GIS in integracija geoprostorskih podatkov

Učni izidi

Po zaključku te teme bodo študenti znali:

- razložiti koncept geografskih informacijskih sistemov (GIS) in integracije geoprostorskih podatkov.
- opisati koordinatne sisteme, projekcije in prostorske referenčne okvire.
- uporabljati prostorske podatkovne zbirke, kot je Oracle Spatial, za upravljanje georeferenciranih podatkov.
- integrirati okoljske podatkovne nabore s prostorskim združevanjem in prekrivanjem.
- vizualizirati in analizirati okoljske podatke na interaktivnih zemljevidih.
- razlagati rezultate prostorskih analiz za podporo odločanju na področju okolja.

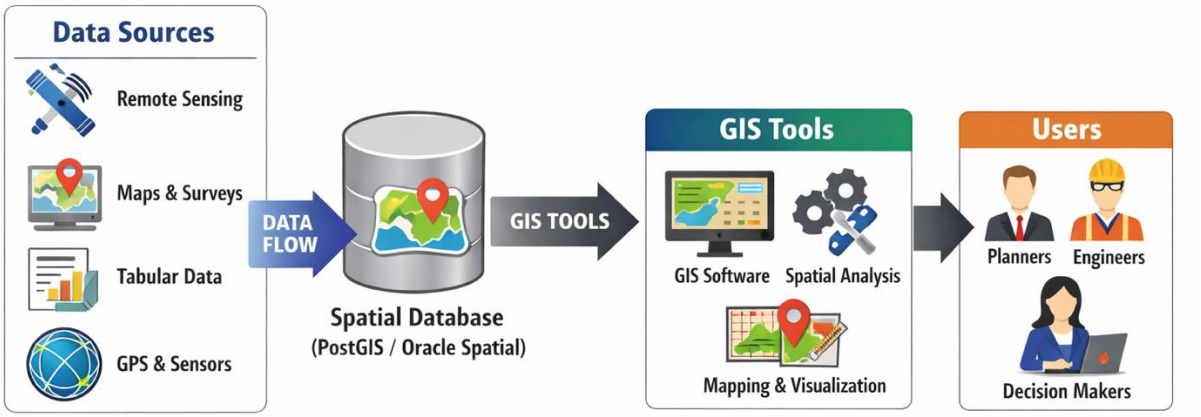
Uvod

Geografski informacijski sistemi (GIS) so zasnovani za zbiranje, shranjevanje, upravljanje, analiziranje in vizualizacijo podatkov, povezanih z določenimi lokacijami na Zemljinem površju. Ti sistemi uporabljajo strojno in programsko opremo, podatke ter analitična orodja za prikaz, pridobivanje in uporabo prostorskih odnosov ter vzorcev v geografskih podatkih za številne različne namene. Prikazovanje podatkov na zemljevidu ter omogočanje nadaljnje analize in vizualizacije se uporablja na različnih področjih vsakdanjega življenja, med drugim pri navigaciji in prometu, spletnih dostavah, urbanističnem načrtovanju in pametnih mestih, spremljanju bolezni, kmetijstvu in proizvodnji hrane, nepremičninskem in prostorskem načrtovanju, vremenskih napovedih in opozorilih pred nesrečami, izobraževanju in učenju, ravnanju z odpadki in recikliranju, turizmu in kulturni dediščini ter varstvu okolja in podnebnem ukrepanju …

Čeprav je področje uporabe GIS obsežno in so ti sistemi bistveno uporabni na številnih področjih, se bomo tu*kaj* osredotočili na uporabo GIS v okoljskem kontekstu. Zaradi svojih značilnosti GIS zagotavljajo zmogljiv okvir za organiziranje in razlago velikih količin okoljskih podatkov. Okoljski podatki opisujejo naravne procese in vplive človeka na okolje, med drugim kakovost in onesnaženost zraka ter vode, spremembe rabe zemljišč, krčenje gozdov, izgubo biotske raznovrstnosti in podnebno spremenljivost. Ti pojavi v prostoru niso enakomerni, temveč se spreminjajo glede na lokacijo, merilo in čas. GIS s povezovanjem podatkov z geografsko lokacijo

uporabnikom omogoča, da razumejo ne le, kaj se dogaja v okolju, temveč tudi *kje* in *zakaj* se to dogaja. V okoljskih vedah, kjer je večina podatkov že po naravi prostorskih, je zato GIS postal nepogrešljivo orodje za upravljanje in razlago kompleksnih okoljskih informacij. GIS okoljskim znanstvenikom, načrtovalcem in odločevalcem omogoča povezovanje okoljskih meritev z geografskimi lokacijami, s čimer je mogoče vizualizirati vzorce, zaznavati trende in podpirati na dokazih temelječe upravljanje okolja.

Razvoj GIS pomeni pomemben prehod od tradicionalnih tabelaričnih podatkovnih zbirk k prostorsko podprtim informacijskim sistemom. Tradicionalni sistemi za upravljanje podatkov so temeljili predvsem na tabelaričnih podatkovnih zbirkah, v katerih so informacije shranjene v vrsticah in stolpcih. Čeprav so takšne podatkovne zbirke učinkovite za shranjevanje številskih in besedilnih podatkov, ne omogočajo prikaza prostorskih odnosov. Tabela z meritvami onesnaženosti zraka lahko na primer vsebuje vrednosti za različna mesta, ne pokaže pa, kako se ravni onesnaženosti spreminjajo v prostoru ali kako so povezane z bližnjimi industrijskimi območji, prometnimi koridorji oziroma meteorološkimi razmerami. Z večanjem računalniške zmogljivosti in dostopnostjo digitalnih zemljevidov je postalo mogoče atributne podatke združiti s prostorskimi. Ta integracija je omogočila naprednejše analize, kot je prepoznavanje prostorskih vzorcev, odnosov in trendov, ki jih v neprostorskih podatkih ni mogoče preprosto zaznati.



Slika 3. 1 Konceptualna arhitektura sodobnega sistema GIS (sliko je ustvaril OpenAI ChatGPT 4. februarja 2026 na podlagi poziva »Diagram: viri podatkov → prostorska podatkovna zbirka (PostGIS / Oracle Spatial) → orodja GIS → uporabniki«).

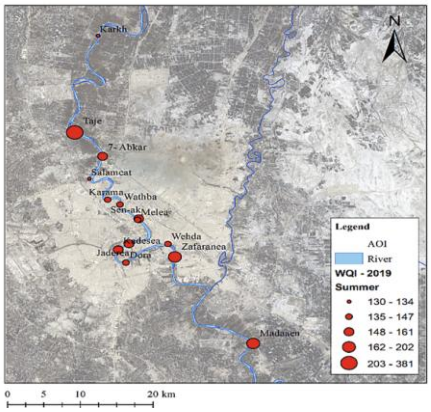
Splošno znano je, da so okoljski podatki že po naravi prostorski. Okoljski pojavi, kot so onesnaževanje, krčenje gozdov, poplave in podnebne spremembe, se spreminjajo v prostoru in času. Čeprav je okoljske meritve mogoče shraniti v tabelarični obliki, ta ne omogoča preprostega razkrivanja prostorskih vzorcev ali odnosov. GIS to omejitev odpravlja tako, da okoljske meritve

(kot sta koncentracija onesnaževala ali delež gozdne pokritosti) neposredno povezuje s prostorskimi objekti (kot so točke, črte, območja in geografske koordinate) na zemljevidih in satelitskih posnetkih ter tako omogoča prostorske analize, na primer analizo bližine, analizo prekrivanja in prostorsko modeliranje [1], [2].

Slika 3. 2 prikazuje primerjavo med tabelaričnim podatkovnim naborom meritev kakovosti vode (indeks kakovosti vode) in zemljevidom GIS, ki prikazuje indeks kakovosti vode na mestih vzorčenja vzdolž reke v določenem časovnem obdobju [3]. Glede na raziskovalni poudarek lahko meritve in prikazi analitikom omogočijo prepoznavanje in sčasoma napovedovanje različnih okoljskih vidikov (na primer prepoznavanje različnih virov onesnaženja v zgornjem toku in nato vizualizacijo širjenja onesnaženja po toku navzdol).

Table 9
The calculated WQI and WQR for two seasons in 2018 and 2019.

Season	Month	2018		2019	
		WQI	WQR	WQI	WQR
Summer	May	144.60	Poor	145.25	Poor
	June	139.02	Poor	209.19	Very Poor
	July	157.60	Poor	161.67	Poor
	August	135.86	Poor	139.10	Poor
	September	142.28	Poor	144.34	Poor
	October	141.42	Poor	142.96	Poor
Winter	November	138.88	Poor	144.43	Poor
	December	138.69	Poor	138.69	Poor
	January	139.14	Poor	139.31	Poor
	February	148.05	Poor	149.15	Poor
	March	152.79	Poor	153.95	Poor
	April	223.08	Very Poor	227.92	Very Poor



Slika 3. 2 Primerjava med tabelaričnim podatkovnim naborom indeksa kakovosti vode (WQI) in zemljevidom GIS, ki prikazuje mesta vzorčenja ter WQI vzdolž reke Tigris poleti 2019. (Slika je prirejena po [3])

Pomen geoprostorskih podatkov pri okoljskih analizah

Geoprostorski podatki imajo ključno vlogo pri razumevanju okoljskih procesov in reševanju okoljskih izzivov. Podpirajo tudi številne okoljske raziskave in posledično odločanje. Po navedbah NASA [4], [5] in USGS [13] so številne dejavnosti spremljanja okolja močno odvisne od prostorskih podatkov, pridobljenih z daljinskim zaznavanjem, terenskimi meritvami in geografskimi raziskavami. GIS omogoča integracijo teh raznovrstnih virov podatkov v enoten prostorski okvir.

Z uporabo GIS lahko raziskovalci analizirajo razporeditev onesnaževal ter bolje razumejo vzorce onesnaženosti zraka in vode, spremljajo spremembe rabe zemljišč, rastlinskega pokrova in procese krčenja gozdov, prepoznavajo območja, ogrožena zaradi naravnih nesreč, ter ocenjujejo vplive podnebnih sprememb. Prostorska analiza lahko na primer razkrije žarišča onesnaženja v

bližini industrijskih območij, s satelitskimi posnetki spremlja krčenje gozdov skozi čas, spremlja časovno širjenje urbanih območij ali kartira trende temperature in padavin po regijah. Takšna spoznanja podpirajo bolj premišljeno okoljsko načrtovanje, spremljanje in trajnostno upravljanje naravnih virov.

