

18. Danilovich A.P. Gnezdovanie gogolya i lutka v nizovyakh Dnepra / A. P. Danilovich // Priroda. – 1939. – № 4. – S. 128.
19. Danilovich A. P. Zametki o ptitsakh nizovev Dnepra / A. P. Danilovich // Priroda i soc. hoz-vo. – 1941. – Т. 8. – S. 463 - 467.
20. Popov B. M. Materiali do ornitofauni porozhistoi' chastini r. Dnipra / B. M. Popov // Zb. pr. Zool. muz. AN URSR. – 1937. – Т. 20. – S. 41-64.

УДК 57.081.598.2(477.7)

ПЕРСПЕКТИВИ РАДАРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ МІГРАЦІЙНИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ ПТАХІВ В УКРАЇНІ

Мацюра О.В., Сіохін В.Д., Горлов П.І., Осадчий В.В.

*Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького,
72312, Україна, Мелітополь, вул. Леніна, 20*

amatsyura@gmail.com

Уперше для України дослідження з міграційних переміщень птахів ґрунтуються на новітніх технологіях. Дослідження базуються на інтегруванні спеціального технічного пристрою – мобільної радіолокаційної станції – для вивчення трансконтинентальних міграцій птахів на основі документальної кількісної оцінки на ключових ділянках Азово-Чорноморського узбережжя України. Важливим методичним завданням є інтегрування схеми та методик радарних досліджень процесу міграцій в розроблену раніше регіональну систему орнітологічних спостережень за міграціями птахів, що дасть можливість створення Атласу структури трансконтинентальних міграційних шляхів птахів та географічних зв'язків мігруючих птахів за даними новітніх кількісних характеристик міграцій на ключових ділянках регіону.

Створення комплексу програмних продуктів на базі клієнт-серверної технології дозволить сформувати інформаційну базу даних з міграції птахів в Азово-Чорноморському регіоні України, на основі якої за допомогою комп'ютерного моделювання можна оцінити вплив птахів на ВЕС, їх епідеміологічне значення, потенційну небезпеку для авіаційних польотів у межах інтенсивної міграції птахів.

Ключові слова: радар, орнітологія, міграція птахів, Україна

ПЕРСПЕКТИВЫ РАДАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МИГРАЦИОННЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПТИЦ В УКРАИНЕ

Мацюра А.В., Сіохин В.Д., Горлов П.И., Осадчий В.В.

*Мелитопольский государственный педагогический университет имени Богдана Хмельницкого,
72312, Украина, Мелитополь, ул. Ленина, 20*

amatsyura@gmail.com

Впервые для Украины исследования миграционных перемещений птиц основываются на новейших технологиях. Исследования базируются на интегрировании специального технического устройства - мобильной радиолокационной станции, которая используется для изучения трансконтинентальных миграций птиц на основе документальной количественной оценки на ключевых участках Азово-Черноморского побережья Украины.

Важной методической задачей является интегрирование схемы и методик радарных исследований процесса миграции в разработанную ранее региональную систему орнитологических наблюдений за миграциями птиц, что даст возможность создания Атласа трансконтинентальных миграционных путей птиц и географических связей мигрирующих птиц по новейшим данным количественных характеристик миграций на ключевых участках региона.

Создание комплекса программных продуктов на базе клиент-серверной технологии позволит сформировать информационную базу данных миграции птиц в Азово-Черноморском регионе Украины, на основе которой с помощью компьютерного моделирования можно оценить влияние птиц на участки ВЭС, эпидемиологическую роль и потенциальную опасность для авиационных полетов в зоне интенсивной миграции.

Ключевые слова: радар, орнитология, миграция птиц, Украина

POTENTIALS OF RADAR RESEARCH OF BIRD MIGRATION IN UKRAINE

Matsyura O.V., Siokhin V.D., Gorlov P.I., Osadchiy V.V.

Bogdan Khmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University,

72312, Ukraine, Melitopol, Lenin St. 20

amatsyura@gmail.com

We provide comprehensive overviews of the advantages of different types of radars for biological study. The first question to consider is the type of data required by the user. Of primary concern to most radar users are the maximum range at which a target needs to be detected and the minimum size (more correctly, the radar cross section; see Larkin 2005 for details) of a biological target that can be detected at a given range. Estimation of these values requires use of the radar equation and depend on at least three parameters: the gain of the antenna, the power output of the radar and wavelength of the radar signal. In choosing a radar system, it is important to consider the non-linear relationships among key variables: e.g. doubling radar power will not double the maximum range at which a given target can be detected. In fact, the radar equation implies that power received from a given target at a fixed distance grows only linearly with the power of the transmitter, whereas it grows with the square of the antenna gain. Thus, choosing an antenna with a 40% higher gain has approximately the same effect on target detection range as doubling radar power. Moreover, to a first approximation, either measure will only increase maximum detection range for the given target by 19%, due to the inverse fourth power dependency of returned power on range.

The two main antenna types that have been used with marine radars for biological studies are the parabolic dish and the open array or "t-bar". A parabolic dish produces a conical beam – depending on the focal length, for wavelengths of 2.5-3.75 cm (X band) a dish with an outside diameter of ~ 0.5 m usually produces a beam width of ~ 4°. The angular diameter of the beam decreases as the diameter of the dish increases (for a given focal length). When a beam produced by a parabolic dish is pointed at an angle above the horizon and spins through 360° ('scanning mode') the user can determine the geographic position of targets (x, y co-ordinates) and height (z) of targets using simple trigonometry. At low beam angles, relative error in x and y are low and relative error in z is high; at higher angles, the reverse is true. In contrast, an open array antenna generates a fan shaped beam that is narrow on the horizontal axis (~1-2°) and wide on the vertical axis (~20°). The horizontal narrowness of the beam is largely a function of antenna length, with longer antennas producing narrower beams. The open array provides positional information on targets but because the target may be anywhere within the wider span (~20°) it does not provide direct information on height (z) when used in its normal horizontal orientation.

Open array antennas are the standard equipment for boats, and thus can be readily purchased from any radar manufacturer. There are few commercial manufacturers of parabolic dish antennas, and usually these must be custom made or bought from secondary markets (e.g. military surplus). It should be borne in mind that large antennas can be cumbersome to manage, more expensive, and more susceptible to wind disturbance.

The peak power output of a marine radar, measured in kilowatts, influences the maximum detection range of a target. More powerful radars often have larger motors, which means that larger antennas can be used. In practice, over a large range of radar powers, this means that detection range scales with the most commonly employed units ranging between 10 kW and 25 kW, and within this range, the discussion about selecting a radar and antenna (above) applies: doubling the peak output power only increases the detection range by roughly 19%.

There are tradeoffs between open array and parabolic antennas due to the widths and different shapes of the beams. For both antennas, the accuracy of positional information increases as the beam width narrows, but motor size and wind-loading means that the maximum size of parabolic dishes is about 0.75 m and the maximum length of an open array antenna is about 2.5 m. Because they usually have smaller horizontal beam widths, open array antennas will usually provide better azimuth resolution and so can resolve targets that are closer together in azimuth. Because the beam is wide in the 'vertical' dimension, open array antennas cannot resolve targets that are at the same azimuth and range, but at different altitudes. Target discrimination is also a function of pulse length (see below), the resolution of the digitizing card and the angle of the antenna above the horizon and the user must consider all of these factors when interpreting the data acquired from any particular setup. Finally, open array antennas also scan a greater volume of sky due to the larger vertical beam width; parabolic dishes on the other hand, allow for easier positioning of the beam to scan particular heights or areas of interest, and provide better estimates of target height along with reasonable estimates of geographic position.

The height of a radar beam influences the accuracy of height estimates (z) (thicker beams have less accuracy). For a dish antenna, this also varies with the angle of the antenna axis from the horizontal – height error decreases as the angle of the beam increases and is minimal when the beam is in the vertical position. For example, a conical beam with a quoted beam width of 4°, pointed at 45° off the horizontal, will produce estimates of z that are ~25 m higher or lower than the true z, when a target at 1000 m range is detected at the lower or upper "edges" of a beam, respectively. To acquire height information with minimal error, some users use open array antennas tilted at an angle, or on their sides; thus, an object detected in a ~20° beam

pointed straight up, will, at the half power points be about 10° off the vertical and at a range of 1000 m, introduce an approximate maximum error of ~15 m in z.

