Autonomā putnu akustiskā konstatēšana jeb pasīvais akustiskais monitorings (PAM)



PĒTERIS DAKNIS,
peteris.daknis@gmail.com

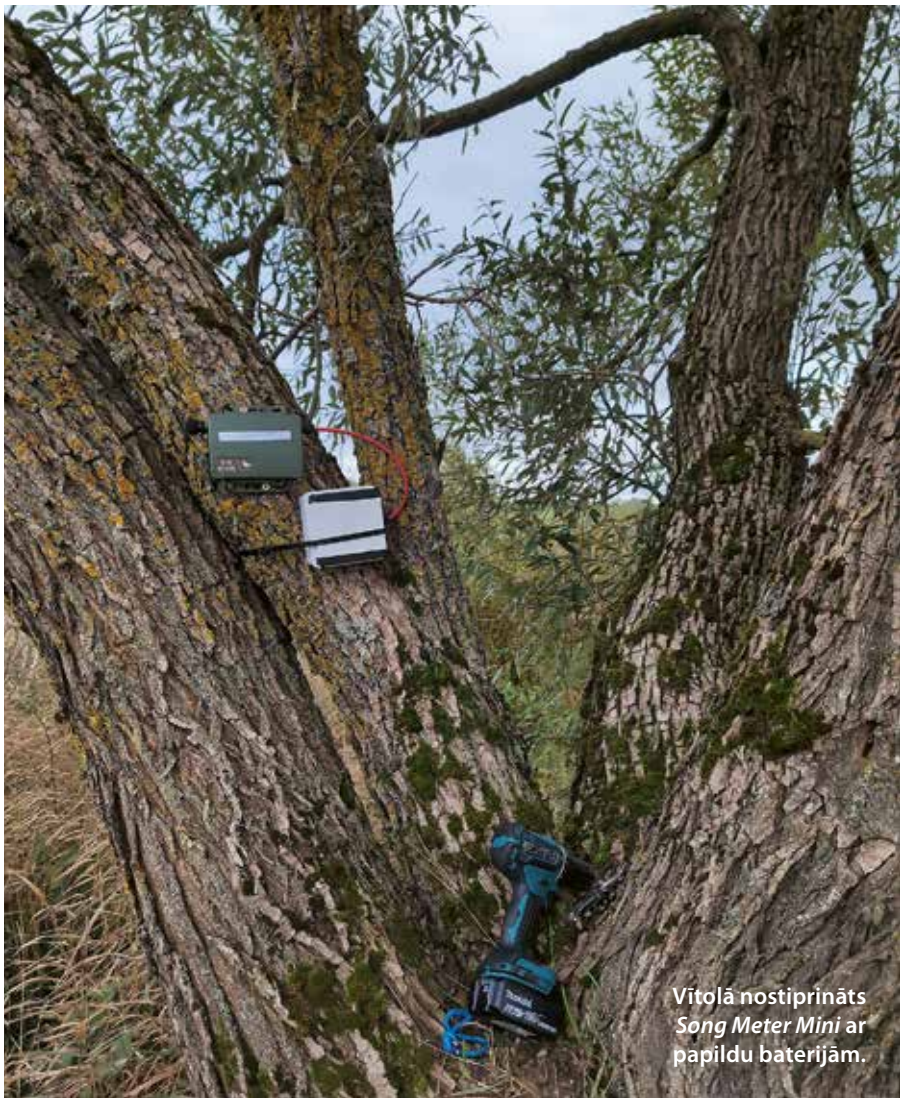


Foto: Pēteris Daknis

Vītolā nostiprināts *Song Meter Mini* ar papildu baterijām.

Skaņas ieraksts mūsdienās ir labi zināma metode putnu novērojumu dokumentēšanai. Pirmais zināmais putna balss ieraksts izdarīts Vācijā 1889. gadā, ierakstot nebrīvē turēta putna balsi uz vaska cilindra. Pirmie savvaļas putnu skaņas ieraksti izdarīti vēl 11 gadus vēlāk ar tādu pašu tehnoloģiju (Kettle 1983). Šodien vien retais varētu detalizēti pastāstīt, kas ir vaska cilindrs un kā ar tā palīdzību var ierakstīt akustiskos datus. Skaņas ieraksta iekārtu attīstība kopš vaska cilindra laikiem ir piedzīvojusi milzīgu lēcienu. Līdz ar vērā ņemamas skaitļošanas jaudas nonākšanu putnotāju rīcībā mums šobrīd pieejamas mobilās lietotnes, kuras visai precīzi var noteikt, kuras sugas putnam pieder dzirdamā dziesma. Tomēr šis stāsts būs ne tikdaudz par dziesmu piederības noteikšanu ar dažādu prognozēšanas modeļu palīdzību, bet par pašu akustisko datu ievākšanas šī brīža tehniskajām iespējām.