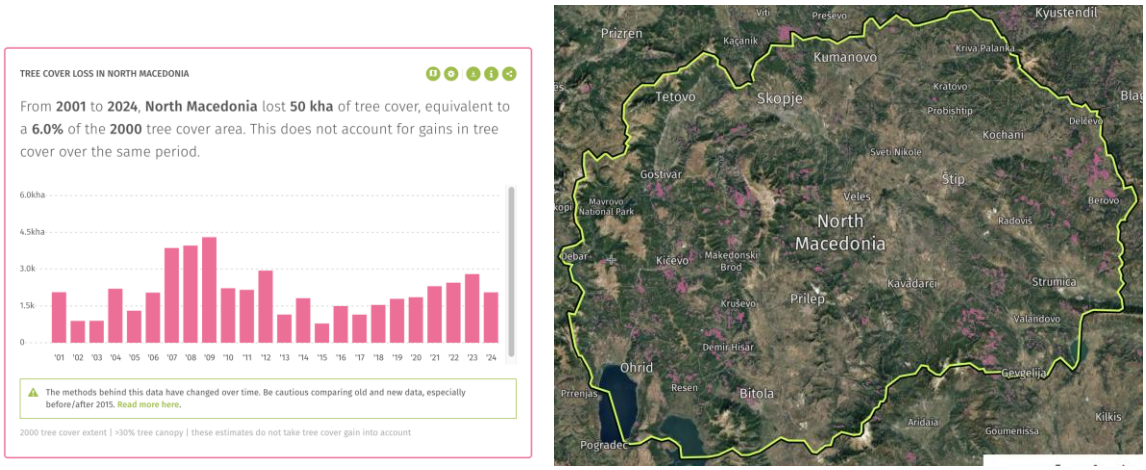
V naslednjih razdelkih je predstavljenih več pogosto uporabljenih primerov uporabe GIS pri okoljskih analizah.

Spremljanje onesnaženosti

GIS se pogosto uporablja za analizo onesnaženosti zraka, vode in tal. S kartiranjem meritev onesnaženosti lahko raziskovalci prepoznajo prostorske vzorce: žarišča v bližini industrijskih območij ali glavnih prometnih poti ter povezave med ravnmi onesnaženosti in gostoto prebivalstva, rabo zemljišč oziroma meteorološkimi razmerami. Postaje za spremljanje kakovosti zraka na primer zbirajo podatke o drobnih delcih (PM2.5); GIS te meritve prikaže na zemljevidu mesta in zazna območja z vztrajno visokimi ravnmi onesnaženosti, kar oblikovalcem politik omogoča sprejemanje ciljno usmerjenih omilitvenih ukrepov in odločitev.

Raba zemljišč in krčenje gozdov

Spremembe rabe zemljišč in pokrovnosti tal so še eno zelo pomembno okoljsko področje, na katerem je GIS bistvenega pomena za raziskovanje. Analiza satelitskih posnetkov v GIS raziskovalcem omogoča, da skozi čas spremljajo krčenje gozdov, širjenje mest in razvoj kmetijstva. Prostorska analiza omogoča primerjavo zemljevidov pokrovnosti tal iz različnih let, s čimer je mogoče količinsko ovrednotiti spremembe in prepoznati trende [6]. Krčenje gozdov je na primer mogoče spremljati s podatki o pokrovnosti tal, pridobljenimi s sateliti; z analizo GIS je mogoče izračunati skupno gozdno površino, izgubljeno v desetletju, in prepoznati regije z največjim tveganjem za prihodnje krčenje gozdov. (Slika 3. 3)



Slika 3. 3 Podatki o izgubi drevesnega pokrova v Severni Makedoniji in prikaz izgube drevesnega pokrova v GIS na satelitskem zemljevidu Severne Makedonije iz Global Forest Watch [7]

Podnebne in okoljske spremembe

Podnebni podatki, kot so temperatura, padavine in dvig morske gladine, so že po naravi prostorski in zvezni. GIS podpira analizo teh podatkovnih naborov z rastrskim modeliranjem in vizualizacijo. NASA Earth Observatory [4] poudarja pomen GIS za razumevanje prostorske spremenljivosti podnebnih vzorcev in njihovih vplivov na okolje. Podnebne modele je na primer mogoče vizualizirati v GIS tako, da prikazujejo spremembe povprečne temperature v določeni regiji, kar pomaga prepoznati območja, izpostavljena vročinskim valovom ali suši. GIS lahko vizualizira in analizira pretekle in trenutne podatke o tornadih oziroma orkanih po regijah in časovnih intervalih ter tako omogoča sprejemanje premišljenih odločitev glede varnosti prebivalcev.

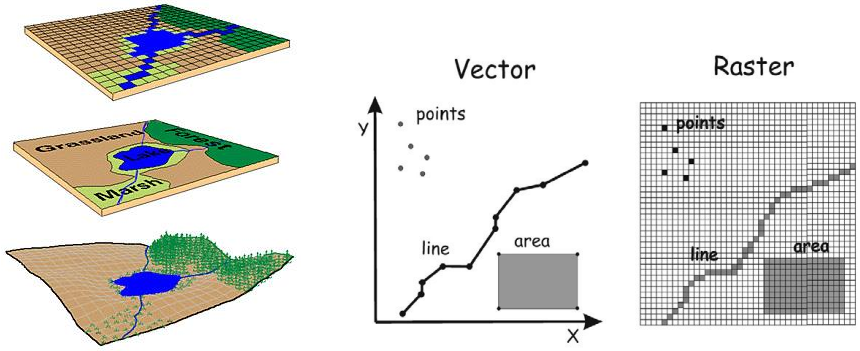
Modeli geoprostorskih podatkov: rastrski in vektorski

V GIS so geoprostorski podatki običajno predstavljeni z dvema glavnima podatkovnima modeloma: rastrskim in vektorskim (Slika 3. 4). Vsak model je primeren za različne vrste informacij.

Rastrski podatki predstavljajo geografski prostor kot mrežo celic ali slikovnih pik, pri čemer vsaka celica vsebuje vrednost, na primer temperaturo, nadmorsko višino ali vrsto pokrovnosti tal. Rastrski podatki so posebej pomembni za okoljske namene, saj so zelo primerni za prikaz zveznih pojavov, kot so temperatura, nadmorska višina, količina padavin in pokrovnost tal, pridobljena s satelitskimi posnetki. Pogosto se uporabljajo pri podnebnem modeliranju, daljinskem zaznavanju in ekoloških raziskavah. Satelitski posnetek, ki prikazuje stanje rastlinstva, je na primer shranjen kot rastrski podatek, pri čemer vsaka slikovna pika predstavlja gostoto rastlinstva.

Vektorski podatki pa geografske objekte predstavljajo s točkami, črtami in poligoni, določenimi s pari koordinat. Ta model je zelo primeren za diskretne okoljske objekte, kot so reke, ceste, zavarovana območja, merilne postaje, gozdovi, jezera in administrativne meje. Postaje za spremljanje kakovosti vode so na primer predstavljene kot točke, reke kot črte, zavarovana mokrišča pa kot poligoni.

Ta podatkovna modela okoljskim znanstvenikom skupaj omogočata predstavljanje in analiziranje tako naravnih procesov kot človekovih dejavnosti.



Slika 3. 4 Vektorski in rastrski podatkovni modeli (slika je prirejena po [8])

Standardizirani zapisi datotek GIS

Za shranjevanje in izmenjavo geoprostorskih podatkov se pogosto uporabljajo različni standardizirani zapisi datotek.

Med običajne **vektorske** zapise spadajo Shapefile, GeoJSON, KML, OSM in številni drugi, manj razširjeni zapisi. Ti zapisi datotek so široko podprti v programski opremi GIS in spletnih kartografskih aplikacijah. Omogočajo predstavitev podatkovnih objektov in tematskih slojev.

- **ESRI Shapefile**: Shapefile izvira iz najbolj priljubljenega sistema GIS ArcGIS podjetja ESRI. Gre za pogosto uporabljen vektorski zapis za shranjevanje točk, črt in poligonov, ki se pogosto uporablja pri kartiranju v GIS. Vsi komercialni in odprtokodni sistemi sprejemajo Shapefile kot zapis GIS. Ker je tako razširjen, je postal industrijski standard. Sestavlja ga sklop treh datotek, ki so obvezne za zapis Shapefile: **SHP** – geometrija prostorskih objektov; **SHX** – indeks položajev geometrijskih zapisov; **DBF** – atributni podatki.
- **GeoJSON (geografski JSON)**: Lahek besedilni zapis za kodiranje geografskih podatkovnih struktur, kot so točke, črte in poligoni, z zapisom JavaScript Object Notation

(JSON). GeoJSON je zapis odprtega standarda, ki postaja zelo razširjen, zlasti pri spletnih kartografskih aplikacijah. Datotečni končnici za GeoJSON sta: .GEOJSON in .JSON.

- **KML (Google Keyhole Markup Language)**: Ta zapis GIS temelji na XML in se uporablja predvsem za vizualizacijo v orodjih, kot je Google Earth. Datotečni končnici za KML sta: .KML in .KMZ (stisnjeni KML). KMZ je postal privzeti geoprostorski zapis za Google Earth, saj gre za stisnjeno različico datoteke. KML/KMZ je leta 2008 postal mednarodni standard konzorcija Open Geospatial Consortium [9].
- OSM (OpenStreetMap)**.** Zapis OSM je na XML temelječ izvorni datotečni zapis projekta OpenStreetMap [46], ki je postal največji projekt množičnega zbiranja podatkov GIS na svetu.

Rastrski podatki, vključno s satelitskimi posnetki in podnebnimi podatkovnimi nabori, se običajno shranjujejo v zapisu GeoTIFF, ki v eni datoteki ohranja tako slikovne vrednosti kot geografske referenčne podatke. Dodatna rastrska zapisa sta ASCII Grid (.ASC) in Esri Grid.