Both height and spatial information are sometimes obtained by operating a vertically scanning radar simultaneously with a horizontal scanning radar or alternating between the two positions with one antenna, but the user cannot readily acquire simultaneous information on a single target in this way. Much more sophisticated methods of recovering information from targets and tracks, and combining information from multiple radars are possible; details can be found in various radar texts. Like any specialized piece of equipment, a radar must be set up and tuned for optimal data collection. The place to start is the manual for the particular radar you are using, but there are general considerations that should be taken into account when using a radar for biological surveys. We highlight what we feel are the most important here.

Key words: radar, ornithology, bird migration, Ukraine

ВСТУП

Із метою створення максимально релевантної системи технічні елементи радіолокаційної установки повинні бути налаштованими та відкаліброваними для селекції птахів на тлі інших цілей. Комплексні огляди радіолокаційної техніки та її застосування у вивченні диких тварин були зроблені в працях [1-5]. Низка практичних аспектів застосування радара (зокрема, стосовно вивчення міграції птахів) добре подана в [6]. У роботі [7] надано відмінний огляд використання радіолокаційних методів для біологічних досліджень, а праця [8] містить багато корисних практичних перспектив. Ми вважаємо, що це є необхідною теоретичною базою.

Є три основні технічні обмеження при проведенні радіолокаційного дослідження птахів за допомогою невеликого морського радара:

- 1) Вибір радара і антени;
- 2) Налагодження та налаштування радара;
- 3) Алгоритм отримання, селекції та обробки сигналів від радара.

Вибір радара і антени. Дослідники [6, 8-10] надали комплексні огляди переваг різних типів радарів для біологічного дослідження. Перше питання, що необхідно розглянути, є тип даних, необхідних користувачу. Основний інтерес для більшості користувачів радіолокаційних систем являє максимальна відстань, на якій ціль повинна бути виявлена, і мінімальний розмір (вірніше, поперечний перетин) біологічної цілі [11], які можуть бути виявлені в заданому інтервалі. Оцінка цих значень потребує використання радіолокаційного рівняння [6, 12] і залежить, щонайменше від трьох параметрів: коефіцієнта посилення антени, вихідної потужності радара та довжини хвилі сигналу радара.

Під час вибору системи радіолокаційного спостереження важливо розглянути нелінійні відносини між ключовими змінними: наприклад, з подвоєнням потужності радара не подвоїться максимальний діапазон, при якому дана ціль може бути виявлена.

Справді, радарне рівняння припускає, що потужність радара, який приймає сигнал від даного птаха на фіксованій відстані, зростає лінійно тільки відносно потужності передавача, в той час як вона також зростає пропорційно квадрату посилення антени.

Таким чином, обираючи антенну, скажімо з 40 % більш високим коефіцієнтом посилення, це буде мати приблизно такий же вплив на дальність виявлення цілі, як подвоєння потужності радара.

Крім того, в першому наближенні ми можемо підвищити максимальну дальність виявлення даної цілі лише на 19 %, за рахунок зворотного зв'язку четвертого ступеня, виходячи із залежності між потужністю та дистанцією реєстрації цілі.

Тип антени і розмір. Міра здатності антени зосередити своє випромінювання у вузькому промені, називається посиленням [7, 13]. Посилення пропорційне квадрату розміру (ширина, довжина або діаметр) антени. Високе посилення (і більший розмір) антен сприяє виявленню цілі на великих відстанях [10]. Найпростіші радіолокаційні антени продукують промені, які

характеризуються як «головний пелюсток» (з основної енергії радару) і кількох «бічних пелюсток» (див., наприклад, [14]). Основною особливістю антени є ширина променя і форма, де ширина променя визначається як кутовий проміжок між точками половинної потужності головної пелюстки [15]. Важливо відзначити, що, залежно від діапазону і відбивної здатності, деякі цілі будуть виявлені за межами цих половинних точок, і, можливо, в межах бічних пелюстків радару, даючи будь-якій конкретній антені більш широку емпіричну ширину променя. Ці ефекти не можуть бути враховані з великою точністю [11].

Два основні типи антен, які можуть бути використані з морськими радарми для біологічних досліджень, є параболічними антенами і відкритими "т-подібними". Параболічні антени продукують конічні промені: залежно від фокусної відстані, для хвиль довжиною 2,5-3,75 см (X діапазон) антена з зовнішнім діаметром $\sim 0,5$ м, як правило, виробляє промінь шириною $\sim 4^\circ$. Кутовий діаметр пучка зменшується із збільшенням діаметра антени для даної фокусної відстані. Коли промінь, за допомогою параболічної антени, наводиться на ціль під кутом над горизонтом та обертається на 360° (т.н. режим сканування), користувач може визначити географічне положення цілі (X, Y координати) і висоту (r) цілі, використовуючи прості рівняння тригонометрії.

При невеликих кутах, відносна похибка x і y є низькою, проте відносна похибка r – є високою; при більш високих кутах, стан змінюється на зворотний. На противагу цьому, відкрита антенна формує віяловий пучок, який є вузьким по горизонтальній осі ($\sim 1-2^\circ$) і широким по вертикальній осі ($\sim 20^\circ$). Горизонтальна вузькість пучка значною мірою залежить від довжини антени, тобто більш довгі антени виробляють більш вузькі промені. Відкрита антена надає позиційну інформацію про цілі, але завдяки тому, що ціль може бути де завгодно в рамках більш широкого діапазону ($\sim 20^\circ$), вона не забезпечує пряму інформацію про висоту (r) при використанні в нормальному горизонтальному положенні.

Вихідна потужність. Максимум вихідної потужності морського радару, що вимірюється в кіловатах, впливає на максимальну дальність виявлення цілі. Більш потужні радары часто мають більші двигуни, а це означає, що більші антени можуть бути використані для покращення реєстрації птахів.

На практиці, у великому діапазоні радіолокаційних вимірювань, це означає, що дальність виявлення цілі залежить від антени, ніж від пікової вихідної потужності. Однак зоологи та орнітологи схильні використовувати менші портативні радары з потужністю від 3 кВт [7, 13, 14] до 50 кВт [9]. Найбільш часто використовується діапазон 10 кВт [13, 14, 16, 17] та 25 кВт [18-20].

У межах цього діапазону ми вважаємо, що подвоєння піку вихідної потужності тільки збільшує дальність виявлення цілі приблизно на 19 %.

Довжина хвилі. Bruderer [3] стверджує, що виявлення дрібних птахів досягає максимуму на довжинах хвиль 3,8-15 см, які утворюють C діапазон (3,8-7,5 см) і нижню частину S діапазону (7,5-15 см).

Проте навіть невеликі довжини хвиль X-радарів (2,5-3,75 см) краще виявляють маленькі цілі, такі як комахи [8]. Сигнали від довгих хвиль, з іншого боку, менше залежать від впливу опадів [12] і можуть бути кращими для спостереження біологічних цілей (птахів) в умовах дощу або снігу [10]. На нашу думку, принциповим моментом є те, що ймовірність виявлення дрібних цілей, що представляють інтерес для орнітологів, є нижчою при використанні більш довгих хвиль (S діапазону); наслідки цього в польових умовах вимагають значних подальших досліджень.

Наша мета полягала в забезпеченні додаткових деталей для конкретного завдання створення відносно недорогого комплексу із застосуванням невеликого морського радару для використання в орнітологічних дослідженнях із застосуванням програмного забезпечення RADR.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Фільтрація та подання інформації. На першому етапі для реєстрації експериментальних даних планується використовувати веб-камеру, за допомогою якої фотографувати екран радіолокатора. Ураховуючи те, що на екрані радіолокатора одночасно спостерігаються сигнали від усіх відбивачів, зокрема від птахів, хмар, горбів, нам необхідно знайти простий спосіб розпізнання на фотографіях сигналів від птахів.

Із цією метою буде зроблено секвенцію знімків впродовж 3 хвилин. Промінь радіолокатора за цей час, при швидкості обертання антени 6 обертів за хвилину, встигне зробити 18 обертів. При цьому точкові сигнали від птахів будуть перетворюватися на відрізки ліній, утворюючи певну систему векторів.

Точкові або площинні сигнали, які не змінили свого положення в часі, не відносяться до віддзеркалень від птахів. Віддзеркалення від літаків у часі, через велику швидкість їх переміщення, перетворюються на пунктирні лінії, що дозволяє таким простим способом їх легко ідентифікувати.

