

METHOD FOR ESTIMATING ANIMAL SIZE BY CAMERA TRAP IMAGES USING REFERENCE OBJECTS

Sergii Gashchak 

Key words

Remote studies, camera trap, mammals, animal sizes, indirect methods of measurements, setup of the field equipment, graphics editor

doi

<http://doi.org/10.53452/TU3011>

Article info

submitted 21.10.2025
revised xx.12.2025
accepted 30.12.2025

Language

Ukrainian, English summary

Affiliation

Chornobyl Centre for Nuclear Safety, Radioactive Waste and Radioecology (Slavutych, Ukraine)

Correspondence

S. Gashchak; Chornobyl Centre for Nuclear Safety, Radioactive Waste and Radioecology, 11 Zbroinykh Syl Ukrainy Street, Slavutych, 07101 Ukraine; Email: sgashchak@chornobyl.net orcid: 0000-0002-7582-6742

Abstract

Camera traps (CT) are increasingly used in zoological studies, primarily to identify species, estimate their abundance, distribution, behaviour, etc. However, the full potential of CTs has not been widely adopted, for instance, the opportunity to estimate animal size. This information is vital for analysing population structure and status, and for individual identification, especially in species lacking distinct external markers. This study presents an author-developed method for estimating animal size based on CT images. It is based on comparing the relative size of the animal in the image with that of reference objects with known linear dimensions, which were photographed by the CT at the same location. As reference objects, the author used a set of one-metre poles with brightly coloured 20 cm markings, installed in front of the CT, along a predefined radial grid within a sector of c. 30° and a radius up to 8 m. The key conditions for precise size estimation are: strict adherence to the grid design, visibility of the point where the pole meets the ground surface, and the presence of unchanging elements within the CT's field of view. It is also important to select images where the animal's body is positioned parallel to the frame, and the legs are vertically aligned. The grass in front of the CT is recommended to be kept at the lowest level to ensure visibility of where the legs meet the ground. All procedures with the images of the animals and the poles were carried out in Adobe Photoshop (overlapping, aligning, measuring). The precise alignment of the pole and animal positions favours an accuracy of size estimation up to a few centimetres. An error of ± 1 m in determining the pole and animal positions results in an error of size estimation of $\pm 25\%$ at a distance of 3 m from the CT, decreasing to $\pm 10\%$ at 7 m. A function of the change in linear dimensions with distance from the CT helps to estimate size more precisely. All examples and calculations were made for conditions using the Browning BTC-7 camera trap in Ultra Video mode. For other CT models and modes the parameters of the grid, the dimension-distance function, and the evaluation error will vary, and they can be recalculated, though the main regularities will remain consistent.

Cite as

Gashchak, S. 2025. Method for estimating animal size by camera trap images using reference objects. *Theriologia Ukrainica*, **30**: 97–108. [In Ukrainian, with English summary]

Метод оцінки розміру тварин по світлинах з фотопасток за допомогою референтних об'єктів

Сергій Гащак

Резюме. Фотопастки все більше використовуються у зоологічних дослідженнях, переважно, для виявлення видів, оцінки їх чисельності, поширення, поведінки, і таке інше. Проте не всі їх можливості набули популярності, зокрема – можливість оцінити розмір тварини. Ця інформація дуже важлива при вивченні структури і загального стану популяції, для визначення особин, особливо, для видів з нечіткими зовнішніми ознаками. У роботі представлено власноруч розроблений метод оцінки розмірів тварин при роботі з фотопастками. Він полягає у порівнянні відносних розмірів тварини на зображенні з відносними розмірами референтних предметів відомої лінійної величини, окремо сфотографовані фотопасткою на тому самому місці. У якості референтних предметів взято набір 1 м жердин з яскравими кольоровими 20 см мітками, розміщених перед фотопасткою за певною радіальною схемою у секторі куту 30° і радіусом до 8 м. Показано, що суворе дотримання схеми, видимість місця контакту жердин з ґрунтом, наявність незмінних елементів у полі зору камери є ключовими умовами для точної оцінки розмірів. Важливо також обирати зображення, де тіло тварини розташовано паралельно кадру, а ноги вертикально. Трав'яний покрив перед фотопасткою бажано підтримувати на найнижчому рівні, щоб було видно місце контакту ніг з ґрунтом. Всі камеральні процедури з зображеннями тварин і референтних жердин проводились у Adobe Photoshop (накладення, суміщення, вимірювання). Повний збіг місця розташування жердини і тварини сприяє точності оцінки до кількох сантиметрів. Помилка у ± 1 м у визначенні місця їх положення дає помилку в оцінці розмірів до $\pm 25\%$ на відстані 3 м від фотопастки, і зменшується до $\pm 10\%$ на відстані 7 м. Розрахунок параметрів функції зміни лінійних розмірів жердин за відстанню від фотопастки допомагає точніше оцінити розміри тварини. Всі приклади і розрахунки зроблені для умов використання фотопастки Browning BTC-7 у режимі відео Ultra, для інших моделей і умов параметри референтної мережі, функції зміни лінійних розмірів і величина помилки будуть дещо іншими, їх треба розраховувати, але головні закономірності зберуться.

Ключові слова: дистанційні дослідження, фотопастка, ссавці, розміри тварин, непрямі методи вимірювань, налаштування польового обладнання, графічні редактори.

