

# Mogućnosti i poteškoće prikazivanja pokreta na tematskim kartama: primjer migracijskih putanja bijele rode

---

**Batur, Ana**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Geodesy / Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:256:959925>

*Rights / Prava:* [Attribution 4.0 International](#) / [Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-30**



*Repository / Repozitorij:*

[repozitorij.geof.unizg.hr/en](https://repozitorij.geof.unizg.hr/en)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEODETSKI FAKULTET**

Ana Batur

**MOGUĆNOSTI I POTEŠKOĆE PRIKAZIVANJA  
POKRETA NA TEMATSKIM KARTAMA: PRIMJER  
MIGRACIJSKIH PUTANJA BIJELE RODE**

Diplomski rad

Zagreb, 2024.

Ana Batur ♦ DIPLOMSKI RAD ♦ 2024.



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEODETSKI FAKULTET**

Ana Batur

**MOGUĆNOSTI I POTEŠKOĆE PRIKAZIVANJA  
POKRETA NA TEMATSKIM KARTAMA:  
PRIMJER MIGRACIJSKIH PUTANJA BIJELE  
RODE**

Diplomski rad

Zagreb, 2024.

# SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

## GEODETSKI FAKULTET



Na temelju članka 19. Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu i Odluke br. 1\_349\_11 Fakultetskog vijeća Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, od 26.10.2017. godine (klasa: 643-03/16-07/03), uređena je obaveza davanja „Izjave o izvornosti“ diplomskog rada koji se vrednuju na diplomskom studiju geodezije i geoinformatike, a u svrhu potvrđivanja da je rad izvorni rezultat rada studenata te da taj rad ne sadržava druge izvore osim onih koji su u njima navedeni.

### IZJAVLJUJEM

Ja, **Ana Batur** (JMBAG: 0007182237), rođen/a 26.09.2000. u Zadru, izjavljujem da je moj diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi tog rada nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

U Zagrebu, dana \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Potpis studenta / studentice*

<b>I. AUTOR</b>	
<b>Ime i prezime:</b>	Ana Batur
<b>Datum i mjesto rođenja:</b>	26.09.2000., Zadar, Republika Hrvatska
<b>II. DIPLOMSKI RAD</b>	
<b>Naslov:</b>	Mogućnosti i poteškoće prikazivanja pokreta na tematskim kartama: primjer migracijskih putanja bijele rode
<b>Broj stranica:</b>	59
<b>Broj tablica:</b>	2
<b>Broj slika:</b>	14
<b>Broj bibliografskih podataka:</b>	28+35 URL-a
<b>Ustanova i mjesto gdje je rad izrađen:</b>	Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
<b>Mentor:</b>	doc. dr. sc. Ana Kuveždić Divjak
<b>Komentor:</b>	
<b>Voditelj:</b>	Andrea Miletić, mag. ing. geod. et geoinf.
<b>III. OCJENA I OBRANA</b>	
<b>Datum zadavanja teme:</b>	17.01.2024.
<b>Datum obrane rada:</b>	23.09.2024.
<b>Sastav povjerenstva pred kojim je branjen diplomski rad:</b>	doc. dr. sc. Ana Kuveždić Divjak
	izv. prof. dr. sc. Ivka Kljajić
	prof. dr. sc. Robert Župan

***Mogućnosti i poteškoće prikazivanja pokreta na tematskim kartama:  
primjer migracijskih putanja bijele rode***

**Sažetak:** Karte pokreta posebna su skupina tematskih karata koje prikazuju prostorne informacije o kretanju objekata, ljudi, životinja ili drugih entiteta kroz prostor i vrijeme. Imaju široku uporabu u mnogo različitih znanstvenih disciplina, uključujući zoogeografiju – granu zoologije odnosno biogeografije koja proučava rasprostranjenost životinjskih vrsta na kopnu, pod zemljom i u vodama. U ovom radu istražene su mogućnosti prikazivanja pokreta na statičnim tematskim kartama, na primjeru sezonske migracije bijele rode. Objašnjene su osnove kartografije, s naglaskom na tematsku kartografiju i karte pokreta, kao i metode prikupljanja i vizualizacije kretanja životinja. Načinjen je pregled i analiza postojećih karata iste teme, na temelju čije analize su određene smjernice za izradu novih kartografskih prikaza te tematike. Opisan je proces izrade statične karte migracijskih putanja bijele rode, koristeći otvorene podatke i softver otvorenog koda. Istaknute su mogućnosti i nedostaci postojećih metoda, dostupnih prostornih podataka i alata za njihovu obradu i vizualizaciju.

**Ključne riječi:** karte pokreta, praćenje životinja, tematske karte, zoogeografija

***Possibilities and Challenges of Representing Movement on Thematic Maps:  
The Example of White Stork Migration Paths***

**Abstract:** Flow maps are a special category of thematic maps that depict spatial information about the movement of objects, people, animals, or other entities through space and time. They have wide applications in various scientific disciplines, including zoogeography – a branch of zoology, respectively biogeography that studies the distribution of animal species on land, underground, and in waters. This paper explores the possibilities of representing movement on static thematic maps, using the example of the seasonal migration of the white stork. The basics of cartography are explained, with an emphasis on thematic cartography and flow maps, as well as methods for collecting and visualizing animal movements. A review and analysis of existing maps on the same topic were conducted, based on which were determined guidelines for creating new cartographic representations of this topic. This paper describes the process of creating a static map of white stork migration paths, using open data and open-source software. It highlights the possibilities and limitations of existing methods, available spatial data, and tools for their processing and visualization.

**Keywords:** flow maps, animal tracking, thematic maps, zoogeography

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1 Uočeni problemi.....	1
1.2 Pregled dosadašnjih radova .....	2
1.3 Ciljevi i zadaci .....	3
1.4 Znanstveno stručni doprinos.....	4
2. TEORIJSKA OSNOVICA.....	5
2.1 Osnovni pojmovi kartografije.....	5
2.2 Tematska kartografija.....	5
2.3 Karte pokreta.....	7
2.3.1 Povijesni razvoj karata pokreta.....	7
2.3.2 Podjela karata pokreta .....	9
2.3.3 Oblikovanje karata pokreta.....	10
2.3.4 Postojeće metode prikupljanja podataka o kretanju životinja .....	12
2.3.5 Alati za vizualizaciju podataka kretanja životinja .....	16
3. ANALIZA POSTOJEĆIH KARATA S PRIKAZOM PODATAKA O KRETANJU ŽIVOTINJA .....	18
4. MATERIJALI I METODE .....	33
4.1 Izvori podataka.....	33
4.1.1 Prostorni podaci .....	33
4.1.2 Tekstualni sadržaj.....	35
4.1.3 Fotografije.....	36
4.2 Tehnologije i alati.....	36
4.3 Plan izrade karte pokreta .....	38
5. IZRADA KARTE MIGRACIJE RODE .....	39
5.1 Matematička osnova i format karte.....	39
5.2 Temeljna karta.....	41
5.3 Oblikovanje tematskog sadržaja .....	45
6. REZULTAT I RASPRAVA.....	52
7. ZAKLJUČAK.....	54
8. LITERATURA .....	56
9. POPIS SLIKA.....	60
10. POPIS TABLICA .....	61

## 1. UVOD

Kartografija, kao disciplina koja se bavi zasnivanjem, izradom, promicanjem i proučavanjem karata, ima važnu ulogu u razumijevanju okolišnih pojava, migracijskih kretanja te prostorne raspodjele prirodnih i društvenih resursa. Karte pokreta posebna su skupina tematskih karata koje prikazuju prostorne informacije o kretanju objekata, ljudi, životinja ili drugih entiteta kroz prostor i vrijeme. Dok je u prošlosti glavna prepreka pri stvaranju karata pokreta bila prikupljanje podataka, razvoj suvremenih tehnologija praćenja, mobilne tehnologije i komunikacija omogućio je brzo prikupljanje velikog broja preciznih prostornih i vremenskih podataka. S razvojem tehnologija i alata za obradu podataka, omogućeno je stvaranje preciznih i interaktivnih kartografskih prikaza, koji imaju sve veću primjenu u različitim znanstvenim područjima, uključujući i zoogeografiju – granu zoologije odnosno biogeografije koja proučava rasprostranjenost životinjskih vrsta na kopnu, pod zemljom i u vodama.

Migracija ptica jedna je od važnih prirodnih pojava, čiji uzroci i posljedice predstavljaju predmet brojnih istraživanja u zoologiji i ekologiji. Da bi se ta prirodna pojava prikazala na učinkovit način, potreban je interdisciplinarni pristup, koji uključuje primjenu znanja iz kartografije i zoogeografije. Bijela roda (lat. *Ciconia ciconia*) jedna je od najpoznatijih migratornih vrsta s brojnom kulturnom simbolikom, a njezino praćenje pomoću modernih tehnologija, poput uređaja koji kombiniraju GPS i GSM tehnologije (engl. *GSM-GPS trackers*), omogućuje prikupljanje preciznih podataka o njenim putanjama, vremenskim okvirima migracije i interakcijama s okolišem. Obradom i oblikovanjem tih podataka za prikaz na karti, moguće je dobiti precizan, edukativan i vizualno učinkovit kartografski proizvod.

### 1.1 Uočeni problemi

Unatoč značajnom napretku u tehnologijama za prikupljanje i obradu podataka, kartografi se susreću s brojnim izazovima. Dok je u prošlosti pristup podacima predstavljao najveću prepreku, današnje tehnologije, poput satelitskog snimanja visoke rezolucije, LiDAR skeniranja, bespilotnih letjelica (dronova) i GPS uređaja, omogućuju brzo prikupljanje velikih količina prostornih podataka. To otvara nova pitanja vezana uz njihovu pohranu, organizaciju i integraciju u različite sustave za obradu podataka. Prostorni podaci dolaze iz različitih izvora,



često s različitim razinama preciznosti i formatima koji nisu međusobno kompatibilni, što dodatno otežava rad kartografa.

Iako postoji niz dostupnih tehnologija i alata, nijedan pojedinačni softver ne zadovoljava sve zahtjeve koji se postavljaju pri izradi kartografskih prikaza, posebice onih koji moraju biti i položajno točni i estetski prihvatljivi. Kao rezultat toga, često je potrebno koristiti kombinaciju različitih alata, što može usporiti rad i otežati tijek izrade karata. Ta složenost posebno dolazi do izražaja pri izradi karata koje prikazuju dinamične pojave, poput kretanja životinjskih jedinki.

Za kvalitetno kartografsko prikazivanje takvih pojava potrebno je istovremeno prikazati njihove prostorne i vremenske komponente. To zahtijeva upotrebu naprednijih grafičkih elemenata kako bi se učinkovito prenijele informacije o dinamici kretanja unutar prostorno-vremenskog konteksta.

## 1.2 Pregled dosadašnjih radova

Prikaz migracijskih kretanja je tema koja zahtijeva interdisciplinarnu suradnju između kartografije i biologije. Međutim, istraživanja koja integriraju obje discipline su rijetka, a većina dostupnih znanstvenih radova zasebno se fokusira ili na kartiranje pokreta ili na praćenje migracija životinja.

U svom radu, Xavier i Dodge (2014) opisuju softver *DynamoVis*, razvijen za kartiranje kretanja životinja. Autori naglašavaju značajan napredak u tehnologijama prikupljanja podataka, koji omogućuje simultano prikupljanje velike količine raznovrsnih informacija. Međutim, učinkovita vizualizacija tih podataka može biti dugotrajan i izazovan proces. Često se istraživači bez specijaliziranog znanja o geovizualizaciji suočavaju s potrebom izrade prostornih prikaza koji su ključni za razumijevanje obrazaca i poveznica u kretanju. Cilj autora bio je razviti interaktivan alat za vizualizaciju koji omogućuje stvaranje intuitivnih, interaktivnih i visokokvalitetnih animacija za prikaz podataka o kretanju životinja, s posebnim naglaskom na povezanost između kretanja i podataka o okolišu.

Kays i dr. (2015) detaljno objašnjavaju napredak u tehnologijama i metodama praćenja kopnenih životinja te način na koji se prikupljeni podaci mogu koristiti za stjecanje novih uvida u njihovo kretanje, ponašanje i interakciju s okolišem. Poseban naglasak stavljen je na razvoj

mikrotehnologije koja omogućuje proizvodnju integriranih mikrosenzora. Ti senzori istovremeno prikupljaju podatke o lokaciji, brzini kretanja, temperaturi i ostalim okolišnim parametrima. Mogućnost prikazivanja tih podataka u realnom vremenu donosi temeljne promjene u načinu primjene informacija dobivenih praćenjem životinja. Autori ističu i nove izazove koji proizlaze iz brzog razvoja tehnologija za prikupljanje podataka te se osvrću na suvremene analitičke pristupe koji kombiniraju podatke o kretanju s podacima o okolišu dobivenima daljinskim istraživanjima. Iako studija sadrži brojne kartografske prikaze prostornih podataka, ti prikazi služe prvenstveno kao vizualizacijska pomagala, a njihovo oblikovanje nije u središtu rasprave.

Okita-Ouma i dr. (2021) proučavali su učinkovitost izgrađenih prijelaza za divlje životinje na novoj željezničkoj pruzi koja prolazi kroz nacionalne parkove Tsavo u Keniji. U istraživanju je praćeno kretanje označenih slonova tijekom tri godine, s ciljem analiziranja utjecaja izgradnje željeznice na njihove obrasce ponašanja, kao i provjere koriste li divlje životinje predviđene prijelaze preko pruge. Podaci o kretanju slonova vizualno su analizirani kako bi se utvrdilo koji su jedinci prelazili željezničku prugu, a koji nisu, te kako bi se identificirale potencijalne barijere koje ometaju njihovo kretanje. Ova studija predstavlja izvrstan primjer upotrebe vizualizacije podataka o kretanju životinja u svrhu analize njihove interakcije s infrastrukturnim projektima te doprinosi prostornom planiranju sličnih projekata u budućnosti.

Pregled postojeće literature ukazuje na važnost kvalitetnih vizualizacija podataka u istraživanju, kao i potrebu za pojednostavljivanjem i automatizacijom tog procesa. Znanstvenici su suočeni s izazovom obrade i analize velike količine podataka, ali unatoč tim izazovima napredovanje tehnologije praćenja je donijelo do ogromnog unaprjeđenja proučavanja životinjskih vrsta i njihove interakcije s okolišem.

### **1.3 Ciljevi i zadaci**

Cilj ovog rada je izraditi tematsku kartu pokreta koja prikazuje putanju sezonske migracije bijele rode koristeći otvorene podatke dostupne na platformi *Movebank* i besplatne alate otvorenog koda. Specifični zadaci pri izradi karte uključuju prikupljanje podataka, prilagodbu preuzetih vektorskih i rasterskih podataka, vizualizaciju podataka na učinkovit način te estetsko oblikovanje konačnog kartografskog proizvoda.

#### **1.4 Znanstveno stručni doprinos**

Očekuje se da će diplomski rad pridonijeti tematskoj kartografiji kroz istraživanje i primjenu metoda za prikaz prostorno-vremenskih podataka, s posebnim naglaskom na migracijske putanje bijele rode. Korištenjem stvarnih podataka o migracijama, rad će pokazati mogućnosti vizualizacije kretanja na tematskim kartama te ponuditi prijedloge za kartografske tehnike koje mogu olakšati prikaz takvih podataka. Iako je fokus rada na specifičnom primjeru, rezultati bi mogli poslužiti kao smjernice za buduća istraživanja i primjene u sličnim tematskim kontekstima, poput praćenja migracija drugih životinjskih vrsta, kretanja ljudi tijekom različitih razdoblja, ili analize prostorno-vremenskih obrazaca u ekologiji i geografiji.

## 2. TEORIJSKA OSNOVICA

U ovom poglavlju daje se pregled osnovnih kartografskih pojmova s posebnim naglaskom na tematsku kartografiju i karte pokreta. Obuhvaćen je kratak prikaz povijesnog razvoja karata pokreta, njihova klasifikacija, te osnovna načela oblikovanja takvih karata. Uz to, razmatrane su metode prikupljanja podataka o kretanju životinja, kao i nekoliko internetskih izvora na kojima su dostupni prostorni podaci o kretanju. Na kraju su analizirane postojeće tehnike i metode u tematskoj kartografiji za izradu karata pokreta.

### 2.1 Osnovni pojmovi kartografije

Međunarodno kartografsko društvo (engl. *International Cartographic Association*) definira kartografiju kao disciplinu koja se bavi zasnivanjem, izradom, promicanjem i proučavanjem karata. Prema Međunarodnome kartografskom društvu „karta je simbolički prikaz geografske stvarnosti, koji prikazuje odabrane značajke ili karakteristike, rezultat je kreativnog napora autora u donošenju odluka, a namijenjena je za korištenje u situacijama kada su prostorni odnosi od primarne važnosti“ (ICA 2003).

Prema Frangešu (2021), temeljna podjela geografskih karata je na topografske i tematske. Topografske karte su opće geografske karte s velikim brojem informacija o mjesnim prilikama prikazanog područja, koje se odnose na naselja, prometnice, vode, vegetaciju, oblike reljefa Zemlje i granice teritorijalnih područja. Važna karakteristika topografskih karata je da se na topografskoj karti svi objekti prikazuju s jednakom važnošću.

### 2.2 Tematska kartografija

Tematske karte su kartografski prikazi najrazličitijih tema iz prirodnog i društvenog područja, koje su neposredno vezane uz prostor (Frangeš, 2021). Prema Peterci (1974), u tematske se karte ubrajaju karte na kojima su, na općoj geografskoj osnovi, u prvom planu predstavljene neke pojave ili pokazatelji koji se ne prikazuju na općim geografskim kartama, kao i karte na kojima su neki od elemenata općih geografskih karakteristika prikazani detaljnije u odnosu na ostale elemente.

Kao osnova za prikaz novog tematskog sadržaja koriste se temeljne karte. To su topografske karte, često s pojednostavljenim sadržajem. Na temeljnih kartama se razlikuju primarni i

sekundarni dijelovi opće geografskog sadržaja, gdje se oblik reljefa Zemlje i voda smatraju primarnim dijelovima, a ostali su općenito sekundarni, osim u slučajevima kad su tematski prikazi objekata i stanja vezani uz naselja, granice, prometnice i vegetaciju. Za temeljne kartu se često koristi postojeća topografska karta s cjelokupnim sadržajem, ali u jednoj boji, najčešće sivoj ili svijetlo smeđoj (Lovrić, 1988).

U literaturi, ovisno o autoru, postoje različite klasifikacije tematskih karata. U ovom diplomskom radu, tematske su karte klasificirane prema podjeli izloženoj u udžbeniku *Opća kartografija* (Lovrić, 1988). Prema Lovriću (1988), tematske karte možemo klasificirati po sljedećim kriterijima:

- 1) Po svojstvima objekta prikaza (kvalitativne, kvantitativne, statičke, dinamičke i genetičke)
- 2) Po metodama istraživanja (elementarno-analitičke, kompleksno-analitičke i sintezne)
- 3) Po oblicima i sredstvima prikaza
- 4) Po tematskim područjima: prirodna područja (npr. geološke karte, geofizičke karte, zoološke karte) i područja ljudske djelatnosti (npr. karte naselja, karte stanovništva, karte rasa, religija, jezika i narodnosti).

Osnovna podjela karata po tematskim područjima je na prirodna područja i područja ljudskog djelovanja, koje se zatim dijele na potkategorije. Kartografski prikazi analizirani u sklopu ovog diplomskog rada pripadaju skupini tematskih karata prirodnih područja, točnije zoološke karte, koje prikazuju rasprostranjenost i kretanje pojedinih životinjskih vrsta.