Введення інформації радіолокації в комп'ютер і виділення сигналів від птахів на фоні інших віддзеркалень буде проводитися за такою схемою. Відеосигнали з виходів приймачів першого і другого каналів поступають на вхід 8-розрядного (8-бітного) аналого-цифрового перетворювача (АЦП), де проводиться перетворення аналогового сигналу в цифровий. Перетворення інформації починається після утворення запускаючого сигналу "Запуск" на виході синхронізатора *Fuguno* і закінчується після перетворення 512 відліків. Одержані 8-розрядні цифрові відліки сигналів поступають у кільцевий буфер (див. рис), де запам'ятовуються у вигляді N векторів D_i об'ємом 512 байт кожен. Одночасно в цьому буфері запам'ятовуються значення поточних відліків азимута ($A3$) і кута місця (KM). Кожен запис буфера може бути позначений $V_{i,j}$, де $i=1..512$ (номер відліку за відстанню); $j=1..16$ (номер імпульсу в кожному осередку за часом).

Цифрова фільтрація сигналів від птахів на фоні сигналів від інших об'єктів на даному етапі включає такі прийоми:

- вимірювання рівня шуму обох приймачів протягом 10-20 секунд;
- розрахунок постійної радіолокатора C_λ ;
- перетворення відносних відліків АЦП в значення сигналу, виражене в дБ;
- розрахунок змінних по дистанції рівнів чутливості каналів, виражених дБ;
- розрахунок середніх значень сигналу для кожного середнього буфера $V_{i,j}$ (методом змінного середнього);
- виділення в кожному осередку буфера середніх значень сигналу, що перевищують поріг шуму та рівень чутливості;
- маркування сигналів, що мають просторові характеристики, властиві точковим цілям (кутові та лінійні розміри менше встановленого порогу).

Для отримання повної інформації про розташування, координати та кількість птахів необхідно виконувати кругові огляди антени в півсфері в масштабі від місцезнаходження станції до 15-25 км (робоча дальність *Fuguno*). Огляд складається з m кругових сканувань антени для заданих табличних значень положень антени відповідно до кута місця $U_m = 0,7$.

У процесі обороту антени навколо вертикальної осі (по азимуту) відбувається введення та фільтрація інформації з метою виділення сигналів від птахів. Інформація кожного сканування залишається в пам'яті буфера ОЗП і після закінчення сканування запам'ятовується у файлі. Після проведення m сканувань антени при всіх вище вказаних положеннях по куту місця одержуємо 4 файли інформації, з яких 2 файли - дані про птахів на двох довжинах хвиль та 2 файли - дані про хмарність.

Із досвіду та аналізу інших досліджень можна виділити такі найбільш важливі властивості сигналів від птахів:

Величина радіолокаційної змінної η на $\lambda = 3$ см для нічних птахів не перевищує значення 10^{-10} см⁻¹. Для зручності, при оперативній оцінці інформації для заданих відстаней цілі від радіолокатора, можна користуватися значенням радіолокаційної змінної в дБ. При цьому, на відстані до 25 км, значення радіолокаційної змінної в 95% випадків не перевищує 18 дБ.

У випадках спостереження сигналів з радіолокаційною величиною 30 дБ на віддаленні до 35 км, всі сигнали, які перевищують вказані значення, можуть бути відфільтровані. Такий фільтр вилучить значну частину сигналів, відбитих від місцевих предметів, хмар, літальних апаратів і атмосферних неоднорідностей.

Фільтрація верхнього рівня радіолокаційного відображення дозволить виключити значну частину майданних радіосигналів, перетворивши їх структуру із суцільної в точкову.

Характерною ознакою для сигналів від птахів взагалі, а від нічних птахів особливо, є флуктуація їхньої амплітуди в часі [6, 7]. Вона відрізняється частотою та різницею амплітуд від відповідних характеристик будь-яких інших сигналів, наприклад, від сигналів, відбитих від місцевих об'єктів рельєфу, хмар, опадів, літальних апаратів. Причому, параметри флуктуації сигналів від нічних птахів мають більшу частоту, ніж відповідні параметри сигналів від денних птахів. Параметрами флуктуації можуть служити частота зміни амплітуди $f_1/\text{хв}$ (частота коливань амплітуди за хвилину) та різниця між найбільшою і найменшою величиною сигналу за одну хвилину, ΔA .

Попередній аналіз спектрів цих сигналів показав, що їхні частотні характеристики від птахів мають особливості, які можуть стати основною селекційною ознакою. Більш того, крім селекції сигналу від птахів, цей спосіб дозволить приступити до оцінок видів птахів за характером роботи крил під час польоту. Флуктуація сигналів від птахів, в основному пов'язана з трьома змінними, зокрема зміною положення птаха в просторі, тобто зміною напряму його польоту, кількістю птахів в досліджуваному об'ємі радіолокації та рухами крил.

Якщо на будь-якому фіксованому короткому проміжку часу вилучити дві складові змінні (а це завдання реальне), то можна одержати флуктуаційну характеристику сигналу, як функцію тільки однієї змінної – рухів крил. Сигнали від птахів, як правило, не мають характерних для площадкових радіосигналів від місцевих предметів та хмар форми і розмірів [6].

У ряді випадків, коли птахів багато, ці точки розташовуються близько одна від одної. Проте загальна картина радіосигналу має точковий вигляд. Радіосигнали від денних перелітних птахів нерідко мають форму ліній, які найчастіше складаються з дискретних точок, розташованих одна за одною в певному напрямі.

Іншими словами, характерною ознакою для ідентифікації точкових сигналів від птахів є їх зсув. При цьому напрям зсуву цих сигналів найчастіше не збігається з напрямом вітрового перенесення, тобто напрямом і швидкістю вітру на відповідній висоті. У випадках міграційних потоків птахів зсув радіосигналів від них майже односпрямований і має навесні північну, а восени південну складову [6, 18, 19].

У роботі буде також використано трекінг-режим поодиноких птахів, за його допомогою ми можемо реєструвати основні параметри радіосигналів у режимі стеження: радарну відбиваючу, висоту польоту, напрямок і швидкість польоту, які були оброблені та об'єднані в спеціальну базу даних.

Для отримання розрахункових даних радарного поперечного перетину радіосигнали птахів будуть спостерігатися від однієї до двох хвилин в трекінг-режимі, за допомогою якого нами буде точно встановлений аспект птаха по відношенню до радарного променя.

Поперечний перетин птахів буде розрахований, виходячи з головного рівняння радіолокації

$$P_r = \frac{P_t G \sigma A}{(4\pi R^2)^2}, \quad (1)$$

де: P_r – потужність зондуючого сигналу; R - відстань між антеною локатора та ціллю; P_t – імпульсна потужність випромінювання; G - коефіцієнт посилення антени; σ - радарний поперечний перетин цілі; A – площа поверхні приймальної антени.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Визначення цілі та тип антени. Ми проаналізували переваги щодо недоліків відкритих і параболічних антен з точки зору ширини і форми радарних променів. Для обох антен точність позиційної інформації зростає в міру звуження ширини променя. За нашими розрахунками, з точки зору потужності двигуна і вітрового навантаження, максимальний розмір параболічних антен повинен становити близько 0,75м, а максимальна довжина антени повинна становити близько 2,5 м. Ці антени, як правило, мають менші горизонтальні ширини променя, тому вони забезпечують кращий розподіл по азимуту.

Оскільки промінь є відносно широким у «вертикальному» режимі, відкриті антени не можуть вирішити завдання визначення цілей, які знаходяться в одному азимуті й дальності, але на різних висотах. Цільова дискримінація також є функцією тривалості імпульсу (див. нижче), здатністю цифрової плати і куту над горизонтом відносно антени. На нашу думку, необхідно враховувати всі ці фактори при інтерпретації даних, отриманих з радіолокаційної установки. Нарешті, відкриті антени здатні сканувати більший обсяг через більшу вертикальну ширину променя. Діскові антени більш придатні для сканування певних висот або областей, що представляють інтерес, і здатні забезпечити більш точні оцінки висоти цілі з оцінками географічного положення.

Заявлені ширини променя від виробників антен є дуже приблизними, і, з різних причин, не дозволяють точно відтворювати обсяги простору вибірки. Є, принаймні, три важливі моменти. По-перше, паспортна ширина є кутом відстані між «половиною потужності» - крапок по обидві сторони від променя, де відбите радіолуна становить половину пікової потужності [12]. Отже, на цій відстані, цілі з великих радіолокаційних перетинів (тобто тих, що відбивають більше енергії) будуть продукувати більш великі ширини променя. Ці відношення ще більше ускладнюються тим, що радарний поперечний перетин не змінюється, як проста лінійна залежність, від розміру об'єкта [10].