- **GeoTIFF.** Ta zapis je postal industrijski standard za slikovne datoteke v aplikacijah GIS in satelitskega daljinskega zaznavanja. Datoteke GeoTIFF lahko spremljajo druge datoteke: **TFW** – datoteka za georeferenciranje, potrebna za določitev geografske lege rastra; **XML** – izbirno spremlja datoteke GeoTIFF in vsebuje metapodatke; **AUX** – pomožne datoteke hranijo projekcije in druge podatke; **OVR** – piramidne datoteke izboljšajo učinkovitost prikaza rastra.
- **ASCII Grid.** Datotečni zapis ASCII za shranjevanje in obdelavo informacij uporablja niz števil (**vključno s števili s plavajočo vejico**) med 0 in 255. Vsebuje tudi podatke v glavi z naborom ključnih besed. Besedilne datoteke ASCII v izvorni obliki shranjujejo podatke GIS v razmejenem zapisu. Vrednosti so lahko ločene z vejico, presledkom ali tabulatorjem. Datotečna končnica je ASC.
- **Esri Grid.** Datoteke Grid so lastniški zapis, ki ga je razvilo podjetje Esri. Nimajo datotečne končnice in so posebne zato, ker lahko v rastrski datoteki vsebujejo atributne podatke. Atribute pa je mogoče dodati le celoštevilskim mrežam. Atributi so shranjeni v tabeli vrednosti atributov (VAT) – po en zapis za vsako enolično vrednost v mreži in števec, ki predstavlja število celic. Dve vrsti datotek Esri Grid sta celoštevilska mreža in mreža s plavajočo vejico. Pokrovnost tal je primer diskretne mreže. Vsak razred ima enolično celoštevilsko vrednost celice. Podatki o nadmorski višini pa so primer mreže s plavajočo vejico. Vsaka celica predstavlja vrednost nadmorske višine s plavajočo vejico.

Uporaba teh standardiziranih zapisov zagotavlja medopravilnost med orodji GIS ter podpira učinkovito analizo in izmenjavo okoljskih podatkov med ustanovami in strokovnimi področji.

Pregled tehnologij: orodja GIS, modeli prostorskih podatkov in integracija okoljskih podatkov

Pregled tehnologij GIS

Geografski informacijski sistemi (GIS) obsegajo širok nabor programskih tehnologij, namenjenih shranjevanju, upravljanju, analiziranju in vizualizaciji prostorskih podatkov. GIS se je sčasoma razvil iz samostojnih namiznih aplikacij v zmogljive sisteme, ki temeljijo na podatkovnih zbirkah in podpirajo oblačne storitve ter lahko obdelujejo velike količine geoprostorskih podatkov iz različnih virov. Med danes najpogosteje uporabljene tehnologije GIS spadajo sistemi podatkovnih zbirk s prostorsko podporo, kot so Esri ArcGIS, Oracle Spatial, PostGIS in QGIS, ki tradicionalne relacijske podatkovne zbirke razširjajo s prostorskimi podatkovnimi tipi in zmožnostmi prostorske analize. Obstajajo številni drugi odprtokodni ali lastniški sistemi GIS, vsak s svojimi prednostmi in slabostmi.

Esri ArcGIS [10] je komercialna platforma GIS za poslovna okolja, ki jo je razvilo podjetje Esri in se uporablja za delo z geografskimi podatki z orodji za kartiranje, analizo in vizualizacijo. Je zelo razširjena in zato velja za industrijski standard. Združuje namizne aplikacije, spletne storitve in oblačne zmogljivosti za podporo upravljanju prostorskih podatkov ter ustvarjanju interaktivnih zemljevidov in analitičnih delovnih tokov. ArcGIS podpira širok nabor prostorskih podatkovnih zapisov, koordinatnih sistemov in naprednih funkcij geoprostorske obdelave, zato je primeren za naloge, kot so spremljanje okolja, urbanistično načrtovanje in upravljanje infrastrukture. Zaradi prilagodljivosti, razširljivosti ter povezljivosti s podatkovnimi zbirkami in spletnimi storitvami je ena najbolj razširjenih rešitev GIS tako v javnem kot zasebnem sektorju.

Oracle Spatial [20] je komercialna rešitev na ravni podjetja, integrirana v konvergentno podatkovno zbirko Oracle. Zagotavlja izvorno podporo prostorskim podatkovnim tipom, prostorskemu indeksiranju, koordinatnim referenčnim sistemom in naprednim funkcijam prostorske analize. Oracle Spatial se pogosto uporablja v obsežnih poslovnih in vladnih sistemih, kjer so zanesljivost, razširljivost in varnost ključnega pomena. Podpira kompleksne prostorske poizvedbe, analizo omrežij in integracijo z drugimi poslovnimi podatkovnimi sistemi.

PostGIS [16] pa je odprtokodna prostorska razširitev podatkovne zbirke PostgreSQL. Zaradi svoje prilagodljivosti, močne podpore skupnosti in skladnosti s standardi konzorcija Open Geospatial Consortium (OGC) je ena najbolj priljubljenih tehnologij GIS. PostGIS uporabnikom omogoča shranjevanje prostorskih objektov, izvajanje prostorskih poizvedb in naprednih prostorskih operacij z jezikom SQL. Ker je odprtokoden, se pogosto uporablja v raziskavah, izobraževanju, spremljanju okolja in spletnih aplikacijah GIS.

QGIS [15] je še ena brezplačna odprtokodna platforma GIS s profesionalnimi zmogljivostmi za analitike, raziskovalce in organizacije, ki želijo prilagodljivost brez stroškov licenciranja. Tako kot prej omenjeni sistemi GIS se tudi QGIS uporablja za ustvarjanje, urejanje, analiziranje in vizualizacijo geoprostorskih podatkov. Z intuitivnim grafičnim vmesnikom podpira širok nabor vektorskih in rastrskih zapisov, koordinatnih referenčnih sistemov ter orodij za prostorsko analizo. QGIS se lahko neposredno poveže s prostorskimi podatkovnimi zbirkami, kot je PostGIS, zaradi svoje prilagodljivosti, razširljivosti z vtičniki in močne podpore skupnosti pa se pogosto uporablja v izobraževanju, raziskavah, spremljanju okolja in kartografskih projektih.

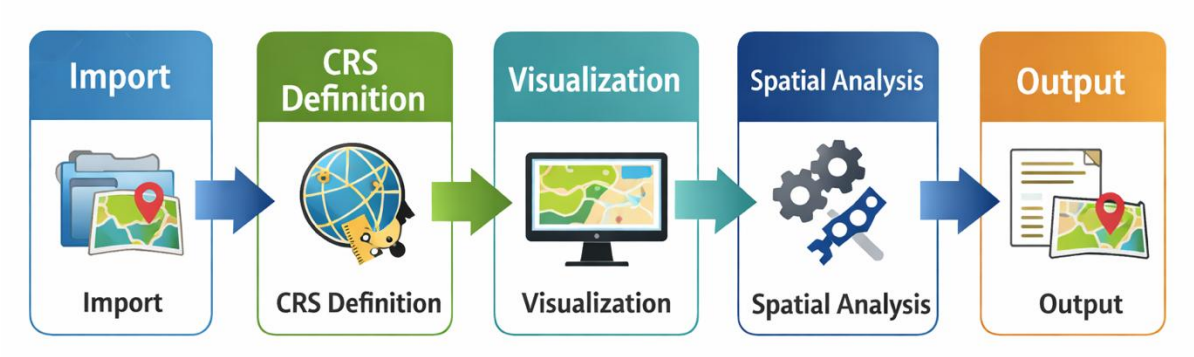
Vsa orodja GIS kažejo, kako sodobne tehnologije GIS združujejo upravljanje podatkovnih zbirk s prostorsko inteligenco ter omogočajo učinkovito shranjevanje, poizvedovanje in analiziranje okoljskih in geoprostorskih podatkov.

Uvod v uporabo orodij GIS

Orodja GIS običajno zagotavljajo tako grafične uporabniške vmesnike (GUI) kot programski dostop do prostorskih podatkov. Namizne aplikacije GIS, kot sta QGIS in ArcGIS, pogosto služijo kot uporabniška orodja, prostorske podatkovne zbirke, kot sta PostGIS in Oracle Spatial, pa kot zaledne podatkovne shrambe.

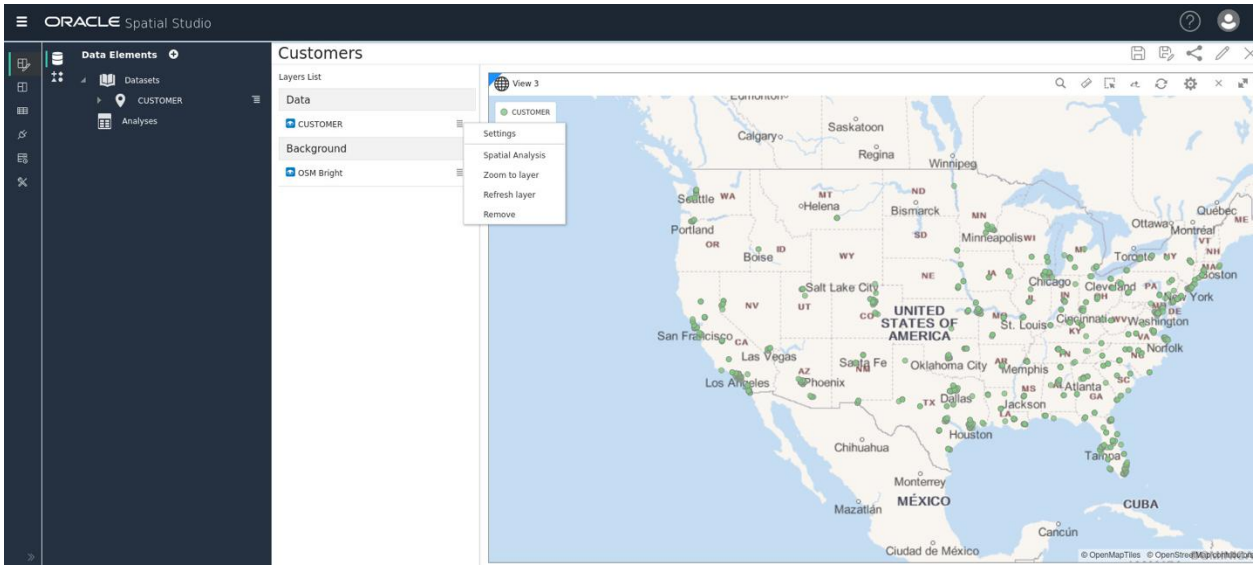
Osnovni delovni tok GIS (Slika 3. 5) navadno vključuje:

1. uvoz prostorskih podatkovnih naborov (npr. zemljevidov, satelitskih posnetkov, lokacij senzorjev)
2. določitev ali preverjanje koordinatnih referenčnih sistemov
3. vizualizacijo podatkovnih slojev
4. izvajanje prostorskih poizvedb in analiz
5. izvoz rezultatov za poročanje ali nadaljnjo obdelavo



Slika 3. 5 Osnovni delovni tok GIS (sliko je ustvaril OpenAI ChatGPT 4. februarja 2026 na podlagi poziva »Osnovni delovni tok GIS (diagram delovnega toka: uvoz → določitev CRS → vizualizacija → prostorska analiza → rezultat)«).