Galvenokārt pateicoties piemērotu ierakstīšanas iekārtu vieglākai pieejamībai, pēdējos gados strauji attīstās skaņas ierakstīšana kā datu ievākšanas novirziens, kuru aizvien sauc vairākos dažādos nosaukumos, piemēram, audiomonitorings, ekoakustiskais monitorings, bioakustiskais monitorings. Kā liecina nosaukumi, tā ir datu ievākšanas metode, ar kuru iespējams konstatēt putnu vai citu vokalizējošu dzīvnieku klātbūtni, kā arī cilvēku radītās skaņas un skaņas, kas saistītas ar vides procesiem. Metodi jau ilgstoši izmanto sikspārņu klātbūtnes konstatēšanai, ierakstot ultraskaņu. Jo grūtāk vizuāli konstatējams dzīvnieks, jo senāka tā akustisko pētījumu vēsture. Tostarp jāmin arī pūču akustiskās uzskaites, kuras gan parasti veic, klausoties ar ausīm reālā vietā un laikā. Tā kā ierakstīšanas mērķi un iespējas ir daudzas un dažādas, metodi arī var nosaukt dažādi. Savu versiju minu šī raksta nosaukuma pirmajā daļā. Konstatēšana ne vienmēr būs monitorings, tāpēc ka monitorings parasti notiek pēc standartizētas metodikas. Šobrīd standartizēt ilgtermiņa monitoringa metodiku, iespējams, pat būtu bezjēdzīgi, jo ievākto datu analīzes metožu un spēju attīstība notiek pārāk strauji. Būtiska nianse – autonomais jeb pasīvais monitorings, tāpēc ka notiek bez cilvēka klātbūtnes ieraksta laikā, un cilvēka klātbūtne savā ziņā ir pastarpināta, arī analizējot iegūto materiālu. Saīsinājums PAM šim pašam jēdzienam ir pielietots arī angļu valodā (*passive acoustic monitoring*), līdz ar to lietojams kā atslēgvārds, meklējot zinātnisko literatūru. Tātad nebūtu nemaz tik slikti, ja arī mēs Latvijā šo datu ieguves veidu dēvētu par pasīvo akustisko monitoringu, pat ja tas īsti nav monitorings.

Skaņas ierakstītājus mēdz dēvēt par autonomajām ieraksta iekārtām, angliski – *autonomous recording unit* (ARU). Tā arī ir būtiskākā atšķirība no balsu ierakstīšanas klātienē. PAM veikšanai vajag tikai izvietot iekārtas un pēc laika tās atkal savākt. Laika ilgumu nosaka datu ievākšanas mērķis, kam pakārtojams enerģijas un datu glabāšanas resurss ierakstītājā. Lai sāktu iepazīties ar PAM iespējām, pat nav nepieciešams iegādāties nekādas specializētas iekārtas. Izvirzot vienkāršus uzdevumus, pilnīgi pietiks ar viedtālruni, ko uz kādu laiku var atstāt vietā, kurā skanošās putnu balsis novērotājs vēlas fiksēt.

Praktiskais pielietojums, priekšrocības un trūkumi

Pielietojumu limitē tikai tas, vai mērķa sugu var konstatēt pēc skaņas, bet izplatītākie pielietojumi praksē ir:
- nakts migrācijas saucienu ierakstīšana;
- konkrētas sugas sastopamības kartēšana;
- visu vokalizējošo sugu konstatēšana konkrētā vietā – piemēram, savā pagalmā.

Priekšrocības:
- ierakstīšana var notikt vienlaicīgi vairākās vietās;
- ierakstīšana var notikt ilglaicīgi;
- iegūtie dati nav atkarīgi no novērotāja dzirdes īpatnībām, reakcijas ātruma vai sugu atpazīšanas spējām;
- ierakstīšanas laikā nav jārada traucējums putniem.