U ovom diplomskom radu objekti prikaza sistematizirani su prema podjeli koju je izložio Meynen (1975), kako je navedeno u udžbeniku Lovrića (1988). Postoji podjela svih objekata prikaza na konkretne i apstraktne, gdje su konkretni objekti stvarni i vidljivi, a apstraktni se ne mogu opažati te nisu vidljivi. U kategoriju apstraktnih također spadaju relativni odnosi konkretnih objekata.

Podjela objekta prikaza je sljedeća (Meynen, 1975, prema Lovrić 1988):

- a) Prikazi konkretnih objekata:
  - izvorne karte dobivene izmjerom i kartiranjem (karte položaja)
  - izvedene karte dobivene generalizacijom i obradom statističkih podataka (karte signatura)

b) Prikazi apstraktnih objekata:

- karte predmetnih i prostornih odnosa objekata (površinski kartogram, kartodijagram)
- karte vrijednosnih polja (karte pseudoizolinija, karte s izolinijama)
- karte pokreta (karte sa strelicama i vektorima)
- karte prostorne sinteze (sintezne karte).

### 2.3 Karte pokreta

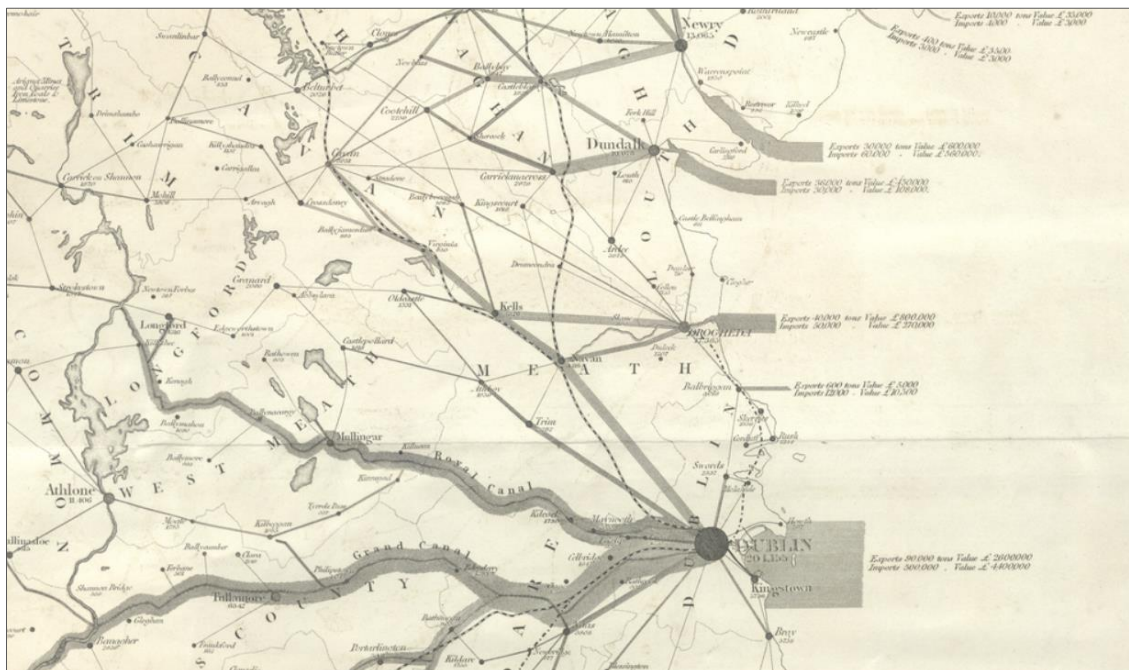
Karte pokreta su vrsta tematskih karata koje pokazuju linearno kretanje između lokacija (Steiner, 2019). Na kartama pokreta univerzalno se koriste strelice kao sredstvo izražavanja, a kada strelice na određenom mjestu prikazuju smjer objekta u pokretu, nazivaju se vektorima (Lovrić, 1988.). Varijacijom grafičkih varijabli kod prikaza strelice (poput dužine, širine i boje strelice) moguće je prikazati određena kvantitativna i kvalitativna svojstva pokreta. Primjerice, variranjem dužine ili širine strelice može se prikazati kvantiteta, a variranjem boje se može prikazati kvaliteta.

#### 2.3.1 Povijesni razvoj karata pokreta

Iako je uvijek postojala potreba za prikazivanjem pokreta na kartama, smatra se da se simbolična uporaba strelica za prikaz smjera kretanja koristi tek u zadnjih četiristo godina. Strelice se prvi put javljaju u 17. stoljeću, kao simboli smjera toka rijeke, a zatim se počinju proizvoditi i karte koje prikazuju rute istraživača ili vojnih pohoda (Cheshire i Kent, 2023).

U 19. stoljeću pojavile su se prve karte pokreta u klasičnom obliku tematskih karata, koje prikazuju obujam pokreta. Razvoj karata pokreta u tom razdoblju bio je dio većih znanstvenih inovacija za izradu statističkih grafova. Međutim, ključan povod za razvoj učinkovitih karata pokreta bila je izgradnja željeznica. Karte pokreta pružale su nove načine za vizualizaciju učinaka modernih načina prijevoza ljudi i dobara, te omogućile poboljšanje infrastrukture (Segal 2020). Prema Robinsonu (1955), najranije karte pokreta proizveo je Henry Drury Harness, u sklopu izvješća o željezničkom prometu u Irskoj iz 1837. godine (Slika 1.1) (URL 1). Temeljna karta je sadržavala prikaz granica općina, kao i neke veće gradove. Linije pokreta prikazivale su prosječan broj putnika na ruti u jednom smjeru, gdje širina linija predstavlja broj putnika. Linije su prikazane tako da povezuju gradove, ali bez prikazivanja stvarne rute

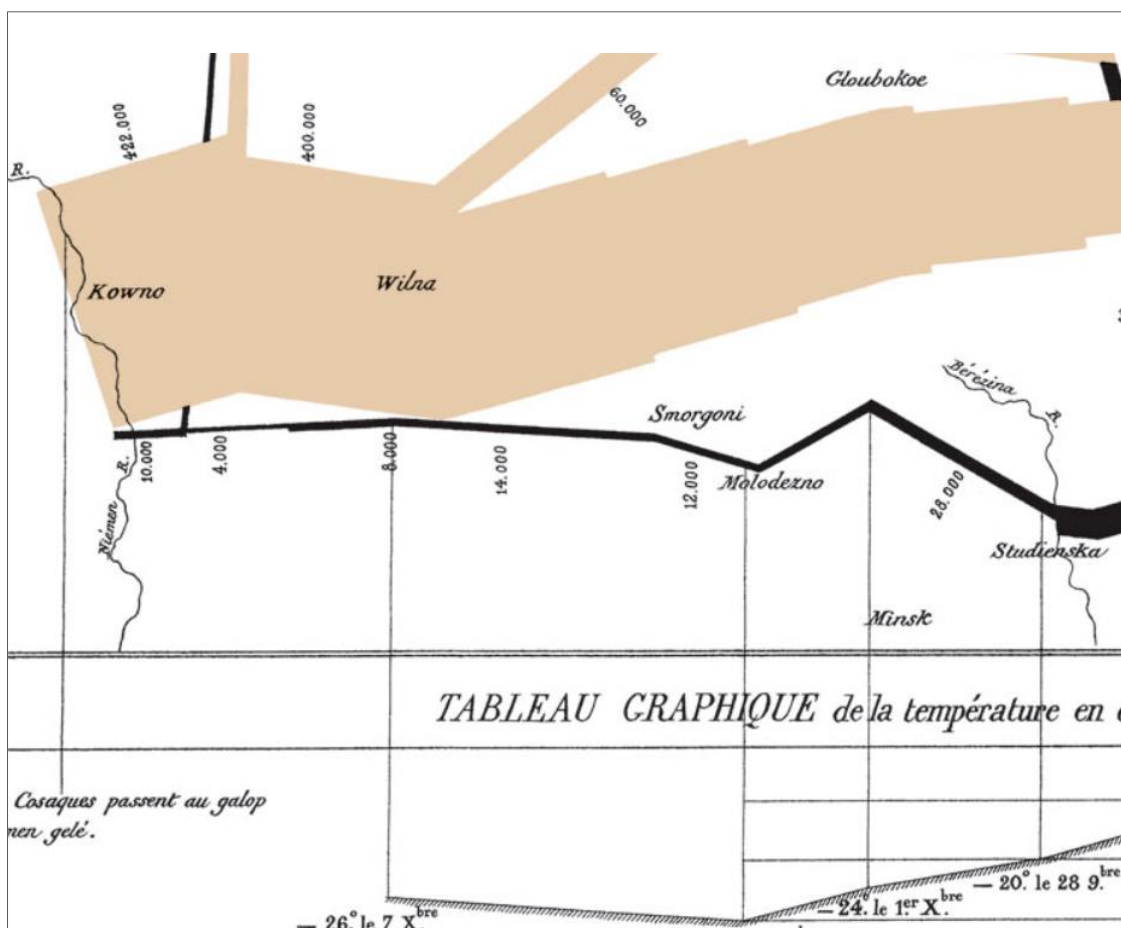
željeznice. Podaci o broju putnika prikupljeni putem anketa slani su policijskim stanicama u svakom okrugu, koje su zatim bilježile prosječan broj putnika tijekom jednog tjedna.



Slika 2.1: Isječak karte željezničkog prometa u Irskoj, koju je 1838. godine izradio Henry Drury Harness (URL 1)

U sljedećem desetljeću karte pokreta slične onima koje je izradio Harness objavili su i Belpaire i Minard (Dent, 2008). Minardove karte, koje su se prvenstveno bavile područjima ekonomske geografije, imale su za cilj prikazati numerički precizne podatke na vizualno razumljiv način. Njegovo najpoznatije djelo je karta pokreta iz 1869. godine (Slika 1.2) (URL 2), koja prikazuje Napoleonovu neuspješnu invaziju na Rusiju. Ta karta uspješno prikazuje šest različitih tipova podataka: broj vojnika, prijeđenu udaljenost, temperaturu, geografsku širinu i dužinu, smjer putovanja te lokaciju u odnosu na datume.

Od tada se karte pokreta koriste za kartiranje kretanja robe, putnika te različitih mjera gustoće prometa. U drugoj polovici 19. stoljeća stvaraju se atlasi s tematskim kartama koji prostorno obuhvaćaju cijeli svijet, kao sredstvo prikazivanja rastuće preookeanske trgovine te razumijevanje sve intenzivnije globalizacije (Segal, 2020). U dvadesetom stoljeću karte pokreta imaju široku primjenu, te se koriste za prikaz raspodjele dobara, ljudi i gustoće prometa, kao i za prikaz povijesnih događaja. Prema Dentu (2008), od razdoblja Minarda nije bilo značajnih napredaka u osnovnim tehnikama izrade i oblikovanja karata pokreta.



Slika 2.2: Isječak karte Napoleonovog pohoda na Rusiju, koju je 1869. izradio Charles Joseph Minard (URL 2)

S razvojem računala i računalne grafike, dolazi do novih mogućnosti za stvaranje karata pokreta. 1980-ih godina počinje se razvijati računalna kartografija i automatizirano stvaranje kartografskih prikaza, a najistaknutiji znanstvenik u tom periodu je bio Waldo Tobler (Koylu i dr., 2022). U posljednjim godinama, s razvojem tehnologije došlo je do eksponencijalnog rasta količine prostornih podataka, što stvara potrebu za novim pristupom stvaranju tematskih karata (Claudel i dr., 2016).

### 2.3.2 Podjela karata pokreta

Karte pokreta mogu imati različite stilove i svrhe uporabe, te obuhvaćati razne teme koje se često međusobno preklapaju. Zbog toga je teško definirati stroge kategorije za podjelu karata pokreta (Steiner, 2019). U literaturi se navode različite vrste podjela karata pokreta, a najčešće korištena je ona koju je predložio Parks (1987), navedena u Steiner (2019), prema kojoj se karte pokreta dijele na:



- mrežne (engl. *network flow maps*)
- radijalne (engl. *radial flow maps*)
- distributivne (engl. *distributive flow maps*).

Mrežne karte pokreta prikazuju kretanje unutar mreže između nekoliko ishodišta i odredišta (Steiner, 2019). Kod takvih prikaza naglasak je na topologiji mreže, dok je preciznost ruta i udaljenost između čvorova manje važna. Radijalne karte pokreta prikazuju kretanje od jednog izvora u više destinacija, ili obratno (Steiner, 2019).

Distributivne karte pokreta predstavljaju posebnu vrstu radijalnih karata, gdje se linije pokreta granaju iz jednog ishodišta prema više odredišta, ili obrnuto. Te karte prikazuju kretanje dobara, ljudi ili ideja među geografskim regijama i mogu se podijeliti na dvije podvrste karata. Prva podvrsta prikazuje cijeli svijet ili njegov veći dio, prikazujući stvarne rute kretanja. Druga podvrsta prikazuje kretanje na manjem dijelu Zemljine površine (npr. unutar države), gdje je važniji prikaz smjera i intenziteta kretanja nego precizno praćenje rute (Slocum, 2009).

Osim ove osnovne podjele, Slocum (2009) također spominje kontinuirane karte pokreta (engl. *continuous flow maps*), koje prikazuju kretanje kontinuiranih fenomena poput strujanja vjetra ili morskih struja.

Iako ih Slocum (2009) i Parks (1987), prema Steiner (2019), nisu eksplicitno opisali, karte koje prikazuju putanju kretanja također spadaju u kategoriju karata pokreta (Steiner, 2019). Takve karte prikazuju kretanje jednog ili više objekata (npr. osobe, životinje, vozila), između ishodišta i odredišta u određenom razdoblju, predstavljajući potencijalno ili završeno kretanje. S obzirom na raširenu upotrebu GPS uređaja za navigaciju ili praćenje aktivnosti, karte koje prikazuju putanju kretanja postale su gotovo sveprisutne.

### **2.3.3 Oblikovanje karata pokreta**

Grafičke varijable su, razlike u elementima karte koje percipira ljudsko oko (Bertin, 1967). Postoje dvije osnovne vrste grafičkih varijabli: lokacijske i retinalne. Lokacijske varijable su koordinatne osi, koje označavaju položaj u ravnini karte. Bertin (1967) smatra da se ostale vizualne varijable procesuiraju neposredno, odnosno na senzorskoj razini ljudskog oka (retinalno), što omogućava odabir varijabli koristeći poznate činjenice o ljudskoj psihologiji i načinu na kojem mozak obrađuje vizualne podatke. Retinalne varijable uključuju: veličinu, oblik, jarkost boje, ton boje, teksturu i orijentaciju.

Grafičke varijable su osnovni način razlikovanja kartografskih znakova, stoga su ključne za razumijevanje načina funkcioniranja različitih vrsta karata i utjecaj izbora znakova na prenošenje određene poruke (Cibilić i dr., 2023). U ovom diplomskom radu korištena je podjela na šest retinalnih grafičkih varijabli, koje su primjenjive na statične kartografske prikaze.

Definiraju se kao (White, 2017, prema Cibilić i dr., 2023):

- Veličina: varijacije u duljini, površini ili volumenu kartografskog znaka
- Oblik: varijacije u izgledu ili obliku kartografskog znaka
- Jarkost boje: dominantna valna duljina vidljive svjetlosti (npr. crvena, plava, zelena)
- Ton boje: svijetle ili tamne varijacije jedne nijanse
- Zasićenost boje: intenzitet jedne nijanse
- Tekstura: relativna grubost kartografskog znaka
- Orijehtacija: smjer ili kut rotacije kartografskog znaka.

Karte pokreta izrađuju se za različite svrhe, no automatizirana rješenja za njihovu izradu još uvijek nisu na zadovoljavajućoj razini (Steiner, 2019). Za izradu kvalitetne karte pokreta potrebno je uzeti u obzir brojna estetska načela i kartografska pravila.

Neka od osnovnih načela pri oblikovanju karata pokreta su (Dent, 2008):

- Linije pokreta imaju najviši prioritet u vizualno/grafičkoj hijerarhiji.
- Manje linije pokreta bi se trebale nalaziti iznad većih, ako se moraju preklapati ili presijecati.
- Strelice su potrebne ako je smjer kretanja od kritične važnosti za razumijevanje značenja karte.
- Ako podaci to omogućuju, preporučuje se da kartograf kontrolira položaj linija kako bi se postigla ravnoteža u prikazu svih objekata na karti.
- Ako područje kartiranja sadrži kopno i vodu, mora biti vidljiv kontrast između njih.
- Projekcija, njezino središte i orijentacija koriste se za usmjeravanje pažnje čitatelja na uzrok pokreta.
- Sve informacije trebale bi biti što jednostavnije, uključujući skaliranje linija pokreta.
- Tumač znakova mora biti jasan i jednoznačan, uz navođenje mjernih jedinica gdje je to potrebno.

Pri izradi karata pokreta važno je uzeti u obzir hijerarhiju karte, u kojoj linije pokreta uvijek moraju biti najdominantniji element karte (Dent, 2008). Stoga se temeljne karte uglavnom prikazuju u jednoj boji, najčešće sivoj ili svijetlo smeđoj, a mogu se prikazivati i bojama smanjene zasićenosti i tona. Za postizanje željenog učinka i uspješne komunikacije važna je matematička osnova karte. Ona obuhvaća izbor kartografske projekcije, određivanje središnjeg meridijana, odabir formata i postavljanje okvira karte. Svi ovi elementi variraju ovisno o podacima koji se prikazuju, tako da je potrebno proučiti koje projekcije najviše odgovaraju svakom individualnom slučaju.

Na mnogim kartama pokreta, posebno onima koje obuhvaćaju veće područje, često se događa da linijski simboli pokreta prelaze preko kopna i vodenih površina, te da su međusobno isprepleteni, što može dovesti do nejasne vizualne hijerarhije elemenata. Zbog toga je važno da svaki linijski element ima jasan vizualni integritet, odnosno da ga se ne može zamijeniti s nijednim drugim kartografskim elementom. Također, potrebno je paziti i na skaliranje linija – one ne bi smjele biti prevelike u odnosu na temeljnu kartu, ali moraju biti dovoljno istaknute kako bi dominirale kao ključni element karte.

Najvažnija izražajna sredstva kod karata pokreta su strelice, odnosno vektori, a variranjem njihovih grafičkih varijabli mogu se prikazati različita svojstva prikazanog kretanja. Pri tome su najčešće korištene varijable za prikazivanje kvantitavnih svojstava veličina i ton boje (Steiner, 2019). Mijenjanjem veličine, odnosno širine linijskog objekta, prikazuju se kvantitavne promjene u podacima koji se predstavljaju (npr. brzina kretanja). Takav učinak također se može postići promjenom tona boje, gdje svjetliji tonovi označavaju manji intenzitet neke pojave, dok tamniji tonovi označavaju veći intenzitet. Sličan učinak može se postići teksturom, odnosno gustoćom točkastih simbola koji čine oblik linije. Za izražavanje kvalitativnih vrijednosti i prikazivanje više varijabli u isto vrijeme najčešće se koristi jarkost boje.

#### **2.3.4 Postojeće metode prikupljanja podataka o kretanju životinja**

Praćenje kretanja životinja i vizualizacija tih podataka od ključne je važnosti za razumijevanje kako se jedinke i populacije kreću unutar svojih staništa, migriraju preko kontinenata i oceana, te kako se njihovo ponašanje mijenja u različitim generacijama. Ta istraživanja su od velike važnosti za očuvanje bioraznolikosti, zdravlja životinja i dostupnosti hrane, u okolišu koji se stalno mijenja pod utjecajem ljudskog djelovanja (Kays i dr., 2018).