Študent, ki uporablja Oracle Spatial (Slika 3. 6), lahko na primer najprej naloži vektorske podatkovne nabore (kot so rečna omrežja ali postaje za spremljanje kakovosti zraka) v prostorsko podatkovno zbirko. S preprostimi poizvedbami SQL s prostorskimi funkcijami lahko nato izračuna razdalje, prepozna presečišča ali ugotovi, kateri objekti so znotraj določenega območja. Ta pristop, osredotočen na podatkovno zbirko, študentom pomaga razumeti, kako je mogoče prostorsko analizo vključiti v podatkovno podprte aplikacije in avtomatizirane delovne tokove.



Slika 3. 6 Stran aktivnega projekta v Spatial Studio (prirejena po Using Oracle Spatial Studio, Oracle Spatial Studio Guide [23])

Uvoz prostorskih podatkovnih naborov v orodja GIS

Ker tehnologija GIS temelji na **modelih prostorskih podatkov**, ki opisujejo digitalno predstavitev objektov iz resničnega sveta, je **uvoz prostorskih podatkovnih naborov**, ki te

modele udejanjajo, prvi in najpomembnejši korak vsakega delovnega toka GIS. Pred izvedbo analize, vizualizacije ali prostorskih poizvedb je treba geografske podatke v okolje GIS vnesti v obliki, ki jo programska oprema lahko prepozna in upravlja. Orodja GIS, kot so QGIS, ArcGIS, PostGIS in Oracle Spatial, podpirajo številne zapise prostorskih podatkov ter uporabnikom omogočajo združevanje podatkov iz različnih virov v enem projektu.

Kot smo že pojasnili, se prostorski podatkovni nabori na splošno delijo na dve glavni kategoriji: vektorske in rastrske podatke, pri čemer ima vsaka kategorija svoje značilnosti in načine uporabe. Orodja GIS uporabnikom omogočajo uvoz teh podatkovnih naborov prek grafičnih vmesnikov ali povezav s podatkovnimi zbirkami. V namiznih aplikacijah GIS lahko uporabniki dodajajo sloje neposredno iz lokalnih datotek, oddaljenih strežnikov ali spletnih repozitorijev. Satelitske posnetke je na primer mogoče prenesti iz storitev NASA [38] ali Copernicus [43] in jih naložiti kot rastrske sloje, vektorske podatke, kot so rečna omrežja ali zavarovana območja, pa je mogoče pridobiti iz javnih repozitorijev, kot sta Natural Earth in OpenStreetMap [47]. V okoljih GIS, ki temeljijo na podatkovnih zbirkah, je prostorske podatke mogoče uvoziti v sisteme, kot sta PostGIS in Oracle Spatial, kjer postanejo del centralizirane prostorske podatkovne zbirke, ki podpira učinkovito poizvedovanje in upravljanje.

Med uvozom je treba zagotoviti, da vsak podatkovni nabor vsebuje prostorske referenčne podatke, ki določajo njegov položaj na Zemljinem površju. Večina orodij GIS samodejno zazna koordinatni referenčni sistem (CRS) uvoženih podatkov, vendar morajo uporabniki pred nadaljevanjem preveriti pravilnost teh informacij. Če CRS manjka ali je napačno določen, podatkovni nabor morda ne bo pravilno poravnan z drugimi sloji v projektu.

Drug pomemben vidik uvoza prostorskih podatkov je obravnavanje atributnih podatkov. Prostorski podatkovni nabori poleg geometrije vsebujejo opisne atribute, kot so meritve onesnaženosti, imena lokacij, datumi opazovanj ali vrste klasifikacij. Orodja GIS te atribute ohranijo ter omogočajo njihov ogled, urejanje in uporabo pri poznejših analizah. Zaradi te povezave med prostorskimi objekti in njihovimi atributi je GIS tako zmogljiv pri okoljskih in geografskih analizah.

Sodobne okoljske aplikacije GIS se vse bolj opirajo na podatke iz **več raznovrstnih virov**, kot so terenski senzorji (npr. postaje za spremljanje kakovosti zraka ali vode), satelitske platforme, vladne agencije, repozitoriji odprtih podatkov (npr. podatkovni nabori pokrovnosti tal ali podnebni podatkovni nabori) in naprave interneta stvari (IoT), ki ustvarjajo prostorske podatke v realnem času. Uvoz teh raznovrstnih podatkovnih naborov v projekt GIS omogoča njihovo združevanje za bogatejšo in celovitejšo okoljsko analizo. Uporabnik lahko na primer uvozi satelitske posnetke kot rastrski sloj, lokacije merilnih postaj kot točke in administrativne meje kot poligone. Po uvozu je te

sloje mogoče vizualizirati hkrati, kar predstavlja osnovo za nadaljnjo prostorsko analizo. Podatkovne zbirke GIS služijo kot osrednja platforma, na kateri je mogoče prostorske in neprostorske podatke povezati glede na lokacijo in čas.

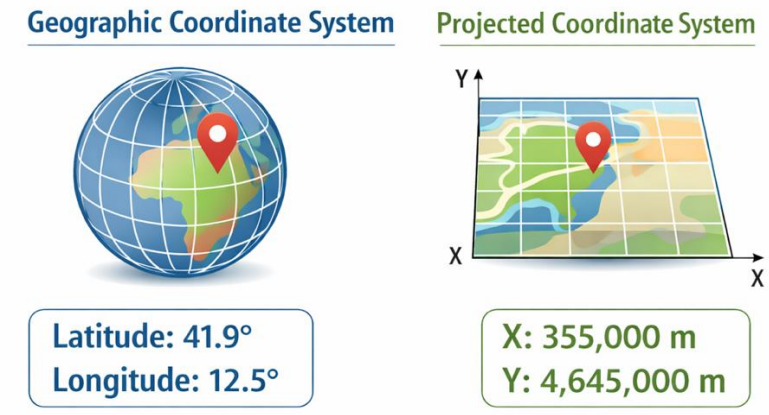
Pravilen uvoz prostorskih podatkovnih naborov je zato ključen korak, ki določa uspešnost celotnega delovnega toka GIS. Uporabniki s pravilnim nalaganjem in ustreznim georeferenciranjem podatkov ter točnimi spremljajočimi atributnimi podatki ustvarijo trdno osnovo za vizualizacijo, analizo in odločanje v projektih GIS.

Določitev ali preverjanje koordinatnih referenčnih sistemov

Koordinatni referenčni sistem (CRS) določa položaj prostorskih podatkov na Zemljinem površju. Ker je Zemlja tridimenzionalno ukrivljeno telo, so za prikaz lokacij na dvodimenzionalnem zemljevidu potrebne matematične pretvorbe, imenovane projekcije.

Različni podatkovni nabori lahko uporabljajo različne koordinatne sisteme (Slika 3. 7), kot so:

- geografski koordinatni sistemi (zemljepisna širina in dolžina) – svetovni geodetski sistem 1984 (WGS84)
- projicirani koordinatni sistemi (npr. UTM, nacionalni mrežni sistemi)



Slika 3. 7 Geografski in projicirani koordinatni sistemi (sliko je ustvaril OpenAI ChatGPT 4. februarja 2026 na podlagi poziva »Primerjava geografskih in projiciranih koordinatnih sistemov v GIS«).

V GIS je bistveno zagotoviti, da vsi podatkovni nabori uporabljajo združljive koordinatne referenčne sisteme. Če podatkovne nabore z neusklajenimi CRS združimo brez ustrezne pretvorbe, so lahko rezultati prostorske analize netočni ali zavajajoči. Orodja GIS zagotavljajo

funkcije za ponovno projiciranje, ki podatke pretvorijo iz enega CRS v drugega in tako omogočajo dosledno analizo več podatkovnih naborov.

Pri običajnem delovnem toku GIS je priporočljivo **najprej nastaviti CRS projekta**. To je potrebno za samodejno poravnavo slojev. Nato je treba preveriti CRS vseh uporabljenih podatkovnih naborov v lastnostih sloja v izbranem orodju GIS. To je mogoče storiti tudi s pregledom spodnje vrstice stanja v orodju, kjer kode EPSG prikazujejo vrsto CRS, uporabljenega za sloj (npr. EPSG:4326 za geografski sistem WGS84). Neusklajeni CRS povzročijo napake pri prekrivanju. Ob neskladjih je treba neujemajoče se sloje za analizo znova projicirati (z orodjem, kot je "Reproject Layer"). Priporočljivo je tudi vizualno preizkusiti prekrivanja, saj lahko zaznana popačenja opozarjajo na težave. Ti koraki zagotavljajo prostorsko natančnost v projektih GIS.

Izzivi pri integraciji podatkov in kakovost prostorskih podatkov

Integracija prostorskih podatkov iz več virov kljub svojim prednostim prinaša več izzivov. Pogosta težava je **neusklajenost koordinat**, ko podatkovni nabori uporabljajo različne koordinatne referenčne sisteme ali projekcije. Brez ustreznega ponovnega projiciranja sloji na zemljevidu morda ne bodo pravilno poravnani.

Drug izziv je **časovna ločljivost**. Okoljski podatki se lahko zbirajo v različnih časovnih intervalih, na primer urni odčitki senzorjev v primerjavi z letnimi zemljevidi pokrovnosti tal. Integracija takšnih podatkov zahteva skrbno upoštevanje časovnih meril in metod sinhronizacije.

Izziv predstavljajo tudi **neskladja v metapodatkih**. Metapodatki opisujejo, kako so bili podatki zbrani, obdelani in strukturirani. Zaradi nepopolnih ali neskladnih metapodatkov je težko oceniti kakovost, natančnost ali primernost podatkov za določeno analizo. Zato sta razumevanje in upravljanje metapodatkov v GIS zelo pomembna za zagotavljanje zanesljivih rezultatov.

Kakovost prostorskih podatkov je še en ključen vidik analize GIS. Med ključne razsežnosti kakovosti prostorskih podatkov spadajo položajna, atributna in časovna natančnost ter popolnost in doslednost. Napake v prostorskih podatkih lahko privedejo do napačnih sklepov, zlasti pri odločanju na področju okolja. Netočne lokacije senzorjev lahko na primer popačijo zemljevide onesnaženosti, zastareli podatki o rabi zemljišč pa lahko napačno prikažejo trenutne okoljske razmere. Tehnologije GIS zagotavljajo orodja za preverjanje kakovosti podatkov, celovitosti geometrije in dokumentiranje negotovosti. Razumevanje omejitev podatkov je bistveno za odgovorno uporabo GIS v okoljskih aplikacijah.

