

Klimato kaita ir paukščių pavasarinio atskridimo fenologija

Feliksas IVANAUSKAS (VU, MII), Remigijus LAPINSKAS (VU),
Mečislovas ŽALAKEVIČIUS (VU EI)
el. paštas: felixas.ivanaukas@maf.vu

Reziumė. Straipsnyje nagrinėjama klimato kaita ir paukščių pavasarinio atskridimo fenologija. Ištirta 46 paukščių rūšių atskridimo fenologija ir jiems sudaryti regresiniai modeliai. Nustatyti pavasarinio paukščių parskridimo paankstėjimo dėsniumai.

Raktiniai žodžiai: regresiniai modeliai, paukščių pavasarinis atskridimas.

Pastarųjų 20–30 metų laikotarpis pasižymėjo ryškiu globaliu klimato atšilimu [1–4] ir tai turėjo akivaizdžią įtaką paukščių migracijai. Šis reiškinys nagrinėjamas daugelyje straipsnių, juose taip pat bandoma aprašyti vis ankstesnio paukščių atskridimo mechanizmą [5–12]. Daugelis studijų aiškina tai paukščių prisitaikymu prie vis šiltėjančio klimato ir interpretuoja kaip fenotipinius¹, bet ne genetinius rūšies pokyčius. Šiame straipsnyje mes nagrinėjame 46 paukščių rūšis ir kiekvienai rūšiai sudarome regresinį modelį, kuris pirmojo pavasarinio paukščio pasirodymo datą (dydį FD arba, pilnai, $FSBAD$, First Spring Bird Arrival Date) aprašo dviem prognoziniams kintamaisiais – tiesinį paskutinių metų globalios temperatūros tendą nusakančiu dydžiu $YEAR$ (metų numeris) ir su juo nekoreliuotu Europos pavasarinės temperatūros nuokrypiu nuo šio trendo $Eu.res$. Daugumai paukščių abu kintamieji yra reikšmingi, o pirmojo kintamojo reikšmingumą mes interpretuojame kaip argumentą mikroevoliucinės² teorijos naudai.

Darbe panaudoti ilgalaikių stebėjimų Žuvinto biosferiniame rezervate duomenys, surinkti 1966–2000 metais. Pirmasis pavasarį sugrįžęs paukštis buvo registruojamas jam tupint, skrendant, maitinantis ar giedant. Vidutinė pavasarinė Europos kontinento temperatūra apskaičiuota pagal mėnesinius duomenis.

Darbe vartojame tokius žymenis:

t – stebinio indekso (metų numeris), $t = 1966, 1967, \dots, 2000$;
 $YEAR = YEAR_t$ – metų numeris (skaičiai nuo 1966 iki 2000);

¹Organizmo savybė (nekeičiant savo genotipo) keisti, kaip atsaką į išorės veiksnius, savo fenotipą (matomasias charakteristikas) yra vadinama fenotipiniu plastiškumu.

²Mikroevoliucija yra maži alelių lygio pokyčiai populiacijoje, atsirandantys per kelias kartas (tai pokyčiai rūšies viduje). Makroevoliucija paprastai vadinami pokyčiai, trunkantys tūkstančius metų.

$FD = FD_t^{(i)}$ – pirmojo i -osios rūšies ($i = 1, 2, \dots, 16$ tolimųjų migrantų atveju ir $i = 1, 2, \dots, 30$ artimųjų migrantų atveju) paukščio atskridimo į Žuviną t -taisiais metais diena. Dienos numeruojamos nuo 1 (sausio 1 d.) iki 152 (tai gegužės 31 d., jei keliamieji metai; ir birželio 1 d., jei nekeliamieji metai); t yra metų indeksas (jis kinta nuo 1966 iki 2000);

$euT = euT_t$ – Europos vidutinė 2, 3, 4 ir 5-o mėnesių vidutinė temperatūra t -taisiais metais.

Pirmiausiai kiek smulkiau aptarsime dviejų paukščių – tolimojo migranto gandro (White Stork) ir artimojo migranto želmeninės žąsies (Bean Goose) modelius.

1. Gandras

Nesunku įsitikinti, kad modelio $FD_t = b_0 + b_1 \times euT_t + e_t$ koeficientas b_1 yra reikšmingas:

$$FD_t = 85,57 - 3,8248 euT_t$$

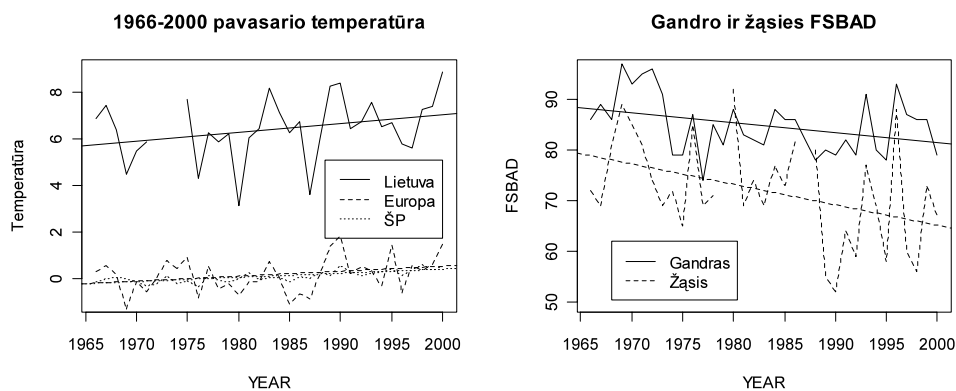
(0,002)

(skliaustuose po koeficientu yra jo p reikšmė). Antra vertus, abu kintamieji FD ir euT turi tiesinį trendą, todėl gali būti, kad reikšmingas regresinis ryšys atsiranda būtent dėl jo.

Galimai trendo įtakai pašalinti regresiniai modeliai paprastai sudaromi betrendžiams dydžiams, t.y., dydžiams $FD.res = FD - (\hat{b}_{FD,0} + \hat{b}_{FD,1} \cdot YEAR)$ ir $euT.res = euT - (\hat{b}_{euT,0} + \hat{b}_{euT,1} \cdot YEAR)$. Atitinkamas modelis gandrui atrodo taip:

$$FD.res_t = -3,314 euT.res_t.$$

(0,008)



1 pav. Vidutinė Lietuvos, Europos ir Šiaurės pusrutulio temperatūra (kairėje) ir pirmųjų pavasariinių gandro bei žąsies grįžimo dienu grafikai ir regresijos tiesės (dešinėje).

Ši modelį galima reparametrizuoti ir galutinai užrašyti taip:

$$FD_t = 478,18 - 0,198 \cdot YEAR - 3,314 euT.res_t.$$

(0,02) (0,009)

Remdamiesi šiuo modeliu, darome pagrindinę savo darbo išvadą: pirmojo gandro atskridimo data kiekvienais metais paankstėja 0,198 diena; ją taip pat koreguoja tuometė pavasario temperatūra: jei ji šiltesnė už prognozuojamą 1 laipsniu, gandas atskris 3,314 diena anksčiau. Svarbu tai, kad abu prognoziniai kintamieji yra reikšmingi ir nekoreliuoti. Taigi mes galime atskirti trendo YEAR ir temperatūros įtakas, o trendo įtaką interpretuojame kaip argumentą vykstančios mikroevoliucijos naudai.

2. Želmeninė žąsis

Panašus modelis artimajai migrantei želmeninei žąsiai atrodo taip:

$$FD_t = 855,14 - 0,395 \cdot YEAR - 9,570 euT.res_t.$$

(0,001) (0,000)

Ir šiuo atveju galime atskirti trendo ir temperatūros įtaką, kas vėl patvirtina mūsų hipotezę apie vykstančius mikroevolicinius pokyčius.

I lentelė. Tolinieji migrantai

| Paukštis | c_1 | c_2 | Paukštis | c_1 | c_2 |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Black Tern | -0,143 0,095 | 0,355 0,762 | House Martin | -0,314 0,004 | 0,973 0,480 |
| Common Tern | -0,290 0,014 | -1,337 0,393 | Marsh Harrier | -0,349 0,009 | -7,207 0,000 |
| Crane | -1,184 0,000 | -4,996 0,014 | Savi's Warbler | -0,373 0,007 | -1,762 0,280 |
| Cuckoo | -0,222 0,091 | -0,155 0,928 | Spotted Crake | -0,301 0,243 | 3,139 0,360 |
| Garganey | -0,366 0,034 | -5,907 0,007 | Swift | -0,319 0,003 | 2,852 0,037 |
| Golden Oriole | -0,127 0,346 | -2,752 0,114 | White Stork | -0,198 0,023 | -3,314 0,009 |
| Great Reed Warbler | -0,030 0,788 | -2,497 0,089 | White Wagtail | -0,233 0,012 | -2,076 0,099 |
| Grey Heron | -0,910 0,000 | -4,587 0,012 | Yellow Wagtail | -0,037 0,710 | -1,741 0,178 |

Pastaba. Kiekviename langelyje yra du skaičiai – viršutinėje eilutėje yra koeficientas, o apatinėje – jo p reikšmė. Jei p mažesnė už 0,05, koeficientas reikšmingas (5% reikšmingumu). Pažymėsime, kad duomenų nėra daug (iš viso 35), todėl galima būtų remtis 10% reikšmingumu (išvados mažai pasikeistų).