По-друге, сила повернення радіолуна зменшується через залежність четвертого ступеню відстані до цілі, однак ефективна ширина пучка зменшується зі збільшенням діапазону, тому виявлення цілі потребує відлуння сильніше, ніж фон або місник. По-третє, оскільки сила зворотного радіолуна залежить від атмосферних умов [12], ці умови також впливатимуть на ширину променя. У сукупності ці міркування означають, що очікувані відносини між ймовірністю виявлення цілі заданого розміру з відстанню не лінійні, і повинні бути відкалібровані для будь-якої території та радара.

Крім того, метод, за допомогою якого цілі можуть бути визначені та відокремлені від фону (наприклад, за допомогою особливого налаштування програмного забезпечення або метод, який використовується для виявлення цілей), додатково вплине на ці показники визначення цілей. У роботі [16] представлено деякі деталі для калібрування РЛС для даного радара, а в [17] надано деталі реалізації калібрування для великого радара стеження. Більш детальну інформацію можна знайти в різних радіолокаційних довідниках (наприклад, [11, 13, 17]).

Розрахунок положення в просторі (x, y, r). Висота променя радара впливає на точність оцінок висоти (Z) - більш товсті пучки мають меншу точність.

На підставі власних розрахунків, для параболічної антени це також залежить від горизонтального кута осі антени - помилка висоти зменшується у міру збільшення кута пучка, і є мінімальною, коли промінь знаходиться у вертикальному положенні. Наприклад, конусний пучок шириною променя 4° під кутом 45° , буде робити оцінку висоти r , яка на ~ 25 м вища або нижча істинної r , коли ціль знаходиться на відстані 1000 м у діапазоні від нижнього або верхнього краю променя відповідно. Для отримання інформації по висоті з мінімальною помилкою деякі користувачі використовують відкриту антену, нахилена під кутом, або розташовану на боці авто- чи трейлеру [15]. Отже, виявлений об'єкт у пучку $\sim 20^\circ$, спрямованому точно вниз, буде в реальності близько 10° від вертикалі та на відстані 1000 м, зареєстрований з приблизною максимальною помилкою ~ 15 м. Слід зазначити, що помилкою в таких діапазонах нехтують, з точки зору на розмір птахів.

На практиці, дозволений діапазон, обмежений частотою дискретизації та здатністю програмного забезпечення до оцифровки (наприклад, $+ / - 5$ м при 15 МГц), є додатковим джерелом помилок. Інформація по висоті може бути також отримана за допомогою відкритої антени для низки цілей або треку та припущення про постійну висоту щодо висотного діапазону [21], але невизначеність, пов'язана з цією оцінкою, поки не відома.

Якщо антена нахилена під досить великим кутом (наприклад, якщо вона формує конус), то той факт, що верхня (внутрішня) частина пучка формує конус меншого діаметра, ніж у нижній частині пучка, може бути використаний для визначення позиції в пучку (з різним і маловивченим рівнем помилок), які можуть бути використані для отримання приблизного значення координати z .

Висотну і просторову інформацію іноді отримують шляхом приведення в дію вертикального сканування радара одночасно з горизонтальним радарним скануванням [22] або зміною між двома позиціями з однією антеною. Наразі вважається, що користувач не може легко отримати одночасну інформацію стосовно однієї цілі таким чином. Набагато складнішими методами отримання інформації щодо цілей і шляхів є об'єднання інформації з декількох радарів; подробиці можна знайти в різних радіолокаційних дослідженнях [7, 9, 11, 12].

Розташування радара. Радар повинен бути розміщений у місці, де антена може сканувати повний обсяг простору, щодо якого користувач зацікавлений в отриманні інформації. Оскільки радарна енергія добре відображається від води й металу, користувачі повинні розташувати радари подалі від металевих будівель і уникнути направлення променя на занадто низький кут поруч з відкритою водою (особливо в умовах морських хвиль).

Деякі варіанти розташування радарного комплексу представлені на рис. 1.

Вертикальний режим роботи радара. Принципово новим кроком у радіолокації із використанням морського радара буде його застосування у вертикальному режимі, тобто перпендикулярно поверхні землі.

Це дасть можливість отримати дані щодо висотного розподілу птахів у просторі та надасть змогу побудувати зони та коридори з мінімальним та максимальним орнітологічним навантаженням.

Мобільність створюваного мобільного радарного комплексу дозволить розташовувати радар в напрямку, перпендикулярному до очікуваного напрямку польоту перелітних птахів. Це максимізує шанси на записи кожної групи птахів як одного треку.



Рис. 1. Варіанти монтажу мобільного радарного комплексу, зовнішній вигляд монітору та робоче місце оператора

Крім того, обчислення потоків птахів у певному місці спирається на основне припущення, що радіолокаційні сканування проводяться перпендикулярно середньому напрямку польоту. Якщо це припущення не виконується, площа сканованого повітря (A) має бути скорегована з урахуванням різниці між орієнтацією радіолокаційного імпульсу (R_{DIR}) і середнього напрямку польоту (F_{DIR}). Виходячи з формули, описаної van Gasteren [23], ця корекція може бути виконана таким чином: $A_c = A * \sin(R_{DIR} - F_{DIR})$, де A_c являє собою скореговану площу сканованого простору.

Згодом вимірюваний електромагнітний імпульс потребує корегування на $1/A_c$, щоб наблизитись до більш точних значень. Без цієї поправки, обчислення можуть привести до недооцінки. Виходячи з формули, найбільші поправочні коефіцієнти повинні застосовуватися, коли середній напрямок польоту паралельний радіолокаційному променю, але вони повинні швидко знижуватися з напрямком польоту, розташованому більш діагонально до радіолокаційного імпульсу.

Наприклад, коли середній напрямок польоту 45° стосовно радіолокаційної діаграми, імпульс повинен бути виправлений з коефіцієнтом 1,41.

Іншими за словами, якщо від орієнтації радарного променя, середній напрямок польоту відхиляється на 50%, то буде проходити недооцінка 41% без корекції для напрямку польоту.

З іншого боку, якщо перпендикуляр напрямку польоту відхиляється на 25% (тобто радар орієнтований убік на 67,5% по відношенню до середнього напрямку польоту), то необхідно виконати корекцію на 8,2%. Якщо відхилення менше 8° (8,9%), недооцінка буде менше 1%.

Проте всі ці розрахунки поправочних коефіцієнтів на основі Gasteren (2002) припускають, що потік, вимірюваний через вертикальну поверхню, вище гіпотетичної лінії шириною 0 міс.

Оскільки вертикальний радар має конкретну ширину променя і, отже, запису імпульсний потік в обсязі, а не вздовж лінії (рис), то недооцінка принаймні менше, а в багатьох випадках

близька до виміряного потоку (А), тому що треки, записані за допомогою тривимірного променя проектуються на двовірному екрані радару.

Це означає, що деякі треки, що не перетинають уявну лінію з шириною 0 м, все одно записуються. Принцип, як це працює, наведено на рисунку.

Хоча ефективна ширина діаграми не є постійною для всіх видів і на всіх висотах, ступінь впливу недооцінки, ймовірно, обмежується тільки дрібними видами птахів. Проте, хоча в праці [22] теоретичні ефективні ширини променя були розраховані, ступінь цього впливу не може бути виміряна кількісно, оскільки радар не може відрізнити види птахів (або групи видів). На закінчення порівняння потоків птахів у різних місцях можливо тільки якщо напрямки польотів схожі. Для того, щоб пост-контроль перпендикулярності позиції радару відповідав головному маршруту польоту і, щоб перевірити, чи відрізняються напрямки польотів в різних місцях роботи радару, необхідно виконати порівняння довжини записаних треків. У разі, коли багато птахів пролітає паралельно променя радару, ми очікуємо доволі довгі треки. Чим більше середній напрямок польоту наближається до 90° по відношенню до променя радару, тим більш короткі довжини треків ми очікуємо (рис. 2 а,б).

Як правило, середні довжини треків мають бути навколо 34 пікселів з максимально можливих 1024 пікселів, що визначається шириною екрану радару (тобто 3,3 % і 3,1 % від загально можливої довжини). Статистичне порівняння медіани треків може бути проведено за допомогою парного критерію Стьюдента.

На рис. 2б зліва – під кутом в 90° , а справа - діагональний політ птахів, прямокутники орієнтовано під кутом 0° . Дистанція між стрілками однакова, мається на увазі, що всі характеристики польоту однакові, крім напрямків. На рисунку справа переривчасті стрілки означають недооцінених птахів через діагональний проліт, ширина променя приймається як 0 метрів. У випадку більш широкого променя (домальований прямокутник) всі треки реєструються радаром, практично не потрібна корекція. Однак слід мати на увазі, що ширина прямокутника залежить від типу радару та виду птахів.