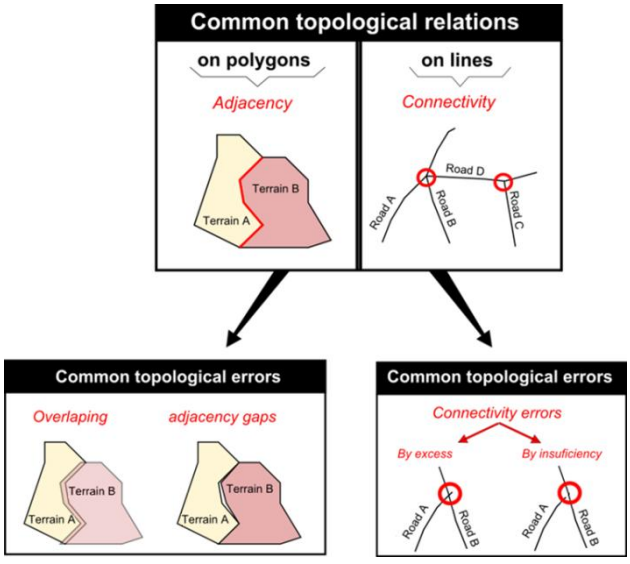
Prostorske poizvedbe, operacije in analize

Sistemi GIS poleg geometrije upravljajo tudi **topološke odnose** (Slika 3. 8), ki opisujejo medsebojne odnose prostorskih objektov. Topologija se namesto na natančno obliko ali velikost osredotoča na odnose, kot so sosednost, povezanost, vsebovanost in prekrivanje.

Med običajne topološke odnose spadajo:

- **Sekanje (Intersects)**: dva objekta imata skupen vsaj en del prostora
- **Vsebuje / je znotraj (Contains / Within)**: en objekt je v celoti znotraj drugega
- **Dotikanje (Touches)**: objekti imajo skupno mejo, vendar se ne prekrivajo
- **Prekrivanje (Overlaps)**: objekti imajo skupen del površine

Topologija je posebej pomembna pri okoljskih analizah. Ugotavljanje, kateri viri onesnaženja so znotraj določenega porečja, katere zemljiške parcele se sekajo z zavarovanimi habitati ali katere ceste prečkajo poplavno ogrožena območja, je na primer odvisno od topoloških odnosov. Prostorske podatkovne zbirke, kot sta PostGIS in Oracle Spatial, zagotavljajo vgrajene funkcije za učinkovito in natančno vrednotenje teh odnosov.



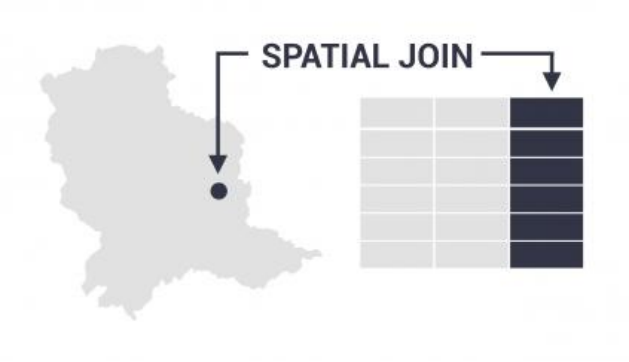
Slika 3. 8 Običajni topološki odnosi (slika je prirejena po [34])

Tehnologije GIS podpirajo širok nabor **prostorskih operacij**, ki omogočajo napredne analize.

Prostorsko združevanje omogoča prenos atributov iz enega podatkovnega niza v drugega na podlagi prostorskih razmerij (slika 3. 9), na primer pripisovanje meritev onesnaženosti upravnim regijam.

Operacije prekrivanja združujejo več prostorskih slojev, da ustvarijo nove podatkovne nize, na primer s presekom kart rabe tal in območij poplavne ogroženosti za prepoznavanje ranljivih območij. Te operacije so temeljnega pomena pri okoljskem načrtovanju in ocenjevanju tveganj.

Ponovna projekcija se uporablja za pretvorbo podatkovnih nizov v skupni koordinatni referenčni sistem, s čimer se zagotovi prostorska skladnost. Te operacije skupaj tvorijo analitično jedro GIS, podpirajo pa jih prostorske podatkovne zbirke, kot sta PostGIS in Oracle Spatial.



Slika 3. 9 Primer prostorskega združevanja (slika je prirejena po [35])

Trenutni trendi na področju AI in ML za geoprostorsko analizo

Umetna inteligenca (AI**)** in strojno učenje (ML) vse bolj preoblikujeta geoprostorsko analizo, saj omogočata avtomatizirano, razširljivo in inteligentno obdelavo prostorskih podatkov. To prepletanje, ki se pogosto imenuje **geoprostorska umetna inteligenca (GeoAI**), se hitro razvija in spreminja načine zbiranja, razlage in uporabe prostorskih informacij v različnih strokah.

Avtomatizacija in izločanje značilnosti

Modeli AI/ML, zlasti metode globokega učenja, se široko uporabljajo za avtomatizacijo zahtevnih geoprostorskih nalog, kot so klasifikacija slik, izločanje značilnosti in zaznavanje sprememb na satelitskih in letalskih posnetkih. Ti postopki so nekoč zahtevali obsežno ročno interpretacijo, zdaj pa jih je mogoče izvajati hitro in natančno, kar močno izboljšuje delovne tokove pri spremljanju okolja, urbanističnem načrtovanju in kartiranju infrastrukture.

Obdelava v realnem in skoraj realnem času

Zaradi vse večje računske zmogljivosti, robnega računalništva in optimiziranih algoritmov ML se geoprostorski sistemi AI usmerjajo k analizi prostorskih podatkov v realnem času. To omogoča hitro spremljanje razmer pri odzivanju na nesreče, upravljanju prometa in sledenju okoljskim

spremembam. Takšne zmogljivosti so ključne pri časovno občutljivih uporabah, kjer lahko zamude ogrozijo sprejemanje odločitev.

Integracija podatkov visoke ločljivosti

Vse širša uporaba senzorjev visoke ločljivosti, kot so LiDAR, radar s sintetično odprtino (SAR) ter multi- in hiperspektralni sateliti, zagotavlja bogate večdimenzionalne prostorske podatke [20]. Pristopi AI in ML, vključno z nevronskimi mrežami in tehnikami zlivanja podatkov, so bistveni za obdelavo in povezovanje teh podatkovnih nizov v skladne predstavitve za urbanistične, ekološke ali kmetijske analize.

Napovedno modeliranje in simulacija

Modeli ML se obsežno uporabljajo za napovedno prostorsko modeliranje [17], in sicer za napovedovanje sprememb rabe tal, vplivov podnebnih sprememb in demografskih vzorcev. Z združevanjem geoprostorskih značilnosti z okoljskimi in družbeno-ekonomskimi spremenljivkami ti modeli pomagajo simulirati prihodnje scenarije za načrtovanje in oblikovanje politik.

Inteligentni vmesniki GIS in interakcija v naravnem jeziku

Novejše raziskave preučujejo povezovanje generativne AI in velikih jezikovnih modelov (LLMs) z GIS za ustvarjanje avtonomnih agentov GIS. Ti sistemi uporabnikom omogočajo izvajanje prostorskih analiz v naravnem jeziku, s čimer zmanjšujejo ovire za nestrokovnjake in pospešujejo analitične delovne tokove.

Usklajenost s trajnostnostjo in SDGs

Geoprostorska AI ima vse pomembnejšo vlogo pri spremljanju okoljskih izzivov, povezanih s cilji trajnostnega razvoja Združenih narodov (SDGs), in odzivanju nanje. AI/ML prispeva k natančnejšemu kartiranju pokrovnosti tal, ocenjevanju tveganja nesreč, spremljanju podnebja in upravljanju virov ter tako podpira podatkovno utemeljene strategije za odpornost in trajnostnost.

Etična, razložljiva in vključujoča AI

Z naraščajočo odvisnostjo od AI se povečuje tudi potreba po razložljivosti, preglednosti in etični uporabi modelov ML pri prostorskem odločanju. To vključuje zagotavljanje pravičnosti, zmanjševanje pristranskosti v prostorskih podatkovnih nizih in omogočanje dostopa do orodij AI širšim skupinam uporabnikov, od raziskovalcev do načrtovalcev v lokalnih skupnostih.

Praktični primer v okolju Oracle Spatial: nalaganje in vizualizacija geoprostorskih podatkov

Kot je bilo podrobneje pojasnjeno že prej, so geoprostorski podatki postali bistveni sestavni del sodobnih podatkovno vodenih aplikacij, od lokacijskih storitev do spremljanja okolja in urbanističnega načrtovanja. Oracle Spatial [21] zagotavlja robustno ogrodje za shranjevanje, upravljanje, analiziranje in vizualizacijo geoprostorskih podatkov znotraj ekosistema Oracle Database. Z razširitvijo zmogljivosti običajne relacijske podatkovne zbirke s prostorskimi funkcijami Oracle Spatial razvijalcem, strokovnjakom GIS in podatkovnim analitikom omogoča obdelavo zahtevnih geoprostorskih podatkovnih nizov, izvajanje prostorskih poizvedb, ustvarjanje vizualnih predstavitev ter neposredno vključevanje lokacijske inteligence v aplikacije.

Oracle Spatial je mogoče namestiti bodisi kot del Oraclovih storitev v oblaku bodisi lokalno na osebnem računalniku. Pogosto je primernejša namestitev lokalnega primerka, saj omogoča popoln nadzor nad okoljem, preizkušanje z različnimi podatkovnimi nizi in raziskovanje prostorskih funkcionalnosti podatkovne zbirke brez odvisnosti od zunanjih strežnikov ali omrežne povezave. V tem poglavju se bomo osredotočili na lokalno namestitev z uporabo Oracle Spatial Studio [22], aplikacije, zasnovane v programskem jeziku Java, ki omogoča lažjo vizualizacijo, upravljanje in analizo prostorskih podatkov, shranjenih v Oracle Database.