Вступ

Одне з питань, яке виникає при дистанційних дослідженнях тварин, це оцінка їхніх розмірів. Така інформація є вихідною як для вивчення структури і загального стану популяції, так і є важливою для ідентифікації особин, особливо, коли розмір і пропорції є одними з небагатьох ознак, що відрізняють одну особину від іншої чи є ознакою вікового та статевого диморфізму [Tombak *et al.* 2024; Berger 2012]. Звичайно, для цього за допомогою вимірювальної рулетки, лінійки чи іншого засобу визначають стандартні, прийняті у науковому співтоваристві довжини «від і до» якихось стандартних точок на тілі тварини [e.g. Abelentsev *et al.* 1956; Kuznetsov 1975]. Довгий час єдиним способом це зробити було вилучення тварини з природи, на цьому побудовані всі зведення минулого, що включають огляди розмірів тварин [e.g. Abelentsev *et al.* 1956; Richard-Hansen *et al.* 1999]. Проте, таке вилучення не завжди можливо, та/або не завжди прийнятне з наукових, екологічних чи етичних міркувань. Нарешті, це коштує занадто багато зусиль. Тому дослідники шукали опосередковані прийоми, один з яких полягає у порівнянні зображення тварин на світлинах з зображеннями чогось на тих самих світлинах, чий лінійні розміри відомі.

Так, Дж. Бергер [Berger 2012] просто штангенциркулем на зображенні вимірював відносні розміри лосів і вівцебиків, сфотографованих у дикій природі, і порівнював їх з розмірами лосів і вівцебиків, яких тримали у загоні. При цьому дослідник враховував і відстань до тварин, і дотримувався стандартних налаштувань фотокамери, і взагалі провів попередню методологічну роботу з оцінки надійності цього методу. Дещо схожий прийом був використаний і в іншому дослідженні [Willisch *et al.* 2013], при оцінці розмірів альпійських козлів: на світлин-

нах де поруч знаходилися кілька тварин, розмір одних особин оцінювали відносно розміру інших, яких вже поміряли раніше. А першим референтним об'єктом був козел з тієї самої групи, якого іммобілізували, і це дозволило визначити всі розміри на тілі безпосередньо. До зовсім іншого підходу звернулися у дослідженні леопардів у Африці [Tarugara *et al.* 2019]. Тварин заманювали принадою на стовбур дерева, нахилений під кутом до живого дерева, перед фотопасткою, а у якості калібру використовували цвяхи, забиті у нахилений стовбур через 20 см. Виміри здійснювали вже у графічному редакторі.

Ще у одному дослідженні [CuCui *et al.* 2020] для оцінки розмірів оленів використовували 2 м жердину з яскраво розмальованими 5-см мітками. Спочатку, за допомогою фотопастки, отримували світлинку з зображенням тварини, потім визначали місце, де знаходилася передня нога, ставили туди калібрувальну жердину — і робили ще один знімок з жердиною, а потім провадили порівняння і оцінку інструментаріями графічних редакторів. Нарешті, ще один і принципово відмінний підхід полягав у визначенні фокальної відстані камери у фотопастиці і у використанні цього значення при розрахунках розмірів як дрібних тварин — бродячих котів [Paton *et al.* 2024], так і великих — північного оленя [Leorna *et al.* 2022]. У цих дослідженнях ключову роль грало просторове калібрування зони детекції перед фотопасткою, оскільки важливо було знати, на якій відстані від камери знаходиться тварина. До початку робіт дослідники за допомогою набору калібрувальних жердин розмічали регулярні смуги у секторі зйомки, і фотографували їх фотопасткою. Як і в інших роботах, далі дослідники накладали зображення з тваринами на зображення з калібрувальними жердинами і провадили оцінку розмірів засобами графічних редакторів.

Отже, сама ідея доволі зрозуміла, а можливість отримати велику кількість зображень живих тварин за допомогою фотопасток у їхньому природному середовищі, та ще й у динаміці, відкриває простір і для досліджень, де розмір має значення.

Автор даної статті зайнявся дослідженнями з використанням фотопасток доволі давно, ще у 2001 р. [Gashchak 2008], і майже зразу зіткнувся з проблемою визначення розміру. Незалежно від того, хто і як на той час це робив у світі, автор розробив свою власну методику, хоча і визнає, що за ключовими деталями вона нагадує методики з вище згаданих досліджень і в певній мірі являє собою їх синтез. Отже, рішення знайдено у порівнянні розмірів тварини, яку зняла фотопастка, з розмірами стандартних вимірювальних жердин, розміщених перед фотопасткою до початку робіт. Фотопастка знімала майданчик з жердинами, далі вони прибиралися, а пізніше, якщо виникала потреба, отримані фото-відео зображення тварин порівнювали з зображеннями жердин за допомогою графічного редактора. Автор ділиться власним досвідом, описує підходи, обговорює «підводні каміння», технічні проблеми, і прийоми роботи з графічними редакторами. Представлена методика оцінки розміру виявилася відносно успішною і використовується вже понад 10 років [Gashchak *et al.* 2016, 2022; Gashchak 2024].

Загальні підходи

Ще з самого початку, розуміючи, що тварин у кадрі треба з чимось порівнювати, автор використовував одну жердину з мітками через 50 см, з якою ходив перед фотопасткою. Потім з'ясувалося, що було б добре, якби жердина фотографувалася на кількох стандартних відстанях від фотопастки, а тому потрібна не одна, а кілька жердин, і вони мають бути достатньо великими, щоб їх роздивитись на знімку, і достатньо легкими, щоб можна було переносити на великі дистанції. Потім жердини були ще й пофарбовані у яскраві кольори, щоб краще було видно у різних умовах.

Розташування жердин

Відповідно до заявлених виробниками специфікацій більшість фотопасток минулого (2010–2020 роки) мали кут зору об'єктиву (FOV) близько 52–55° (якщо, звісно, вони не були широкоформатними). Попри ці величини, безпосередньо у кадр потрапляла помітно менша частина зображення: по горизонталі 40–42°, і по вертикалі 30°. У цьому неважко переконатися

ся, якщо сфотографувати дві мітки, що збігаються з краями кадру, і точно виміряти відстань між ними і відстань від міток до камери, і згадати формули тригонометрії, або просто звернутися за допомогою до он-лайн калькуляторів.