Prije razvoja suvremenih tehnologija, prikupljanje podataka predstavljalo je velik izazov. Jedna od prvih metoda za praćenje životinja bila je označavanje ptica prstenovima za prepoznavanje, kako bi se utvrdilo vraćaju li se jedinke na isto stanište nakon migracija. 1950.-ih godina znanstvenici su koristili radijske odašiljače, a 1970-ih javlja se satelitski sustav *Argos* (URL 3), koji je omogućio nove metode globalnog praćenja životinja. Razvoj GPS-a 1990-ih omogućio je prikupljanje podatka o praćenju visoke rezolucije i automatizirao proces praćenja životinja (Kays i dr., 2018). Daljnji razvoj komunikacijskih sustava, mobilne tehnologije i ostala tehnološka dostignuća, revolucionirala su prikupljanje podataka o životinjskom kretanju.

Kod odabira metode praćenja životinja potrebno je uzeti u obzir točnost, cijenu i količinu podataka koje je potrebno prikupiti. Teži se tome da uređaj za praćenje bude dovoljno lagan, tako da ga životinja može sigurno nositi, da je cjenovno pristupačan, da omogućuje označavanje više jedinki te da može pružiti dovoljnu količinu podataka visoke rezolucije (URL 4).

Neke od najčešće korištenih metoda su Global Positioning System (GPS), *Argos Doppler*, radio telemetrija, akustična telemetrija, označavanje i biotelemetrija (engl. *bio-logging*). GPS uređaj automatski snima i pohranjuje podatke o lokaciji s unaprijed određenim intervalom. Prednost korištenja GPS-a je visoka rezolucija i točnost podataka, koja može biti unutar nekoliko metara. Ranije su nedostaci GPS-a uključivali visoku cijenu i težinu odašiljača, zbog čega je bio pogodan samo za praćenje većih životinja i zahtijevao je značajan budžet za praćenje više jedinki (Hebblewhite i Haydon, 2010). Kod *Argos Doppler* sustava lokacije se određuju mjerenjem Dopplerovog pomaka na signalu koji je poslao odašiljač na životinji. Za praćenje se koriste elektronički transmiteri koji periodički šalju signale do *Argos* satelita. Nedostatak *Argos* sustava je manja točnost od GPS-a, koja može biti unutar nekoliko kilometara, ali su sami uređaji bili jeftiniji i lakši od uređaja korištenih za GPS metodu (Hebblewhite i Haydon, 2010). Danas postoje razvijeni integrirani senzori malih dimenzija i težine, koji omogućuju kombiniranje različitih metoda praćenja za dobivanje prostornih podataka visoke rezolucije, uz dodatne podatke o uvjetima u okolišu (Kays i dr., 2015).

Radio telemetrija koristi radio odašiljače koji emitiraju vrlo visoku radio frekvenciju koja se može koristiti za lociranje označene jedinke. Istraživač mora pratiti signal koristeći prijemnik i antenu koji moraju biti unutar dometa nekoliko kilometara od životinje, što predstavlja najveći nedostatak ove metode. Prednosti metode su malena težina odašiljača, manji troškovi i dugo trajanje baterije. Stoga je ta metoda pogodna za praćenje kretanja manjih životinja čije se

populacije kreću na ograničenom području (Gutema, 2015). Akustična telemetrija se prvenstveno koristi za praćenje vodenih životinja, budući da GPS i ostale metode nemaju mogućnost točnog pozicioniranja pod vodom. Funkcionira na principu korištenja prijammika koji određuju lokaciju označenih životinja, na koje su postavljeni odašiljači koji šalju akustične signale (Matley i dr., 2021).

Metoda označavanja uključuje stavljanje identifikacijskih traka ili prstenova na jedinke. Da bi se pratilo kretanja potrebno je ponovno vidjeti ili uhvatiti životinju. Te oznake su lagane, ne sadrže elektronske komponente, mogu ih postavljati volonteri, što omogućava praćenje velikog broja životinja. Nedostatak ove metode je što se mnogo životinja ne uspije ponovno uhvatiti i većina podataka uključuje samo dvije lokacije po životinji. Biotelemetrija se odnosi na prikupljanje podataka o okolišu koristeći različite senzore na životinjama, što u kombinaciji sa metodama praćenja lokacije pruža veliku količinu informacija o kretanju, ponašanju, fiziologiji i okolišu životinja (URL 4).

Jedan od glavnih izazova u radu s podacima praćenja životinja je nedostatak standardizacije, unatoč sve većim tehnološkim mogućnostima za prikupljanje velikih količina podataka putem različitih senzora. Zbog nedostatka standardizacije, mnogo podaci su teško upotrebljivi jer se nalaze na osobnim računalima, slabo su dokumentirani ili su u zastarjelim formatima, što može uzrokovati gubitak važnih informacija iz starijih istraživanja.

Postoje brojne inicijative koje imaju za cilj omogućiti preuzimanje i ponovno korištenje podataka praćenja životinja u svrhu istraživanja ekologije, praćenja divljih životinja, te pomoći u suočavanju s izazovima klimatskih promjena, promjena u korištenju zemljišta, gubitka bioraznolikosti, invazivnih vrsta i širenja zaraznih bolesti. Icarus (engl. *International Cooperation for Animal Research Using Space*) je međunarodni projekt čiji je cilj povezivanje znanstvenika iz cijelog svijeta u zajedničkom istraživanju ponašanja životinja, zaštite ugroženih vrsta te istraživanju putova širenja zaraznih bolesti (URL 5). Rezultate svojih istraživanja objavljuju putem platforme *Movebank* (URL 6), koja omogućuje dijeljenje, preuzimanje i korištenje podataka praćenja životinja, kao i ostalih podataka koje prikupljaju razni senzori na životinjama. Platformu održava Max Planck Institut ponašanja životinja, u suradnji sa Prirodoslovnim muzejom Sjeverne Karoline, Državnim sveučilištem u Ohiju i Sveučilištem u Konstanzu. *Movebank* surađuje s različitim vladinim agencijama, sveučilištima i organizacijama za zaštitu prirode te uživa dugoročnu potporu Društva Max Planck i Sveučilišta

u Konstanzu, uz dodatnu podršku drugih investitora. Platforma nudi intuitivno korisničko sučelje koje novim korisnicima omogućuje jednostavno pretraživanje, pronalaženje i preuzimanje željenih podataka.

Još jedna značajna platforma za objavu podataka o kretanju životinja je *eBird* (URL 7). Platforma *eBird* oslanja se na volonterski prikupljene podatke o različitim vrstama ptica, pri čemu korisnici unose lokacije i vrijeme opažanja određenih vrsta. Kako bi se osigurala kvaliteta prikupljenih podataka, obrasci za unos razvijeni su u suradnji s vrhunskim stručnjacima u području ornitologije. *eBird* omogućuje preuzimanje podataka u različitim formatima, uključujući analize kretanja u rasterskim formatima poput PNG i TIF. Za preuzimanje podataka potrebno je kreirati korisnički račun.

Nedostaci platforme *eBird*, u usporedbi s platformom *Movebank*, su teži pristup i filtriranje podataka, manja kontrola kvalitete i koherentnost skupova podataka, koji su posljedica korisnički generiranog sadržaja.

Američka služba za ribu i divlje životinje (engl. *U.S. Fish and Wildlife Service*, USFWS) je vladina agencija koja se bavi upravljanjem ribama, divljim životinjama i prirodnim staništima na području SAD-a. Na svom portalu (URL 8) nude otvorene istraživačke podatke, koje je moguće preuzeti u strojno-čitljivim formatima. Osim samog praćenja kretanja životinja, agencija objavljuje i vektorske podatke o staništima, svojstvima tla i rasprostranjenosti pojedinih vrsta. Nedostatak ove stranice je relativno mala količina podataka, te ograničenost na teritoriji Sjedinjenih Američkih Država.

Važan aspekt prikupljana prostornih podataka je kontrola kvalitete. Najvažnije mjere kvalitete podataka su točnost (položaja i atributa), konzistentnost, potpunost, pravodobnost, podrijetlo i dostupnost. Položajna točnost je obrnuto proporcionalna mjerilu karte, te ju je potrebno prikazati za sve geometrijske podatke, ovisno o vrsti i namjeni prikaza, tako da korisnici mogu procijeniti posljedice tih pogrešaka (Lapaine, 2006). Točnost atributnih podataka je također iznimno važna, jer može dovesti do pogrešnih zaključaka, koji potpuno mijenjaju krajnji izgled i značenje karte. Konzistentnost odnosa se najbolje izražava kao postotak točnih odnosa, gdje su uklonjene tipične pogreške poput premalih poligona, nezatvorenih poligona, dvostrukih linija, pogrešnih presjeka linija i linija koje su međusobno preblizu. Ove pogreške se mogu prekontrolirati u GIS softverima, te su važne za kreiranje karata, pogotovo kod postupka

kartografske generalizacije gdje može doći do grešaka zbog promjena u razlučivosti. Potpunost podataka opisuje koliko su potpuno podaci o nekom objektnom tipu uneseni u odnosu na specifikaciju, primjerice jesu li atributni podaci uneseni za svako mjerenje.

Za prostorne podatke koji se koriste pri izradi karata pokreta na temelju podataka o kretanju životinja, važno je da budu dostupni u strukturiranom i neutralnom formatu koji nije vezan uz specifičan komercijalni softver (npr. CSV umjesto XLS), kako bi se mogli koristiti u različitim softverima za obradu prostornih podataka. Također, moraju biti georeferencirani, odnosno moraju imati pridružen položaj u odnosu na Zemlju, što omogućuje daljnju analizu i vizualizaciju u prostornom kontekstu (Kuveždić Divjak, 2022). Na platformama *Movebank* i *eBird*, podaci su dostupni u CSV formatu, dok *Movebank* dodatno omogućuje preuzimanje podataka u formatu ESRI shapefile za jednostavnije korištenje tih podataka u GIS softverima. Američka služba za ribu i divlje životinje USFWS omogućuje korisnicima preuzimanje prostornih podataka u formatima CSV, KML, GeoJSON, ESRI Shapefile.

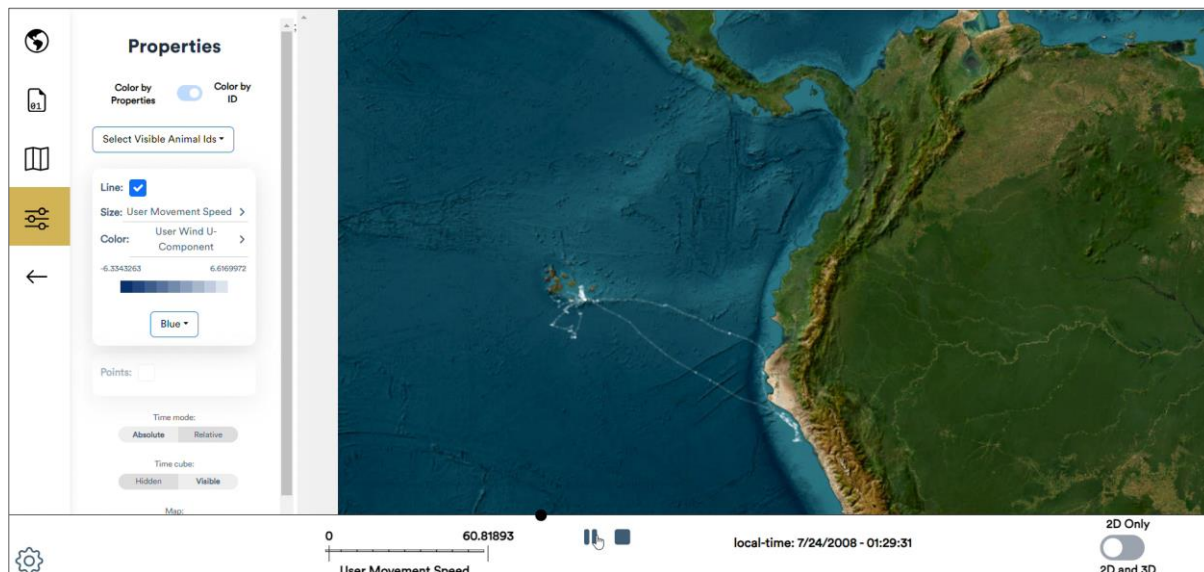
Kod preuzimanja podataka važno je voditi računa o njihovoj kvaliteti i pouzdanosti. Dobri izvori podataka trebaju korisnicima pružiti metapodatke u kojima su sadržane informacije o kvaliteti podataka. Preporuča se korištenje provjerenih i pouzdanih izvora, kao što su akademska istraživanja ili vladini portali.

### **2.3.5 Alati za vizualizaciju podataka kretanja životinja**

Oblikovanje karata pokreta iz podatka kretanja životinja zahtijeva učinkovitu vizualizaciju višedimenzionalnih podataka, koja se još uvijek velikim dijelom radi „ručno“, odnosno ne postoje zadovoljavajući i dostupni softveri koji bi mogli automatizirati postupak izrade karte, tako da ona zadovoljava sva načela stvaranja kvalitetnog kartografskog prikaza (Steiner, 2019). S porastom mogućnosti prikupljanja velike količine podataka o životinjama i okolišu, pojavili su se značajni izazovi u metodologiji istraživanja i analizi uzoraka unutar opsežnih skupova prostorno-vremenskih podataka (Xavier i Dodge, 2014).

Vizualizacija tih podataka potrebna je biologima za razumijevanje kretanja životinja, ali mnogi dostupni podaci su teško pristupačni i nestrukturirani, što zahtjeva specijalizirane alate za prostornu i statističku analizu. *DynamoVis* (URL 9) je besplatan softvera za vizualizaciju podataka kretanja koji omogućuje učitavanje .csv datoteke s podacima kretanja, a zatim i

uređivanje različitih svojstava, poput brzine kretanja animacije, širine linije, jarkosti boja, tumača znakova i drugih elemenata karte putem korisničkog sučelja (slika 2.3).



Slika 2.3: Korisničko sučelje alata *DynamoVis*

Alati poput *DynamoVisa* su korisni za preliminarnu vizualizaciju kretanja i stvaranje animacija, te mogu pružiti prikaze koji zadovoljavaju potrebe bioloških istraživanja. Međutim, za izradu učinkovitog kartografskog prikaza potrebna je veća mogućnost samostalnog upravljanja sadržajem, što podrazumijeva duži i zahtjevniji proces. Stoga kartografi pri izradi karata pokreta koriste različite softvere za GIS i kartiranje, što zahtijeva vještine poput obrade georeferenciranih podataka te poznavanje pravila i načela vizualnog oblikovanja sadržaja u kartografiji. Prednosti korištenja automatiziranih alata su jednostavnost i brzina izrade, ali postojećim softverima nedostaje mogućnost primjenjivanja svih kartografskih načela i daljnje prilagodljivosti izgleda dobivenog sadržaja.



### 3. ANALIZA POSTOJEĆIH KARATA S PRIKAZOM PODATAKA O KRETANJU ŽIVOTINJA

Prvi korak u analizi postojećih karata s prikazom podataka o kretanju životinja uključivao je prikupljanje relevantnih karata. Karte su prikupljene korištenjem internetske tražilice i pretraživanjem relevantnih akademskih članaka u znanstvenim i stručnim časopisima. Prikupljeno je ukupno devetnaest karata s prikazom tražene tematike, izrađenih u razdoblju od 2011. do 2024. Većinu karata objavile su privatne organizacije, često unutar popularno znanstvenih knjiga ili časopisa. Osim toga, značajan broj karata objavljen je u okviru znanstvenih istraživanja, s ciljem vizualizacije i komunikacije promatranih bioloških fenomena.

Za svaku kartu analizirani su podaci vezani uz indikatore koji su opisani u Tablici 3.1.

*Tablica 3.1: Indikatori za analizu i klasifikaciju postojećih karata s prikazom podataka o kretanju životinja*

Komponenta	Opis	Predefinirane vrijednosti
Naslov	Naslov karte	/
Autor	Ime autora	/
Tip autora	Kategorija vrste autora	Vlada, privatna organizacija, akademska zajednica, pojedinac
Godina izdanja	Godina objavljivanja karte	/
Licencija	Vrsta licencije pod kojom su objavljeni podaci	Copyright, Creative Commons (CC) license, Public Domain
Tema karte	Opis sadržaja karte	/
Korištena temeljna karta	Opis korištene temeljne karte	/
Područje obuhvata	Prostorni obuhvat kartografskog prikaza	Svijet (globalno), regija, država, grad (lokalno)
Tumač znakova	Opis sadržaja tumača znakova	/
Ciljana publika	Krajnji korisnici za koje je karta izrađena	Znanstvena zajednica, vlada, šira javnost

Komponenta	Opis	Predefinirane vrijednosti
Klasifikacije tematske karte	Prema svojstvima objekta; prema metodama istraživanja, prema oblicima i sredstvima prikaza, prema tematskim područjima	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. kvantitativne, kvalitativne, statičke, dinamičke, generičke, karte položaja, signaturne karte, krate pokreta</li> <li>2. elementarnoanalitičke, kompleksnoanalitičke i sintezne</li> <li>3. karte položaja, signaturne karte, karte predmetnih i prostornih odnosa, karte vrijednosnih polja karte pokreta, karte prostorne sinteze</li> <li>4. prirodna područja (npr. geološke karte, geofizičke karte, zoološke karte) i područja ljudske djelatnosti (npr. karte naselja, karte stanovništva, karte rasa, religija, jezika i narodnosti))</li> </ol>
Vrsta tematske karte	Podjela tematskih karata obrazložena u 1.2.2.	Mrežne, radijalne, distributivne, kontinuirane, put kretanja
Grafičke varijable	Opis korištenih grafičkih varijabli prema (Bertin, 1967, prema Cibilić i dr., 2023)	Veličina, oblik, jarkost boje, ton boje, zasićenost boje, tekstura, orijentacija
Vrsta karte i stupnju interaktivnosti	<p>Prema Kraak i Brown (2001) karte se mogu podijeliti na statične, koje ne uključuju kretanje prikaza na zaslonu, i dinamične, koje uključuju prikaz u pokretu.</p> <p>Karte mogu imati sljedeće stupnjeve interaktivnosti; nizak (kretanje po karti, zoom0); srednji (kretanje po karti, zoom, promjena sadržaja); visoki</p>	<p>Statična, dinamična</p> <p>Stupanj interaktivnosti: nizak, srednji, visok</p>

Komponenta	Opis	Predefinirane vrijednosti
	(kretanje po karti, zoom, promjena sadržaja, linkovi, skočni prozori...)	
Isječak	Isječak kartografskog prikaza	/
Izvor	URL primjera	/

Analizirani podaci o prikupljenim kartama s prikazom podataka o kretanju životinja sistematizirani su u Tablici 3.2.

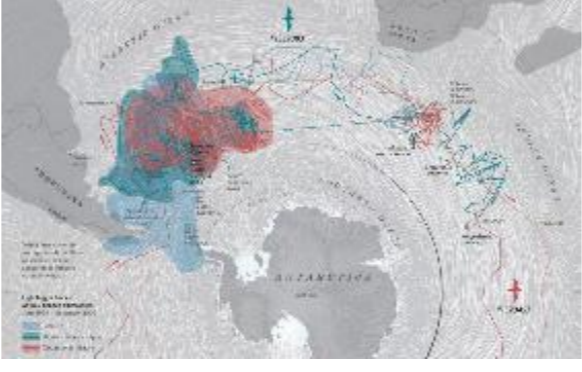

Analizom je obuhvaćeno ukupno devetnaest karata, od kojih je osam objavljeno u knjigama, šest na internetu, tri u znanstvenim člancima, a dvije u časopisima. Knjige u kojima su objavljene promatrane karte su popularno znanstveni atlasi, a njihovi su autori kartografi i grafički dizajneri, kao i kod karata koje su objavljene u popularno znanstvenim časopisima. Cilj tih publikacija je stvaranje kartografskih prikaza temeljenih na podacima koje prvenstveno prikupljaju biolozi, s namjerom prenošenja rezultata znanstvenih istraživanja široj publici. Naglasak je na stvaranju vizualno estetskih prikaza koji su obogaćeni tekstem, dijagramima i slikama, te dodatno objašnjavaju tematiku karte ciljanoj publici.

