

ДИСТАНЦИОННИ МЕТОДИ В ЗООЛОГИЯТА

Милен Чанев, Лъчезар Филчев

*Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: mchanev@space.bas.bg;*

Ключови думи: дистанционни методи, ГИС, мониторинг, зоология

Резюме: Дистанционните методи (ДМ) се използват от началото на 70-те години на миналия век за изследвания в областта на зоологията. ДМ са използвани, като метод за дистанционно наблюдение, откриване и преброяване на животни. Установено е, че ДМ подходящ метод за откриване и преброяване на някои животински популации (Heyland 1972; Lavigne & Øritsland 1974).

REMOTE SENSING IN ZOOLOGY

Milen Chanev, Lachezar Filchev

*Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: mchanev@space.bas.bg*

Keywords: remote sensing, GIS, monitoring, zoology

Abstract: Remote sensing (RS) have been used since the early 1970s for zoological research. RS have been used as a method for remote monitoring, detection and counting of animals. RS has been found to be a suitable method for detecting and counting some animal populations (Heyland 1972; Lavigne & Øritsland 1974).

Въведение

Дистанционният мониторинг, който представлява получаването на информация за обект или явление чрез устройство, което не е във физически контакт с обекта има значителен потенциал като източник на информация за състоянието на биологичното разнообразие и екосистемни услуги, в множество пространствени и времеви мащаби (Jones and Vaughan 2010; Pettorelli et al. 2015). Мониторинга на околната среда посредством дистанционни методи (ДМ) е въведен от 60-те години на миналия век, като основно се е извършвал мониторинг на селското и горското стопанство. Притесненията на еколозите и зоолозите за числеността на популациите на животните наложиха да се проверят възможностите на ДМ още през 70-те години на миналия век за мониторинг на животинските ресурси. Първите опити за дистанционен мониторинг на популациите на животните е извършен чрез използването на инфрачервени изображения и въздушната фотография, използваща видимата част от електромагнитния спектър, като се е установило, че тези методи са подходящи за откриване и преброяване на някои животински популации (Croon et al. 1968; McCullough et al. 1969; Brooks 1970; Graves et al. 1972; Heyland 1972). Gillespie (2001) докладва, че мониторинга на популациите от животни чрез сателит е метод, който позволява да се проверят много биогеографски хипотези, свързани с миграцията и с разпространението на видовете. С напредването на технологиите за безпилотни летателни апарати (БЛА) през последните години все повече навлиза и тяхната употреба за нуждите на мониторинга на популациите от животни (Nazir & Kaleem 2021).

Мониторинг в зоологията чрез използването на IR изображения

Инфрачервените изображения, получени от термалните камери улавящи инфрачервено лъчение, излъчвано от животните, се използва от изследователите на дивата природа за оценка на популациите (Havens & Sharp, 2015; Delisle et al. 2022). Lavigne & Øritsland (1974) установят,

че е необходимо да се осигури максимален контраст на сигнала, т.е. животното, спрямо неговия фон, за да се повиши ефективността на метода. В този случай е необходимо сензорът да бъде избран специално за неговата чувствителност към разликите в отразяването на слънчевата енергия и (или) топлинното излъчване между животното и околната среда. Друго добро приложение на този тип изображения е за мониторинг на нощната активност на бозайници (Wang et al. 2014).