Priekšrocību kopums dod iespēju izpētīt vokālo aktivitāti noteiktā vietā daudz detalizētāk, nekā tas notiktu, šo vietu regulāri apmeklējot. Ilglaicīgs automātiskais ieraksts darbosies jebkuros laikapstākļos un diennakts laikā. Tomēr nevajag raudzīties uz metodi kā kaut ko tādu, kas pilnīgi spēj aizstāt novērojumu veikšanu dabā. Arī **trūkumu** ir daudz:
- ierakstītājs "dzird" nedaudz sliktāk nekā cilvēks ar normālu dzirdi;
- ierakstītājs parasti nepārvietojas, līdz ar to nosedz relatīvi nelielu platību;
- ierakstītājs nedod nekādu vizuālo kontekstu, tādas pazīmes kā "nes ligzdas materiālu" paliek nezināmas;
- iespējamas tehniskas ķibeles ieraksta laikā, par kurām uzzina pārāk vēlu;
- datu arhivēšanas problēma.



Foto: Pēteris Daknis

Dažādi ierakstītāji. Augšā: *AudioMoth DEV* ar GPS moduli, integrēts 3D printētā korpusā ar 16 AA baterijām, piemērots ilgtermiņa ierakstam. Apakšā pa kreisi: *Audiomoth* 3D printētā korpusā, kuram zīlītes izknābājušas akustisko membrānu. Apakšā pa labi: *Song Meter Micro* oriģinālajā korpusā.

Iegūtie dati ir apjomīgi izmērā, un tajos ir daudz šķietami nederīgas informācijas – klusums, vēja un lietus troksnis, taču, ņemot vērā analīzes metožu potenciālo attīstību, iegūto datu dzēšana ir nevēlama, pat nepieļaujama. Paredzams, ka PAM evolūcijas procesā vēsturiskos datus būs nepieciešams pāranalizēt ar aizvien precīzākiem analīzes rīkiem, kā arī šādi dati var izrādīties vērtīgi nākotnes pētījumiem, kas pat var būt nesaistīti ar putniem.

Es personīgi šo metodi pielietoju gan teritoriju inventarizācijas darbā, īpaši migrējošo putnu konstatēšanai, gan arī ziņkārei un priekam ierakstu skaņu savā lauku sētā. Līdz šim interesantākie novērojumi ierakstos bijuši plīvurpūce un mājas apogs migrācijā, taču visvairāk priecē datu detalizācija par dažādu sugu migrācijas periodiem.

Pieejamie ierakstītāji

Ja ieraksts jāveic ilgāk par dažām stundām vai vairākās vietās vienlaicīgi, ar viedtālruni būs par maz un tas var izrādīties pārāk nestandartizēts, turklāt laika gaitā var gadīties nožēlot, ka īsti nav zināms, ar kādiem iestatījumiem skaņas ieraksts ir iegūts. Turpinājumā minētas populārākās iekārtas, kuras ir speciāli radītas šim uzdevumam. Taču vispirms nedaudz jāapskata skaņas ierakstu tehniskās terminoloģijas "aisberga redzamā daļa", lai saprastu, kā attiecībā pret savām vajadzībām vērtēt iekārtu parametrus.

Paraugošanas frekvence (*Sampling Rate*)

Paraugošanas frekvence norāda, cik reizes sekundē tiek ņemti skaņas viļņa paraugi. To mēra kilohercos (kHz). Svarīgi ir paraugošanas



Foto: Pēteris Daknis

***Song Meter SM4* kadiķī.**

frekvenci nejaukt ar skaņas frekvenci, kuru arī mēra kilohercos. Paraugošanas frekvencei jābūt divas reizes lielākai par maksimālo ierakstāmo skaņas frekvenci. Minimālā paraugošanas frekvence, kuru var izmantot dažādu putnu balsu ierakstīšanai, ir 16 kHz, zaudējot ierakstā retos gadījumus, kad putnu vokalizācijas pārsniedz 8 kHz. Ja vieta datiem nav jātaupa, vēlams izvēlēties augstāku paraugošanas frekvenci, bet ne vairāk par 48 kHz, kas pilnīgi nosedz visu cilvēkam dzirdamo frekvenču diapazonu.

Dinamiskais diapazons (*Dynamic Range*)
Tas ir attālums starp klusāko un skaļāko skaņu, ko ierakstītājs spēj precīzi uztvert.
Ierīces ar lielāku dinamisko diapazonu spēs bez izkropļojumiem uztvert gan klusas putnu balsis, gan spēcīgas skaņas. Tas ir svarīgs parametrs, īpaši laukā, kur skaņas līmeņi var ievērojami mainīties.

Ierakstīšanas formāts (*Recording Format*)
Ieraksta formāts ir faila veids, kādā ierīce saglabā audio datus (piemēram, WAV, MP3).
WAV formāts ir bezzaudējumu formāts, t. i., tas nesaspiež datus un saglabā pilnu ieraksta kvalitāti.