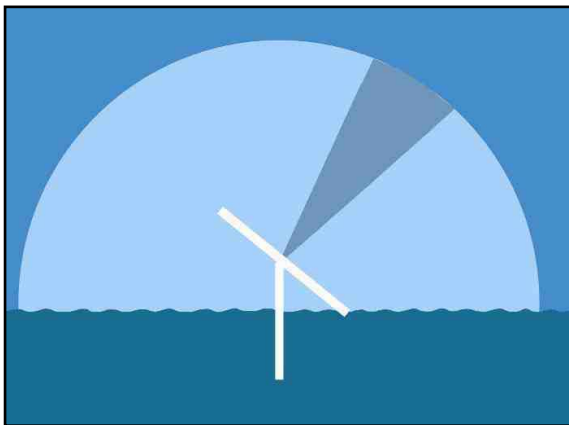


Рис. 2а. Схема вертикального режиму роботи радару.

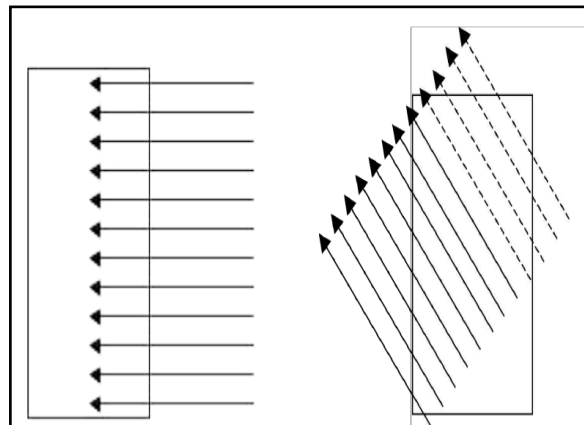


Рис. 2б. Схема польоту птахів під різними кутами відносно діаграми антени в режимі вертикального сканування.

Кілька методів збору радіолокаційних даних були використані в минулому, в тому числі використання фото [12], застосування радару [15] та захват за допомогою програмного забезпечення інформації від екрану з наступним перетворенням його на відео. Однак, щоб отримати максимальну кількість інформації з радіолокаційного сигналу, необхідно використовувати спеціалізований аналого-цифровий перетворювач, з'єднаний з комп'ютером. Такі перетворювачі вже були виготовлені дослідниками (наприклад VSU), також доступні комерційні продукти, що називають радарними цифровими платами [8, 10].

Вони працюють, використовуючи чотири аналогові сигнали від радара:

- (1) "відео", що є аналоговим сигналом, напруга являє собою потужність сигналу радіолуна назад до радара від цілей.
- (2) тригер або пусковий імпульс, який вказує точно момент часу, коли кожен радарний імпульс залишає радар, щоб забезпечити точку відліку для синхронізації відбиття від цілей.
- (3) напрям (або імпульс установки азимуту (ARP), який відзначає що раз, коли радар завершив поворот на 360 градусів і починає цикл знову.
- (4) курс (або імпульси змін азимуту (АКТ), що роблять позначки відносно фіксованої кутової швидкості при обертанні антени та дозволяють роботи корекцію змін антенної швидкості при обертах відносно змін напруги та сили вітру.

Захоплення і обробка вихідного сигналу дозволяє користувачеві отримати значно більше інформації про біологічні цілі, ніж зазвичай відображається на стандартному радіолокаційному екрані PPI.

Типовий дисплей комерційного радара в змозі надати тільки сім рівнів інтенсивності радіолуни, у той час як комерційні моделі радарних цифрових карток можуть надати більше, ніж 4096 рівнів інтенсивності (12 біт) з того ж сигналу. Ми зробили аналіз радіолокаційних цифрових карт, що доступні від декількох виробників, серед яких Сигма S6 карти від Rutter Technologies, (Сент-Джонс, Ньюфаундленд, Канада), XIR3000 виробництва Russel Technologies, (North Vancouver, Британська Колумбія, Канада).

Для наших орнітологічних завдань, враховуючи інтеграцію з Фуруно та Radr програмою, вважаємо, що найбільш адекватним є використання USPR-1 від Ettus Research, USA. Використання такої карти не буде вимагати спеціального програмного забезпечення та в комбінації з пристроєм захвату сирого відеосигналу від екрану радара надасть унікальні можливості для обробки та інтерпретації сигналів від птахів.

Отримання трекових, замість точкових, радіосигналів від птахів може бути здійснено простим способом. Із цією метою об'єктив фотоапарата, що знімає екран радіолокатора, залишається відкритим протягом заданого проміжку часу (3 хвилини). Розгортка радіолокатора в цей час обертається зі швидкістю 6 обертів за хвилину. Точковий радіосигнал від птаха встигає переміститися на екрані 18 разів. Оскільки швидкість рухомого птаха щодо швидкості обертання антени і відповідно щодо швидкості обертання розгортки на екрані невелика, точковий радіосигнал утворює лінію, яку ми називаємо.

Такий прийом дозволить одержати треки радіосигналів від птахів, і є спрощеним алгоритмом селекції радіосигналів від птахів на фоні інших відбивачів.

Зйомки екрана радіолокатора повинні перед заходом сонця виконувалися з періодичністю 10 хвилин з послідовним підйомом кута місця антени від 0 до 6 градусів через 1,5 градуса. Підйом антени має виконуватися на величину, що дорівнює ширині її діаграми для довжини хвилі 3 см. У більш пізній нічний час ці зйомки бажано проводити за тією ж технологією, але з проміжком 30 хвилин, а після проходження пікового періоду – через годину. Ряд експериментів проводився всю ніч до 7.00 ранку.

Як добові параметри нами пропонується обрати характеристики, що прийняті в астрономії, а саме: час заходу сонця, час настання цивільних сутінків (час настання цивільних сутінків визначається як час, коли центр сонця геометрично розташований на рівні шести градусів нижче горизонту), час настання ночі та час сходу сонця. Як часові параметри радіолокації в нашому дослідженні пропонується:

- момент вечірнього часу, коли на екрані радіолокатора з'являється помітне число правильно орієнтованих радіосигналів у вигляді треків (смужок) від птахів;

- момент нічного часу з максимальною кількістю радіосигналів у вигляді вищезгаданих треків;
- момент часу, коли кількість радіосигналів зменшується, а їх орієнтація стає хаотичною.

Як експериментальні одиниці дослідження нами пропонується визначати час початку польотів t_1 , час максимальної інтенсивності t_2 і час завершення польотів птахів t_3 у добовому діапазоні.

Час початку (старту). Станція радіолокації Furuno 2127 за своїми технічними характеристиками здатна реєструвати всі зміни кількості сигналів радіолокації від птахів, зокрема їх розподіл за висотою в денний та нічний час незалежно від стану погоди. За початок нічних польотів нами буде обрано час, коли на екрані радіолокатора радіосигнали від птахів у радіусі огляду (для нічного часу 15-20 км) набувають вигляду треків, спрямованих у відносно близькому напрямі. Інтенсивність прольоту птахів на екрані радара в цей момент повинна складати не більше 1-2 бали за восьмибальною шкалою наповненості екрана [21], а потім швидко зростати.

Час максимальної (пікової) інтенсивності польотів t_2 . За час максимальної інтенсивності польотів будемо приймати час, коли кількість смуг радіосигналів від птахів сягатиме максимуму.

Час завершення польотів t_3 . За час завершення польотів рекомендуємо прийняти час, коли число смуг радіосигналів від птахів зменшується до мінімуму, а їх орієнтація в просторі стане хаотичною.

Ми плануємо дотримуватися шкали інтенсивності міграції, запропонованої в роботі [21], для визначення часу початку нічної міграції. Згідно з цією шкалою, інтенсивність польотів (за даними екрана радіолокатора) складає не більше ніж 1-2 пункти за восьмибальною шкалою, а потім швидко зростає.

На жаль, певні труднощі виникають із дрібними видами птахів, оскільки при використанні 3-см радара великі комахи здатні давати значення, схожі з показниками дрібних птахів. Величини радарних поперечних перетинів можуть відрізнятися в 10 разів, залежно від положення тулуба птаха щодо променя радара [12]. Подальші варіації викликаються помахами крил, які збільшують значення в 10 разів щодо середнього або знижують їх майже до нуля на частотах 2-24 Гц під час активного польоту європейських видів птахів, залишаючись на середніх значеннях при паузах між помахами [14].