Мониторинг в зоологията чрез използване на фотокапани

През последните две десетилетия много бързо навлезе употребата на фотокапани за мониторинг на популациите на животните. Употребата им се оказва подходящ метод за оценка на популациите. Същевременно изискват много по-малък финансов и човешки ресурс за осъществяването на мониторинг. Те се наложиха като много надежден метод за осигуряване на индекси за плътност на животните (Carbone et. al. 2002). Can & Togan (2009) определят употребата на тази технология като широко приложим и надежден полски методи за събиране на подходящи данни за едрите бозайници, с която да се оцени популацията на видовете бозайници в различни територии. Употребата на технологията на фотокапана намира и голямо приложение за мониторинг на видове, които обитават труднодостъпни места и извършването на мониторинг на популациите им е труден и опасен за изследователите. Agostini et. Al. (2022) установяват, че употребата на фотокапани разположени високо в короната на дърветата е надежден метод за мониторинг на дървесни видове, които са пропуснати при наземни проучвания, като по този начин се подобрява инвентаризацията на горските видове. При различни проучвания е установено, че фотокапаните са идеален инструмент за установяване на ефективността на проходи за животни на магистрали, за подобряване на ландшафтната свързаност на много видове (Barrueto et al. 2014), тестови модели на коридори (McShea et al. 2016) и оценка на ефектите от фрагментацията на горите върху разнообразието (Ahumada et al. 2011; Steenweg et. al. 2016). Фотокапани са използвани и за установяване на адаптивността на арктически лисици (*Vulpes lagopus*) в Норвегия към местните условия на околната среда, за да се установи дали са в състояние да адаптират своето линейно от зимата към лятото (Laporte-Devuylder et al. 2022). Фотокапаните намират и приложение за установяване на сложните екологични взаимодействия между поведението на животните и изменението на климата (Pettorelli et. al. 2015; Steenweg et. al. 2016).

Мониторинг в зоологията чрез използване на безпилотни летателни апарати (БЛА)

Конвенционалните техники за теренни изследвания в зоологията, като фотокапаните отнемат време за монтаж, обслужване и са скъпи, като същевременно са податливи на систематични грешки. Изображенията получени от безпилотни летателни апарати (БЛА) е нов метод за провеждане на проучвания на популации от диви животни, като показват по-голяма точност и ефективност от конвенционалните методи (Bushaw et. al. 2019). Като нов метод употребата на БЛА за мониторинг в зоологията има малко извършени проучвания за употребата на такъв тип данни и за това как те се получават и могат да се прилагат за научни цели. Изображенията или видеоклиповете, получени от БЛА, могат да се използват за изброяване на диви животни. БЛА намират все по-голямо приложение при мониторинга на животни, тъй като те могат да предоставят оперативни данни, при ниски разходи и добра разделителната способност в сравнение с малката разделителна способност на повечето сателитни платформи, които предоставят данни за граждански и некомерсиални цели (Whitehead et. al 2014). Мониторинга на животни с БЛА улеснява бързите оценки на популацията (McMahon et al., 2021; Delisle et. al. 2022).

Guo et al. (2018) използва БЛА, за да извърши преброяване на популацията на големи диви тревопасни животни в окръг Мадуо на Тибетското плато. Те идентифицират големите диви тревопасни животни чрез визуална интерпретация на изображения. Използван е метод, базиран на ливади през студения и топлия сезон, за оценка на плътността и броя на големите диви тревопасни животни и добитък и е проверен спрямо записите за броя на добитъка. Сравнявайки конвенционалните методи за мониторинг на големи популации от диви тревопасни животни с употребата на БЛА се указва по-бърз, икономичен и надежден, метод за мониторинг на диви животни.

Oishi & Matsunaga (2014) намират приложение на БЛА за мониторинг на животни, с ниската плътност в региони с голямо ландшафтно разнообразие, където е трудно получаването на данни за популацията на едрите бозайници. Те разработват автоматизирана система за откриване на диви животни, движещи се над сняг, използвайки две припокриващи се изображения. Системата намалява с 90% времето за обработка на данните от въздушни изображения, необходими за изследване на движещи се диви животни.

Мултиспектрални изображения, получени от БЛА, представлява потенциално решение за откриване на голям брой едри бозайници. Методът, се основава на многокритериален обектно-базиран анализ на изображения, приложен върху видими и топлинни инфрачервени изображения. Метода е приложен за откриване на американски бизони (*Bison bison*), елени лопатари (*Dama dama*), сиви вълци (*Canis lupus*), и лосове (*Alces alces*), разположени в отделни заграждения с известен брой индивиди. Резултатите показват, че всички бизони и лосове са открити без грешки, докато за елени и вълци, 0–2 индивида на полетна линия са били сбъркани с наземни елементи или не са били открити. Тези резултати потвърждават потенциала на мултиспектралните изображения, получени от БЛА за мониторинг на бозайници (Chrétien et al. 2015).

БЛА, монтирани със стандартни камери и GPS, бяха използвани за преброяване на морския бозайник дюгон (*Dugong dugon*) в западна Австралия, заедно с различни други морски видове (Hodgson et al. 2013; He et al. 2015).