Karte objavljene u časopisu *National Geographic* dizajnirane su u formatu postera. Najviše analiziranih karata pronađeno je u knjizi *Where the Animals Go: Tracking Wildlife with Technology in 50 Maps & Graphics* iz 2018., autora Jamesa Cheshirea i Olivera Ubertija.

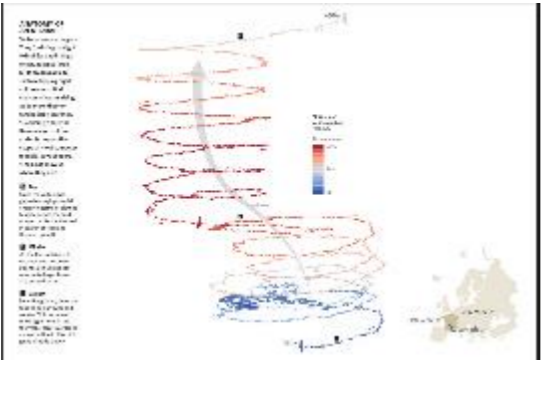

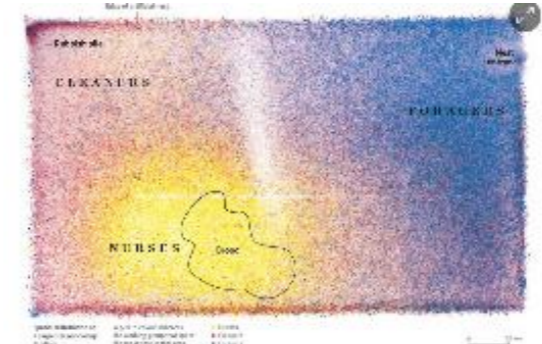
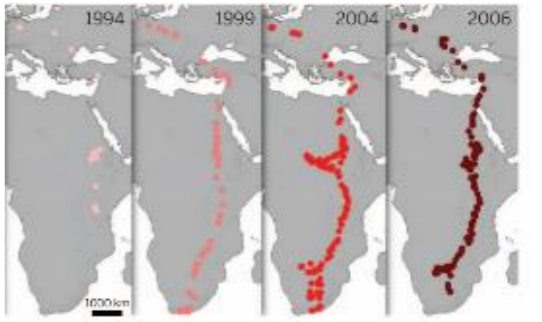
Od pet analiziranih web karata, tri su statične i dvije dinamične. Osim kod karte označene brojem 14, sve promatrane web karte imaju određeni stupanj interaktivnosti. Korisnicima je omogućen odabir kretanja jedinke koju žele promatrati (karte označene brojevima 12 i 16), izbor temeljne karte (karte označene brojevima 12 i 15) i filtriranje podataka prema određenom vremenskom periodu (karta označena brojem 15). Statične karte pružaju veću interaktivnost u odnosu na dinamičke karte, koje prikazuju unaprijed definirane animacije s vremenskom komponentom.

Tablica 3.2: Analizirani podaci o prikupljenim kartama s prikazom podataka o kretanju životinja

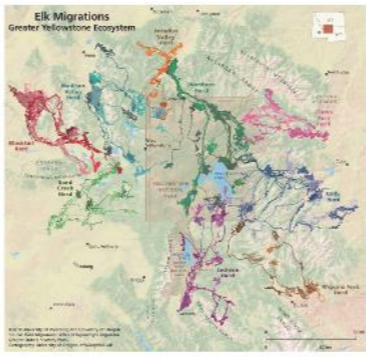
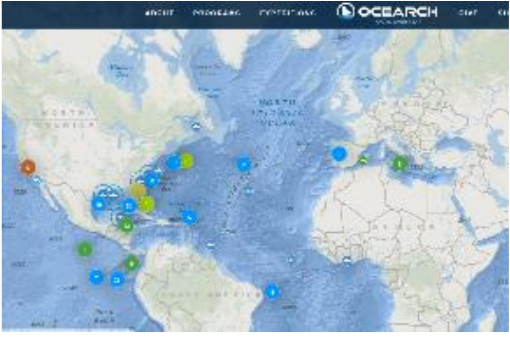
<b>Naslov karte</b>	1. <i>A map of elephant movement in east Africa from Where the Animals Go</i>	2. <i>A map of albatross movement from Where the Animals Go.</i>	3. <i>Jaguar movements tracked in Where the Animals Go.</i>	4. <i>Tracking elephant seals across the Southern Ocean in Where the Animals Go.</i>
<b>Autor, tip autora, godina izdanja</b>	James Cheshire i Oliver Uberti, pojedinac, 2017.	James Cheshire i Oliver Uberti, pojedinac, 2017.	James Cheshire i Oliver Uberti, pojedinac, 2017.	James Cheshire i Oliver Uberti, pojedinac, 2017.
<b>Licencija</b>	Copyright ©	Copyright ©	Copyright ©	Copyright ©
<b>Tema karte</b>	Kretanje slonova radi procjene adaptacije na novo izgrađenu željeznicu u nacionalnom parku Tsavo.	Prikaz dometa migracije praćenih jedinki albatrosa.	Prikaz kretanja jaguara temelji se na podacima dobivenim putem GPS praćenja, uspoređenim s podacima sa statičkim kamerama koje, pomoću senzora, bilježe prolazak jaguara.	Lijeva karta prikazuje izdvojeno kretanje jedne jedinke tuljana, dok desna karta prikazuje više jedinki iste vrste.
<b>Korišteni skupovi podataka</b>	Organizacija <i>Save the Elephants</i> i državna korporacija <i>Kenya Wildlife Service</i> prikupljaju podatke s radio prijmnika koji su pričvršćeni za slonove. Podaci su prikupljeni u ožujku 2016.	Richard Phillips, istraživač za <i>British Arctic Survey</i> . Podaci su prikupljeni od travnja 1999. do studenog 2000.	Matthias Tobler i dr., znanstvenici zoološkog vrta San Diego. GPS podaci s praćenog jaguara (2011), podaci postavljenih kamera (2014).	Mike Fedak i Clint Blight, znanstvenici na Sveučilištu St Andrews, podaci prikupljeni 2004.
<b>Korištena temeljna karta</b>	Izrezano traženo područje, sjenčani reljef.	Sivi tonovi i državne granice. Stupnjevita vektorska karta koja prikazuje vjetrove.	Svijetlo zelena boja, reljef prikazan skalom boje.	Naglašena batimetrija, kopno prikazano svijetlo sivom, označena mora, države i teritoriji.
<b>Područje obuhvata</b>	Lokalno (Nacionalni park <i>Tsavo East</i> i <i>Tsavo West</i> )	Regija (Antarktika, južni dio Južne Amerike i Afrike)	Lokalno (dio Amazone u Peruu)	Lokalno (dio Južnog Oceana) Regija (najjužniji dio Južne polutke)
<b>Tumač znakova</b>	Korišteni kartografski znakovi, boje koje predstavljaju pojedinu jedinku, datum prikupljanja podataka, grafičko mjerilo.	Strelice koje označavaju vjetar, koja boja odgovara kojem dometu migracije, datumi prikupljanja podataka, grafičko mjerilo.	Prikazuje što boja linija predstavlja, signature koje se koriste za kamere, grafičko mjerilo.	Različite boje koje predstavljaju teritorije, oznaka za stanište, grafičko mjerilo.
<b>Ciljana publika</b>	Šira javnost	Šira javnost	Šira javnost	Šira javnost
<b>Klasifikacija prema (Lovrić, 1988)</b>  <i>Po svojstvima objekata</i> <i>Po metodama istraživanja</i> <i>Po oblicima i sredstvima prikaza</i> <i>Po tematskim područjima</i>	Kvalitativna, dinamička  Elementarno analitička  Karta pokreta  Zoološka	Kvantitativna, dinamička  Kompleksno analitička  Karta areala, karta pokreta (stupnjevita vektorska karta - vjetar)  Meteorološka, zoološka	Kvalitativna, dinamička  Elementarno analitička  Karta pokreta, karta sa signaturama brojčanih vrijednosti točaka  Zoološka	Kvalitativna, dinamička  Elementarno analitička  Karta pokreta  Zoološka
<b>Vrsta tematske karte</b>	Put kretanja	Put kretanja, kontinuirana	Put kretanja	Put kretanja

<b>Korištene grafičke varijable (Bertin, 1967)</b>	Jarkost boje - svaka boja predstavlja određenu jedinku  Orijentacija - smjer kretanja	Veličina - različita duljina strelica prikazuje jačinu vjetra Jarkost boje - različite boje prikazuju različiti tip migracije Ton boje - svjetlija nijansa plave prikazuje ptice stanarice, a tamnija selice s kraćim migracijama Orijentacija - strelice prikazuju smjer migracije	Veličina - krugovi različitih veličina predstavlja broj viđenih jaguara Jarkost boje - različite boje prikazuju različite jedinke Orijentacija - smjer kretanja	Jarkost boje - različite boje predstavljaju različite lokacije  Orijentacija - smjer kretanja
<b>Vrsta, stupanj interaktivnosti</b>	Karta je statična, bez interaktivnosti	Karta je statična, bez interaktivnosti	Karta je statična, bez interaktivnosti	Karta je statična, bez interaktivnosti
<b>Isječak</b>				
<b>Izvor</b>	<a href="#">URL 10</a>	<a href="#">URL 11</a>	<a href="#">URL 12</a>	<a href="#">URL 13</a>

<b>Naslov</b>	5. <i>Vulture spirals seen in the book Where the Animals Go.</i>	6. <i>Researchers in Kenya fitted 25 olive baboons with GPS collars set to record one position every second for four weeks.</i>	7. <i>Miniature QR codes mapped the activity of individual ants in a colony.</i>	8. <i>Lifetime tracks</i>
<b>Autor, tip autora, godina izdanja</b>	James Cheshire i Oliver Uberti, pojedinac, 2017.	James Cheshire i Oliver Uberti, pojedinac, 2017.	James Cheshire i Oliver Uberti, pojedinac, 2017.	Roland Kays i dr., akademska zajednica, 2015. Znanstvenici
<b>Licencija</b>	Copyright ©	Copyright ©	Copyright ©	Copyright ©
<b>Tema karte</b>	Prikaz korištenja uzgona toplog zraka prilikom leta.	Vizualizacija grupnog donošenja odluka u populaciji pavijana.	Prikaz prostornog rasporeda mrava u gnijezdu.	Praćenje jedne rode tijekom cijelog životnog vijeka, prikazane su migracije za nekoliko godina.
<b>Korišteni skupovi podataka</b>	Emily Shepard, Sveučilište Swansea; Olivier Duriez, Sveučilište Montpellier; <i>Le Rocher Des Aigles Falconry Centre</i> . Podaci su prikupljeni u lipnju 2013.	Margaret Crofoot i dr., Sveučilište u Kaliforniji. Podaci su prikupljeni u kolovozu 2012.	Istraživanje Danielle Mersch, Sveučilište u Lausanneu.	Istraživanje Andrea Flack i dr. Dostupni na <i>Movebank Dana Repository</i>

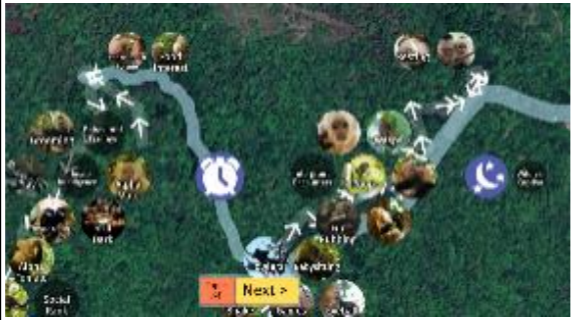
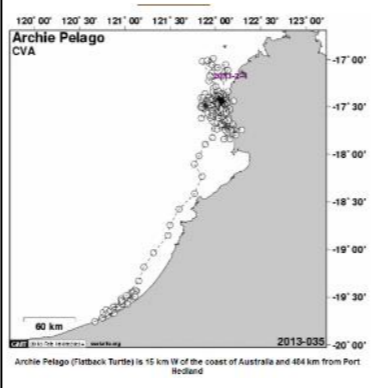
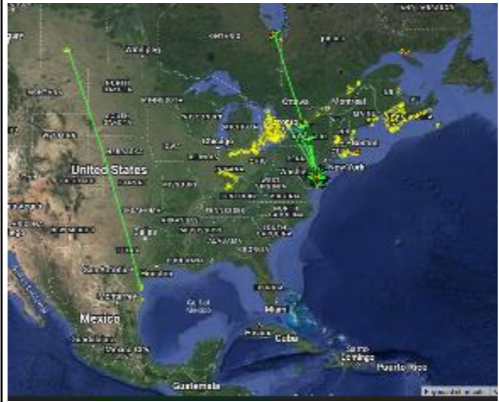

<b>Korištena temeljna karta</b>	Nema temeljne karte	Svijetla boja, tekstura	Nema temeljne karte	Obrisi kontinentata bez državnih granica, siva boja.
<b>Područje obuhvata</b>	Nije određena horizontalna koordinata, obuhvaćena je nadmorska visina od 320m, do 690m	Lokalno (Mpala centar za istraživanje, Kenija)	Umjetno gnijezdo	Regija (Europa i Afrika)
<b>Tumač znakova</b>	Diskretna skala boja na kojoj su prikazane temperature od 30 do 31°C.	Različite boje koje predstavljaju dane na koje se promatrano kretanje, grafičko mjerilo.	Boja označava različitu ulogu koju mravi imaju u gnijezdu.	Mjerilo, godina opažanja.
<b>Ciljana publika</b>	Šira javnost	Šira javnost	Šira javnost	Znanstvena zajednica
<b>Klasifikacija prema (Lovrić, 1988)</b> <i>Po svojstvima objekata</i> <i>Po metodama istraživanja</i> <i>Po oblicima i sredstvima prikaza</i> <i>Po tematskim područjima</i>	Kvantitativna, dinamička Kompleksno-analitička Karta pokreta Zoološka	Kvalitativna, dinamička Elementarno analitička Karta pokreta Zoološka	Kvalitativna, statička Elementarno-analitička Karta točkastih signatura Zoološka	Kvalitativna, dinamička Elementarno-analitička Karta pokreta Zoološka
<b>Vrsta tematske karte</b>	/	Put kretanja	/	Put kretanja
<b>Korištene grafičke varijable (Bertin, 1967)</b>	Jarkost boje - različite boje predstavljaju različite temperature Orijentacija - smjer kretanja	Jarkost boje - različite boje predstavljaju različite dane kretanja Ton boje - kretanja na dane koji nisu specifično istaknuti su sive boje i uklopljena u podlogu karte Orijentacija - smjer kretanja	Jarkost boje - različite boje predstavljaju različite uloge mrava u društvu	Jarkost boje - različite boje predstavljaju različite godine opažanja
<b>Vrsta, stupanj interaktivnosti</b>	Karta je statična, bez interaktivnosti	Karta je statična, bez interaktivnosti	Karta je statična, bez interaktivnosti	Karta je statična, bez interaktivnosti
<b>Isječak</b>				
<b>Izvor</b>	<a href="#">URL 14</a>	<a href="#">URL 15</a>	<a href="#">URL 16</a>	<a href="#">URL 17</a>

<b>Naslov</b>	9. <i>Migratory behavior of juveniles from eight different populations.</i>	10. <i>Elk migrations in the Greater Yellowstone Ecosystem</i>	11. <i>One full loop migration track of Turkey Vulture</i>	12. Ocearch
<b>Autor, tip autora, godina izdanja</b>	A.Flack i dr.,akademska zajednica, 2016.	<i>University of Oregon InfoGraphics Lab, akademska zajednica, 2018.</i>	Glenn Xavier, Somayeh Dodge, pojedinci. 2014	Neprofitna organizacija OCEARCH. privatna organizacija, 2007-danas.
<b>Licencija</b>	Creative Commons Attribution NonCommercial License 4.0 (CC BY-NC).	Copyright ©	Copyright ©	Copyright ©
<b>Tema karte</b>	Prikazan domet migracije različitih populacija roda.	Migracija losova na području u ekosustavu Yellowstone.	Migracija strvinara s prikazanom brzinom leta i termalnih uzgonom.	Prikaz kretanja označenih životinja različitih vrsta koje žive u moru.
<b>Korišteni skupovi podataka</b>	Pomoću GPS-a praćenje populacije mladih roda, za osam različitih populacija, podaci dostupni na <i>Movebank Data Repository</i> , godina 2013. - 2014.	Podaci su dobiveni kontinuiranim GPS praćenjem losova na njihovom godišnjem putovanju.	Prikupljeni podaci sadrže koordinate, brzinu, smjer kretanja i dr. Podaci su dostupni na <i>Movebank Data Repository</i> .	Prikupljeni označivanjem različitih životinja.
<b>Korištena temeljna karta</b>	Satelitska snimka svijeta ( <i>OpenStreetMap</i> )	Sjenčani reljef, skala boja	Satelitska snimka, Microsoft Aerial	ESRI Ocean base (hidrografska i terestrička kartografija - podmorski kanjoni, platoi i sl.), sjenčani reljef, skala boja
<b>Područje obuhvata</b>	Europa i Afrika	Lokalno (Veći Yellowstone ekosustav)	Sjeverna Amerika	Globalno
<b>Tumač znakova</b>	Boja pridružena odgovarajućoj populaciji roda.	Grafičko mjerilo	Skala za izračunatu brzinu (debljina linije), skala za termalni uzgon (boja, od bijele do crvene, kontinuirana skala).	Interaktivni izbornik objašnjava tražene podatke.
<b>Ciljana publika</b>	Znanstvena zajednica	Šira publika	Znanstvena zajednica	Šira javnost i znanstvena zajednica
<b>Klasifikacija prema (Lovrić, 1988)</b>  <i>Po svojstvima objekata</i> <i>Po metodama istraživanja</i> <i>Po oblicima i sredstvima prikaza</i> <i>Po tematskim područjima</i>	Kvalitativna, dinamička  Elementarno analitička  Karta pokreta  Zoološka	Kvalitativna, dinamička  Elementarno analitička  Karta pokreta  Zoološka	kvantitativna, dinamička  Kompleksno analitička  Karta pokreta  Zoološka	Kvalitativna, dinamička  Jednostavno analitička  Karta pokreta  Zoološka
<b>Vrsta tematske karte</b>	Put kretanja	Put kretanja	Put kretanja	Put kretanja

<b>Korištene grafičke varijable (Bertin, 1967)</b>	Jarkost boje - različite boje predstavljaju različite populacije	Jarkost boje - različite boje predstavljaju različita krda  Ton boje - različita svjetlina predstavlja vrijeme	Veličina - debljina linije se koristi za prikaz brzine  Jarkost boje - različite boje predstavljaju različiti toplinski uzgon  Ton boje - svjetlije boje predstavljaju manju toplinu, tamnija boja predstavlja veću	Oblik - obris životinje se koristi za prikaz jedinke  Jarkost boje - različite boje predstavljaju različite vrste
<b>Vrsta, stupanj interaktivnosti</b>	Karta je statična, bez interaktivnosti	Karta je statična, bez interaktivnosti	Karta je statična, bez interaktivnosti	Karta je statična, interaktivna (visoka interakcija)
<b>Isječak</b>				
<b>Izvor</b>	<a href="#">URL 18</a>	<a href="#">URL 19</a>	<a href="#">URL 20</a>	<a href="#">URL 21</a>