Prostorski podatki, uvoženi v Oracle Spatial, navadno izvirajo iz javno dostopnih virov, odprtih podatkovnih nizov ali lastniških zbirk. Za ta primer sta izbrana dva reprezentativna podatkovna niza: (1) poti zgodovinskih tornadov v Združenih državah Amerike v obdobju 1950–2024, ki jih je zagotovila National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) [24], ter (2) podatkovni niz mest v ZDA, ki vključuje osnovne demografske in geografske atribute ter je pridobljen s portala data.gov [26]. NOAA za alternativni vaji ponuja tudi poti zgodovinskih neviht s točo in vetrov za podobno časovno obdobje [25]. Ti podatkovni nizi so izbrani za prikaz praktične uporabe prostorske analize, vključno z vizualizacijo, analizo bližine in prepoznavanjem časovnih vzorcev. Podatkovni niz tornadov predstavljajo **lomljene črte**, ki sledijo gibanju neurij skozi čas, podatkovni niz mest pa sestavljajo **posamezne točke** s pripadajočimi **metapodatki**, kot so **število prebivalcev, zvezna država in geografske koordinate (zemljepisna širina in dolžina)**. Kombinacija točkovnih in linijskih podatkov zagotavlja smiseln okvir za prikaz preseka več prostorskih podatkovnih nizov ter analizo geoprostorskih razmerij.

Pri uvozu podatkov v Oracle Spatial Studio je treba izrecno navesti stolpca zemljepisne širine in dolžine, ki se uporabita za ustvarjanje točkovnih geometrij ter pravilno umestitev podatkov v koordinatni referenčni sistem. Pravilna preslikava stolpcev je bistvena, da vizualizacije prikazujejo

točne geografske položaje. Oracle Spatial Studio podpira več koordinatnih referenčnih sistemov (CRS) in identifikatorjev prostorskih referenčnih sistemov (SRID), ki določajo način projekcije podatkov na dvodimenzionalni zemljevid. Za globalne podatkovne nize se pogosto uporablja World Geodetic System 1984 (WGS84), ki omogoča dosledno vizualizacijo in primerjavo različnih podatkovnih nizov. Napačna določitev SRID ali preslikave koordinat lahko povzroči zamaknjene točke, napačne izračune razdalj ali neveljavne analize, zato je ta korak ključnega pomena za vse geoprostorske delovne tokove.

Časovni obseg te analize določa razpoložljivost zgodovinskih podatkov, ki v podatkovnem nizu tornadov zajemajo obdobje od leta 1950 do leta 2024. Tako dolga časovna vrsta omogoča prepoznavanje trendov pojavljanja, pogostosti in geografske porazdelitve skrajnih vremenskih dogodkov. Vključitev časovnih atributov v podatkovni niz uporabnikom omogoča analize, ki presegajo statično kartiranje, kot so preučevanje sprememb poti neurij skozi desetletja, izračunavanje pogostosti neurij, ki prizadenejo posamezna mesta, ter povezovanje skrajnih dogodkov z okoljskimi ali družbeno-ekonomskimi dejavniki.

Po uvozu podatkovnih nizov ustvarjanje projekta v Spatial Studio zagotovi strukturirano okolje za vizualizacijo in analizo. Projekti so interaktivna delovna platna, na katerih se podatkovni nizi razvrščajo po slojih, obdelujejo in poizvedujejo. V projektu lahko uporabniki izvajajo prostorske operacije, kot so ustvarjanje vmesnih območij, presek, iskanje najbližjih sosedov in gručenje, ter vizualno raziskovanje z uporabo kartnih slojev, barvnega označevanja in filtriranja po atributih. Te funkcionalnosti analitikom omogočajo pridobivanje vpogledov v geoprostorska razmerja in vzorce ter podpirajo raziskovalno in operativno odločanje.

Spatial Studio vključuje tudi sistem za spremljanje opravil, namenjen upravljanju dolgotrajnih postopkov, kot so uvoz podatkov, zahtevne prostorske poizvedbe in paketne operacije. Opravila zagotavljajo povratne informacije o stanju izvajanja v realnem času, zato lahko uporabniki spremljajo napredek, zaznajo napake in optimizirajo učinkovitost delovnih tokov. Učinkovita uporaba opravil je posebej pomembna pri delu z velikimi podatkovnimi nizi, ki obsegajo več desetletij ali na tisoče zapisov, saj zagotavlja odzivnost in ponovljivost analiz.

Povezava z Oracle Database zagotavlja, da so vsi uvoženi in obdelani podatki shranjeni v relacijski obliki, ki omogoča poizvedovanje. Tabele, ustvarjene iz uvoženih podatkovnih nizov, ohranijo metapodatke, kot so časovni žigi, SRID, vrste geometrije in pripadajoči atributi. Ta struktura omogoča nadaljnjo analizo z uporabo poizvedb SQL, prostorskih funkcij in orodij za strojno učenje, vgrajenih v podatkovno zbirko, ter zagotavlja nemoten prehod od surovih geoprostorskih podatkov do napredne analitike.

Če povzamemo, delovni tok tega praktičnega primera vključuje izbiro ustreznih podatkovnih nizov, določitev koordinatnih stolpcev, dodelitev prostorskih referenčnih sistemov, ustvarjanje projektnega delovnega prostora ter izvajanje vizualnih in analitičnih operacij. Ta pristop prikazuje zmogljivost Oracle Spatial Studio za združevanje upravljanja podatkov, geoprostorske analize in vizualizacije na enotni platformi ter zagotavlja osnovo za naprednejše raziskave okoljskih vzorcev, urbanističnega načrtovanja in ocenjevanja tveganj.

Prvi koraki (predpogoji)

Za spremljanje teh navodil in izvajanje vaj morate imeti v računalniku lokalno nameščeno naslednjo programsko opremo:

1. **Oracle Database Express Edition (XE)** – lahka in **brezplačna različica** Oracle Database, primerna za lokalni razvoj. Podpira temeljne funkcionalnosti podatkovne zbirke in omogoča ustvarjanje prostorskih shem, potrebnih za Oracle Spatial. (POVEZAVA za prenos)
2. **Oracle SQL Developer** – **namizni odjemalec** z **grafičnim vmesnikom** za povezovanje s podatkovnimi zbirkami Oracle, izvajanje ukazov SQL, upravljanje shem in pregledovanje podatkov. Čeprav Oracle ponuja razširitev SQL Developer za VS Code, se bomo v teh navodilih osredotočili na samostojno namizno različico. (POVEZAVA za prenos)
3. **Oracle Spatial Studio** – aplikacija, zasnovana posebej za delo s prostorskimi podatki v Oracle Database. Zagotavlja grafično okolje za uvažanje podatkovnih nizov, ustvarjanje projektov, izvajanje prostorskih analiz ter vizualizacijo rezultatov v obliki interaktivnih zemljevidov in grafikonov. (POVEZAVA za prenos)

Te komponente skupaj tvorijo celovit ekosistem, v katerem je mogoče geoprostorske podatke nalagati, obdelovati, analizirati in vizualizirati na strukturiran in interaktiven način.

Spoznavanje okolja Spatial Studio

Oracle Spatial Studio organizira delovni tok okoli več ključnih pojmov, ki jih je treba razumeti pred začetkom praktičnih primerov:

- **Connections** (povezave): povezava predstavlja povezavo z določenim primerkom podatkovne zbirke Oracle. Vsaka povezava vsebuje poverilnice za preverjanje pristnosti, podatke o gostitelju in dostop do sheme. Povezave so prvi korak pri dostopu do

prostorskih podatkov, saj Spatial Studio brez povezave ne more pridobivati ali obdelovati podatkovnih nizov.

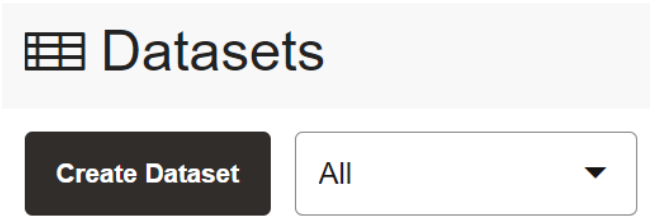
- **Datasets** (podatkovni nizi): podatkovni nizi so sklici na podatkovne vire, shranjene lokalno ali v povezani podatkovni zbirki. Podatkovni niz je lahko zbirka točk, črt, poligonov ali drugih prostorskih objektov ter je glavni vhod za analize in vizualizacije. Podatkovni nizi so lahko statični in predstavljajo nespremenljiv nabor podatkov ali dinamični in odražajo sprotne posodobitve oziroma spremembe v izvorni podatkovni zbirki.
- **Projects** (projekti): projekti delujejo kot delovni prostori ali platna v okolju Spatial Studio. V projektu lahko uporabniki z vlečenjem in spuščanjem dodajajo podatkovne nize, prikazujejo prostorske podatke na zemljevidih in nastavljajo analize. Projekti zagotavljajo urejeno okolje za preizkušanje, v katerem lahko uporabniki izvajajo zahtevne poizvedbe in vizualizirajo rezultate, ne da bi spreminjali osnovne podatkovne nize.
- **Jobs** (opravila): opravila so procesi v ozadju, ki spremljajo izvajanje nalog, kot so uvoz podatkov, analize ali pretvorbe. Zagotavljajo povratne informacije o napredku v realnem času in omogočajo asinhrono izvajanje operacij, katerih dokončanje lahko traja dlje, tako da uporabniški vmesnik ostane odziven.

Razumevanje teh komponent je ključnega pomena, saj tvorijo ogrodje delovnega toka v okolju Spatial Studio in določajo način interakcije uporabnikov s prostorskimi podatki.

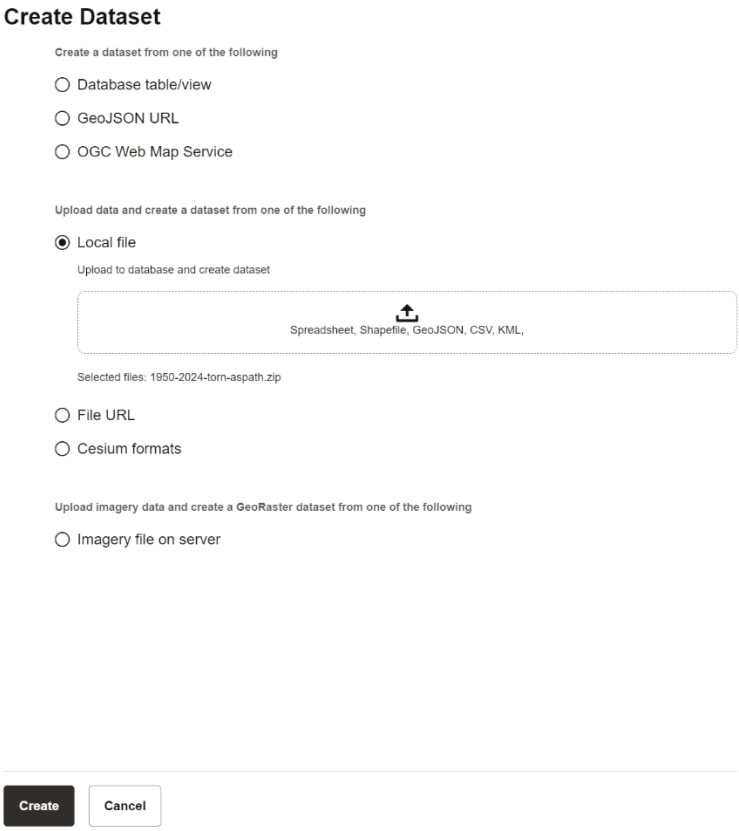
Praktični primer: uvoz in vizualizacija poti tornadov

Za ponazoritev funkcionalnosti Oracle Spatial si oglejmo naslednji primer: kot smo že navedli, bomo delali z dvema podatkovnima nizoma, in sicer z zgodovinskimi potmi tornadov v Združenih državah Amerike med letoma 1950 in 2024 ter s seznamom vseh mest v Združenih državah Amerike, ki vključuje osnovne demografske in geografske podatke. Ta podatkovna niza sta primerna za prikaz prostorskih poizvedb, vizualizacije in analize.