Таке не заявлене виробниками зменшення картинки, напевно пов'язане з особливостями матриці і способом обробки у прошивці. Хто мав фотопастки різних виробників, скоріше побачив, що якісь показують набагато більшу картинку (наприклад, Bushwhacker Big Eye D3N), ніж інші (наприклад, Browning BTC-7FHD-PX). Чому це важливо? Тому що, розміщуючи фотопастку на висоті 50–70 см від землі, в кадр потрапить об'єкт у повний зріст (тобто не вище 50–70 см) не ближче, як за 2–2,5 м, а може і далі (як у випадку з Browning BTC-7FHD-PX). Для більших тварин камера має бути і далі, і вище від центру зони зйомки, бо інакше від тварин залишатимуться тільки ноги.

Отже, якщо дослідник не зосередився на дослідженні тварини певного розміру, то мусить шукати компроміс між висотою розташування фотопастки і відстанню до центру зони зйомки. У власних дослідженнях автор прийшов до висновку, що оптимальна висота розташування фотопастки складає близько 60–70 см, а відстань до центру зони зйомки — не менше 4 м, щоб тварину, що біжить по стежці, камера встигла зняти.

Виходячи з цього, калібрування простору у зоні зйомки автор починав з другого метру від фотопастки, і — далі через кожний метр (рис. 1, *a–b*). Звичайно такий майданчик представляв собою сектор перед фотопасткою радіусом від 6 до 10 м. В ідеалі, калібрувальні жердини мали б стояти по більш щільній сітці, на кожному метрі, але за цим стоїть їх дуже висока кількість, що у всіх відношеннях обтяжує польової роботи.

Автор обмежив їх обсяг 20–24 жердинами, розташованими у трьох основних лініях (рис. 1): центральна — 7 жердин, починаючи з другого метру від фотопастки, і далі через кожний метр, і дві бокові лінії з шести жердин, паралельних до центральної, розташованих, починаючи з третього метру, і — додаткові жердини ще по бокам, звичайно, на стежці, якщо така є. Для визначення ліній і напрямку автор використовував товсту мотузку довжиною 10 м з мітками з чорної ізоляційної стрічки через кожний метр.

Примітка. Жердини на центральній лінії перекривають одна одну у полі зору камери, якщо їх розмістити строго по центру перед фотопасткою. Автор вирішував цю проблему або зміщенням кожної бік на 10–40 см від центральної лінії, або зміщенням самої центральної лінії.

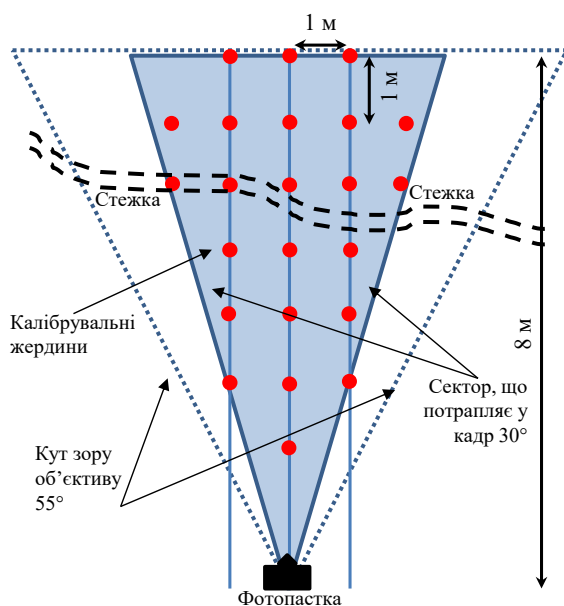


Рис. 1. Схема розташування калібрувальних жердин перед фотопасткою у секторі зйомки (*a*) і приклад, як це виглядає на місцевості (*b*).

Fig. 1. Layout of reference poles grid in front of the camera trap in the shooting sector (*a*) and an example of how it looks on the site (*b*).

Строге витримування метражу між жердинами для автора було не так важливе, як і знання відстані від жердини до камери. Головне — щоб було видно, де встромлена жердина, щоб на етапі порівняння зображення тварини з зображенням жердин не було сумнівів, положення якої жердини збігається з розташуванням звіра, або є найближчим. З тією ж проблемою була пов'язана і необхідність регулярно прибирати траву, якщо вона там росла.

Дизайн жердин

Кожна жердина представляла собою дерев'яну планку довжиною 102 см і перерізом 1.5×1.5 см (можна і круглі, наприклад з бамбуку або горішника), в один кінець якої встромлено цвях без шляпки довжиною 7–10 см. Цей цвях необхідний саме для встромлення жердини у ґрунт, щоб калібрувальна частина цілком залишалася над ґрунтом.

Кожна жердина розмічена на відтинки по 20 см (плюс 2 см зверху), які пофарбовані послідовно у яскраві жовті і помаранчеві кольори (краще флуоресцентні фарби). Щоб чіткіше була видна межа між кольорами, автор обмотував межу чорною ізоляційною стрічкою. Пофарбовані останні 2 з 102 см довжини разом з чорною стрічкою дозволяли підкреслити верхній кінець жердини. Для перенесення всі жердини скріплювали бандажною стрічкою і складали у спеціально пошитий чохол з ручками. Щоб кінці зі цвяхами не пошкодили чохол, автор вставив у один кінець чохла пластикову ємність відповідного діаметра. Вага такого набору складала не більше 3,5–4,0 кг. За відсутності надзвичайних обставин і при елементарному догляді такі жердини слугуватимуть довго.

Примітка. Наявність цвяха в одному кінці жердини не гарантує, що вона буде триматися на всіх субстратах. На дуже розсипчастих або м'яких, єдиний вихід — встромити жердину глибше за рахунок повної довжини. На дуже твердих (асфальт, і таке інше) треба шукати додаткові стійкі основи (наприклад, дерев'яні шайби, заздалегідь нарізані з поліна). Важливо розуміти, що не стільки важливо спостерігати повну довжину жердини, скільки чітко уявлення, де саме вона торкається поверхні і бачення кольорових відтінків.

