технологии на службе у полевой орнитологии. *Бранта: Сборник научных трудов Азово-Черноморской орнитологической станции*, 20, 98-121. Взято с <https://branta.org.ua/ua/branta-issues/branta-20/branta20-07.html>.
- Горлов, П. И., & Мацюра, А. В. (2017). Предотлетное скопление японского (*Grus japonensis*), даурского (*G. vipio*) и черного (*G. monacha*) журавлей в 1992 г. на территории Муравьевского парка устойчивого природопользования. *Biosystems Diversity*, 25 (2), 132-140. DOI: <https://doi.org/10.15421/011720>.
- Горлов, П. И., Сиохин, В. Д., Осадчий, В. В., Васильев, В. М., Мацюра, А. В., & Баджи, Р. (2016). Методики изучения миграций птиц на территориях ветровых электростанций. *Біологічний вісник Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького*, 6 (1), 8-28. DOI: <http://dx.doi.org/10.15421/201601>.
- Дядичева, А. Е., Хоменко, В. С., Жмуд, М. Е., Черничко, И. И., Гармаш, Б. А., & Кинда, В. В. (1999). Численность и фенология миграций краснотелки на Украине. *Бранта: Сборник научных трудов Азово-Черноморской орнитологической станции*, 2, 91-112. Взято с <https://branta.org.ua/ua/branta-issues/branta-2/2-08.html>.
- Закала, О. С. (2005). Осіння міграція лучної очеретянки (*Acrocephalus schoenobaenus*) на заході України. *Бранта: Сборник научных трудов Азово-Черноморской орнитологической станции*, 8, 160-169. Взято з <https://branta.org.ua/ua/branta-issues/branta-8/8-11.html>.
- Кабанов, С. В. (Сост.). (2000). *Использование пакета Statistica 5.0 для статистической обработки опытных данных: Методические указания для дипломного проектирования для студентов лесного факультета специальностей 260400 «Лесное хозяйство» и 260500 «Садово-парковое и ландшафтное строительство»*. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет.
- Краткая экскурсия по системе STATISTICA. (н/д). *Учебник по программе Statistica*. Взято с <http://hr-portal.ru/statistica/g11/g11.php>.
- Мацюра, А. В., & Янковский, К. (2016). Обзор программных продуктов для обработки данных орнитологического мониторинга. *Acta Biologica Sibirica*, 2 (2), 5-24. DOI: <https://doi.org/10.14258/abs.v2i2.1310>.
- Осадчий, В. В., Горлов, П. И., & Сердюк, И. М. (2016). Використання web-порталу обліку і моніторингу міграції птахів в Азово-Чорноморському регіоні України при вивченні дисципліни «Екологічна експертиза». *Молодь і ринок*, 9 (14), 30-35.
- Осадчий, В. В., Еремеев, В. С., & Осадчая, Е. П. (2018). Программное обеспечение для анализа возможности столкновения птиц с роторами ветровых электроустановок. *Ukrainian Journal of Educational Studies and Information Technology*, 6 (4), 1-18. DOI: <https://doi.org/10.32919/uesit.2018.04.01>.
- Пузаченко, Ю. Г. (2004). *Математические методы в экологических и географических исследованиях: Учебное пособие для студ. вузов*. Москва: Издательский центр «Академия».