У роботі E. Eastwood (1967) наведено дані величин ефективної поверхні розсіювання (ЕПР) для різних видів птахів, одержаних шляхом підвішування їх на нитці. У Радянському Союзі діаграми ЕПР птахів були одержані в безлунової камері [1]. У цих експериментах максимум луна-сигналу знаходився між 65-м і 115-м градусами, що відповідає бічній поверхні птаха. Наприклад, перо та пух голуба, поміщені в пластиковий пакет, мали ЕПР $5 \times 10^{-5} \text{ м}^2$. Проте величину ЕПР пакета без пір'я не вказано.

Експерименти з птахами без пір'я давали ту ж форму діаграми ЕПР, що й живі птахи. Нижче наводяться результати класичної роботи з вимірювання величини ЕПР для деяких видів птахів (табл. 1).

Таблиця 1 – Величини ЕПР різних видів птахів зі складеними крилами [1]

Вид	Поперечний перетин, см ²	
	Мінімальний	максимальний
Corvus frugilegus	6	48
Cygnus olor	58	228
Phalacrocorax carbo	21	92
Milvus korshun	24	248

Anas platyrhynchos	17	214
Anser anser	32	225
Corvus cornix	8	47
Passer montanus	0.3	8
Sturnus vulgaris	1.9	23
Larus ridibundus	7	52
Ciconia ciconia	77	287
Vanellus vanellus	9	54
Cathartes aura	24	250
Columba livia	2	100
Passer domesticus	0.2	8

У табл. 2 і 3 відображено значення радарного поперечного перетину птахів, що реєструються радаром з різною довжиною хвилі та за умовами різних аспектів птахів (їх положення відносно променя радару).

Таблиця 2 – Значення поперечного перетину птахів, що реєструються радаром з променями різної довжини [1]

Вид	Середній поперечний перетин, см ²	
	5-см радар	10-см радар
Sturnus vulgaris (боковий аспект)	16	27
Sturnus vulgaris (фронтальний аспект)	15	23
Passer domesticus (боковий аспект)	1.9	15
Passer domesticus (фронтальний аспект)	1.3	12
Columbia livia (боковий аспект)	15	80

Таблиця 3 – Варіації радарного поперечного перетину птахів залежно від їх аспекту (5-см радар) [1]

Вид	Аспект	Радарний поперечний перетин, см ²
Sturnus vulgaris	Фронтальний	1.8
	Боковий	25
	Хвостовий	1.3
Columbia livia	Фронтальний	1.1
	Боковий	100
	Хвостовий	1.0
Passer domesticus	Фронтальний	0.25
	Боковий	7.0
	Хвостовий	0.18
Corvus frugilegus	Боковий	250

Радарний поперечний перетин птаха дозволяє розрахувати деякі розмірні характеристики птаха, а саме довжину і радіус його тулуба за формулою:

$$\sigma \text{ (радарний поперечний перетин)} = K^2 \pi a^4 / b^2, \quad (2)$$

де K – довжина хвилі радару;

a – довжина тулуба птаха;

b – радіус тулуба птаха;

$$b = 0,723 \sqrt{p}, \quad (3)$$

де p – вага птаха;

$$b = 1,97a, \quad (4)$$

де a – довжина тулуба;

$$\sigma_{\text{макс}} = \pi b^2; \quad (5)$$

$$\sigma_{\text{мін}} = \pi b^2 / 16; \quad (6)$$

$$\sigma_{\text{сер}} = 0,11\pi b^2, \quad (7)$$

де b - радіус тулуба птаха.

У дослідженнях В. Bruderer і F. Liechti [3] усі реєстровані птахи були поділені на групи відповідно до флуктуацій сигналу, що визначалося характером помахів крил. Були виділені такі класи:

- безперервні помахи, від 5 до 9 Гц (в основному великі кулики і водоплавні);
- безперервні помахи, швидше 9 Гц (дрібні кулики і водоплавні);
- переривисті помахи, повільніше 12 Гц (крупні горобцеподібні);
- переривисті помахи, швидше 12 Гц (дрібні горобцеподібні).

Як приклад розглянемо алгоритм, що використовується при обробці сигналів від птахів на доплеровських радарях типу NEXRAD [14, 16]. За допомогою програми обробка виконується в 5 етапів. На першому - застосовується контроль чутливості, який компенсує спотворення до відстані 3 км від цілі. Відстань вибирається емпірично, оскільки за наявними даними величезна кількість птахів дає сигнал, який добре реєструється.

На другому етапі реєструються сигнали від місцевих об'єктів рельєфу і вилучаються із загальної картини. На третьому етапі віддзеркалення від рухомих явищ (дощ) віднімаються оператором в інтерактивному режимі. За цим слідує автоматичне визначення кількості й амплітуди всіх сигналів у розрахунковому квадраті. Ці квадрати перевіряються скануванням уздовж променя відповідно до кута підйому антени. Сигнали нижче певного рівня фільтруються програмою. Останній етап містить визначення сусідніх піків і підрахунок реєстрованих цілей [15].

У дослідженнях L. Vuurta (усне повідомлення) для обробки сигналів від птахів використовувався і використовується в даний час програмний продукт ROBIN, що складається з системи обробки сигналу (безпосередньо у радара) і приймальної частини, розташованої в Гаазькій штаб-квартирі військово-повітряних сил. Система дозволяє показати цифрове відображення радарної інформації у вигляді кольорового розподілу отриманих сигналів.

Кількість сигналів на одиницю відстані ділиться на усереднену можливість визначення птаха на кожній відстані (спеціальна програма) для переходу від початкових даних до визначення щільності птахів. Базуючись на припущенні, що пропорція птахів з різними розмірами однакова на всіх висотах, визначається кількість птахів на різних висотах (номінальна ширина променя - 2.2 градуса). Збільшення ширини променя і зменшення розмірів сигналу компенсується спеціальною програмою. Проте із збільшенням кута огляду кількість реєстрацій збільшується, що пояснюється зростанням радіуса огляду при тій же кутовій швидкості. Для компенсації одержані дані перемножуються на косинус кута підйому. Також застосовується спосіб, що дозволяє врахувати просторове положення реєстрованого птаха (вигляд з хвоста, з голови). Густина птахів визначається на відрізках у 200 м (виходячи з характеристик пульсуючого об'єму). Для підтвердження результатів використовується інфрачервона відеокамера з високою роздільною здатністю. Одержані дані свідчать про те, що операційна ширина променя вища, ніж номінальна, особливо на малих відстанях [18, 21].

L. Vuurta [15] поряд із програмою обробки радарних сигналів застосовував програму аналізу руху, яка сполучає відповідні сигнали від 10 обертань. Згідно з напрямом, швидкістю й величиною сигналів кластери відповідних сигналів аналізуються і згідно з алгоритмом програми об'єднуються як вектори руху птахів. Підсумкове надання інформації включає географічні координати, розмір сигналу та середнє значення відображення, напрям, швидкість, варіації для всіх даних величин і кількість усіх сигналів. Для аналізу векторів напрямку мігруючих птахів широко застосовується непараметричний дисперсійний аналіз та Rayleigh-test [21].

Перспективи подальших досліджень

Для накопичення первинних матеріалів моніторингових даних з міграції птахів вже створена система накопичення даних, яка складається з WEB-серверу на базі Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького та WEB-додатку на основі мобільних технологій.

Створена інформаційна база даних буде забезпечувати надійне зберігання інформації, яка отримана в результаті моніторингових робіт в Азово-Чорноморському регіоні України та оперативний її аналіз за такими напрямками:

- стан і чисельність птахів;
- стан і чисельність міграційних птахів, внесених до Червоної книги України;
- оцінка динаміки чисельності птахів;
- оцінка функціонального (місця ночівель, відпочинку, годування, водопою) і сезонного (місця гніздування, міграційних зупинок, зимівлі) розподілу птахів на регіональному рівні та моніторингових полігонах.

Впровадження цієї системи дозволить удосконалити процес візуального моніторингу міграції птахів в Азово-Чорноморському регіоні України шляхом оперативної передачі первинних матеріалів до комп'ютерної інформаційної бази завдяки використанню мобільних технологій.

При подальших дослідженнях будуть вирішені такі завдання:

1. Створення мобільного радіолокаційного комплексу та комп'ютеризованої радіолокаційної системи селекції та обробки радіосигналів від птахів.
2. Обґрунтування основних моніторингових пунктів (полігони) спостережень для подальших радарних досліджень трансконтинентальних міграцій, які будуть репрезентативними для всього Азово-Чорноморського регіону в цілому.
3. Отримання оперативних даних щодо міграційних потоків із метою контролю за пташиним грипом та іншими штамами грипу;
4. Отримання даних з різноманіття, чисельності та стану трансконтинентальних міграцій для інформаційної підтримки виконання міжнародних угод та конвенцій;
5. Обґрунтування створення площадок вітрових електростанцій та здійснення моніторингу міграційних комплексів на них;
6. Отримання репрезентативних даних з міграцій птахів у Азово-Чорноморському екологічному коридорі з метою надання рекомендацій щодо безпеки польотів цивільної та військової авіації.