Додаткові дії

У природних умовах, як би досконало ми все не встановлювали і не вимірювали, немає жодних гарантій, що при поверненні знайдемо нашу фотопастку і майданчик такими самим, як залишили. Якщо фотопастка встановлена на дерево, то поява листя, дощ, вітер, опад листя або налипання снігу змінюють навантаження на стовбур і він змінює своє положення, нахилиється, або навіть трохи розгортається. Та картинка, яку бачили у кадрі, коли знімали калібрувальні жердини, за орієнтацією не буде збігатися з наступними. Це — абсолютна норма. Так само на оцінку що де знаходиться впливають свіжі порії кабанів або трав'яний покрив, якого важливо позбавлятися.

Отже треба, щоб перед камерою були додаткові незмінні об'єкти, до яких можна було б прив'язатися під час накладання світлин з калібрувальними жердинами на світлини з твариною. У багатьох випадках, особливо в лісових угіддях, такими незмінними об'єктами стають основи стовбурів дерев (саме основи, бо вони змінюють положення менш за все). Додатково на таких стовбурах можна зробити невеличкі, але добре помітні на світлинах зарубки, якщо немає виразних природних міток (сучки, подряпини і таке інше). Якщо дерев немає, можна покласти перед камерою кілька великих каменів, або навіть забити у землю декілька невеличких кілків (на кшталт залишків стовбурів дерев).

Всі ці дії — дуже важливі, бо незначне, на кілька градусів змінення розвороту камери повністю спотворює відображення простору і, як наслідок, викликає невірні оцінки розміру тварин. Ключові точки на світлинах, що порівнюються, мають обов'язково збігатися!

Маніпуляції з світлинами за допомогою графічних редакторів

Застосунків, які дозволяють зберігати, каталогізувати та редагувати фото-відеоматеріали існує безліч. А в останнє десятиріччя — ще й багато застосунків, що спеціалізуються на

управлінні фото-відеоматеріалами з фотопасток. Автор, за давно укладеною звичкою, використовує для каталогізування, перегляду і первинної обробки фото-відео матеріалів програмний застосунок ACDSee Photo Studio Ultimate, а для порівняльних маніпуляцій і оцінки розміру тварин — Adobe Photoshop. Отже, далі буде пояснене, що автор робив, оцінюючі розміри тварин за допомогою саме цих застосунків, але подібні інструментарії можна знайти і в інших застосунках. Також автор переконаний, що більшість читачів знайомі з такими застосунками і мають досвід роботи з ними, тому наведений нижче детальний опис маніпуляцій розрахований суто на пояснення власних дій, хоча і може буде корисний для тих, кому це незнайоме.

Роль ACDSee була обмежена лише зручним пошуком вихідного фото-відеоматеріалу, простим прийомом експорту фото-кадра з відео-ролика (кнопка «Extract current frame» при перегляді відео), та, за потребою, попередня обробка світлини (частіше за все, корекція яскравості і контрастності). Далі всі маніпуляції здійснювалися у Adobe Photoshop.

Наприклад, маємо один відео-ролик з ведмедем (за 13.06.2021) і один ролик з розставленими калібрувальними жердинами (за 7.05.2021) з однієї локації. З обох роликів екстрагували по відповідному бажаному кадру у форматі *.jpg (рис. 2). Далі обидві світлини відкриваємо у Photoshop. Вони доволі сильно відрізняються (з'явилася і підросла трава, з'явилася листя). Більш того, у кадрі з ведмедем зменшилося зображення стовбура дерева (у лівому нижньому куті), що колись впало і лежало перед фотопасткою. Очевидно це сталося внаслідок появи листя і сезонної зміни кількості вологи у кроні дерева з фотопасткою, тому нахил стовбура трохи змінився. Без підгонки зображень двох світлин по ключовим незмінним елементам не можливо здійснювати оцінку розмірів ведмедя.

Для узгодження світлин за розташуванням «незмінних» ключових об'єктів, світлину з жердинами автор повністю виділяв (Ctrl-A) і копіював у буфер (Ctrl-C), а потім вставляв додатковим шаром (Ctrl-V) поверх світлини з твариною¹. Для того, щоб на зображенні шару, що зверху, проявилася зображення на шарі, що під ним, треба зробити його напівпрозорим через зміну налаштування у «Параметрах накладання», а саме: клікнути правою клавішею мишки на шарі з жердинами і вибрати опцію «Параметри накладання», у новому вікні з параметрами змінити налаштування «Непрозорість» зображення. За замовчуванням, там вказано 100 %. Треба вибрати таке значення, щоб ключові незмінні елементи і на верхньому, і на нижньому зображенні виглядали більш-менш однаково чітко (рис. 3). Неважко переконатися, що виникає «роздвоєння» ключових та інших елементів, що як раз і пов'язане з зміною орієнтації фотопастки.



Рис. 2. Вихідна світлина з твариною, розмір якої треба оцінити (а), і – того самого майданчика з калібрувальними жердинами (b). Червоними колами показані ключові незмінні елементи майданчика, які слугуватимуть для точного суміщення обох зображень.

Fig. 2. Initial picture with the animal the size of which has to be measured (a), and the picture of the same site with the reference poles (b). The red circles indicate key unchangeable elements of the site which are used for correct overlapping of both images.

¹ Важливо, щоб обидві світлини мали однаковий розмір, і попередньо ніяк не обрізалися.