<b>Naslov</b>	13. <i>How To Be a Monkey</i>	14. <i>Archie Pelago - CVA - 2011 Eighty Mile Beach Flatback Monitoring Program</i>	15. <i>Red Knots moving among key staging areas in North America during spring and fall migrations from 2014 to 2016.</i>	16. <i>Polar Bear Tracker (Vicky)</i>
<b>Autor, tip autora, godina izdanja</b>	Matt Ziegler, pojedinac, 2014.	Conservation Volunteers Australia, privatna organizacija, 2011.	Bird studies Canada, privatna organizacija, 2016	Polar Bears International, privatna organizacija, 2024.
<b>Licencija</b>	Otvorena licencija	Copyright ©	Licencija nije pronađena	Copyright ©
<b>Tema karte</b>	Interaktivna multimedijaska karta koja prikazuje jedan dan u životu mladunca majmuna.	Dinamična web karta koja prikazuje kretanje označene jedinke za vrijeme sezone gniježđenja.	Interaktivna dinamična web karta koja pokazuje let vrste ptica u određenoj godini.	Interaktivna web karta koja omogućuje praćenje kretanje odabrane jedinke polarnog mede
<b>Korišteni skupovi podataka</b>	Znanstvenici u sklopu projekta <i>Lomas Barbudal Monkey Project</i> su pratili skupinu majmuna u divljini i bilježili njihovo ponašanje i kretanje. Podaci prikazane jedinke su prikupljeni 14.1.2014.	Podaci su prikupljeni stavljanjem Argos uređaja za praćenje	Prikupili istraživači koristeći <i>Motus Wildlife Tracking System</i> .	Suradnja Sveučilišta u Alberti i organizacije <i>Environment and Climate Change Canada</i> , koji prikupljaju GPS podatke. Podaci se koriste u istraživanjima koja još nisu objavljena te nisu javno dostupni.
<b>Korištena temeljna karta</b>	Satelitska snimka (Google)	Obris kopna, kopno prikazano sivo, more bijelo	Satelitske snimke ( <i>Google Imagery, TerraMetrics</i> )	Osnova Google karte, led bijelo, kopno svijetlo plavo, voda tamno plava



<b>Područje obuhvata</b>	Lokalno (Dio džungle u Kostariki)	Lokalno (plaža u Zapadnoj Australiji)	Regija (Istok Sjeverne Amerike)	Lokalno (Hudsonov zaljev)
<b>Tumač znakova</b>	Strelice pokazuju opažan smjer kretanja, korišteni su slikovni simboli koji prikazuju vrstu aktivnosti na određenoj lokaciji (hranjenje, socijalizacija, igra)	Mjerilo, datum uz točku koji označava kad je snimljena	Početni datum, konačan datum, trenutni datum promatrane animacije, objašnjenje boja trasa koje označavaju godinu, lokacije označavanja i detektore za oznake.	Opis označene životinje (dob, datum označavanja, prijeđena udaljenost, ID).
<b>Ciljana publika</b>	Šira javnost	Šira javnost	Šira javnost	Vlade, institucije, šira javnost
<b>Klasifikacija tematske karte (Lovrić, 1988.)</b>  <i>Po svojstvima objekata</i> <i>Po metodama istraživanja</i> <i>Po oblicima i sredstvima prikaza</i> <i>Po tematskim područjima</i>	Kvalitativna, dinamička  Elementarno analitička  Karta pokreta  Zoološka karta	Kvalitativna, dinamička  Elementarno analitička  Karta pokreta  Zoološka karta	Kvalitativna, dinamička  Elementarno analitička  Karta pokreta  Zoološka karta	Kvalitativna, dinamička  Elementarno analitička  Karta pokreta  Zoološka karta
<b>Vrsta tematske karte</b>	Put kretanja	Put kretanja	Mrežna	Put kretanja
<b>Korištene grafičke varijable (Bertin, 1967)</b>	Oblik – različiti oblici prikazuju odgovarajuće aktivnosti  Jarkost boje – različite boje prikazuju odgovarajuće aktivnosti  Orijentacija - smjer kretanja	/	Oblik - neispunjene kružnice označavaju lokaciju prijavnika, ispunjene označavaju lokaciju označavanja ptica  Jarkost boje - predstavljaju različite godine  Orijentacija - mijena se orijentacija simbola ptice dok se kreće po trasi	/
<b>Vrsta, stupanj interaktivnosti</b>	Statična, visoka interaktivnost	Dinamična, bez interaktivnosti	Dinamična, srednja razina interaktivnosti	Karta je statična, visoka interaktivnost
<b>Slika</b>				
<b>Izvor</b>	<a href="#">URL 22</a>	<a href="#">URL 23</a>	<a href="#">URL 24</a>	<a href="#">URL 25</a>

<b>Naslov</b>	<i>17. Travellers, The Blue World Arctic Tern</i>	<i>18. Navigating by Nature</i>	<i>19. Yellowstone Elk Migrations: The Pulse of the Park</i>
<b>Autor, tip autora, godina izdanja</b>	North2South Cartography and GIS, privatna organizacija	National Geographic, privatna organizacija, 2018.	National Geographic, privatna organizacija, 2016.
<b>Licencija</b>	Copyright ©	Copyright ©	Copyright ©
<b>Tema karte</b>	Prikaz migracije arktičke čigre, uz navedene informacije o vrsti.	Prikaz migracija raznih vrsta ptica selica, s dodanim informacijama o karakteristikama pojedinih vrsta.	Prikaz kretanja losova u nacionalnom parku Yellowstone
<b>Korišteni skupovi podataka</b>	Nisu navedeni	Brojni skupovi podataka, navedeni na prikazu	Brojni skupovi podataka, navedeni na prikazu (GPS podaci, tokom sezonskih migracija)
<b>Korištena temeljna karta</b>	Podaci s <i>NaturalEarthData</i> - batimetrija, hipsografija i sjenčani reljef	Jednobojna karta, prikazan sjenčani reljef, vode i državne granice	Skala boja i sjenčani reljef
<b>Područje obuhvata</b>	Globalno (cijeli svijet)	Globalno (istočna hemisfera)	Lokalno (Nacionalni park Yellowstone)
<b>Tumač znakova</b>	Karta nema klasičan tumač znakova, popraćena je ilustracijama i objašnjenjima o prikazanoj vrsti	Prikazano koja boja označava koju kategoriju ptica, različiti kartografski znakovi koji predstavljaju mjesta promatranja, grafičko i broičano mjerilo	Pokrov zemljišta, vlasništvo, područja gdje borave vukovi, hranilišta losova
<b>Ciljana publika</b>	Šira javnost	Šira javnost	Šira javnost
<b>Klasifikacija prema (Lovrić, 1988)</b> <i>Po svojstvima objekata</i> <i>Po metodama istraživanja</i> <i>Po oblicima i sredstvima prikaza</i> <i>Po tematskim područjima</i>	Kvalitativna, dinamička  Elementarno analitička  Karta pokreta  Zoološka karta	Kvalitativna, dinamička  Elementarno analitička  Karta pokreta  Zoološka karta	Kvalitativna, dinamička  Elementarno analitička  Karta pokreta  Zoološka karta
<b>Vrsta tematske karte</b>	Put kretanja	Distributivna, put kretanja	Distributivna
<b>Korištene grafičke varijable (Bertin, 1967)</b>	Jarkost boje – različite boje prikazuju staništa čigri na sjeveru i jugu	Veličina - grananja u migracija su prikazana različitom širinom, debljina linije prikazuje veći broj jedinki Jarkost boje - različite boje prikazuju različite jedinke i vrste Ton boje - jarke boje prikazuju jedinke, a svjetlije grupe Orijentacija - strelice ukazuju na smjer kretanja	Veličina - grananja migracija su prikazana različitom širinom Jarkost boje – različite boje prikazuju različita krda Orijentacija - strelice ukazuju na smjer kretanja
<b>Vrsta i stupanj interaktivnosti</b>	Karta je statična, bez interaktivnosti	Karta je statična, bez interaktivnosti	Karta je statična, bez interaktivnosti

<b>Isječak</b>			
<b>Izvor</b>	<a href="#">URL 26</a>	<a href="#">URL 27</a>	<a href="#">URL 28</a>

Posebno treba istaknuti kartu *How to be a Monkey* (karta označena brojem 13), koja predstavlja primjer narativne karte. Ova karta kombinira prikaz kretanja s multimedijским elementima poput teksta, fotografija i videozapisa, omogućujući istovremeno prikazivanje događaja u prostoru i vremenu u kojem se odvijaju.

Za razliku od karata pokreta objavljenih u knjigama i časopisima, kod web karata manje je važnosti pridodano umjetničkoj i estetskoj komponenti kartografije, a naglasak je stavljen na funkcionalnost i interaktivnost. Autori analiziranih web karata pokreta su različite organizacije koje se bave proučavanjem i zaštitom životinja. Cilj ovih kartografskih prikaza je povećati svijest o različitim životinjskim vrstama i time potaknuti širu javnost na aktivnu pomoć u njihovom očuvanju.

Karte objavljene u sklopu znanstvenih istraživanja nastale su kao pomoćni prikazi unutar tih radova i prvenstveno služe za vizualizaciju dobivenih rezultata. Takve karte nisu namijenjene samostalnom promatranju, već se trebaju interpretirati u kontekstu rada u kojem su objavljene. Ciljana publika su znanstvenici i istraživači koji koriste karte za dublje razumijevanje rezultata istraživanja. Kod karata izrađenih za ovu svrhu, estetika je manje važna, a korištenje različitih kartografskih elemenata i grafičkih varijabli svedeno je na minimum. Zahvaljujući napretku metoda prikupljana podataka i razvoju naprednih softverskih alata (karta označena brojem 11), znanstvenicima koji nemaju obrazovanje iz područja kartografije omogućeno je stvaranje učinkovitih kartografskih prikaza za znanstvenu komunikaciju.

Većina analiziranih karata pokreta prikazuje put kretanja jedinki na dijelu Zemljine površine, ali pronađeno je nekoliko inovativnih načina prikazivanja različitih dimenzija pokreta na statičnim kartama. Primjerice, karta označena brojem 5 prikazuje uzlijetanje strvinara, stvarajući dojam trodimenzionalnosti putanje uzlijetanja jedinke. Osim što prikazuje njegovu poziciju, vidljivo je kako strvinar koristi tople zračne struje za očuvanja energije, što mu omogućuje postizanje veće visine uz manju potrebu horizontalnog kretanja. Još jedan primjer rjeđe korištene metode prikazivanja pokreta je karta označena brojem 7, koja prikazuje prosječan položaj mrava unutar gnijezda.

Prema klasifikaciji tematskih karata, većina analiziranih karata pripada sljedećim kategorijama: po svojstvima objekata su kvalitativne i dinamičke, po metodama istraživanja su elementarnoanalitičke, po oblicima i sredstvima prikaza su karte pokreta, dok se prema

tematskim sadržajima svrstavaju u zoološke karte. Neke od karata su kvantitativne i prikazuju numeričke vrijednosti povezane s meteorološkim uvjetima, kao što su vjetar ili temperatura (karte označene brojevima 2, 5, 11).

Najčešće korištena grafička varijabla, koja je prisutna u gotovo svim analiziranim kartografskim prikazima, je jarkost boje. Korištenje različitih boja omogućuje učinkovito razlikovanje tematskih elemenata karte, pri čemu je svakoj boji obično pridružena određena vrsta ili jedinka. Ako je na kartu potrebno dodati neku varijablu koja ima kvantitativne vrijednosti, poput temperature (karta označena brojem 11) ili vremena (karta označena brojem 10), to je moguće postići različitim tonovima boja.

Mijenjanjem orijentacije strelica, koje su ranije istaknute kao ključna izražajna sredstva na kartama pokreta, prikazuje se smjer kretanja. Takva promjena smjera je od ključne važnosti za pravilno razumijevanje prikazanih informacija. Karte *Navigating by Nature* (karta označena brojem 18) i *Yellowstone Elk Migrations: The Pulse of the Park* (karta označena brojem 19), prema podjeli navedenoj u potpoglavlju 2.3.2., spadaju u distributivne karte pokreta. Grananjem strelica i variranjem njihove veličine može se prikazati koji dio promatrane populacije migrira u kojem smjeru.

Veličina i orijentacija strelice koristi se i na karti *A map of albatross movement* (karta označena brojem 2), gdje je dodan i prikaz vjetrova, čime se svrstava u kontinuirane karte pokreta. Dužina strelice odgovara jačini vjetra, dok orijentacija strelice prikazuje smjer.

Temeljne karte objavljene u publikacijama kao što su knjige i časopisi su pretežno jednobojne, s upotrebom svijetlih nijansi sive, smeđe ili zelene, ovisno o prikazanom teritoriju. Kada je prikazan reljef, najčešće se koristi ublažena metoda sjenčanja, kako ne bi dominirala u odnosu na tematski sadržaj. Sekundarni dijelovi sadržaja temeljne karte prikazani su ovisno o njihovoj važnosti za razumijevanje tematskog sadržaja. Primjerice na karti *A map of elephant movement in east Africa* (karta označena brojem 1) istaknuta je novoizgrađena željeznica, budući da je cilj istraživanja bio analizirati koliko slonovi koriste izgrađene prijelaze za divlje životinje.

Kod web karata i karata koje su izrađene u sklopu znanstvenih istraživanja kao temeljne karte najčešće se koriste postojeće satelitske snimke Zemljine površine (karte označene brojevima 9, 11 i 15). Također, koriste se i jednostavne karte svijeta koje sadrže obrise kontinenata i mora (karte označene brojevima 8, 14 i 16).

Analizom pronađenih karata uočeni su postojeći trendovi pri izradi karata kretanja životinja, čime je teorijska osnova opisana u prethodnom poglavlju dodatno razjašnjena i potvrđena kroz praktične primjere. Na temelju te analize, izdvojene su smjernice koje su korištene za izradu karte pokreta u praktičnom dijelu ovog rada (vidi poglavlje 4). Navedene smjernice pružaju okvir za razvoj karata pokreta životinja uzimajući u obzir različite aspekte dizajna, funkcionalnosti i estetskih komponenata:

- Definicija ciljeva i svrhe
  - Temeljni cilj karata s prikazom kretanja životinja je stvaranje jasne i precizne vizualizacije pokreta, s naglaskom na njegove različite dimenzije i aspekte.
  - Svrha izrade karata pokreta je pružanje podrške pri znanstvenom radu u očuvanju i istraživanju životinjskih vrsta, kao i informiranje i educiranje šire javnosti o različitim životinjskim vrstama.
- Prikupljanje i obrada podataka
  - Za izvore podataka koriste se podaci dobiveni različitim metodama praćenja životinja (GPS, radio praćenje, *Argos Doppler*), pri čemu je važno provjeriti dostupnost, točnost i pouzdanost podataka.
  - Prikupljene podatke potrebno je prilagoditi specifičnom kartografskom prikazu, što obuhvaća filtriranje i agregaciju informacija.
- Oblikovanje karte i vizualizacija podataka o kretanju životinja
  - Prilikom izrade karte potrebno je odabrati odgovarajuću vrstu karte – statičnu ili dinamičnu. Prilikom odluke, treba uzeti u obzir strukturu dostupnih podataka, dostupne alate za obradu podataka, ali i cilj kartografskog prikaza. Statične karte često imaju više detalja i veću interaktivnosti, dok dinamične karte mogu prikazivati animacije kretanja u vremenu.
  - Potrebno je odrediti stupanj interaktivnosti na karti, odnosno omogućiti korisniku da odabere koje aspekte želi istražiti. To može uključivati odabir specifične jedinice, vremenski period, različite temeljne karte, te mogućnost filtriranja i pretraživanja podataka.
  - Prilikom oblikovanja karte, važno je razmotriti korištenje grafičkih varijabli koje omogućuju prikaz raznolikih kvalitativnih i kvantitativnih podataka. Na primjer, variranjem jarkosti boje mogu se prikazati različite vrste, a variranjem tona boje

moгу se prikazati kvantitativna svojstva poput brzine ili temperature. Također se mijenja i orijentacija strelica radi iskazivanja smjera kretanja.

- Estetika i funkcionalnost
  - Estetski i funkcionalni zahtjevi karata pokreta variraju ovisno o svrsi i mediju objavljivanja. Karate u knjigama i časopisima obično naglašavaju vizualnu privlačnost i grafički dizajn, dok su za web i znanstvene karate ključni jasnoća i funkcionalnost prikaza.
  - Temeljne karte za kartografske prikaze u knjigama i časopisima obično su detaljnije, sadrže raznolike nijanse boja i sjenčani reljef. Nasuprot tome, za web karte i karte u znanstvenim radovima koriste se jednostavne temeljne karte ili satelitske snimke područja obuhvata, koje osiguravaju bolju čitljivost i fokus na tematski sadržaj.
- Tehnički aspekti
  - Za izradu karata potrebno je koristiti odgovarajuće softvere koji omogućuju sve potrebne funkcionalnosti za izradu odgovarajućeg prikaza. U slučaju web karata važna je mogućnost implementiranja svih značajki, uključujući interaktivnost i dinamičnost prikaza.
  - Kvaliteta prikaza mora biti osigurana na svim uređajima i preglednicima. Također, potrebno je provjeriti da su svi sadržajni elementi karte pravilno prikazani i da interaktivne komponente rade ispravno.
- Evaluacija i testiranje
  - Potrebno je provjeriti funkcionalnosti karte, uključujući interaktivne elemente i dinamične prikaze.
  - Potrebno je prikupiti povratne informacije korisnika karte, kako bi se identificirali problemi i otkrile prilike za poboljšanje.
- Održavanje i ažuriranje
  - Kod web karata važno je redovito ažurirati podatke kako bi se osigurala točnost i relevantnost karte.
  - Također je potrebno osigurati da se karta održava u skladu s tehnološkim standardima i sigurnosnim smjernicama, da se osigura buduća mogućnost korištenja i pregledavanja karte.

## 4. MATERIJALI I METODE

U ovom poglavlju opisani su podaci korišteni za izradu karte pokreta u okviru praktičnog dijela rada. Također, opisani su alati i softveri korišteni za obradu prostornih podataka, te je predstavljena metoda izrade karte pokreta.

### 4.1 Izvori podataka

Podaci korišteni za izradu ovog kartografskog prikaza se mogu podijeliti u tri skupine: prostorni podaci, tekstualni sadržaj i fotografije. Pri odabiru podataka važno je osigurati da su podaci otvoreni, strukturirani i u formatima kompatibilnim s korištenim softverima. Također je važno da su položajno i sadržajno točni, ažurni i kvalitetni.

#### 4.1.1 Prostorni podaci

Svi podaci korišteni za izradu temeljne karte preuzeti su s platforme *Natural Earth* (URL 29), koja pruža besplatne rasterske i vektorske formate u javnoj domeni. Razlog njezina odabira je što nudi već obrađene vektorske i rasterske podatke za opće kartografske slojeve i reljef, koji su generalizirani i prilagođeni za različita mjerila. Za prikaz Zemljine površine odabran je raster *Natural Earth 1* sa sjenčanim reljefom, koji sadrži podatke o zemljišnom pokrovu dobivenom pomoću podataka iz satelitskih snimki. Raster je odabran jer ima svijetlu i prirodnu paletu boja, koja je bez previše daljnje obrade prikladna za izradu tematskih karata. Također, prednost ovog rastera je što ima već preklapljen sjenčani reljef, time pojednostavljujući proces izrade temeljne karte. Od vektorskih podataka, preuzeti su slojevi s državnim granicama, rijekama, obalnim linijama, jezerima, batimetrijom i gradovima. Podaci s portala *NaturalEarth* preuzeti su u mjerilu 1:10 000 000, što je približno mjerilu određenom za kartu u ovom radu, stoga nije potrebno dodatno generalizirati sve slojeve. Podaci su preuzeti u formatu ESRI *shapefile*, u koordinatnom sustavu WGS84.