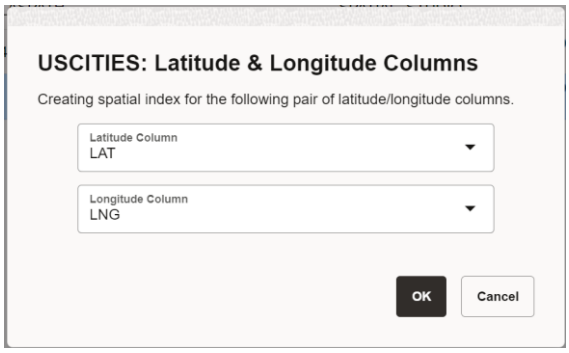
V novem projektu najprej odprite podokno Datasets v okolju Spatial Studio in izberite »Create Dataset«, kot je prikazano na sliki 3. 10. Nato izberite ustrezno obliko zapisa datoteke (CSV, GeoJSON ali shapefile), kot je prikazano na sliki 3. 11. Za vsak podatkovni niz, ki vsebuje geografske koordinate, je ključno izrecno določiti, kateri stolpci ustrezajo zemljepisni širini in dolžini. Spatial Studio s pomočjo te preslikave pravilno razlaga podatke in ustvari prostorske točke na zemljevidu. V našem primeru bo imel podatkovni niz mest stolpca z oznakama lat in lon, ki ju je treba pravilno določiti za prikaz položajev mest, kot je prikazano na sliki 3. 12.



Slika 3. 10 Ustvarjanje novega podatkovnega niza iz tabele ali obstoječega podatkovnega niza v Oracle Spatial Studio

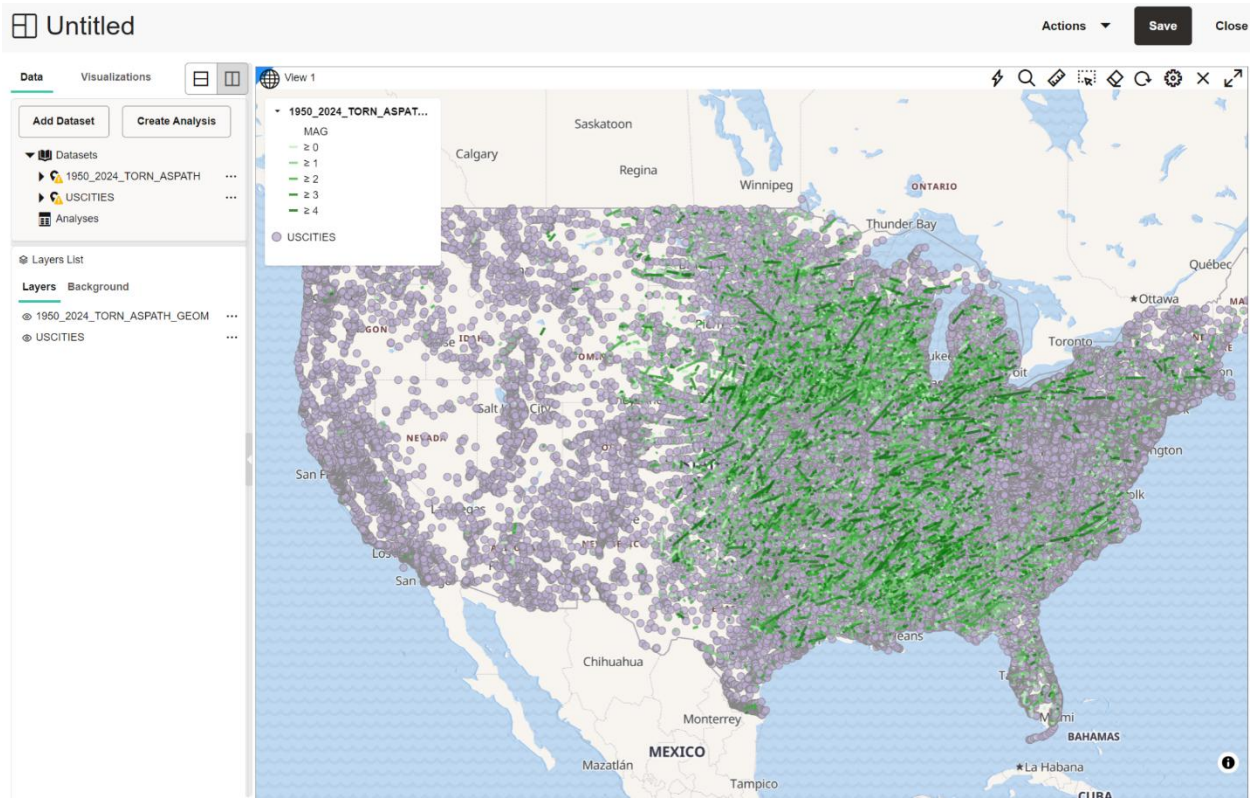


Slika 3. 11 Nalaganje lokalnega podatkovnega niza v projekt



Slika 3. 12 Določanje zemljepisne širine in dolžine za točke, ki bodo ustvarjene na zemljevidu sveta

Po uvozu podatkovnih nizov ustvarite nov projekt in vanj dodajte oba podatkovna niza. Ko ju dodate, ju lahko povlečete na zemljevid, s čimer ustvarite njuni vizualni predstavitvi. Poti tornadov bodo prikazane kot črte ali lomljene črte, ki sledijo njihovemu gibanju po Združenih državah Amerike skozi čas, mesta pa kot točke, ki ustrezajo njihovim geografskim koordinatam, kakor je prikazano na sliki 3. 13. Ta vizualna predstavitev omogoča intuitivno razumevanje prostorskega razmerja med različnimi podatkovnimi nizi. Podatke je mogoče slogovno oblikovati in tako nadzirati njihov videz na zemljevidu, vključno z barvo, velikostjo in vedenjem, kar omogoča veliko prilagodljivost.



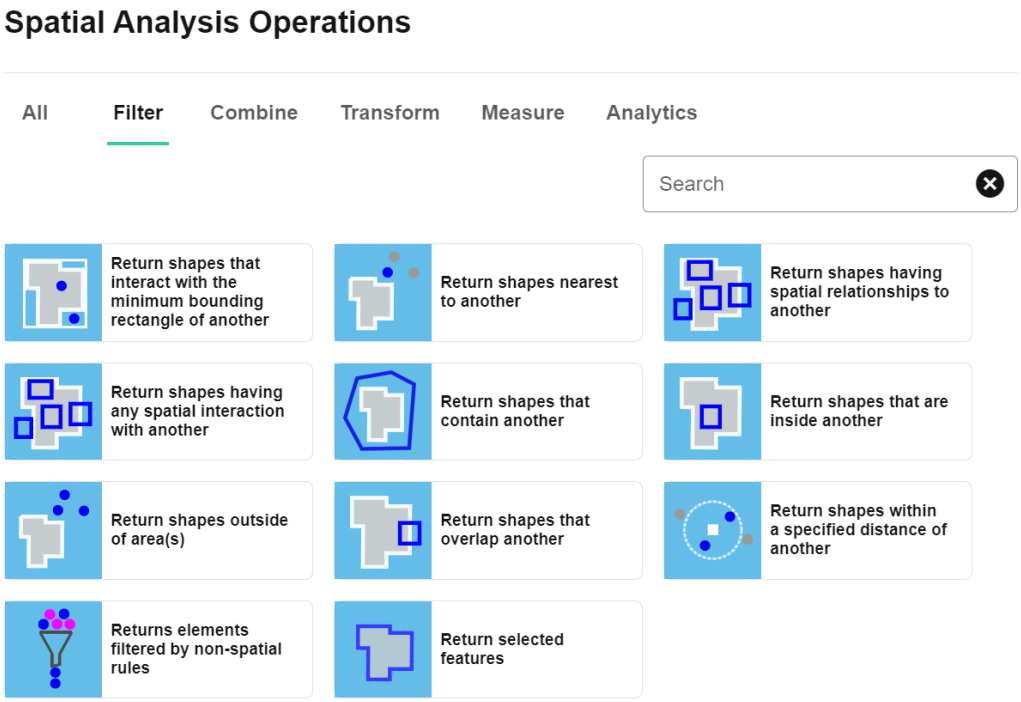
Slika 3. 13 Podatki, prikazani na zemljevidu v Oracle Spatial Studio

Oracle Spatial Studio ponuja različna orodja za izvajanje prostorskih analiz. Izračunate lahko na primer razdalje med mesti in potmi tornadov, da ugotovite, katera mestna območja so v preteklosti prizadeli hudi vremenski pojavi. Druge analize lahko vključujejo iskanje gruč območij z visokim tveganjem, prepoznavanje presekov med različnimi geoprostorskimi sloji ali izračun površine, ki so jo prizadeli določeni dogodki. Te operacije izkoriščajo zmogljivosti prostorskega indeksiranja in poizvedovanja v Oracle Database ter omogočajo učinkovito izvajanje zahtevnih izračunov nad velikimi podatkovnimi nizi.

Operacije prostorske analize

Oracle Spatial vsebuje celovit nabor vgrajenih operacij in orodij za prostorsko analizo, ki tradicionalno poizvedovanje SQL razširjajo z geografsko inteligenco. Te operacije uporabnikom omogočajo analizo atributov podatkov in prostorskih razmerij med geografskimi objekti, kot so točke, črte in poligoni. Jedro analitičnih zmogljivosti Oracle Spatial so prostorski predikati in funkcije, ki podpirajo običajne operacije GIS, vključno z izračuni razdalj, zaznavanjem presekov, preverjanjem vsebovanosti, iskanjem bližine in ustvarjanjem vmesnih območij. Z uporabo teh operacij lahko analitiki ugotovijo, ali se dve geometriji prekrivata, ali točka leži znotraj določenega območja oziroma kako oddaljena sta prostorska objekta. Poizvedbe se izvedejo neposredno v

mehanizmu podatkovne zbirke in izkoristijo mehanizme prostorskega indeksiranja, ki občutno izboljšajo zmogljivost pri delu z velikimi podatkovnimi nizi.