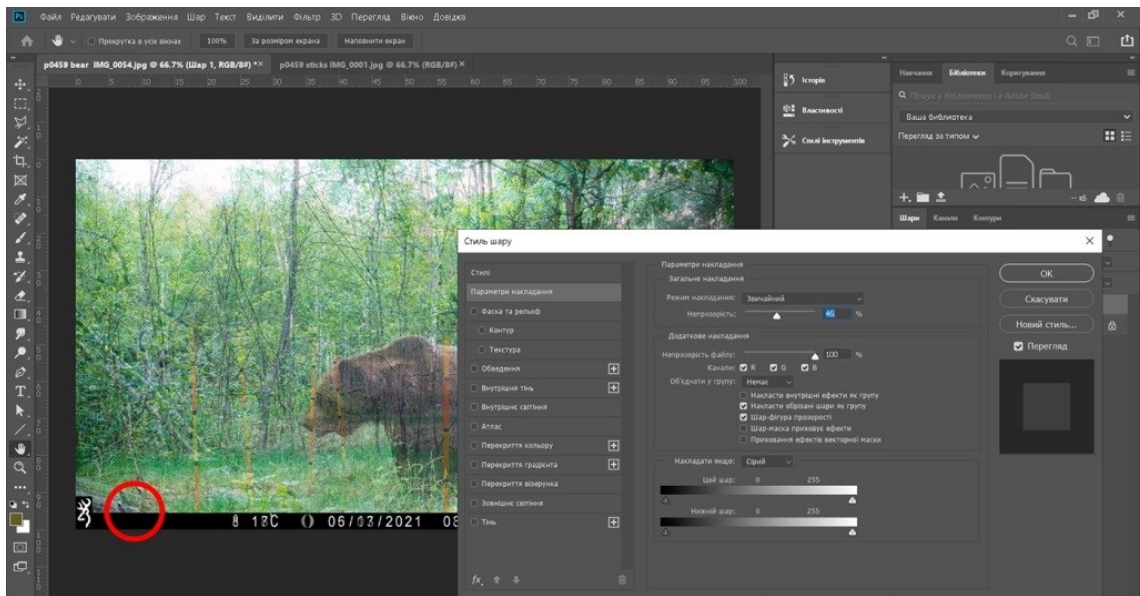


Рис. 3. Вигляд світлин у Photoshop після накладення одної на одну і налаштування напівпрозорості верхньої. Червоним колом показане «роздвоєння» ключового незмінного елементу у лівому нижньому куті.

Fig. 3. The view of the picture in Photoshop after overlapping and adjusting semi-transparency of the upper layer. Red circle indicates 'bifurcation' of the key unchangeable element in the left lower corner.

Для того, щоб ключові елементи зійшлися, треба щонайменше перемістити верхній шар у відповідний бік, доки не зійдуться. Для цього використовують кнопку «Переміщення» («хрестик»), першу у боковій панелі інструментів і маркер миші. Важливо при цьому не змінювати пропорції шару, що може статися при необережному натисканні на межі шару.

Просте переміщення може не дати бажаного результату. Якийсь ключовий елемент зійдеться на обох шарах, але інший — ні. Частіше за все це пов'язане з поворотом камери навколо горизонтальної осі (закручування). Щоб подолати і цю проблему, треба скористатися функцією «Повернути»: треба вибрати у верхньому меню «Редагувати», далі — «Трансформувати», і — «Повернути». Як правило, необхідно виконати по кілька послідовних ітерацій «Переміщення» і «Повернути», щоб всі ключові елементи на обох шарах зійшлися.

Оцінка розмірів тварини

Коли ключові елементи на обох шарах збіглися, можна переходити до оцінки розмірів тварини. Для цього, перш за все, необхідно визначити, положення яких жердин збігається з положенням звіра. Від точності визначення залежить точність оцінки (див. нижче). Використання ближчих до фотопастки жердин буде зменшувати оцінку, а дальніх — збільшувати. Трава і сніг, як правило, заважають, необхідний певний досвід, відчуття, яке положення жердин найбільш збігається з положенням тварини.

Якщо необхідна жердина визначена, то далі у боковому меню інструментарію Photoshop береться «Лінійка» і вимірюється довжина у пікселях одного-двох чи навіть всіх 20-сантиметрових кольорових відтінків (якщо їх повністю видно) на жердині. Далі вимірюється у пікселях бажаний розмір тварини (наприклад, зріст у плечах).

Далі простий розрахунок:

$$x = \frac{b \times 20}{a}$$

, де x — розмір у сантиметрах тварини, який оцінюється, a — довжина 20-см відтинку калібрувальної жердини у пікселях, 20 — довжина калібрувального відтинку у см; b — довжина у пікселях того розміру тварини, який оцінюється.



Рис. 4. Приклад оцінок розмірів калібрувальних жердин і звіра за допомогою інструментарію Photoshop.

Fig. 4. An example of the animal's and pole's size estimation using tools of Photoshop.

На рисунку 4 подано приклад вимірів, а розрахована висота ведмедя у холці відповідно дорівнює: $x = 435 \text{ пікс} \times 80 \text{ см} / 325 \text{ пікс} = 107 \text{ см}$.

Обговорення

Отже, представлений вище метод оцінки розмірів тварини за їх фотографіями відносно простий. Все що треба, це — виготовити щось (наприклад, калібрувальні жердини) відомого розміру та/або з мітками відомого розміру і розмістити перед фотопасткою, зробити кілька знімків, щоб пізніше зображення тварини можна було б з чимось порівнювати. Але, як завжди, є певні нюанси, про які варто пам'ятати.

Добре відомо, щоб визначити розміри, зрозумілі для всіх, дослідник має дотримуватися певних правил [Abelentsev *et al.* 1956; Kuznetsov 1975]. Навіть, якщо тварина нежива або іммобілізована, невірні процедури даватимуть і такі самі невірні значення. Тварину треба розправити, але не розтягувати, використовувати одні і ті самі точки на тілі, і таке інше. З живою твариною, що рухається, тим паче у кадрі, все набагато складніше. Тіло міняє своє положення, просідає, підіймається. Навіть незначні кутові помилки при оцінці положення викликають значні переоцінки або недооцінки розміру тварини [Tarugara *et al.* 2019; CuCui *et al.* 2020; Leorna *et al.* 2022; Paton *et al.* 2024]. Хутровий покрив буває різної товщини і стану, і це також заважатиме точній оцінці розмірів [Berger 2012; Tarugara *et al.* 2019]. З поміж отриманих матеріалів треба шукати такі зображення (або моменти відео), коли тварина знаходиться у позі, що найбільше відповідає «стандартній стійці», тобто: максимально уздовж кадру, щоб можна було поміряти довжину тіла, і випрямлені вертикально передні ноги (лапи), щоб можна було поміряти висоту у холці.