2 lentelė. Artimieji migrantai

| Paukštis | c_1 | c_2 | Paukštis | c_1 | c_2 |
|---------------------|-----------------|------------------|----------------------|-----------------|------------------|
| Bean Goose | -0,395 0,001 | -9,570 0,000 | Robin | -0,379 0,027 | -2,996 0,149 |
| Bittern | -0,222 0,133 | -6,243 0,004 | Ruff | 0,017 0,919 | -4,108 0,081 |
| Black-tailed Godwit | -0,024 0,785 | -2,081 0,107 | Skylark | -0,401 0,005 | -9,580 0,000 |
| Chaffinch | 0,136 0,447 | -8,340 0,001 | Smew | -0,828 0 | -9,693 0 |
| Coot | -0,578 0 | -10,949 0 | Starling | -0,470 0,002 | -9,876 0,000 |
| Cormorant | -0,574 0,240 | -3,958 0,527 | Teal | -0,033 0,846 | -9,497 0,000 |
| Curlew | -0,618 0,006 | -2,266 0,440 | Tufted Duck | -0,702 0 | -11,857 0 |
| Greylag Goose | -1,089 0 | -12,128 0 | Whinchat | -0,253 0,067 | 0,530 0,738 |
| Lapwing | -0,388 0,006 | -11,017 0,000 | White-front-ed Goose | -1,047 0,000 | -7,504 0,028 |
| Linnet | -0,342 0,125 | -6,035 0,036 | Wigeon | -0,572 0,001 | -12,230 0,000 |
| Penduline Tit | -0,247 0,602 | -4,022 0,432 | Woodpigeon | -0,817 0,000 | -4,256 0,119 |
| Pintail | 0,029 0,901 | -10,710 0,003 | Gadwall | -0,242 0,537 | -3,496 0,500 |
| Pochard | -0,390 0,017 | -10,295 0,000 | Meadow Pipit | -0,376 0,043 | -7,246 0,006 |
| Redshank | -0,161 0,163 | -5,704 0,001 | Song Thrush | -0,488 0,011 | -5,975 0,010 |
| Reed Bunting | -0,523 0,028 | -10,680 0,001 | Water Rail | -0,437 0,194 | -1,130 0,804 |

Panašius modelius mes sudarėme 16 tolimųjų migrantų ir 30 artimųjų migrantų, daugumos jų elgesys yra panašus į aptartųjų.

$$FD = c_0 + c_1 \cdot YEAR + c_2 \cdot euT.res.$$

Literatūra

1. A. Bukantis, *The climate of Lithuania. A handbook for the students of geography*, Vilnius University publishers, Vilnius (1994) (in Lithuanian).
2. A. Bukantis, *Unusual Nature Phenomena in Lithuania in 11–20 Centuries*, Institute of Geography publishers, Vilnius (1996) (in Lithuanian).

3. A. Bukantis, *The Variability of Climatic Elements on the Lithuanian Territory*, Institute of Geography publishers, Vilnius (1998) (in Lithuanian).
4. A. Bukantis, Climatic fluctuations in Lithuania against a background of global warming, *Acta Zoologica Lituanica*, **11**(2), 113–120 (2001).
5. Z. Hubalek, Spring migration of birds in relation to North Atlantic Oscillation, *Folia Zoologica*, **52**(3), 287–298 (2003).
6. O. Huppopp, K. Huppopp, North Atlantic Oscillation and timing of spring migration in birds, in: *Proc. R. Soc. London*, vol. 270 (2003), pp. 233–240.
7. *Impacts of Europe's Changing Climate*, European Environment Agency, EEA Report, No 2/2004.
8. L. Raudonikis, V. Nedzinskas, Spring arrival of birds to Žuvintas Strict Nature Reserve and its forecasting, *Ecology of Birds of Lithuania*, **4**, 65–75 (1987) (in Russian).
9. V. Nedzinskas, *Birds of Žuvintas Strict Nature Reserve. The Žuvintas reservation*. Academia, Vilnius (1993).
10. V. Stanevičius, Bird spring arrival to Žuvintas Strict Nature Reserve, *Abstracts of 11-th Baltic Ornithol. Conf.*, Tallinn (1983).
11. M. Žalakevičius, S. Švažas, V. Stanevičius, G. Vaitkus, Bird migration and wintering in Lithuania, *Acta Zoologica Lituanica*, **2** (1995).
12. M. Žalakevičius, R. Žalakevičiūtė, Global climate change impact on birds: a review of research in Lithuania, *Folia Zoologica*, **50**(1), 1–17 (2001).

SUMMARY

F. Ivanauskas, R. Lapinskas, M. Žalakevičius. Climate change and fenology of birds sprig arrival

The paper investigates the climate change impact on bird first spring arrival dates, including interpretation of mechanisms of changes in dates. Regression models for 46 species of birds based on data collected in Lithuania in 1966–2000 are created and discussed. An explanation of changes in arrival timing is proposed.

Keywords: regression model, birds spring arrival.