Prostorni podaci korišteni za prikaz kretanja preuzeti su s platforme *Movebank* (URL 6). Korisnici *Movebanka* zadržavaju vlasništvo nad svojim podacima, te imaju mogućnost odabira žele li svoje podatke učiniti dostupnima javnosti. Platforma potiče korisnike na suradnju i ponovno korištenje podataka. *Movebank* omogućuje pretraživanje podataka korištenih u studijama i istraživanjima pomoću ključnih riječi, uz mogućnost filtriranja onih studija čiji su podaci otvoreni te dostupni za preuzimanje i daljnju upotrebu.



Od svih pronađenih repozitorija podataka praćenja životinja, platforma *Movebank* je odabrana jer sadržava opsežnu bazu podataka i detaljnu dokumentaciju koja omogućuje bolje razumijevanje podataka i kontrolu njihove kvalitete. Svi podaci su otvoreni i strukturirani tako da ih je moguće preuzeti u formatima koje podržava većina suvremenih softvera za obradu prostornih podataka. Također, dostupni su uz jasno definirane licence i uvjete korištenja.

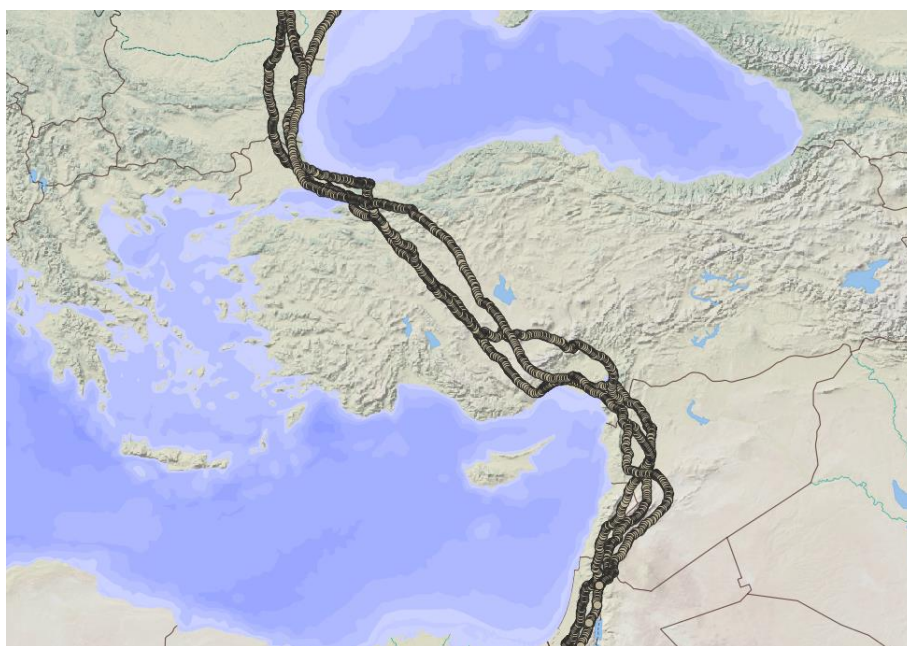
Odabran je skup podataka iz studije *LifeTrack White Stork Moscow*, opisan u znanstvenom radu *Costs of migratory decisions: A comparison across eight white stork populations*, autora Flack i dr., 2016. Prezeti su podaci za jedinku bijele rode (lat. *Ciconia Ciconia*), oznake DER AR445 (3099), u formatu .shp za razdoblje od 22. srpnja 2013. do 1. srpnja 2014. Odabrani skup podataka koristi licenciju *Creative Commons Attribution (CC BY)*. Taj skup podataka je odabran zbog oblika i dometa putanje, koji se prostire od Sjevera Europe do Juga Afrike, te uz relativno kratak domet putovanja u smjeru istoka i zapada, daje priliku za stvaranje kartografskog prikaza neuobičajenih dimenzija. Vertikalnost ovog kretanja automatski usmjerava pažnju korisnika karte u smjeru migracije, te se uz kretanje razvija i priča o odabranoj temi.

Za praćenje kretanja jedinki korišteni su solarni GSM-GPS-ACC uređaji (Flack i dr., 2016). Transmileri su pričvršćeni za jedinke koristeći teflon-najlonsko remenje, ukupne mase 66 grama. Snimane su GPS lokacije i 3D ubrzavanje tijela u periodu od 4:00 do 22:00 po lokalnom vremenu, odnosno u vrijeme dana kad su rode aktivne. GPS lokacije su mjerene svakih 5 minuta te imaju pozicijsku točnost od  $\pm 3.6$  m (Flack i dr., 2016). U slučaju pražnjenja baterije ili loše pokrivenosti satelitima, vrijednosti su interpolirane koristeći linearnu aproksimaciju. Podaci su pohranjivani na uređaj, a zatim preuzeti ultra visoko frekventnom radio vezom s udaljenosti od približno 300 m. Vidljivo je da su podaci izrazito detaljni s visokom položajnom točnošću, mnogo zabilježenih lokacija, kao i atributa za svaku lokaciju, što u kombinaciji s izrađenom temeljnom kartom omogućuje stvaranje točnog i kontekstualiziranog prikaza migracije bijele rode u širem geografskom okviru.

Datoteka preuzeta s platforme *Movebank* sadrži dva .shp sloja, od kojih jedan sadrži točke, a drugi linije. Sloj s linijama sadrži spojene točke kretanja, međutim kako linije nisu ispravno spojene, ovaj sloj nije korišten u diplomskom radu. U atributnoj tablici sloja s točkastim objektima nalaze se slijedeći podaci:

- Vrijeme i datum bilježenja podataka
- Koordinate u koordinatnom sustavu WGS84 (geografska širina i dužina)
- Podaci o bateriji
- Horizontalna točnost
- Brzina
- Točnost brzine
- Temperatura
- Visina
- Vrsta senzora (GPS).

Iz sloja s točkastim podacima izdvojeni su podaci za razdoblje od 22. srpnja 2013. do 1. veljače 2014., obuhvaćajući migraciju u samo jednom smjeru. Podaci o povratku, prikazani na slici 4.1, isključeni su kako bi se izbjeglo presijecanje podataka i pojednostavio prikaz smjera migracije.



Slika 4.1: Podaci o lokacijama promatrane jedinke učitani u softver QGIS

#### 4.1.2 Tekstualni sadržaj

Tekstualni sadržaj karte uključuje opis putanje migracije i interakcije promatrane jedinke s okolišem, kao i općenite informacije o vrsti bijela roda. Informacije o rodama preuzete su iz radova i članka objavljenih na internetu, koje su pružile različite organizacije za zaštitu i praćenje životinja. Općenite informacije o vrsti prikupljene su iz rada *Ciconia ciconia. The*

*IUCN Red List of Threatened Species 2016* (BirdLife International, 2016) i članka *Ciconia Ciconia, European White Stork* (Dewey, T, 2006). Tekst na karti pisan je u informativnom obliku i namijenjen je širokoj publici, stoga nije pisan akademskim izričajem. Korišten je narativni stil, kako bi se učinkovitije i zanimljivije prenijela priča prikazana na karti.

Dodavanje teksta na karti omogućuje integraciju kartografskih i bioloških saznanja, pružajući korisnicima uvid u biološke razloge koji stoje iza odabira rute od strane promatrane jedinke. Na primjer, rode tijekom migracije izbjegavaju prelaženje preko velikih vodenih površina zbog nedostatka izraženog strujanja toplog zraka (BirdLife International, 2016), koji im je potreban za štednju energije prilikom leta. Na karti je ova pojava vidljiva na prijelazu preko Bospora i nastavljanju dužeg puta uz obalu, kako bi se izbjegao let preko Sredozemnog mora.

### 4.1.3 Fotografije

Dio tematskog sadržaja karte uključuje različite fotografije roda, koje su preuzete sa stranice *Wikimedia Commons* (URL 30), repozitorija medijskih datoteka koje su u javnoj domeni ili imaju otvorene licence. Fotografije su odabrane s namjerom da sadržajno odgovaraju tekstualnim informacijama i dijelu migracije rode uz koji će biti smještene. Također je važno da slike nisu međusobno suviše slične, da bi se bolje dočarao izgled promatrane vrste, ali i izbjeglo ponavljanje kartografskih elemenata. Sve slike su preuzete u JPEG formatu, a zatim su pretvorene PNG format s transparentnom pozadinom koristeći se otvorenim softverom za obradu rasterskih podataka GIMP. Pri preuzimanju slika, odabrana je najveća dostupna rezolucija kako bi se osigurala zadovoljavajuća kvaliteta prilikom tiskanja i prikazivanja na većim zaslonima.

## 4.2 Tehnologije i alati

Za potrebe stvaranja kartografskog prikaza u ovom radu korišteno je nekoliko različitih softvera i alata za obradu podataka. Odabir ovih alata temelji se na njihovoj funkcionalnosti, dostupnosti, kompatibilnosti s korištenim podacima te specifičnim potrebama istraživanja.

QGIS (URL 31) je softver za rukovanje s prostornim podacima. To je besplatan softver otvorenog koda, koji korisnicima nudi mogućnosti pregledavanja, uređivanja i analiziranja geoprostornih informacija. QGIS podržava rasterske, vektorske, mrežne formate te oblake točaka. Vektorski podaci se pohranjuju u slojeve koji mogu sadržavati točkaste, linijske ili

poligonske tipove objekata. Vrste datoteka koje QGIS podržava su: *shapefile*, *dxf*, *PostGIS* i drugi standardni formati. QGIS također uključuje biblioteke za konverziju projekcija GDAL i proj.

Omogućuje obradu georeferenciranih podataka dobivenih opažanjem, uključujući reprojiciranje, što je neophodan korak za izradu kartografskog prikaza. Također, QGIS nudi jednostavnu vizualizaciju vektorskih podataka, uz mnogo načina za prilagođavanje potrebama korisnika. Značajka QGIS-a posebno korisna u kartografiji je *Print Composer*, alat koji omogućuje pripremu podataka za izvoz. *Print Composer* omogućuje dodavanje tekstualnih oznaka, slika, atributnih tablica, mjerila i drugih elemenata. Dobiveni prikaz može se izvesti u više formata (npr. PDF, SVG, PNG), što je korisno za daljnje uređivanje podataka u drugim softverima.

*Inkscape* (URL 31) je besplatan softver otvorenog koda koji je namijenjen za uređivanje vektorske grafike. *Inkscape* nudi različite mnoge mogućnosti uređivanja objekata koje su korisne u kartografiji, uključujući transformacije objekata, grupiranje, uređivanje puteva, dodavanje filtera, uređivanje teksta i druge. Glavni format koji koristi je SVG (*Scalable Vector Graphics*), ali također može uvoziti i izvoziti različite formate datoteka, uključujući PDF, AI i PNG.

GIMP (*GNU Image Manipulation Program*) (URL 32) je besplatan softver otvorenog koda za računalnu rastersku grafiku. Softver omogućuje korisniku razne načine manipulacije rasterskim podacima, kao što su uređivanje svojstava boja, korištenje različitih alata odabira, organizaciju sadržaja po slojevima i dodavanje filtera. Podržava formate BMP, JPEG, PNG, GIF, TIFF i druge.

Navedeni alati su besplatni i otvorenog koda, što omogućuje pristup raznovrsnim funkcionalnostima bez dodatnih troškova. Također, odabrani alati su kompatibilni, te zajedno pružaju sve mogućnosti potrebne za stvaranje kvalitetnog kartografskog prikaza. QGIS obuhvaća sve mogućnosti potrebne za prostornu analizu i vizualizaciju podataka, dok *Inkscape* i GIMP omogućuju daljnju obradu vektorske i rasterske grafike, osiguravajući visoku kvalitetu finalnog kartografskog prikaza. Odabrani alati su također interoperabilni, dakle podaci analizirani u QGIS-u mogu se izvoziti u formatima koji su podržani u *Inkscapeu* i GIMP-u, što omogućuje jednostavniji tijek rada.

U ovom istraživanju, QGIS će se koristiti za inicijalnu obradu i analizu prostorno-vremenskih podataka preuzetih s platforme *Movebank*. Obrada podataka u QGIS-u obuhvaća reprojiciranje, generalizaciju te osnovno uređivanje prikaza podataka. *Inkscape* će se koristiti za finu grafičku obradu kartografskih elemenata, što uključuje dodavanje simbolike, tumača znakova, uređivanje tekstualnog sadržaja i drugih vektorskih elemenata koji zahtijevaju preciznije uređivanje. GIMP će se koristiti za uređivanje rasterskih elemenata, što uključuje fotografije koje se dodaju kao dio tematskog sadržaja, ali i za prilagodbu boja i kontrasta kako bi se osigurala vizualna koherentnost konačnog prikaza.

### 4.3 Plan izrade karte pokreta

#### 1. Stupanj pripreme podataka

- Prikupljanje prostornih podataka za izradu putanje kretanja
- Prikupljanje prostornih podataka za izradu temeljne karte
- Prikupljanje podataka o vrsti jedinice čije se kretanje prati
- Prikupljanje različitih fotografija prikazane vrste

#### 2. Stupanj izrada karte pokreta

- Određivanje matematičke osnove karte
- Prilagođavanje prikupljenih prostornih podataka (reprojiciranje, izrezivanje, generalizacija)
- Estetsko oblikovanje elemenata karte, smještaj tematskog sadržaja
- Priprema za ispis

#### 3. Stupanj uporabe karte pokreta

- Kontrola kvalitete izrađene karte pokreta
- Testiranje karte među korisnicima

## 5. IZRADA KARTE MIGRACIJE RODE

Koraci u izradi karte uključuju određivanje matematičke osnove i formata, izradu temeljne karte i oblikovanje tematskog sadržaja. Važno je napomenuti da je izrada karte iterativan proces, te da u procesu izrade dolazi do ponavljanja prethodnih koraka kako bi se svi elementi karte uskladili. Tijekom cijelog procesa, ključni element na temelju kojeg se usklađuju svi ostali elementi je linija koja prikazuje kretanje praćene jedinke. Nakon uređivanja u QGIS-u, dobiveni vektorski sadržaj je izvezen u PDF format i zatim uvezen u *Inkscape*, u kojem je proveden glavni dio vizualnog oblikovanja karte.

### 5.1 Matematička osnova i format karte

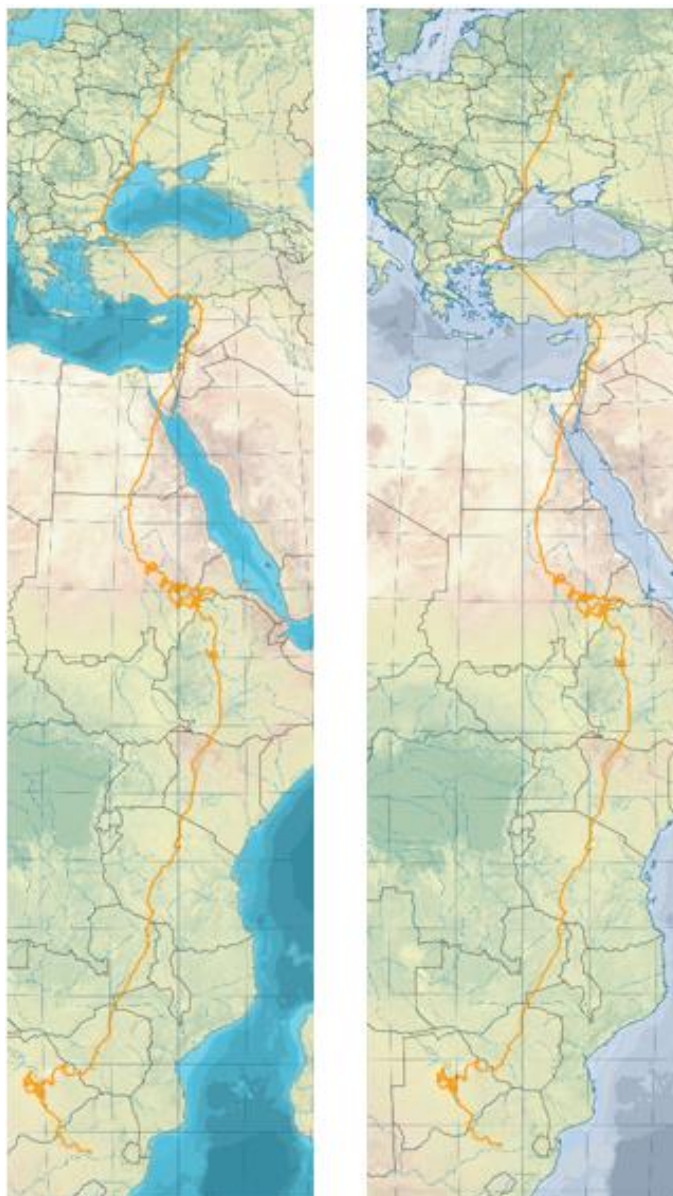
Određivanje matematičke osnove karte uključuje odabir kartografske projekcije, mjerila, oblikovanje kartografske mreže i kompoziciju karte (Viličić i dr., 2022). S obzirom na prostorni razmještaj odabranih podataka, područje obuhvata karte prostire se od 20°E do 40°E u smjeru zapad-istok i 60°N do 30°S u smjeru sjever-jug.

Izbor projekcije za izradu karata sitnih mjerila ovisi o više faktora, koje možemo podijeliti u dvije glavne grupe (Frančula, 2004):

- a) Položaj teritorija koji se prikazuje i njegove geometrijske karakteristike
- b) Vrsta i namjena karte

Područje prikazano na karti je izrazito izduženo u smjeru sjever-jug, te prikazuje istočni dio Europe i Afrike. U literaturi postoje brojne preporuke i vodiči za odabir kartografske projekcije, a s obzirom na položaj teritorija koji se prikazuje i vrstu karte, odabrana je azimutalna ekvidistantna projekcija. Ova se projekcija preporučuje za izradu karata pokreta, jer omogućuje točan prikaz smjera i udaljenosti od središta do bilo koje druge točke (Slocum, 2009).

Na izbor središnjeg meridijana utjecao je oblik putanje, pri čemu su razmatrane dvije opcije, koje su prikazane na slici 5.1. U prvoj verziji središnji meridijan je odabran tako da prati najduži dio putanje kretanja, dok je u drugoj verziji izračunat kao srednja vrijednost njenih najekstremnijih točaka na istoku i zapadu.



*Slika 5.1: Razmatrane projekcije s različitim središnjim meridijanima (lijevo: 35°E, desno: 30°E)*

U konačnici je odabrana druga opcija, u kojoj je središnji meridijan određen prema ekstremima, jer pruža skladniji prikaz. Ta je opcija odabrana prvenstveno zbog manjeg odstupanja kod najistočnijih točaka, što rezultira uravnoteženijim kartografskim prikazom. Kako je najduži dio prikazanog putovanja smješten istočno od središnjeg meridijana, odnosno na desnom dijelu kartografskog prikaza, lijeva strana ostavlja prostor za dodavanje tekstualnog sadržaja i fotografija, čime se postiže vizualna ravnoteža sadržaja na karti. Vrijednost središnjeg meridijan je 30°E, a standardne paralele 15°N.