БЛА, оборудвани с термални сензори, са показали способност да преодолеят някои от ограниченията, често свързани с традиционните аеро проучвания, като слабо откриване, високи оперативни разходи, риск за безопасността на екипажа на борда и др. (Beaver et al. 2020). Установено е, че употребата на БЛА с монтиран на него термален сензор е ефективен инструмент за провеждане на нощни проучвания на популацията на мезохищниците в умерен пространствен мащаб (Bushaw et al. 2019).

Мониторинг в зоологията чрез използване на сателитни платформи

Данни получени от сателитни платформи могат да бъдат използвани за целите на зоологията според тяхната пространствена, спектрална и времева разделителна способност.

В голяма степен сателитните данни остават неизползвани от изследователите зоолози, тъй като този тип данни не са толкова популярни сред тях. Такива данни започват да се използват от някои изследователи за съставяне на модели на разпространение на видовете (Bradley and Mustard 2006; Andrew and Ustin 2009; He et al. 2015).

Сателитни данни са използвани в Полша за оценка на щетите нанесени от кафява мечка (*Ursus arctos*), поради намелено плододаване на буковите гори в някоя части на страната. Мониторинга е извършен чрез използване на дистанционни данни за растежа на растителността и фенология на буковите гори, като по този начин се улавят годишните вариации в плододаването на бука (*Fagus sylvatica*), а оттам и възможността на популациите от кафява мечка да се изхранва. Този метод може да се използва за прогнозиране на години с висок риск от конфликти между човека и кафявата мечка, както и подобрява възможности за управлението на този тип конфликти (Bautista et al. 2022).

Чрез оценка на времеви серии от сателита Landsat за период от 34 години е направена оценка на гъстотата и разпространението на растителността, а от там и на възможността за реинтродукция на арабския орикс (*Oryx leucorox*) в Източна Йордания (Abu Yahya et al. 2022).

По данни от сателита SPOT са извлечени ландшафтни параметри, които са използвани като независими променливи за прогнозиране на потенциални местообитания на забулена сова (*Tyto alba*) североизточно от Брюксел, Белгия (Andries et al. 1994). С помощта на сателитни данни от спътника SPOT4 и географски информационни системи (ГИС) е създаден прогнозен модел на разпространението на местообитанията, както и са определени потенциални места за гнездене на новозеландски соколи (*Falco novaeseelandiae*). Оценка на модела показва, че соколите от Източна Нова Зеландия наистина избират територии за гнездене в области, предвидени от модела като подходящи местообитания за размножаване (Mathieu et al. 2006).

Сателитни данни са използвани и за оценка на въздействието на времето, морската продуктивност и структурата на популацията върху поведенческите агонистични взаимодействия между южноамерикански морски тюлени (*Arctocephalus australis*), и южноамерикански морски лъвове (*Otaria byronia*), в колония за размножаване на южноамерикански морски тюлени (Montalva et al. 2022).

Заклучение

Дистанционните методи са много перспективни за мониторинг в зоологията. От направената литературна справка става ясно, че фотокапаните са допълващ дистанционен метод в зоологията, но е трудоемък, скъп и не достатъчно сигурен.

С развитие на БЛА технологиите през последните години се увеличава възможности за тяхното приложение в зоологията.

Данните придобити от сателитни платформи се използват като индиректен метод в зоологията за оценка на хабитати и хранителна база на животните, както и за моделиране на

разпространение на потенциални хабитати и създаване на модели на разпространение на видовете.

В заключение, за подобряване възможностите за приложението на дистанционните методи за мониторинг в зоологията е необходимо да се създадат единни стандартизирани протоколи за работа.

Литература:

1. Abu Yahya, A.E., Othman, Y.A., Sawalhah, M.N. and Holechek, J.L., 2022. The potential of remotely-sensed data to identify suitable sites for the reintroduction of Arabian Oryx (*Oryx leucoryx*). *Zoology in the Middle East*, pp. 1–12.
2. Agostini, I., Pizzio, E., Varela, D., Iezzi, M. E., Cruz, P., Paviolo, A., & Di Bitetti, M. S. 2022. Camera trapping arboreal mammals in Argentina's Atlantic Forest. *Mammalia*.
3. Ahumada, J. A., Silva, C. E., Gajapersad, K., Hallam, C., Hurtado, J., Martin, E., ... & Andelman, S. J. 2011. Community structure and diversity of tropical forest mammals: data from a global camera trap network. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1578), 2703–2711.
4. Andrew, M.E. and Ustin, S.L., 2009. Habitat suitability modelling of an invasive plant with advanced remote sensing data. *Diversity and Distributions*, 15(4), pp. 627–640.
5. Andries, A. M., Gulnick, H., & Herremans, M. 1994. Spatial modelling of the barn owl *Tyto alba* habitat using landscape characteristics derived from SPOT data. *Ecography*, 17(3), 278–287. doi:10.1111/j.1600-0587.1994.tb00104.x
6. Barrueto M, Ford AT, and Clevenger AP. 2014. Anthropogenic effects on activity patterns of wildlife at crossing structures. *Ecosphere* 5: art27.
7. Bautista, C., J. Oeser, T. Kuemmerle, N. Selva 2022. Resource pulses and human–wildlife conflicts: linking satellite indicators and ground data on forest productivity to predict brown bear damages, *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, <https://doi.org/10.1002/rse2.302>
8. Beaver, J.T., Baldwin, R.W., Messinger, M., Newbolt, C.H., Ditchkoff, S.S. and Silman, M.R., 2020. Evaluating the use of drones equipped with thermal sensors as an effective method for estimating wildlife. *Wildlife Society Bulletin*, 44(2), pp. 434–443. doi:10.1002/wsb.1090
9. Bradley, B.A. and Mustard, J.F., 2006. Characterizing the landscape dynamics of an invasive plant and risk of invasion using remote sensing. *Ecological Applications*, 16(3), pp. 1132–1147.
10. Brooks, J. W. 1972. Infra-red scanning for polar bear. *Bears: Their Biology and Management*, 138–141.
11. Bushaw, J. D., Ringelman, K.M. and Rohwer, F.C., 2019. Applications of unmanned aerial vehicles to survey mesocarnivores. *Drones*, 3(1), p.28. <https://doi.org/10.3390/drones3010028>
12. Can, Ö. E., & Togan, İ. 2009. Camera trapping of large mammals in Yenice Forest, Turkey: local information versus camera traps. *Oryx*, 43(3), 427–430.
13. Carbone, C., Christie, S., Conforti, K., Coulson, T., Franklin, N., Ginsberg, J. R., ... & Wan Shahrudin, W. N. 2002. The use of photographic rates to estimate densities of cryptic mammals: response to Jennelle et al. *Animal Conservation*, 5(2), 121–123.
14. Chrétien, Louis-Philippe & Théau, Jérôme & Menard, Patrick. 2015. Wildlife multispecies remote sensing using visible and thermal infrared imagery acquired from an unmanned aerial vehicle (UAV). *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. XL-1/W4. 10.5194/isprsarchives-XL-1-W4-241-2015.
15. Croon, G. W., McCullough, D. R., Olson Jr, C. E., & Queal, L. M. 1968. Infrared scanning techniques for big game censusing. *The Journal of wildlife management*, 751–759.
16. Delisle, Z. J., McGovern, P. G., Dillman, B. G., & Swihart, R. K. (2022). Imperfect detection and wildlife density estimation using aerial surveys with infrared and visible sensors. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, <https://doi.org/10.1002/rse2.305>
17. Gillespie, T. W. 2001. Remote sensing of animals. *Progress in Physical Geography*, 25(3), 355–362. doi:10.1177/030913330102500303
18. Graves, H. B., Bellis, E. D., & Knuth, W. M. 1972. Censusing white-tailed deer by airborne thermal infrared imagery. *The Journal of wildlife management*, 875–884.
19. Guo, X., Shao, Q., Li, Y., Wang, Y., Wang, D., Liu, J., ... & Yang, F. 2018. Application of UAV remote sensing for a population census of large wild herbivores—taking the headwater region of the yellow river as an example. *Remote Sensing*, 10(7), 1041. <https://doi.org/10.3390/rs10071041>
20. Havens, K.J. and Sharp, E., 2015. *Thermal imaging techniques to survey and monitor animals in the wild: a methodology*. Academic Press.
21. He, K. S., Bradley, B. A., Cord, A. F., Rocchini, D., Tuanmu, M.-N., Schmidtlein, S., ... Pettorelli, N. 2015. Will remote sensing shape the next generation of species distribution models? *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 1(1), 4–18. doi:10.1002/rse2.7
22. Heyland, J. D. 1972. Vertical aerial photography as an aid in wildlife population studies. In *Proceedings of the first Canadian Symposium on Remote Sensing, Ottawa February 1972*. Edited by D. White. Department of Energy, Mines and Resources, Ottawa.
23. Hodgson, A., Kelly, N. and Peel, D., 2013. Unmanned aerial vehicles (UAVs) for surveying marine fauna: a dugong case study. *PloS one*, 8(11), p.e79556.
24. Jones, H. G., and R. A. Vaughan. 2010. *Remote sensing of vegetation: principles, techniques and applications*. Oxford University Press, Oxford, U.K