Skaņas spiediena līmenis (*Sound Pressure Level*, SPL)
SPL norāda skaņas intensitāti, ko mikrofons var uztvert bez izkropļojumiem, un to mēra decibelos (dB). Putnu ierakstiem ir svarīgi, lai ierīce varētu precīzi uztvert plašu skaņas spiediena līmeni, īpaši ja ir jāieraksta gan klusas, gan ļoti skaļas skaņas.

Populāro *AudioMoth*[1] ierakstītāju piedāvājums ir visai plašs. Līdztekus oriģinālajam *AudioMoth*, kas ieraksta arī ultraskaņu un darbojas ar 3 AA baterijām, piedāvājumā ir arī *HydroMoth*, kas paredzēts izmantošanai zem ūdens; *MicroMoth*, kas ir īpaši mazs ierakstītājs; *AudioMoth DEV*, ko vieglāk integrēt vienā būvējumā kopā ar citām iekārtām, un visbeidzot – *AudioMoth USB Microphone*, ko var izmantot kā ārējo mikrofonu skaņas un ultraskaņas ierakstam datorā. Vairums no šīm iekārtām ir plikas "mikroshēmas" bez nekādas aizsardzības. Tas ir viens no apstākļiem, kas padara iekārtas nedārgas un vienlaikus universālas. Neilgai ekspozīcijai iekārtu var vienkārši ielikt plēves maisiņā, ilgākai izmantošanai var no pusdienu kārbas izveidot korpusu ar vietu papildu baterijām. Protams, jāatceras, ka šai iekārtai mikrofons ir uzlodēts uz plates. Lai skaņa līdz tam nonāktu labi, maisiņam jābūt iespējami plānam, pusdienu kārbā būs jātaisa caurums, kurš jānosedz ar to pašu plēvi vai vislabāk ar speciālu akustisko membrānu.

[1] https://www.openacousticdevices.info/audiomoth.

Par mata tiesu spējīgākus ierakstītājus ražo *Wildlife Acoustics*[2]. Vispieejamākais *Song Meter Micro* maksā aptuveni 150 eiro, un tas ir gatavs uzstādīšanai uzreiz, proti, tam ir ūdensizturīgs korpuss. Jau krietni dārgākie *Song Meter Mini* un *Song Meter SM4* būs piemēroti situācijās, kad svarīgi tādi parametri kā iespēja ierakstīt stereo skaņu, labāka jutība noteiktā frekvenču diapazonā un tā tālāk. Tie arī ir daudz lielāki izmērā,

[2] https://www.wildlifeacoustics.com/.



Foto: Pēteris Daknis

Pie apses stumbra piestiprināta plēves maisiņā ievietota *AudioMoth* mikroshēma.

bet tas nebūt nenozīmē, ka tāpēc spējīgi darboties ilgāk.

Minēju biežāk izmantotos ierakstītājus, taču jāatzīmē arī ražotāji *Frontier Labs*[3] un *Titley*[4]. Īpaši interesanti pagalma putnu reģistrēšanai ir ierakstītāji, kuri nodrošina arī balsu noteikšanu reālajā laikā un datu nosūtīšanu – *Birdweather PUC*[5] un *Haikubox*[6].

Ko iesākt ar ierakstiem?

Šāda veida putnu datu ievākšana, protams, būtu absolūti neiespējama, ja ievācējam būtu jānoklausās visi ieraksti. Ja šī lieta iepatīkas, diezgan raiti sakrājas simtiem un tūkstošiem stundu ar audio failiem, kuri aizņem arī pamatīgu vietu datu nesējā. Ja šie dati ir ļoti svarīgi, tad, protams, tie aizņem šo pašu vietu vismaz divos datu nesējos. Iesākumā par to nevajag uztraukties, tikai paturēt prātā, ka paplašināti izvērsts akustiskais monitorings būs mērāms vismaz terabaitos.