Точність оцінок не менше залежатиме від точності визначення місцезнаходження тварини у кадрі відносно місцезнаходження референтних калібрувальних предметів. Автор провів невеликий аналіз щодо ціни помилкового визначення на прикладі власних знімальних майданчиків перед фотопастками. Так, було взято 10 зображень розташування калібрувальних жердин перед фотопастками Browning BTC-7FHD-PX, що працювали в режим «Відео Ultra», і проведена оцінка, як змінюється кутова величина (у пікселях) 20-см відтинку на жердинах уздовж центральної лінії (див. рис. 1) від жердини у точці 2 м до точки 7 м. Далі, була побудована крива апроксимації ступеневої функції (рис. 5). Форма і параметри кривої є специфічними для даної камери, і будуть іншими для інших камер (і навіть режимів зйомки), хоча суть залишиться такою самою.

Далі, з урахуванням параметрів цієї функції було визначено, яка б була оцінка розміру, якби дослідник помилково визначив положення об'єкту (тварини, кінцівки тварини) не там, де він є, а — на один метр далі або ближче.

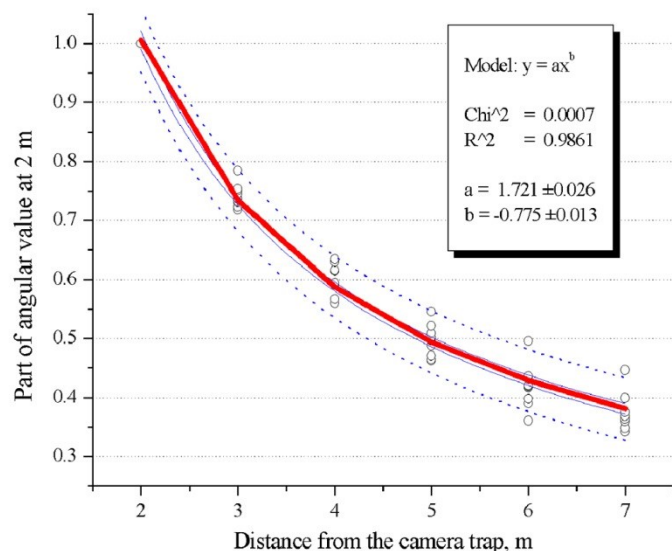


Рис. 5. Залежність відносного розміру кутової величини 20-см відтинку від відстані від фотопастки (Browning BTC-7FHD-PX, режим відео Ultra), у частках від кутової величини на відстані 2 м. Представлено вихідні дані (кружки), 95% довірчий інтервал (синя крива) та 95% прогнозований інтервал (синя пунктирна крива).

Fig. 5. Dependence of the angular value of the 20 cm mark (as a part of that at 2 m distance from the CT) on distance from the CT (Browning BTC-7FHD-PX, video mode Ultra). Original data (circles), 95% confidence limits (blue line), 95% prediction limits (blue dot line)

«Один метр» не є надмірною помилкою в умовах, коли горизонтальна поверхня розташована під кутом не більше 15° до камери, має певну кривизну, та ще й вкрита рослинністю. Виходить, що помилка в один метр коштуватиме $\pm 25\%$ на 3 м відстані від фотопастки, і зменшуватиметься до $\pm 10\%$ на 7 м (табл. 1). Причому, при помилці у бік до фотопастки розміри будуть недооцінюватися, а у протилежний бік — переоцінюватися. У випадку, коли розташування тварини збігається з розташуванням калібрувальної жердини, помилка буде мінімальною і залежатиме лише від того, наскільки можливо визначити точки на тілі для стандартних вимірювань. Якщо ж повного збігу не буде, дослідник має визначити, до якої жердини тварина ближче і хоча б приблизно визначити відстань від фотопастки, а далі — розрахувати кутову величину, яку мав би «калібр» у точці, де стоїть тварина, з урахуванням параметрів функції зміни кутової величини (за прикладом, як це було показано вище). Абсолютно точного визначення розміру, можливо, не буде, але оцінки стануть набагато більш обґрунтованими, ніж будь-які уявляючі «на око».

Більшу точність можна досягти лише за умов ретельного калібрування простору перед фотопасткою і такої самої ретельної стандартизації установки фотопастки (краще з орієнтуванням на один певний вид тварин). Автор даного повідомлення мав організаційно-технічні обмеження щодо польових робіт, а тому високу точність не міг досягти у принципі. Проте досвід інших дослідників показує, що якісний підхід до організації знімального майданчика і методична робота з розрахунку похибки таких вимірювань, дають точність визначення від $\pm 1,0$ – $1,5$ см для дрібних тварин [Paton *et al.* 2024] до ± 3 – 4 см для великих [Leorna *et al.* 2022].

Таблиця 1. Відмінність реального розміру і його оцінки, якщо помилково визначити відстань (± 1 м) між твариною і фотопасткою, % (Для умов: фотопастка Browning BTC-7FHD-PX, режим відео Ultra)

Table 1. Differences between the real size and the estimated size when distance is defined incorrectly (± 1 m) between the animal and the CT, % (For the conditions: Browning BTC-7FHD-PX, video mode Ultra)

Відстань, що обирається, м	Відстань від фотопастки, що має бути, м				
	3	4	5	6	7
2	74.1				
3	100.0	81.0			
4	123.5	100.0	82.7		
5		120.9	100.0	84.4	
6			118.5	100.0	89.7
7				111.5	100.0

Поза високою точністю визначення розміру, висока точність визначення місцезнаходження (відстань, кут), у момент, коли тварина вперше з'являється у кадрі, відкриває для дослідників і можливість розрахунку щільності тварин [Rowcliffe *et al.* 2008; Howe *et al.* 2017; Nakashima *et al.* 2018; Gilbert *et al.* 2021; Morin *et al.* 2022].