25. Lavigne, D. M., & Øritsland, N. A. 1974. Ultraviolet photography: a new application for remote sensing of mammals. *Canadian Journal of Zoology*, 52(7), 939–941. doi:10.1139/z74-124
26. Lucie Laporte-Devylde, Kristine R. Ulvund, Lars Rød-Eriksen, Ola Olsson, Øystein Flagstad, Arild Landa, Nina E. Eide, Craig R. Jackson 2022. A camera trap-based assessment of climate-driven phenotypic plasticity of seasonal moulting in an endangered carnivore, *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, <https://doi.org/10.1002/rse2.304>
27. Mathieu, R., Seddon, P., & Leidencker, J. 2006. Predicting the distribution of raptors using remote sensing techniques and Geographic Information Systems: a case study with the Eastern New Zealand falcon (*Falco novaeseelandiae*). *New Zealand Journal of Zoology*, 33(1), 73-84. <https://doi.org/10.1080/03014223.2006.9518432>
28. McCULLOUGH, D. R., C. E. OLSON, JR., and L. M. QCTEAL. 1969. Progress in laree animal census by Ternal mapping. In *Remote sensing in ecology*. Edited by P. L. Johnson. University of Georgia Press. Athens.
29. McMahon, M.C., Ditmer, M.A. and Forester, J.D., 2021. Comparing unmanned aerial systems with conventional methodology for surveying a wild white-tailed deer population. *Wildlife Research*, 49(1), pp. 54–65.
30. McShea WJ, Forrester T, Costello R, et al. 2016. Volunteer-run cameras as distributed sensors for macrosystem mammal research. *Landscape Ecol* 31: 55–66.
31. Montalva, F., Pavés, H., Pérez-Venegas, D., Barrientos E, K.G., Valencia, C., Miranda-Urbina, D. and Seguel, M., 2022. Lower marine productivity increases agonistic interactions between sea lions and fur seals in Northern Pacific Patagonia. *Current Zoology*.
32. Nazir, S., & Kaleem, M. 2021. Advances in image acquisition and processing technologies transforming animal ecological studies. *Ecological Informatics*, 61, 101212.
33. Oishi, Y., & Matsunaga, T. (2014). Support system for surveying moving wild animals in the snow using aerial remote-sensing images. *International journal of remote sensing*, 35(4), 1374–1394. <https://doi.org/10.1080/01431161.2013.876516>
34. Pettorelli, N., Nagendra, H., Williams, R., Rocchini, D., & Fleishman, E. 2015. A new platform to support research at the interface of remote sensing, ecology and conservation.
35. Steenweg, R., Hebblewhite, M., Kays, R., Ahumada, J., Fisher, J. T., Burton, C., ... Rich, L. N. 2016. Scaling-up camera traps: monitoring the planet's biodiversity with networks of remote sensors. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15(1), 26–34. doi:10.1002/fee.1448
36. Wang, Y., Wang, Y., Chen, X., Kong, Y., Shah, A., Ye, C., & Pang, M. 2014. Using infra-red camera trapping technology to monitor mammals along Karakorum Highway in Khunjerab National Park, Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology*, 46(3).
37. Whitehead, K., Hugenholtz, C. H., Myshak, S., Brown, O., LeClair, A., Tamminga, A., ... Eaton, B. 2014. Remote sensing of the environment with small unmanned aircraft systems (UASs), part 2: scientific and commercial applications. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 02(03), 86–102. doi:10.1139/juvs-2014-0007