Informācijas izvilkšanu no ierakstiem veic programmatūra, kas izmanto mašīnmācīšanās modeļus. Ja ieraksts ir īss, to var augšupielādēt atpazīšanai, piemēram, vietnē *BirdNET*[7]. Ja datu ir daudz, ērtāk būs darbināt atpazīšanas programmas uz sava datora. Šobrīd PAM novirziens attīstās pa dienām un stundām, tāpēc nerekomendēšu kādu "labāko" balsu atpazīšanas modeli, bet uzskaitīšu dažus, ar kuriem var sākt un kuri nav slikti. *BirdNET*[8] piedāvā brīvpieejas analizatoru, kurš darbojas arī ar masveida (*batch*) analīzi un nosaka ierakstos dzirdamās sugas. Tā darbības princips ir sadalīt dotos ierakstus pa 3 sekunžu posmiem un noteikt, cik līdzīgi tie ir katrai no sugu sarakstā dotajām balsīm. Analizēti tiek sonogrammu attēli. Specifiskāk nakts migrācijas ierakstiem izstrādāts analizators *Chirpity*[9], kurā *BirdNET* modelis ir papildināts. Ir arī vēl citi modeļi.

Lai saglabātu saikni ar realitāti, vajadzētu savus ierakstus vismaz daļēji paklausīties un paskatīties tos sonogrammu veidā, tā iemācoties atpazīt konkrētas balsis arī vizuāli. Šīs darbības var veikt bezmaksas programmās *Audacity* vai *Kaleidoscope Lite*[10], kura ir paredzēta tieši bioakustisko datu apskatei un analīzei un pat automātiski atradīs ierakstā vietas, kur kaut kas ir vokalizējis.

Protams, ja no PAM rezultātiem ir atkarīgs kas vairāk par noteiktās sugas "ieķeksēšanu" sētas "listē", ir jāpārliecinās par rezultātu atbilstību, noklausoties pietiekami daudz ieraksta fragmentu un verificējot rezultātus.

[3] https://www.frontierlabs.com.au/.

[4] https://www.titley-scientific.com/.

[5] https://www.birdweather.com/.

[6] https://haikubox.com/.

[7] https://birdnet.cornell.edu/api/.

[8] https://birdnet.cornell.edu/.

[9] https://chirpity.mattkirkland.co.uk/.

[10] https://www.wildlifeacoustics.com/products/kaleidoscope/kaleidoscope-lite.



Foto: Pēteris Daknis

***Song Meter Mini* pie priedes stumbra.**

Bieži uzdotie jautājumi

Cik tālu putnu ierakstītājs var ierakstīt?
Šis jautājums pārfrāzējams – cik klusu skaņu ir iespējams ierakstīt. Te nu jāteic, ka skaņas izplatīšanos ietekmējošo faktoru ir ļoti daudz un noteikt ierakstītās skaņas avota attālumu īpaši smalkākās kategorijās kā "tuvu, vidēji tālu, tālu" nebūs iespējams. Padziļinātai šī jautājuma izzināšanai vēlams iepazīties ar pētījumiem (piemēram, Winiarska *et al*. 2024).

Vai iespējams noteikt skaņas avota virzienu?
Mono ierakstos nav iespējams, stereo ierakstos iespējams ar apšaubāmu precizitāti, bet ir iespējams redzēt, kurā kanālā signāls ir stiprāks. Ja nepieciešams noteikt vokalizācijas vietu, jāstrādā ar vairākiem ierakstītājiem, kuru iekšējie pulksteņi sinhronizēti ar GPS palīdzību – tad iespējams aprēķināt vietu pēc laika nobīdēm ierakstos.

Cik ilgi darbojas ierakstītājs?
Tas ir atkarīgs tikai un vienīgi no iestatījumiem. Piemēram, 16 kHz paraugošanas ieraksta režīmā ar oriģinālo *Audiomoth*, kuru darbina 3 AA baterijas, var ierakstīt aptuveni 200 stundas. Kā sadalīt šīs stundas pa diennaktīm – lietotāja izvēle. Var ieprogrammēt ierakstītāja darbības laiku atkarībā no saullēkta un/vai saulrieta vai sadalīt pa noteiktiem ieraksts–pauze intervāliem.

Literatūra

Kettle R. 1983. Natural history. In: Lance D. (ed.), Sound Archives – A Guide to their Establishment and Development. International Association of Sound Archives, Special Publication No. 4: 162–176. https://www.iasa-web.org/sound-archives/natural-history-introduction.

Winiarska D., Szymański P., Osiejuk T. S. 2024. Detection ranges of forest bird vocalisations: guidelines for passive acoustic monitoring. *Scientific Reports* 14: 894. https://doi.org/10.1038/s41598-024-51297-z.

Summary

Autonomic acoustic detection of birds, or passive acoustic monitoring (PAM) /Pēteris Daknis/

The article deals with the main techniques of the autonomic acoustic detection of birds. The advantages and possible setbacks are described and usage tips are given. Acoustic recorders can be used in various projects including nocturnal migration monitoring and species distribution studies.