- Шляхтина, С. (2010). Обзор онлайн-картографических сервисов. Взято с <https://3dnews.ru/587095/page-2.html>.
- Шупова, Т. В. (2017). Трансформация орнитофауны под действием рекреационной загрузки. *Biosystems Diversity*, 25 (1), 45-51. DOI: <https://doi.org/10.15421/011707>.
- Alippi, C., Ambrosini, R., Longoni, V., Cogliati, D., & Roveri, M. (2017). A lightweight and energy-efficient Internet-of-birds tracking system. In *Proceedings of 2017 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom 2017)*, 160-169. DOI: <http://doi.org/10.1109/PERCOM.2017.7917862>.
- Fagerlund, S., & Laine, U. K. (2014). New parametric representations of bird sounds for automatic classification. In *Proceedings of 2014 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP 2014)*, 8247-8251. DOI: <http://doi.org/10.1109/ICASSP.2014.6855209>.
- Kazempour, D., Beer, A., Herzog, F., Kaltenthaler, D., Lohrer, J., & Seidl, T. (2018). FATBIRD: A Tool for Flight and Trajectories Analyses of Birds. In *Proceedings of 2018 IEEE 14th International Conference on e-Science (e-Science)*, 75-82. DOI: <http://doi.org/10.1109/eScience.2018.00023>.
- Osadchyi, V. V., Yermeev, V. S., & Matsyura, A. V. (2016). Mathematical model of bird species identifying: implication of radar data processing. *Біологічний вісник Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького*, 6 (3), 463-471. Retrieved from <http://ojs.mdpu.org.ua/index.php/biol/article/view/119/1723>.
- Osadchyi, V. V., Yermeev, V. S., & Matsyura, A. V. (2017). Cluster analysis, fuzzy sets, and fuzzy logic models in bird identification. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7 (2), 96-103. Retrieved from <http://ojs.mdpu.org.ua/index.php/biol/article/view/25>.
- Raghuram, M. A., Chavan, N. R., Belur, R., & Koolagudi, S. G. (2016). Bird classification based on their sound patterns. *International Journal of Speech Technology*, 19 (4), 791-804. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10772-016-9372-2>.
- technologies in the service of field ornithology. *Branta: Transactions of the Azov-Black Sea Ornithological Station*, 20, 98-121. Retrieved from <https://branta.org.ua/ua/branta-issues/branta-20/branta20-07.html>. (in Russian)
- Gorlov, P. I., & Matsyura, A. V. (2017). Pre-migratory congregations of Red-crowned (*Grus japonensis*), White-naped (*G. vipio*) and Hooded (*G. monacha*) cranes in the Muraviovka Park for Sustainable Land Use in 1992. *Biosystems Diversity*, 25 (2), 132-140. DOI: <https://doi.org/10.15421/011720>.
- Gorlov, P. I., Siokhin, V. D., Osadchyi, V. V., Vasilyev, V. M., Matsyura, A. V., & Budgey, R. (2016). Bird migration study in the area of wind powers. *Biologichnyi visnyk Melitopolskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu imeni Bohdana Khmelnytskoho*, 6 (01), 8-28. DOI: <http://dx.doi.org/10.15421/201601>. (in Russian)
- Diadicheva, A. E., Khomenko, V. S., Zmud, M. E., Chernichko, I. I., Garmash, B. A., Kinda, V. V. (1999). Numbers and phenology of Curlew Sandpiper migration in Ukraine. *Branta: Transactions of the Azov-Black Sea Ornithological Station*, 2, 91-112. Retrieved from <https://branta.org.ua/ua/branta-issues/branta-2/2-08.html>. (in Russian)
- Zakala, O. S. (2005). Autumn migrations of the Sedge Warbler (*Acrocephalus schoenobaenus*) in the western Ukraine. *Branta: Transactions of the Azov-Black Sea Ornithological Station*, 8, 160-169. Retrieved from <https://branta.org.ua/ua/branta-issues/branta-8/8-11.html>. (in Ukrainian)
- Kabanov, S. V. (Comp.). (2000). *Using the package Statistica 5.0 for statistical processing of experimental data: Guidelines for graduate design for students of the Faculty of Forestry specialties 260400 "Forestry" and 260500 "Landscaping and landscape construction."*. Saratov: Saratovskiy gosudarstvenniy agrarniy universitet. (in Russian)
- A brief tour of the system STATISTICA. (n/d). *Statistica. Tutorial*. Retrieved from <http://hr-portal.ru/statistica/g11/g11.php>. (in Russian)
- Matsyura, A. V., & Jankowski, K. (2016). Avian monitoring software – a review. *Acta Biologica Sibirica*, 2 (2), 5-24. DOI: <https://doi.org/10.14258/abs.v2i2.1310>. (in Russian)
- Osadchyi, V. V., Horlov, P. I., & Serdyuk, I. M. (2016). The using of the web-portal of accounting and monitoring of bird migration in the Azov and Black sea region of Ukraine during the studying of the discipline "An environmental expertise". *Molod i rynok*, 9 (14), 30-35. (in Ukrainian)