Nakon odabira kartografske projekcije, preuzeti podaci su reprojicirani koristeći QGIS. U izborniku *Settings > Custom projections* su definirani parametri projekcije, koristeći PROJ biblioteku: `+proj=aeqd +lon_0=30 +lat_0=15 +datum=WGS84 +units=m +no_defs`. Tako definirana projekcija je postavljena kao projekcija ovog projekta, koristeći izbornik *Project Properties > CRS*.

Zatim je definirano mjerilo karte, uvjetovano veličinom papira, pri čemu je širina karte postavljena na 297 mm, što odgovara duljoj stranici položenog A4 formata. Na temelju toga je određeno mjerilo karte, tako da obuhvati prostor nešto veći od same rute kretanja, te iznosi 1:9 000 000. Dužina karte je prilagođena ovom mjerilu te iznosi 1250 mm.

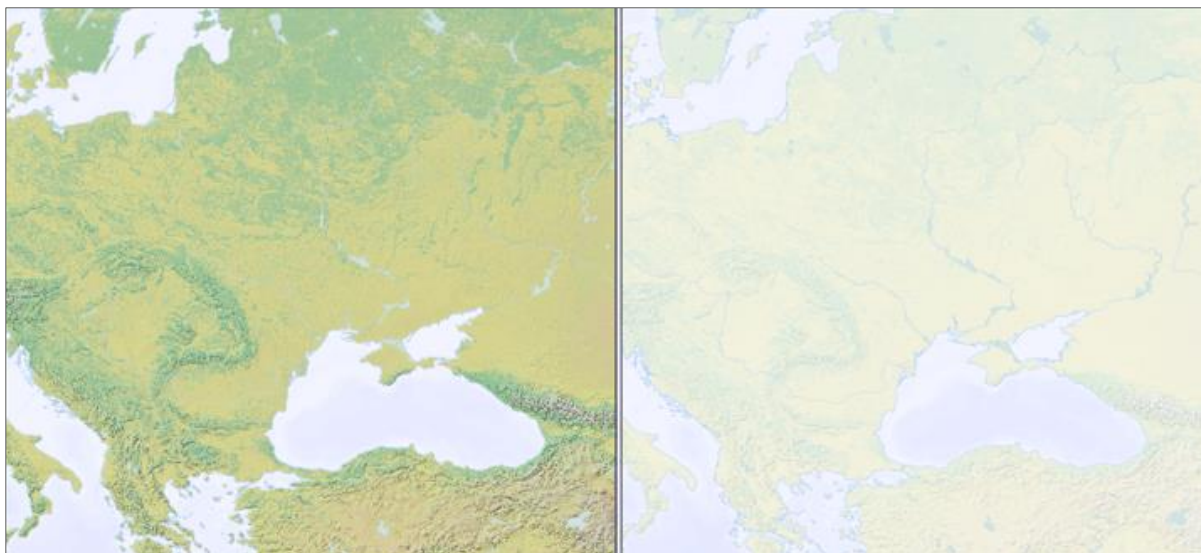
Zadane dimenzije i mjerilo karte postavljeni su i pohranjeni u zasebnom *Layoutu*, koristeći *Print Composer* QGIS-a. Pomoću tog *Layouta* se vrši izvoz u svim dalje opisanim koracima, radi očuvanja iste pozicije i mjerila kartografskog sadržaja. Radi jednostavnijeg i preglednijeg rada ostavljene su margine, tako da je širina *Layouta* postavljena na 340 mm.

## 5.2 Temeljna karta

Na temeljnim kartama razlikujemo primarne i sekundarne dijelove opće geografskog sadržaja, gdje se oblik reljefa Zemlje i voda smatraju primarnim dijelovima, a ostali su općenito sekundarni (Lovrić, 1988).

Podaci su reprojicirani u zadanu projekciju i izrezani na područje obuhvata karte. Boje i sjene na karti reljefa preuzetoj sa stranice *Natural Earth Data* su previše izražene, što bi moglo odvratiti pažnju korisnika od tematskog sadržaja. Zbog toga su ublažene i posvijetljene, kako bi se postigla ravnoteža između estetskog izgleda i funkcionalisti. Taj učinak je postignut u softveru *Inkscape*, dodavanjem bijelog pravokutnika preko sloja koji sadrži reljef. Na pravokutniku je vrijednost alfa kanala postavljena na 70% čime je postignuta prozirnost koja ublažuje boje, a način stapanja je postavljen na „Posvijetljena boja“, što dodatno smanjuje jarkost boje i utjecaj sjena reljefa (Slika 5.2).





*Slika 5.2: Isječak reljefa preuzetih podataka (lijevo) i nakon obrade u softveru Inkscape (desno)*

Za preuzete batimetrijske slojeve, svakoj dubini je pridružena odgovarajuća boja na temelju skale koja je proporcionalna s dubinom koju taj sloj predstavlja. Budući da nijanse boja u QGIS-u nisu bile zadovoljavajuće, batimetrijski slojevi su izvezeni u PNG formatu, a zatim dodatno uređeni u softveru GIMP, čime je postignuta uravnoteženija i manje zasićena paleta boja. Rezultati uređivanja prikazani su na slici 5.3.



Slika 5.3: Isječak batimetrije nakon uređivanja

Iz vektorskog sloja koji sadrži podatke o rijekama, izdvojene su rijeke duže od 1000 km. Ova granica je postavljena kako bi se postigla optimalna količina sadržaja za temeljnoj karti, omogućujući jasno prikazivanje dovoljnog broja elemenata za razumijevanje geografije područja, a da pritom ne dođe do preopterećenja karte sadržajem. Za izdvajanje rijeka s tim svojstvom, potrebno je koristiti *Field Calculator* QGIS-a za sloj s rijekama, te kreirati novo polje decimalnog tipa s dužinama, koje se računaju pomoću izraza ' $\$length$ '. Nakon toga je potrebno u atributnoj tablici sloja, pomoću alata *Select Features Using an Expression* odabrati objekte za koje vrijedi izraz: ' $"duzina" > 1000000$ '.

Za vektorske slojeve koji sadrže obalne linije postavljena je debljina od 0,17 mm, tamnije plave boje. Rijeke su prikazane debljinom od 0,25 mm, uz dodanu prozirnost kojom se postiže prirodnije uklapanje u ostatak sadržaja karte. Na karti su istaknuta imena nekih prirodnih elemenata koje se nalaze u blizini putanje rode ili utječu na njenu putanju, poput imena rijeka, pustinja i mora.

Od sekundarnih elemenata temeljne karte, dodane su granice država i gradovi s više od 10 000 000 stanovnika. Administrativne granice država nalaze se u poligonskom sloju, te ih je

nakon reprojiciranja i rezanja na okvir karte potrebno pretvoriti u linijski sloj koristeći se naredbom *Polygons to lines*. Smeđom bojom su prikazane priznate kopnene granice, a tankom crnom isprekidanom linijom su prikazane sporne granice i nepriznati teritoriji. Također, granice koje prate rijeke ili prelaze kroz jezera su prikazane isprekidanom linijom, kao što je vidljivo na slici 5.4. Koristeći opciju *Layer Properties > Fields* u QGIS-u, stvoreno je novo polje naziva 'granice', kojemu je tip podatka postavljen na *Integer*. Za sve granice je dodana vrijednost 0, a zatim se odabiru one granice koje sadrže obalnu liniju, koje idu uz rijeke te granice nepriznatih teritorija. Svakom tipu granice je dodan određeni proizvoljni broj koji se koristi kao identifikator, a zatim se koristeći *Layer Properties > Symbology > Rule based* postavi način prikaza prema određenoj vrsti granice. U programu *Inkscape* zadržano je oblikovanje vrsta linija iz QGIS-u, uz prilagodbu širina linija. Linije koje predstavljaju priznate državne granice su prikazane debljinom 0,3 mm, s vrijednosti alfa kanala postavljenom na 40 %. Ostale linije su prikazane tankom crnom isprekidanom linijom.

Izostavljeni su nazivi država kroz koje ne prolazi linija kretanja, radi smanjena količine tekstualnih podataka. Prikazani gradovi su označeni narančastim kvadratom veličine 3,5 mm s crvenim obrubom debljine 0,3 mm.



Slika 5.4: Isječak temeljne karte s prikazom linijom kretanja promatrane jedinice bijele rode

### 5.3 Oblikovanje tematskog sadržaja

Najvažniji element tematskog sadržaja na izrađenoj karti je linija koja predstavlja kretanje bijele rode. Količina podatka dobivena snimanjem svake pete minute je prevelika za potrebe izrade ove karte, stoga su podaci grupirani prema satu snimanja. Pomoću naredbe *Mean coordinates* u QGIS-u, izračunata je srednja lokacija za svaki sat putovanja, što je smanjilo konačan broj korištenih podataka na 43 013. Dobivene točke su spojene u liniju koristeći naredbu *Processing Toolbox > Vector creation > Points to path*, gdje se odabere sloj u kojem su tražene točke i kriterij po kojem se spajaju. U ovom slučaju taj kriterij je vrijeme opažanja. Tako dobivena linija je reprojicirana u azimutalnu ekvidistantnu projekciju.

Da bi dobivena linija imala bolji estetski dojam na karti, potrebno ju je dalje generalizirati i zagladiti. Dobivena staza se pojednostavljuje koristeći alat *Simplify*. Odabran je Douglas-Peucker algoritam za pojednostavljivanje, s pragom tolerancije postavljenim na 5 000. Na slici 5.5 prikazana je linija nakon spajanja točaka (zelena), te linija nakon provedenog pojednostavljivanja (ružičasta).



*Slika 5.5: Isječak linije s prikazom kretanja bijele rode prije (zelena) i nakon provedenog pojednostavljivanja (ružičasta)*

Nakon pojednostavljivanja, linija je zaglađena koristeći alat *Vector Geometry > Smooth*, gdje je broj iteracija postavljen na 10. Na slici 5.6 prikazan je izgled linije nakon zaglađivanja (smeđa), u usporedbi s linijom nakon pojednostavljivanja (ružičasta).



*Slika 5.6: Isječak linije s prikazom kretanja bijele rode prije (smeđa) u usporedbi s linijom nakon pojednostavljivanja (ružičasta)*

Nakon toga, linija je izvezena u PDF format i uvezena u softver *Inkscape*. U dokumentu u kojem se uređuje kartografski prikaz, dodane su horizontalne linije vodilje koje predstavljaju

granice dijelova za prikaz, što olakšava raspoređivanje tematskog sadržaja. Za liniju koja prikazuje kretanje odabrana je jarka boja i debljina od 1 mm, kako bi se jasno isticala u odnosu na sadržaj temeljne karte. Strelice koje označavaju smjer kretanja jedinke prikazane su za bolju orijentaciju, ravnomjerno su raspoređene, tako da odgovaraju vertikalnim segmentima karte, što olakšava preglednost prilikom pomicanja sadržaja. Također, strelice su postavljane na desnu ili lijevu stranu linije kretanja, ovisno o ostalom tematskom sadržaju, reljefnim obilježjima ili administrativnim granicama u njihovoj blizini (Slika 5.7).



*Slika 5.7: Isječak karte s prikazanim linijama vodiljama i strelicama*

Dodatni sadržaj na karti postavljen je tako da slijedi horizontalne vodilje, kako bi se postigla vizualna harmonija. Osim općih informacija o rodama, karta je popraćena i tekstom koji objašnjava prikazanu migraciju. Pri raspoređivanju sadržaja prednost je dana tekstu koji opisuje prikazanu migraciju, jer je ključno da korisnik može prati lako prostor i događaje povezane s kretanjem praćene jedinke.

Također, posebna pažnja posvećena je tome da opće činjenice o rodama budu usklađene s događajima migracije i smisleno povezane s geografskim položajem na karti. Primjerice, tekst o ishrani i staništima smješten je pored doline rijeke Nila, čije bogatstvo hrane utječe na

migracijsku putanju roda. Tekst o rasprostranjenosti roda nalazi se na područje Istočne Europe, gdje su rode najgušće naseljene.

Tekstovi koji sadrže zanimljive činjenice, a odnose se općenito na cijelu vrstu, dodavani su na kartu sa svrhom postizanja vizualne ravnoteže, nakon što su dodane fotografije. Za tekst na karti korišten je font Libre Franklin. Najvažniji kriterij pri odabiru fonta za tekst na karti je da bude bez serifa (engl. *sans-serif*), što poboljšava čitljivost slova, a također je i važno da sadrži dijakritičke znakove te da je otvorenog tipa, odnosno besplatan za korištenje. Radi bolje vidljivosti teksta u odnosu na temeljnu kartu, dodan je široki bijeli obrub.

Nakon preuzimanja, fotografije su obrađene u softveru GIMP kako bi se uklonila pozadina. Fotografije su raspoređene prvenstveno s ciljem vizualnog uravnoteženja kompozicije, kako bi se postigla ravnoteža sadržaja duž cijele dužine prikaza. Uz neke fotografije, dodane su i dimenzije raspona krila i visina ptice, koje pomažu korisnicima karte pri vizualizaciji vrste o kojoj se govori u kartografskom prikazu.

Iako je harmoničnost kompozicije bila prioritet pri smještaju fotografija, težilo se i tome da tematski sadržaj bude usklađen s geografskim i društvenim obilježjima. Kako u Europi postoji mnogo država s relativno malim površinama, fotografija je stavljena preko sadržaja temeljne karte (Slika 5.8), prelazeći državne granice. Kako bi se postigla suptilnija integracija fotografija u kartografski prikaz, oko njih je dodan je bijeli obrub.



*Slika 5.8: Isječak karte koji prikazuje primjer rasporeda tematskog sadržaja preko sadržaja temeljne karte*

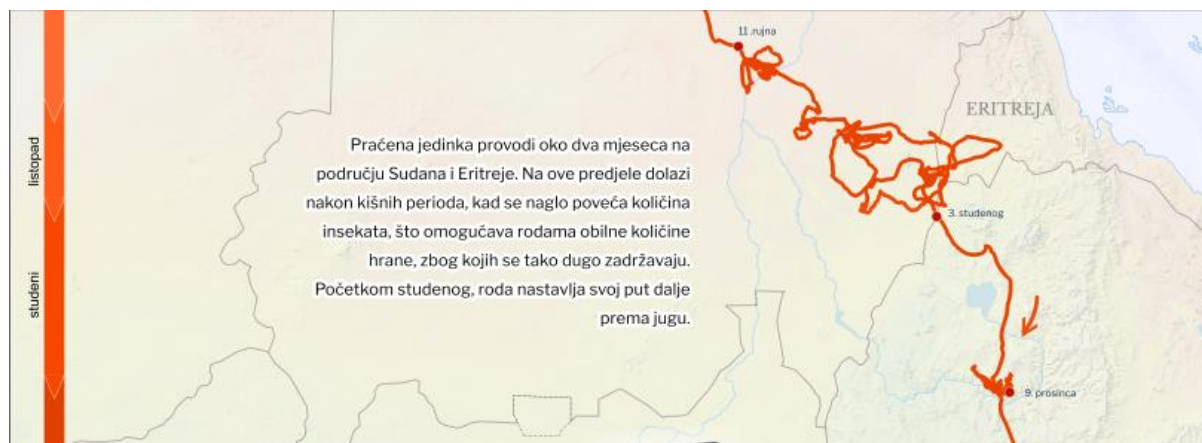
U slučajevima u kojima je bilo moguće, tekst i fotografije su postavljeni tako da prate liniju pokreta, te se uklope u vodene površine i državne granice, kao u isječku prikazanom na slici 5.9. Za tekstualne okvire su korištene različite veličine fonta, kao i različita poravnanja, da bi se stvorio dinamičniji prikaz te da bi se tekst bolje uklopio u ostatak sadržaja karte.





Slika 5.9: Isječak karte s primjerom rasporeda tematskog sadržaja u skladu sa sadržajem temeljne karte

S lijeve strane se proteže lenta vremena, od sjevera prema jugu. Pravokutnici različitih boja predstavljaju različite mjesece, tako da duljina pravokutnika odgovara putu koji je roda prešla za vrijeme tog mjeseca. Lenta pomaže vizualizirati vremensku komponentu migracije, te učinkovito ilustrira ekstreme u brzini putovanja: jasno je vidljivo brzo putovanje u kolovozu i prosincu, kao i dugotrajno zadržavanje na jednoj lokaciji u listopadu i studenom (slika 5.10). Kroz najveći dio putovanja, linija kretanja rode se nalazi na istočnom dijelu karte, tako da vremenska lenta ima i estetsku ulogu dodavanja težine zapadnom dijelu prikaza.



Slika 5.10 :Isječak karte s lentom vremena

Naslov karte je smješten u gornji lijevi dio prikaza, a uz njega je dodan i podnaslov koji imenuje prikazanu vrstu. Za naslov je odabran font *Libre Baskerville*, serifni font iz obitelji Libre, koji se slaže s fontom korištenim za tekst na karti.

Tumač znakova je smješten u donji desni kut prikaza, tako da se popuni jednolik dio karte koji obuhvaća Indijski Ocean. Navedeni su korišteni kartografski znakovi za prikaz tematskog sadržaja i temeljne karte, autor, vrsta rada i institucija u sklopu koje je rad izrađen. Također, navedeni su izvori prostornih podataka i korištenih fotografija, uz pripadajuće licence, kao i licenca za ovaj kartografski prikaz. Prikaz je objavljen pod licencom *Creative Commons Attribution-ShareAlike* (URL 34), što omogućuje neograničeno korištenje, obradu i distribuciju podataka, uz obavezno navođenje izvora originalnog skupa i uvjet da se novonastalo djelo dijeli pod istim uvjetima kao i originalni skup podataka.

## 6. REZULTAT I RASPRAVA

Konačan rezultat ovog diplomskog rada je tematska karta koja prikazuje sezonsku migraciju bijele rode, uz popratni tekstualni sadržaj i grafičke elemente koji detaljnije objašnjavaju prirodnu pojavu migracija, osobine roda i njihovu interakciju s okolišem. Karta je izrađena u mjerilu 1:9 000 000 u azimutalnoj ekvidistantnoj projekciji te je otisnuta na papir dimenzija 297 x 1200 mm i priložena ovom diplomskom radu (vidi Prilog 1). Dodatno, karta je prilagođena za prikaz na web-u i objavljena na serveru Geodetskog fakulteta (URL 35).

Karta je oblikovana s namjenom da bude razumljiva široj publici i ima edukativni karakter. Najistaknutiji element karte je linija koja predstavlja putanju kretanja rode, zabilježenu GPS uređajem. Da bi se migracijsko kretanje stavilo u prostorni kontekst, na karti su prikazani osnovni prirodni elementi, odnosno reljef i vodene površine, kao i relevantni društveno-geografski elementi, državne granice i veliki gradovi. Kako je kod proučavanja migracija od ključne važnosti razumijevanje i vremenske komponente kretanja, ona je prikazana korištenjem vremenske lente, koja linearno prati kretanje rode, te oznaka na samoj liniji putovanja koje ističu neke značajnije datume.

Karta je namijenjena široj javnosti, što znači da prikaz mora biti razumljiv bez pretpostavljenog predznanja o prikazanoj tematici. Uzimajući to u obzir, dodani su tekstualni okviri koji sadržavaju općenite činjenice o bijelim rodama i njihovim migracijama, ali i tekstovi koji pobliže opisuju konkretnu prikazanu rutu migracije te nude pojednostavljena objašnjenja zaključaka bioloških istraživanja. Korištene su konvencionalne metode oblikovanja kartografskog prikaza, koje prosječnom promatraču omogućuju intuitivno razumijevanje prikazanih informacija.