У зв'язку з тим, що, за даною і за схожими методиками, порівняння тварини з референтним об'єктом, як правило, відбувається не прямо, а камерально, за їх зображеннями, за допомогою графічних редакторів, дуже важливо, щоб ці зображення зійшлися настільки, наскільки це максимально важливо. Фотопастка з якихось причин може змінити положення — зміниться і поле її зору. Щоб у майбутньому була можливість звести зроблені у різний час зображення, треба подбати про пошук чи інсталяцію у полі зору камери кількох незмінних і добре видних елементів (стовбури дерев, каміння, колоди і таке інше). На важливість цього моменту звертають увагу і інші дослідники [Paton *et al.* 2024]. Так само дуже важливо і про що кажуть всі дослідники, важливо прибирати трав'яну рослинність, щоб не заважала бачити, де саме ноги тварини торкаються поверхні ґрунту.

Автор цього матеріалу багатократно оцінював розміри тварин у фото- й відеоматеріалах (рис. 6) [Gashchak *et al.* 2016, 2022; Gashchak 2024]. Дякуючи даній методиці, з'ясовано, що у Чорнобильській зоні відчуження мешкає не один, а кілька особин бурого ведмедя [Gashchak *et al.* 2016], з'явилися додаткові аргументи щодо розрізнення окремих особин рисі і підрахунку їх чисельності [Gashchak *et al.* 2022], та більш предметно обговорювалось яких саме котів зафіксувала фотопастка [Gashchak 2024].

Підхід до «калібрування» простору перед фотопасткою, як описано вище, виявився спрощеним. Він не тільки завдавав складнощ при оцінці розміру, а й обмежував можливості по оцінці їх щільності. Працюючи над даним повідомленням, автор прийшов до висновку, що треба приділяти ще більше уваги до якості організації зони зйомки. Більш того, автор радив би замість раніше представлені схеми (див. рис. 1), перейти до радіальної (рис. 7).



Рис. 6. Приклади оцінок розмірів тварин різних видів хижих звірів: (а) рись, у холці — 55–57 см; (b) вовк, у холці — 62–64 см; (c) ведмідь, у холці — 105–110 см; (d) кіт дикий, довжина тіла від носа до основи хвоста 60–62 см.

Fig. 6. Examples of animal size estimations for different predatory mammals: (a) lynx, in shoulders—55–57 cm; (b) wolf, in shoulders—62–64 cm; (c) brown bear, in shoulders—105–110 cm; (d) wild cat, body length from nose to tail base—60–62 cm.

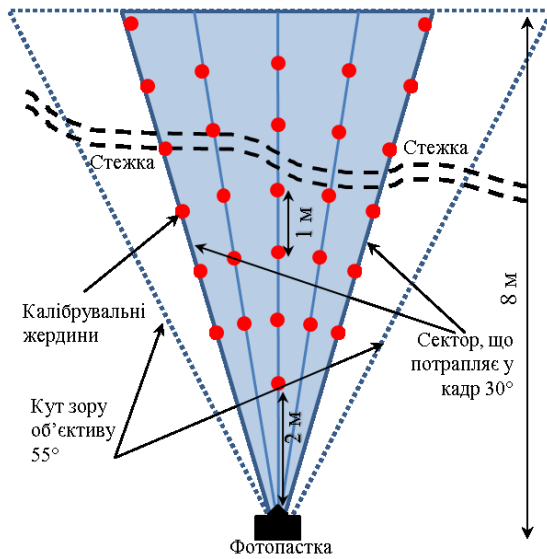


Рис. 7. Схема радіального розташування калібрувальних жердин перед фотопасткою.

Fig. 7. Layout of radial grid of the reference poles in front of the camera trap.

Для цього за допомогою мотузки і з центром у точці з фотопасткою позначити у зоні зйомки кілька дуг радіусом 2, 3 і так далі метрів (скільки потрібно). Далі, чітко визначити центральну радіальну лінію, вона має збігатися з центральною вертикальною лінією у кадрі фотопастки, а потім — так само крайні ліву і праву радіальні лінії, вони мають йти уздовж крайнього лівого і крайнього правого краю кадру (так, щоб калібрувальні жердини потрапляли у поле зору). Між центральною і боковими радіальними лініями — визначити додаткові по середині. Далі залишається лише розставити уздовж визначених радіальних ліній калібрувальні жердини, починаючи з другого чи третього метра від фотопастки, і — через метр.

При такій схемі зробити зйомку всіх жердин зразу, так щоб передні не закривали задні, не вийде. Треба або трохи змістити жердини вліво-вправо, щоб було видно всі (але при цьому, не залишаючи відповідну радіальну дугу), або поступово зняти кожну дугу з жердинами окремо (варто хоча б на одну жердину вішати мітку з номером метра, на якому вони стоять відносно фотопастки). Така робота коштуватиме додаткові зусилля, час і інструментарій, але обіцяє надати надійність наступних вимірювань і можливість оцінювати чисельність тварин.

Висновки

Запропонований метод оцінки розмірів тварин за фото-відео матеріалами з фотопасток включає наступні основні складові:

1. Наявність яскраво пофарбованих жердин (до 25 шт.) відомої лінійної величини з добре видимою регулярною розміткою, придатних для перенесення у польових умовах.
2. Зачистка майданчика перед фотопасткою від трави, щоб було видно, де жердини та ноги тварин торкаються землі. Визначення незмінних елементів ландшафту перед фотопасткою, або інсталяція штучних імітаторів, щоб у майбутньому, при накладені світлин з жердинами на світлин з тваринами, можна було їх сумістити.
3. Розбивку на місцевості перед фотопасткою мережі точок (краще радіальної структури з центром у фотопастці), з кроком у 1 м між точками уздовж радіальних ліній, і установка жердин у ці точки.
4. Фотографування мережі з калібрувальними жердинами за допомогою тієї самої фотопастки, і прибирання жердин до початку роботи фотопастки.
5. Використовуючи засоби графічних редакторів (Photoshop), накласти світлин з жердинами на світлин з твариною, сумістити їх, орієнтуючись на незмінні елементи у кадрі, виміряти бажані розміри у пікселях і перерахувати їх у сантиметри.