REFERENCES

- Brodskiy, Yu. B., & Molodetska, K. V. (2014). *Informatics and systemology*. Zhytomyr: ZhNAEU.
- Gorlov, P. I., Annenkov, A. B., Siokhin, V. D., & Sidorenko, A. I. (2017). Seasonal migrations of birds in the interfluvium of the Domusla and the Korsak Rivers (Pryazovske District, Zaporizhzhia Region) due to the wind power farm located there: new

- Osadchyi, V. V., Yeremieiev, V. S., & Osadcha, K. P. (2018). Software for analyzing the probability of collisions of birds with rotors of wind electrical installations. *Ukrainian Journal of Educational Studies and Information Technology*, 6 (4), 1-18. DOI: <https://doi.org/10.32919/uesit.2018.04.01>. (in Russian)
- Puzachenko, Yu. G. (2004). *Mathematical methods in environmental and geographical research*. Study guide. Moscow: Izdatelskiy tsentr "Akademiya". (in Russian)
- Shlyakhtina, S. (2010). *Overview of online map services*. Retrieved from <https://3dnews.ru/587095/page-2.html>. (in Russian)
- Shupova, T. V. (2017). Transformation in the diversity of avifauna under the influence of recreational load. *Biosystems Diversity*, 25 (1), 45-51. DOI: <https://doi.org/10.15421/011707>. (in Russian)
- Alippi, C., Ambrosini, R., Longoni, V., Cogliati, D., & Roveri, M. (2017). A lightweight and energy-efficient Internet-of-birds tracking system. In *Proceedings of 2017 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom 2017)*, 160-169. DOI: <http://doi.org/10.1109/PERCOM.2017.7917862>. (in English)
- Fagerlund, S., & Laine, U. K. (2014). New parametric representations of bird sounds for automatic classification. In *Proceedings of 2014 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP 2014)*, 8247-8251. DOI: <http://doi.org/10.1109/ICASSP.2014.6855209>. (in English)
- Kazempour, D., Beer, A., Herzog, F., Kaltenthaler, D., Lohrer, J., & Seidl, T. (2018). FATBIRD: A Tool for Flight and Trajectories Analyses of Birds. In *Proceedings of 2018 IEEE 14th International Conference on e-Science (e-Science)*, 75-82. DOI: <http://doi.org/10.1109/eScience.2018.00023>. (in English)
- Osadchyi, V. V., Yermeev, V. S., & Matsyura, A. V. (2016). Mathematical model of bird species identifying: implication of radar data processing. *Біологічний вісник Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького*, 6 (3), 463-471. Retrieved from <http://ojs.mdpu.org.ua/index.php/biol/article/view/119/1723>. (in English)
- Osadchyi, V. V., Yermeev, V. S., & Matsyura, A. V. (2017). Cluster analysis, fuzzy sets, and fuzzy logic models in bird identification. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7 (2), 96-103. Retrieved from http://ojs.mdpu.org.ua/index.php/biol/article/view/_25. (in English)
- Raghuram, M. A., Chavan, N. R., Belur, R., & Koolagudi, S. G. (2016). Bird classification based on their sound patterns. *International Journal of Speech Technology*, 19 (4), 791-804. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10772-016-9372-2>. (in English)

Про автора:

Борисов Віталій Валерійович, аспірант, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького (вул. Гетьманська, 20, м. Мелітополь, Запорізька область, Україна, 72312), **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6743-6552>, vborisov98@gmail.com

About the author:

Vitaliy Borisov, PhD student, Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University (str. Hetmanska, 20, Melitopol, Zaporizhzhia region, Ukraine, 72312), **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6743-6552>, vborisov98@gmail.com