ВИСНОВКИ

1. Ми проаналізували переваги щодо недоліків відкритих і параболічних антен з точки зору ширини і форми радарних променів. Для обох антен точність позиційної інформації зростає в міру звуження ширини променя. За нашими розрахунками, з точки зору потужності двигуна радара та вітрового навантаження, максимальний розмір параболічних антен повинен становити близько 0,75 м, а максимальна довжина антени повинна становити близько 2,5 м.
2. Оскільки промінь є відносно широким в «вертикальному» режимі, відкриті антени не можуть вирішити завдання визначення цілей, які знаходяться в одному азимуті й дальності, але на різних висотах. Цільова дискримінація є функцією тривалості імпульсу, здатністю цифрової плати і кута над горизонтом відносно антени. Відкриті антени здатні сканувати більший обсяг через більшу вертикальну ширину променя.

Дискові антени більш придатні для сканування певних висот або областей, що представляють інтерес, і здатні забезпечити більш точні оцінки висоти цілі з оцінками географічного положення.

3. Для біологічних досліджень, що повинні включати пост-обробку радіолокаційного сигналу, налаштування посилення повинне бути дуже високим (якомога вищим, збільшуючи інформацію, що повертається від цілей, але в кінцевому рахунку це буде функція конкретного радара по відношенню до фабричних налаштувань посилення). Усі системи типу антидощ повинні бути вимкнені, натомість інформація стосовно відбитого сигналу буде змінюватися в невідомому напрямку. Для збільшення ефективності радарних спостережень потрібно максимізувати кількість інформації між мінімальним і максимальним рівнями потужності, яка формується радаром, та цифрувати це лінійним (або принаймні простим і досить відомим) засобом.
4. Радар повинен бути розміщений у місці, де антена може сканувати повний обсяг простору, щодо якого користувач зацікавлений в отриманні інформації. Оскільки радарна енергія добре відображається від води й металу, користувачі повинні розташувати радари подалі від металевих будівель і уникнути направлення променя на занадто низький кут поруч з відкритою водою (особливо в умовах морських хвиль).
5. Ефективна ширина діаграми не є постійною для всіх видів птахів і на всіх висотах, ступінь впливу недооцінки, ймовірно, обмежується тільки дрібними видами птахів. Порівняння потоків птахів у різних місцях можливе тільки, якщо напрямки їхніх польотів схожі. Для того, щоб пост-контроль перпендикулярності позиції радара відповідав головному маршруту польоту і, щоб перевірити, чи відрізняються напрямки польотів у різних місцях роботи радара, необхідно виконати порівняння довжини записаних треків.
6. У разі, коли багато птахів пролітає паралельно до променя радара, ми очікуємо доволі довгі треки. Чим більше середній напрямок польоту наближається до 90° по відношенню до променя радара, тим більш короткі довжини треків ми очікуємо. Як правило, середні довжини треків мають бути близько 34 пікселів з максимально можливих 1024 пікселів, що визначається шириною екрану радара (тобто 3,3 % і 3,1 % від загально можливої довжини). Статистичне порівняння медіани треків може бути проведено за допомогою парного критерію Стьюдента.
7. Олівцеві радари в оглядовому режимі можуть використовуватися для визначення напрямку польотів птахів за умови, що птах, який перетинає оглядовий простір, реєструється на трьох поворотах антени. Основна складність полягає у варіації сигналу із зміною кута реєстрації птаха.
8. Удосконалена версія луна-екстрактора надасть можливість проводити аналіз руху і розділення птахів за групами відповідно до положення птахів відносно променя радара.
9. Нічна міграція, яка проходить широким фронтом і часто складається з дрібних поодиноких птахів, може бути повністю невидимою при попутному або фронтальному положенні птахів відносно променя радара.
10. Навіть при бічному положенні певна частина птахів залишається за межею реєстрації. При дуже малій висоті польотів птахи реєструються краєм променя, що призводить до отримання слабких сигналів. Недолік, коли птахи реєструються тільки при бічному положенні, може бути виправлено шляхом вимірювання кута між потенційним і реальним напрямом польоту (у поєднанні з поправкою на вітер).

ПОДЯКИ

Дослідження було виконано в рамках проекту «Розробка системи радіолокаційних спостережень за трансконтинентальними міграціями птахів в ключових міграційних

коридорах Азово-Чорноморського регіону України та адаптація даних до потреб відповідних соціально-економічних сфер» (номер держреєстрації 0113U006100).

ЛІТЕРАТУРА

1. Eastwood E. Radar Ornithology / E. Eastwood. – London: Methuen & Co., 1967. – 278 p.
2. Williams T.C. An ornithological radar // Williams T.C., Settel J., O'Mahoney P., Williams J.M. / American Birds. – 1972. – 26. – P. 555-557.
3. Bruderer B. The study of bird migration by radar - Part 1. / Bruderer B. – The technical basis. Naturewissenschaften, 1997. – P. 1-8.
4. Gauthreaux S.A. Wind and the direction of nocturnal songbird migration / S.A. Gauthreaux // Nature. – 1970. – Vol. 228. – P. 476-477.
5. Larkin R.P. A method for automatically detecting birds on radar // Larkin R.P., Eisenberg L. / Bird-Banding. – 1978. – Vol. 49. – P. 172-181.
6. Ruth J.M. Applying radar technology to migratory bird conservation and management: strengthening and expanding a collaborative / Ruth J.M. - U.S. Geological Survey 2007. Report number. – 2007. – 86 p.
7. Richardson W.J. Autumn landbird migration over the western Atlantic Ocean as evident from radar // Richardson W.J./ Proceedings of the 17th Int. Ornithological Congress. – Berlin. – 1978. – P. 501-506.
8. Peckford M.L. Within night correlations between radar and ground counts of migrating songbirds // Peckford M.L., Taylor P.D. / Journal of Field Ornithology. – 2008. – Vol. 79. – P. 207-214
9. Harmata A.R. A vehicle-mounted radar for dual-purpose monitoring of birds // Harmata A.R., Leighty G.R., O'Neil E.L. / Wildlife Society Bulletin. – 2003. – Vol. 31. – P. 882-886.
10. Harmata A.R. Using marine surveillance radar to study bird movements and impact assessment // Harmata A.R., Podruzny K.M., Zelenak J.R., Morrison M.L. / Wildlife Society Bulletin. – 1999. – Vol. 27. – P. 44-52.
11. Tulp I. Nocturnal flight activity of sea ducks near the windfarm Tuno Knob in the Kattegat. Prepared for Novem, Utrecht, Netherlands / Tulp I., Schekkerman H., Larsen J.K., van der Winden J., van der Haterd R.J., van Horssen W.P., Dirsken S., Spaans A.L. – Bureau Waardenburg bv: Culemborg, Netherlands, 1999. – P. 43-48.
12. Petersen I.K. Final results of bird studies at the offshore wind farms at Nysted and Horns Rev, Denmark. NERI report for DONG energy and Vattenfall A/S / Petersen I.K., Christensen T.K., Kahlert J., Desholm M., Fox A.D. – Rønde, Denmark, 2006. – P. 50-57.
13. Desholm M. How much do small-scale changes in flight direction increase overall migration distance? // Desholm M / Journal of Avian Biology. – 2003. – Vol. 34. – P. 155-158.
14. Kahlert J. Investigations of birds during construction and operation of Nysted offshore wind farm at Rodsand. Annual status report 2003. NERI report for Energy E2 A/S. / Kahlert J., Petersen I.K., Fox A.D., Desholm M., Clausager I. – Rønde, Denmark, 2004. – P. 32-38.
15. Huppopp O. Bird migration studies and potential collision risk with offshore wind turbines // Huppopp O., Dierschke J., Exo K., Fredrick E., Hill R. / Ibis. – 2006. – Vol. 146. – P. 90-109.
16. Cohen B. Short-range corrections for migrant bird tracks on search radars // Cohen B., Williams T.C. / J. Field Ornith. – 1980. – Vol. 51. – P. 248-253.