Uz dodanu kontrolu kvalitete stručnjaka iz biologije i ekologije, prilagođen kartografski prikaz bi se mogao iskoristiti kao pomoć u vizualizaciji bioloških istraživanja sezonskih migracija, jer pruža detaljan pregled kretanja smješten u prostorni kontekst. Zbog pristupačne prezentacije sadržaja, općenitih informacija i strukture koja se može promatrati kao priča, karta bi mogla biti korisna i u edukaciji šire publike, u obliku postera ili kao dio popularno-znanstvenog članka. Upoznavanjem šire zajednice s različitim aspektima života i problemima s kojima se susreću poznate životinjske vrste, podiže se svijest o važnosti njihova očuvanja, što je preduvjet za provođenje inicijativa za zaštitu prirode.

Tijekom izrade karte, jedan od glavnih izazova bio je prikaz dinamične pojave migracije bijele rode na statičnom kartografskom prikazu. Dok je jasan prikaz prostorne komponente migracije relativno jednostavno ostvariti, za potpuno razumijevanje prikazane pojave ključna je i vremenska komponenta. Samim promatranjem putanje kretanja, koja je neprekinuta, korisnik karte intuitivno dobiva predodžbu da je proteklo vrijeme proporcionalno prijašnjoj udaljenosti, što nije slučaj. Kako bi se prikazala vremenska komponenta migracije, u ovom radu korištena je vremenska lenta koja prikazuje mjesec. Duljina svakog simbola, koji predstavlja određeni mjesec, odgovara dužini puta prijašnjeg tijekom tog mjeseca. Ovo rješenje je prihvatljivo i funkcionalno, ali ima svoje nedostatke, naime može prekinuti kontinuitet praćenja kretanja jer zahtjeva od korisnika da istodobno promatra lentu vremena i liniju kretanja. Postoje i druge mogućnosti za prikaz vremenske komponente, poput variranja grafičkih varijabli, primjerice duljine ili tonova boja. Ove metode nisu odabrane u ovom radu zbog estetskih preferencija.

Još jedan izazov pri oblikovanju karte bilo je određivanje rasporeda dodatnih elemenata karte, odnosno popratnih tekstova i fotografija. Tekstovi i fotografije trebali su ne samo sadržajno opisivati dijelove migracije koji se nalaze na karti, već se i skladno uklopiti u temeljne elemente karte kako bi se očuvala vizualna usklađenost. Na pojedinim dijelovima karte je bilo izrazito teško postići oba ova zahtjeva.

Jedan od tehničkih izazova u ovom radu bio je korištenje više različitih softverskih alata za obradu podataka. Budući da je izrada karte iterativan proces, povratak na prethodne korake zahtjeva promjenu formata podataka i njihovo ponovno učitavanje u drugi softver. Taj problem je posebno izražen u radu QGIS-om i *Inkscapeom*. Naime, prilikom prebacivanja podataka u *Inkscape*, koristi se PDF format koji ne čuva prostornu referencu podataka. Ako se naknadno pojavi potreba za dodatnom obradom u QGIS-u, estetsko oblikovanje u *Inkscapeu* mora se ponovno provoditi s ispravljenim podacima.

Još jedno tehničko ograničenje u korištenim softverima je njihova sporost prilikom rada s većom količinom podataka, što je slučaj u ovom radu. Osim sporosti, velik problem u radu s *Inkscapeom* je i nepouzdanost, odnosno često rušenje programa, što može uzrokovati gubitak podataka te onemogućuje glatki tijek rada.

## 7. ZAKLJUČAK

Ovaj diplomski rad istražio je mogućnosti i poteškoće prikazivanja pokreta na tematskim kartama, te je izrađena statična karta migracije bijele rode koristeći podatke prikupljene GPS praćenjem. Provedena je sistematizacija i analiza postojećih karata kretanja životinja, a na temelju uočenih zajedničkih karakteristika tih karata i poznatih kartografskih načela, predložene su smjernice koje mogu poslužiti kao okvir za izradu kartografskih prikaza slične tematike. Korištenjem GIS softvera i softvera za grafičko oblikovanje otvorenog koda, QGIS-a, *Inkscapea* i *GIMP-a*, kao i otvorenih podataka praćenja životinja, uspješno su postignuti svi definirani ciljevi i zadaci.

Jedna od posebnosti izrađene karte pokreta je njezin format. Karta je izrađena u omjeru približno 1:4, te je namijenjena promatranju u segmentima, što je čini prikladnom za prikazivanje na skrolabilnoj web stranici. Segmenti prate migracijsku rutu rode, od njenog polaska iz teritorija Ruske Federacije do najjužnije točke u Južnoafričkoj Republici, pri čemu se razvija priča o bijeloj rodi, popraćena opisom migracije, vizualnim prikazima i zanimljivim činjenicama. Vremenska komponenta kretanja prikazana je lentom vremena, uz istaknute ključne datume na liniji putovanja. Takav pristup omogućuje ne samo objašnjavanje biološkog fenomena migracija, već i smještanje tih podataka u prostorno-vremenski kontekst na način koji je pristupačan i privlačan široj publici.

Koristeći otvorene izvore i softvere ispunjeni su općeniti kartografski zahtjevi, kao i specifični zadaci definirani u ovom radu. Međutim, postoje određena ograničenja koja treba uzeti u obzir. Dostupna stručna literatura koja se bavi kartografijom praćenja životinja je ograničena, što zahtjeva od autora istraživanja veći stupanj samostalnosti u donošenju konačnih odluka o oblikovanju kartografskog prikaza. Također, izbor prostornih podataka praćenja životinja bio je ograničen na otvorene podatke dostupne na Internetu, što znatno sužava mogućnosti izbora vrste ili staništa koje se može prikazati. U istraživanjima gdje je cilj prikazati neku unaprijed određenu vrstu ili geografsku lokaciju, oslanjanje na otvorene podatke ne bi bilo dovoljno. Prisutna su i tehnološka ograničenja. Iako su njihove specifikacije zadovoljavajuće, softveri otvorenog koda korišteni za izradu karte u ovom diplomskom radu imaju manje mogućnosti od komercijalnih softvera, što podrazumijeva nešto duži i složeniji proces izrade.

Karta izrađena u sklopu ovog diplomskog rada je prvenstveno služila za istraživanje mogućnosti prikaza pokreta na tematskim kartama, koje je provedeno primarno iz kartografske perspektive. Iako zadovoljava osnovne kriterije kvalitete te je dostupna za slobodno korištenje, ne može se smatrati potpuno dovršenim proizvodom koji bi bio prikladan za stručnu upotrebu u objašnjavanju bioloških pojava. Tekstualni sadržaj karte je informativne prirode, te bi, kako bi se mogao koristiti za znanstvenu komunikaciju, morao proći temeljitu provjeru i odobrenje bioloških stručnjaka kroz rigoroznu kontrolu kvalitete.

## 8. LITERATURA

- Bertin, J. (1967): *Sémiologie graphique*, Gauthier-Villars, Paris.
- BirdLife International. (2016). *Ciconia ciconia*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2016*. Dostupno na: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T22697691A86248677.en>.
- Cheshire J. i Kent A. J. (2023). Getting to the Point? Rethinking Arrows on Maps, *The Cartographic Journal*. [10.1080/00087041.2023.2178134](https://doi.org/10.1080/00087041.2023.2178134)
- Cibilić, I., Kljajić, I., i Poslončec-Petrić, V. (2023). Pregled grafičkih varijabli u kartografiji. *Geodetski list*, 77(1), 29-44.
- Claudel, M., Nagel, T. i Ratti, C. (2016). *From Origins to Destinations: The Past, Present and Future of Visualizing Flow Maps*. *Built Environment*, [10.2148/benv.42.3.338](https://doi.org/10.2148/benv.42.3.338)
- Dent, B.D., Torguson, J.S., Holder, T.W. (2008). *Cartography: Thematic Map Design, Sixth edition*, McGraw-Hill Companies Inc. New York, NY
- Dewey, T. (2006). *Ciconia ciconia*. *Animal Diversity Web*, Internet, Dostupno na: [https://animaldiversity.org/accounts/Ciconia\\_ciconia/](https://animaldiversity.org/accounts/Ciconia_ciconia/)
- Flack, A., i dr. (2016). *Costs of migratory decisions: a comparison across eight white stork populations*. *Science advances*, 2(1), e1500931, [10.1126/sciadv.1500931](https://doi.org/10.1126/sciadv.1500931)
- Frančula, N. (2004). Kartografske projekcije, interna skripta, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu
- Frangeš, S. (2021). Sažetak predavanja iz predmeta kartografija u 4. sem. preddiplomskog studija. Sveučilište u Zagrebu.
- Gutema, T. M. (2015). Wildlife radio telemetry: use, effect and ethical consideration with emphasis on birds and mammals. *Int J Sci Basic Appl Res*, 24(2), 306-313.
- Hebblewhite, M., i Haydon, D. T. (2010). Distinguishing technology from biology: a critical review of the use of GPS telemetry data in ecology. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1550), 2303-2312.
- Jenny, B. i dr. (2018). Design principles for origin-destination flow maps. *Cartography and Geographic Information Science*, 45(1), 62–75. [10.1080/15230406.2016.1262280](https://doi.org/10.1080/15230406.2016.1262280).
- Kays, R., Crofoot, M. C., Jetz, W., i Wikelski, M. (2015). Terrestrial animal tracking as an eye on life and planet. *Science*, 348(6240), aaa2478.
- Koylu, C., Tian, G., i Windsor, M. (2022). Flowmapper.org: a web-based framework for designing origin–destination flow maps. *Journal of Maps*, 19(1). <https://doi.org/10.1080/17445647.2021.1996479>
- Kraak, J.-M., i Brown, A. (Eds.). (2001). *Web Cartography* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781482289237>
- Kuveždić Divjak A. (2022). Interni materijali uz 4 predavanje, kolegij Digitalna kartografija u 1. sem. diplomskog studija, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
- Lapaine, M. (2006). Rukovanje geoinformacijama, interna skripta, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu

- Lovrić, P. (1988). *Opća kartografija*. Sveučilišna naklada Liber, Zagreb
- Matley, J. K. i dr. (2022). Global trends in aquatic animal tracking with acoustic telemetry. *Trends in Ecology & Evolution*, 37(1), 79-94.
- Okita-Ouma, B. i dr. (2021). Effectiveness of wildlife underpasses and culverts in connecting elephant habitats: a case study of new railway through Kenya's Tsavo National Parks. *African Journal of Ecology*, 59(3), 624-640.
- Peterca, M., Radošević, N., Milisavljević, S., Racetin, F. (1974). *Kartografija*. Vojnogeografski institut, Beograd.
- Robinson, A.H. (1955). The 1837 Maps of Henry Drury Harness, *The Geographical Journal*, 121,440-450
- Segal, Z. (2020). Flow Mapping through the Times; The Transition from Harness to Nazi Propaganda. In B. Vannieuwenhuyze i Z. Segal (Eds.), *Motion in Maps, Maps in Motion: Mapping Stories and Movement through Time* (pp. 81–104). Chapter, Amsterdam University Press.
- Slocum, T., McMaster, R., Kessler, F., i Howard, H. (2009). *Thematic cartography and geovisualization*. Prentice Hall, New Jersey, NJ.
- Steiner, E. (2019). Flow Maps. *The Geographic Information Science i Technology Body of Knowledge* (4th Quarter 2019 Edition), John P. Wilson (ed.). [10.22224/gistbok/2019.4.10](https://doi.org/10.22224/gistbok/2019.4.10).
- Viličić, M., Kević, K., Kuveždić Divjak A. (2022). Materijali uz vježbe iz predmeta Digitalna kartografija, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu
- Xavier, G., i Dodge, S. (2014). An exploratory visualization tool for mapping the relationships between animal movement and the environment, *Proceedings of the 2nd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Interacting with Maps* (pp. 36-42).



**INTERNETSKI IZVORI**

- URL 1 : Karta željeznica u Irskoj:  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=95951033> (6.9.2024.)
- URL 2: Karta Napoleonomovog pohoda na Rusiju:  
<https://en.wikipedia.org/wiki/File:Minard.png> (6.9.2024.)
- URL 3: Argos: <https://www.argos-system.org/> (7.4.2024.)
- URL 4: Movebank: *What is animal tracking?*: <https://www.movebank.org/cms/movebank-content/what-is-animal-tracking> (7.4.2024.)
- URL 5: Icarus: <https://www.icarus.mpg.de/28056/about-icarus> (7.4.2024.)
- URL 6: Movebank <https://www.movebank.org/cms/movebank-main> (7.4.2024.)
- URL 7: eBird: <https://ebird.org/about> (7.4.2024.)
- URL 8: U.S. Fish and Wildlife Service: <https://www.fws.gov/> (7.4.2024.)
- URL 9: DynamoVis: <https://dynamovis.geog.ucsb.edu/> (8.4.2024.)
- URL 10: *A map of elephant movement in east Africa from Where the Animals Go*:  
<https://www.theguardian.com/environment/2018/aug/30/where-the-animals-go-wildlife-tracking-secrets-revealed#img-2> (10.8.2024.)
- URL 11: *A map of albatross movement from Where the Animals Go*:  
<https://www.theguardian.com/environment/2018/aug/30/where-the-animals-go-wildlife-tracking-secrets-revealed#img-4> (10.8.2024.)
- URL 12: *Jaguar movements tracked in Where the Animals Go*:  
<https://www.theguardian.com/environment/2018/aug/30/where-the-animals-go-wildlife-tracking-secrets-revealed#img-6> (10.8.2024.)
- URL 13: *Tracking elephant seals across the Southern Ocean in Where the Animals Go*:  
<https://www.theguardian.com/environment/2018/aug/30/where-the-animals-go-wildlife-tracking-secrets-revealed#img-8> (10.8.2024.)
- URL 14: *Vulture spirals seen in the book Where the Animals Go*:  
<https://www.theguardian.com/environment/2018/aug/30/where-the-animals-go-wildlife-tracking-secrets-revealed#img-10> (10.8.2024.)
- URL 15: *Researchers in Kenya fitted 25 olive baboons with GPS collars set to record one position every second for four weeks*:  
<https://www.theguardian.com/environment/2018/aug/30/where-the-animals-go-wildlife-tracking-secrets-revealed#img-12> (10.8.2024.)
- URL 16: *Miniature QR codes mapped the activity of individual ants in a colony*:  
<https://www.theguardian.com/environment/2018/aug/30/where-the-animals-go-wildlife-tracking-secrets-revealed#img-14> (10.8.2024.)
- URL 17: *Lifetime tracks*: [10.1126/sciadv.1500931](https://doi.org/10.1126/sciadv.1500931) (10.8.2024.)
- URL 18: *Migratory behavior of juveniles from eight different populations*:  
<https://www.science.org/doi/10.126/sciadv.1500931> (10.8.2024.)

- URL 19: *Elk migrations in the Greater Yellowstone Ecosystem*: <https://gistbok.ucgis.org/bok-topics/flow-maps> (12.8.2024.)
- URL 20: *One full loop migration track of Turkey Vulture*  
<https://dl.acm.org/doi/10.1145/2677068.2677071> (12.8.2024.)
- URL 21: *Ocearch*: <https://www.ocearch.org/tracker/> (13.8.2024.)
- URL 22: *How To Be a Monkey*: <http://howtobeamonkey.org/> (13.8.2024.)
- URL 23: *Archie Pelago - CVA - 2011 Eighty Mile Beach Flatback Monitoring Program*:  
[http://www.seaturtle.org/tracking/index.shtml?tag\\_id=84324a&anime=1](http://www.seaturtle.org/tracking/index.shtml?tag_id=84324a&anime=1) (13.8.2024.)
- URL 24: *Red Knots moving among key staging areas in North America during spring and fall migrations from 2014 to 2016*: <https://motus.org/data/demo/redKnots2014-2016.html>  
(13.8.2024.)
- URL 25: *Polar Bear Tracker (Vicky)*: <https://polarbearsinternational.org/polar-bear-tracker>  
(13.8.2024.)
- URL 26: *Travellers, The Blue World, Arctic Tern*: [p/wp-content/uploads/2021/01/Arctic\\_tern\\_map-scaled.jpg](p/wp-content/uploads/2021/01/Arctic_tern_map-scaled.jpg) (14.8.2024.)
- URL 27: *Navigating by Nature*:  
<https://images.nationalgeographic.org/image/upload/v1638891602/EducationHub/photos/navigating-by-nature.jpg> (14.8.2024.)
- URL 28: *Yellowstone Elk Migrations: The Pulse of the Park*:  
[https://images.nationalgeographic.org/image/upload/v1694621393/EducationHub/hires/NationalGeographic\\_2411251.jpg](https://images.nationalgeographic.org/image/upload/v1694621393/EducationHub/hires/NationalGeographic_2411251.jpg) (14.8.2024.)
- URL 29. *Natural Earth Data*: <https://www.naturearthdata.com/> (9.5.2024)
- URL 30: *Wikimedia Commons*: [https://commons.wikimedia.org/wiki/Main\\_Page](https://commons.wikimedia.org/wiki/Main_Page) (14.8.2024.)
- URL 31. *QGIS*: <https://www.qgis.org/project/overview/> (9.5.2024.)
- URL 32. *Inkscape*: <https://inkscape.org/> (9.5.2024)
- URL 33. *GIMP*: <https://www.gimp.org/> (9.5.2024)
- URL 34: *Creative Commons*: <https://creativecommons.org/> (7.4.2024.)
- URL 35: *Karta Migracija rode*: <http://www2.geof.unizg.hr/~akuvezdic/migracija-rode/>  
(15.9.2024)

## 9. POPIS SLIKA

Slika 2.1: Isječak karte željezničkog prometa u Irskoj, koju je 1838. godine izradio Henry Drury Harness (URL 1) .....	8
Slika 2.2: Isječak karte Napoleonovog pohoda na Rusiju, koju je 1869. izradio Charles Joseph Minard (URL 2) .....	9
Slika 2.3: Korisničko sučelje alata <i>DynamoVis</i> .....	17
Slika 4.1: Podaci o lokacijama promatrane jedinice učitani u softver QGIS .....	35
Slika 5.1: Razmatrane projekcije s različitim središnjim meridijanima (lijevo: 35°E, desno: 30°N) .....	40
Slika 5.2: Isječak reljefa preuzetih podataka (lijevo) i nakon obrade u softveru <i>Inkscape</i> (desno) .....	42
Slika 5.3: Isječak batimetrije nakon uređivanja .....	43
Slika 5.4: Isječak temeljne karte s prikazom linijom kretanja promatrane jedinice bijele rode	45
Slika 5.5: Isječak linije s prikazom kretanja bijele rode prije (zelena) i nakon provedenog pojednostavljanja (ružičasta).....	46
Slika 5.6: Isječak linije s prikazom kretanja bijele rode prije (smeđa) u usporedbi s linijom nakon pojednostavljanja (ružičasta) .....	46
Slika 5.7: Isječak karte s prikazanim linijama vodiljama i strelicama .....	47
Slika 5.8: Isječak karte koji prikazuje primjer rasporeda tematskog sadržaja preko sadržaja temeljne karte .....	49
Slika 5.9: Isječak karte s primjerom rasporeda tematskog sadržaja u skladu sa sadržajem temeljne karte .....	50
Slika 5.10 :Isječak karte s lentom vremena .....	51

## 10. POPIS TABLICA

Tablica 3.1: Indikatori za analizu i klasifikaciju postojećih karata s prikazom podataka o kretanju životinja.....	18
Tablica 3.2: Analizirani podaci o prikupljenim kartama s prikazom podataka o kretanju životinja .....	21

## **11. POPIS PRILOGA**

Prilog 1. Karta Migracija rode