Врешті, строга калібрувальна мережа перед фотопасткою, підтримка чистоти знімального майданчику від трави і наявність визначених незмінних елементів ландшафту є головними передумовами для точної оцінки розміру тварин.

Подяки

Автор висловлює подяку всім, хто брав участь у «калібруванні простору» перед фотопастками: Сергію Паскевичу, Євгенію Гуляйченку, Ігорю Чижевському, Максиму Крачковському, Григорію Шурші. Якими б не були легкими калібрувальні жердини, донести їх до місця, правильно розставити, а потім зібрати — клопітка і важлива справа. Автор дякує Ігорю Загороднюку і за ідею підготовки такого матеріалу, і за його змістовне корисне обговорення.

Декларації

Фінансування. Фактичний матеріал зібрано з власної ініціативи автора без фінансування.

Конфлікт інтересів. Автор не має жодних конфліктів інтересів, які могли вплинути на зміст статті.

Поводження з матеріалом. Дослідження проведено з дотриманням вимог чинного законодавства України щодо роботи на території заповідних об'єктів і щодо роботи з живим матеріалом.

References

- Abelentsev, V. I., I. G. Pidoplichko, B. M. Popov. 1956. *Mammals: General Characteristics of Mammals. Insectivores, Bats*. Publishing House of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, Kyiv, 1–448. (Series: Fauna of Ukraine; Volume 1, Issue 1). [Ukrainian]
- Berger, J. 2012. Estimation of body-size traits by photogrammetry in large mammals to inform conservation. *Conservation Biology*, **26** (5): 769–777. [CrossRef](#)
- CuCui, S., D. Chen, J. Sun, [et al.]. 2020. A simple use of camera traps for photogrammetric estimation of wild animal traits. *Journal of Zoology*, **312** (1): 12–20. [CrossRef](#)
- Gashchak, S. 2008. On the experience of automatic photography of wild animals in the Chornobyl zone. *Proceedings of the Theriological School*, **9**: 28–38. [URL](#)
- Gashchak, S. P., Y. O. Gulyaichenko, N. A. Beresford, [et al.]. 2016. Brown bear (*Ursus arctos* L.) in Chernobyl exclusion zone. *Proceedings of Theriological School*, **14**: 71–84. [CrossRef](#)
- Gashchak, S., C. L. Barnett, N. A. Beresford, [et al.]. 2022. Estimating the population density of Eurasian lynx in the Ukrainian part of the Chornobyl Exclusion Zone using camera trap footage. *Theriologia Ukrainica*, **23**: 47–65. [CrossRef](#)
- Gashchak, S. 2024. Annotated review of the mammal fauna in the Chornobyl Biosphere Reserve as of 2023. *Theriologia Ukrainica*, **28**: 3–33. [CrossRef](#)
- Gilbert, N. A., J. D. Clare, J. L. Stenglein, [et al.]. 2021. Abundance estimation of unmarked animals based on camera-trap data. *Conservation Biology*, **35** (1): 88–100. [CrossRef](#)
- Howe, E. J., S. T. Buckland, M.-L. Despres-Einspenner, [et al.]. 2017. Distance sampling with camera traps. *Methods in Ecology and Evolution*, **8**: 1558–1565. [CrossRef](#)
- Kuznetsov, B. A. 1975. *Identification Guide to Vertebrates of the USSR Fauna. Part 3. Mammals*. Prosveshchenie, Moscow, 1–208. [Russian]
- Leorna, S., T. Brinkman, T. Fullman. 2022. Estimating animal size or distance in camera trap images: Photogrammetry using the pinhole camera model. *Methods in Ecology and Evolution*, **13**: 1707–1718. [CrossRef](#)
- Morin, D. J., J. Boulanger, R. Bischof, [et al.]. 2022. Comparison of methods for estimating density and population trends for low-density Asian bears. *Global Ecology and Conservation*, **35**: e02058. [CrossRef](#)
- Nakashima, Y., K. Fukasawa, H. Samejima, H. 2018. Estimating animal density without individual recognition using information derivable exclusively from camera traps. *Journal of Applied Ecology*, **55**: 735–744. [CrossRef](#)
- Paton, A., B. Brook, J. Buettel. 2024. A non-invasive approach to measuring body dimensions of wildlife with camera traps: A felid field trial. *Ecology and Evolution*, **14**: e11612. [CrossRef](#)
- Richard-Hansen, C., J.-C. Vié, N. Vidal, J. Kéramec. 1999. Body measurements on 40 species of mammals from French Guiana. *Journal of Zoology*, **247**: 419–428. [CrossRef](#)
- Rowcliffe, J. M., J. Field, S. T. Turvey, C. Carbone. 2008. Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition. *Journal of Applied Ecology*, **45**: 1228–1236. [CrossRef](#)
- Tarugara, A., B.W. Clegg, E. Gandiwa, [et al.]. 2019. Measuring body dimensions of leopards (*Panthera pardus*) from camera trap photographs. *PeerJ*, **7**: e7630. [CrossRef](#)
- Tombak, K. J., S. B. S. W. Hex, D. I. Rubenstein. 2024. New estimates indicate that males are not larger than females in most mammal species. *Nature Communications*, **15**: 1872. [CrossRef](#)
- Willisch, C. S., N. Marreros, P. Neuhaus. 2013. Long-distance photogrammetric trait estimation in free-ranging animals: A new approach. *Mammalian Biology*, **78** (5): 351–355. [CrossRef](#)