17. Krijgsveld K.L. Baseline studies North Sea wind farms: fluxes, flight paths and altitudes of flying birds 2003-2004 / Krijgsveld K.L., Lensink R., Schekkerman H. – Netherlands: Bureau Waardenburg bv, Culemborg, 2005. – P. 22-34.
18. van Gasteren H. Kwantificering van vogelbewegingen langs de kust bij IJmuiden: een radarstudie / van Gasteren H., J.van Belle, L.S. Buurma. – Koninklijke Luchtmacht, Den Haag, 2002. – P. 37-51.
19. Ганя И.М. Радиолокационная орнитология / Ганя И.М., Зубков Н.И., Котяцы М.И. – Кишинев: Штиинца, 1991. – 218 с.
20. Nisbet I.C.T. Measurements with radar of the nocturnal migration over Cape Cod, Massachusetts / I.C.T. Nisbet // *Bird Banding*. – 1963. – P. 57-67.
21. Nisbet I.C.T. Quantitative study of migration with 23-centimeter radar / I.C.T. Nisbet // *Ibis*. – 1963. – P. 435-460.
22. Мацюра А.В. Использование различных типов радаров в орнитологических исследованиях / А.В. Мацюра // *Вісник ДНУ. Сер. Біологія. Екологія*. - 2005. – Вип. 13, т. 1. – № 3/1. – С. 159-164.

REFERENCES

1. Eastwood E. Radar Ornithology / E. Eastwood. – London: Methuen & Co., 1967. – 278 p.
2. Williams T.C. An ornithological radar // Williams T.C., Settel J., O'Mahoney P., Williams J.M. / *American Birds*. – 1972. – 26. – P. 555-557.
3. Bruderer B. The study of bird migration by radar – Part 1. / Bruderer B. – The technical basis. *Naturewissenschaften*, 1997. – P. 1-8.
4. Gauthreaux S.A. Wind and the direction of nocturnal songbird migration / S.A. Gauthreaux // *Nature*. – 1970. – Vol. 228. – P. 476-477.
5. Larkin R.P. A method for automatically detecting birds on radar // Larkin R.P., Eisenberg L. / *Bird-Banding*. – 1978. – Vol. 49. – P. 172-181.
6. Ruth J.M. Applying radar technology to migratory bird conservation and management: strengthening and expanding a collaborative / Ruth J.M. – U.S. Geological Survey 2007. Report number. – 2007. – 86 p.
7. Richardson W.J. Autumn landbird migration over the western Atlantic Ocean as evident from radar // Richardson W.J./ *Proceedings of the 17th Int. Ornithological Congress*. – Berlin. – 1978. – P. 501-506.
8. Peckford M.L. Within night correlations between radar and ground counts of migrating songbirds // Peckford M.L., Taylor P.D. / *Journal of Field Ornithology*. – 2008. – Vol. 79. – P. 207-214
9. Harmata A.R. A vehicle-mounted radar for dual-purpose monitoring of birds // Harmata A.R., Leighty G.R., O'Neil E.L. / *Wildlife Society Bulletin*. – 2003. – Vol. 31. – P. 882-886.
10. Harmata A.R. Using marine surveillance radar to study bird movements and impact assessment // Harmata A.R., Podruzny K.M., Zelenak J.R., Morrison M.L. / *Wildlife Society Bulletin*. – 1999. – Vol. 27. – P. 44-52.
11. Tulp I. Nocturnal flight activity of sea ducks near the windfarm Tuno Knob in the Kattegat. Prepared for Novem, Utrecht, Netherlands / Tulp I., Schekkerman H., Larsen J.K., van der Winden J., van der Haterd R.J., van Horsen W.P., Dirksen S., Spaans A.L. – Bureau Waardenburg bv: Culemborg, Netherlands, 1999. – P. 43-48.
12. Petersen I.K. Final results of bird studies at the offshore wind farms at Nysted and Horns Rev, Denmark. NERI report for DONG energy and Vattenfall A/S / Petersen I.K., Christensen T.K., Kahlert J., Desholm M., Fox A.D. – Rønde, Denmark, 2006. – P. 50-57.
13. Desholm M. How much do small-scale changes in flight direction increase overall migration distance? // Desholm M / *Journal of Avian Biology*. – 2003. – Vol. 34. – P. 155-158.
14. Kahlert J. Investigations of birds during construction and operation of Nysted offshore wind farm at Rodsand. Annual status report 2003. NERI report for Energy E2 A/S. / Kahlert J., Petersen I.K., Fox A.D., Desholm M., Clausager I. – Rønde, Denmark, 2004. – P. 32-38.
15. Huppopp O. Bird migration studies and potential collision risk with offshore wind turbines // Huppopp O., Dierschke J., Exo K., Fredrick E., Hill R. / *Ibis*. – 2006. – Vol. 146. – P. 90-109.

16. Cohen B. Short-range corrections for migrant bird tracks on search radars // Cohen B., Williams T.C. / J. Field Ornith. – 1980. – Vol. 51. – P. 248-253.
17. Krijgsveld K.L. Baseline studies North Sea wind farms: fluxes, flight paths and altitudes of flying birds 2003-2004 / Krijgsveld K.L, Lensink R., Schekkerman H. - Netherlands: Bureau Waardenburg bv, Culemborg, 2005. – P. 22-34.
18. van Gasteren H. Kwantificering van vogelbewegingen langs de kust bij IJmuiden: een radarstudie / van Gasteren H., J.van Belle, L.S. Buurma. – Koninklijke Luchtmacht, Den Haag, 2002. – P. 37-51.
19. Ganya I.M. Radarnaya ornitologiya / Ganya I.M., Zubkov N.I., Kotyatsy M.I. – Kishinev: Shtiintsa, 1991. – 218 p.
20. Nisbet I.C.T. Measurements with radar of the nocturnal migration over Cape Cod, Massachusetts / I.C.T. Nisbet // Bird Banding. – 1963. – P. 57-67.
21. Nisbet I.C.T. Quantitative study of migration with 23-centimeter radar / I.C.T. Nisbet // Ibis. – 1963. – P. 435-460.
22. Matsyura A.V. Ispolzovanie razlichnykh radarov v ornitologicheskikh issledovaniyakh / A.V. Matsyura // Vestnik Dnepropetrovskogo Natsionalnogo Universiteta. Seriya Biologiya. – 2005. – Volume 13, Issue 1. – №3/1. – P. 159-164

УДК 599.323

БІОТОПНІ ПРЕФЕРЕНЦІЇ МИШОПОДІБНИХ ГРИЗУНІВ НА ТЕРИТОРІЇ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ “СКОЛІВСЬКІ БЕСКИДИ”

Стецула Н.О.

Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка

82100, Україна, Львівська обл., Дрогобич, вул Т. Шевченка, 23

nadya739@ mail.ru

Проаналізовано біотопну приуроченість мишоподібних гризунів на території парку. Досліджено характер використання видом території та взаємозв'язок між видами та біотопами. Встановлено, що *Arvicola sherman*, *Terricola subterraneus* і *Microtus arvalis* є стенотопними видами на території парку, які трапляються лише в лучних біотопах. *Microtus minutus*, *Mus musculus*, *Apodemus agrarius*, *Microtus agrestis* – види, що трапляються спорадично. *Sylvaemus tauricus*, *Sylvaemus sylvaticus* та *Myodes glareolus* зустрічаються у всіх біотопах – евриотопні види парку.

Ключові слова: біотоп, мишоподібні гризуни, біотопна приуроченість, стенотопні, евриотопні та спорадичні види.

БИОТОПНЫЕ ПРЕФЕРЕНЦИИ МЫШЕВИДНЫХ ГРЫЗУНОВ НА ТЕРРИТОРИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКА «СКОЛИВСКИЕ БЕСКИДЫ»

Стецула Н.О.

Дрогобычский государственный педагогический университет имени Ивана Франко

82100, Украина, Львовская обл., Дрогобыч, ул Т. Шевченко, 23

nadya739@ mail.ru

Проанализирована биотопная приуроченность мышевидных грызунов на территории парка. Исследован характер использования видом территории и взаимосвязь между видами и биотопами. Установлено, что *Arvicola sherman*, *Terricola subterraneus* и *Microtus arvalis* являются стенобионтными видами на территории парка, встречающиеся только в луговых биотопах. *Microtus minutus*, *Mus musculus*, *Apodemus agrarius*, *Microtus agrestis* – виды, которые встречаются спорадически. *Sylvaemus tauricus*, *Sylvaemus sylvaticus* и *Myodes glareolus* встречаются во всех биотопах – эвриотопные виды парка.

Ключевые слова: биотоп, мышевидные грызуны, биотопная приуроченность, стенобионтные, эвриотопные и спорадические виды.