Slika 3. 14 Orodja za operacije prostorske analize

Poleg osnovnih prostorskih predikatov Oracle Spatial podpira naprednejše analitične operacije, ki omogočajo zahtevno geografsko sklepanje. Operacije ustvarjanja vmesnih območij uporabnikom omogočajo ustvarjanje pasov okoli prostorskih objektov, kar je posebej uporabno za analize na podlagi bližine, na primer za prepoznavanje mest znotraj določene razdalje od poti neurij ali prometnih koridorjev. Operacije prekrivanja in preseka omogočajo združevanje več prostorskih slojev za prepoznavanje območij prekrivanja ter podpirajo analize, kot sta ugotavljanje, katere regije prizadenejo skrajni vremenski dogodki, in ocenjevanje izpostavljenosti infrastrukture. Oracle Spatial poleg tega vključuje funkcije za prostorsko agregiranje in preoblikovanje geometrije, ki uporabnikom omogočajo poenostavljanje geometrij, ponovno projekcijo podatkov v druge koordinatne sisteme ter izračun izpeljanih prostorskih atributov, kot sta površina in dolžina. Te operacije skupaj tvorijo zmogljiv analitični nabor orodij, prikazan na sliki 3. 14, ki omogoča raziskovanje, vizualizacijo in razlago prostorskih vzorcev ter razmerij v enotnem okolju podatkovne zbirke.

Po izvedbi analiz je mogoče rezultate shraniti v podatkovno zbirko kot nove podatkovne nize, jih izvoziti v zunanje datoteke za poročanje ali jih neposredno prikazati v projektu za predstavitvene

namene. Spatial Studio podpira več oblik zapisa za izvoz in tako zagotavlja združljivost z drugo programsko opremo GIS ali platformami za izmenjavo podatkov.

Primer operacije je analiza bližine, ki ovrednoti razdalje med prostorskimi objekti. Oracle Spatial na primer zagotavlja predikate na podlagi razdalje, s katerimi lahko uporabniki prepoznajo mesta znotraj določenega polmera od poti neurja. To je posebej uporabno pri okoljskih analizah in analizah tveganja, pri katerih prostorsko izpostavljenost opredeljuje geografska bližina in ne neposredni presek. Naslednji primer izbere mesta, ki so od katere koli poti neurja oddaljena največ 50 kilometrov:

```
SELECT c.city_name
FROM cities c, storm_paths s
WHERE SDO_WITHIN_DISTANCE(
        c.geom,
        s.geom,
        'distance=50 unit=km'
      ) = 'TRUE';
```

Poleg bližine imajo pri prostorski analizi ključno vlogo topološka razmerja. Oracle Spatial podpira predikate, kot so intersects, contains in inside, ki opisujejo medsebojna prostorska razmerja dveh geometrij. S funkcijo SDO_RELATE je na primer mogoče ugotoviti, ali pot neurja seka določeno upravno regijo:

```
SELECT r.region_name
FROM regions r, storm_paths s
WHERE SDO_RELATE(
        r.geom,
        s.geom,
        'mask=ANYINTERACT'
      ) = 'TRUE';
```

Druga pomembna skupina operacij je ustvarjanje vmesnih območij, pri katerem nastanejo nove geometrije, ki predstavljajo pasove okoli obstoječih prostorskih objektov. Vmesna območja se pogosto uporabljajo za modeliranje območij vpliva ali učinka, na primer za določitev prizadetega območja okoli poti neurja. Nastalo geometrijo vmesnega območja je mogoče shraniti, vizualizirati ali nadalje analizirati. Spodaj je prikazan primer ustvarjanja 25-kilometrskega vmesnega območja okoli poti neurij:

```
SELECT SDO_GEOM.SDO_BUFFER(
         s.geom,
         25,
         0.005
       ) AS buffer_geom
FROM storm_paths s;
```

Oracle Spatial podpira tudi prostorske meritve in operacije nad geometrijami, vključno z izračunom razdalj, površin in presekov med geometrijami. Te funkcije omogočajo kvantitativno prostorsko analizo, kot sta izračun natančne razdalje med mestom in potjo neurja ali določitev površine prekrivanja med prostorskima objektoma. Razdaljo med določenim mestom in potjo neurja lahko na primer izračunamo tako:

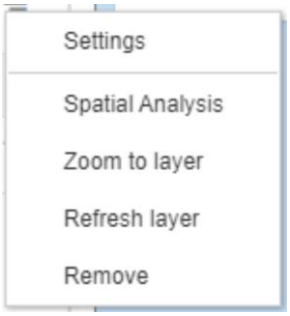
```
SELECT SDO_GEOM.SDO_DISTANCE(
         c.geom,
         s.geom,
         0.005
       ) AS distance_in_units
FROM cities c, storm_paths s
WHERE c.city_name = 'Tucson';
```

Te prostorske operacije skupaj tvorijo analitični temelj Oracle Spatial. Z združevanjem prostorskih predikatov, izračunov razdalj in pretvorb geometrij lahko uporabniki presežejo preprosto vizualizacijo zemljevidov ter izvajajo dosledne prostorske analize neposredno v podatkovni zbirki. Ta integrirani pristop omogoča ponovljive, razširljive in razložljive delovne tokove GIS, primerne za raziskovanje, izobraževanje in sprejemanje odločitev v praksi.

Prostorska analiza: mesta znotraj 100 km od poti neurja

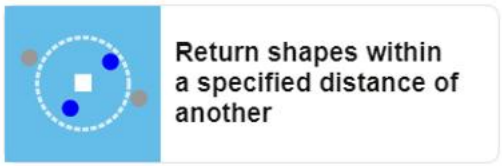
Čeprav je mogoče operacije prostorske analize v Oracle Spatial izrecno zapisati s funkcijami SQL, je treba poudariti, da pri večini običajnih delovnih tokov ročno pisanje poizvedb ni potrebno. Oracle Spatial Studio zagotavlja grafični interaktivni vmesnik, v katerem je mogoče prostorske operacije, kot so ustvarjanje vmesnih območij, presek, iskanje bližine in prostorsko filtriranje, izvajati prek nastavljivih pogovornih oken in orodij v menijih. Operacije se izvedejo tako, da uporabnik izbere podatkovne nize in želeno prostorsko operacijo ter določi parametre, kot so mejne vrednosti razdalje ali geometrijska razmerja. Spatial Studio v ozadju samodejno ustvari in izvede ustrezne stavke SQL, s čimer uporabniku skrije zapletenost sintakse prostorskih funkcij ter zagotavlja pravilnost in doslednost. Ta pristop uporabnikom z omejenimi izkušnjami s SQL ali programiranjem GIS omogoča izvajanje naprednih prostorskih poizvedb.

V naslednjem primeru bomo analizirali pot neurja glede na mesta, ki so od nje oddaljena največ sto kilometrov. V ta namen bomo ustvarili novo prostorsko analizo, tako da kliknemo meni dejanj podatkovnega sloja s potmi neurij, kot je prikazano na sliki 3. 15.



Slika 3. 15 Meni dejanj podatkovnega sloja

To nas pripelje do okna z operacijami prostorske analize, kjer imamo na voljo številne možnosti za samostojno analizo. Poiščemo operacijo »Return shapes within a specified distance of another«, prikazano na Sliki 3. 16. V tem primeru bomo izvedli filtriranje, pri katerem bomo izbrali vsa mesta v bližini izbranega tornada.

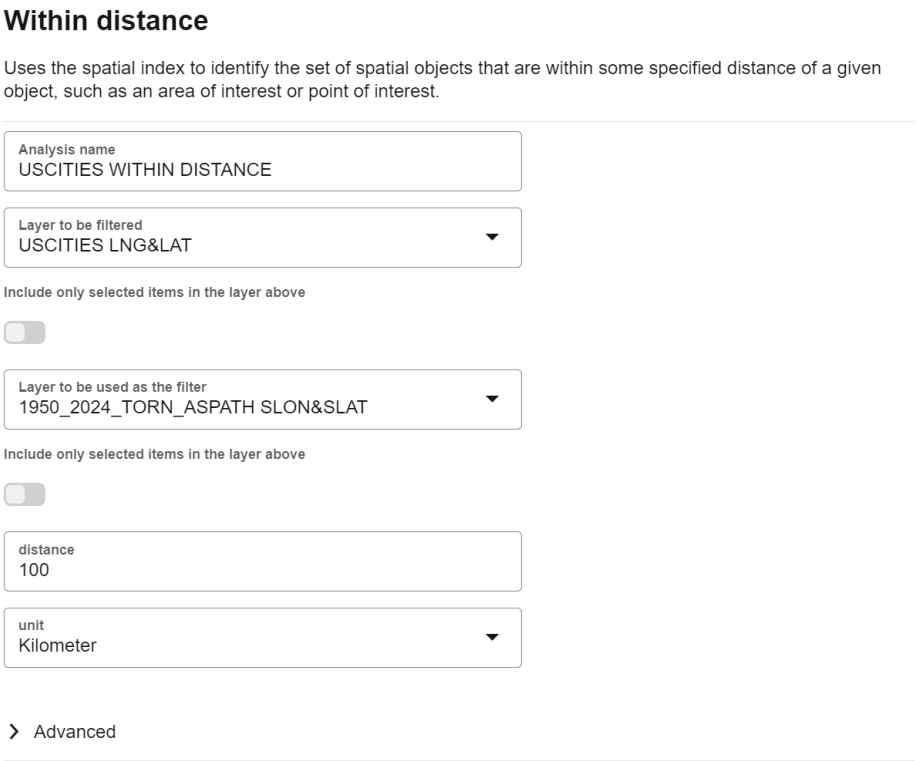


Slika 3. 16 Zahtevana prostorska operacija

Prostorska operacija »znotraj določene razdalje« je pogosto uporabljena analiza bližine v GIS, saj omogoča izbiro geografskih objektov glede na njihovo prostorsko bližino in ne glede na neposredno geometrijsko prekrivanje. V nasprotju s poizvedbami na podlagi preseka, pri katerih se morata geometriji fizično sekati ali prekrivati, operacije znotraj določene razdalje upoštevajo posredne vplive in prostorsko sosednost. Zato so še posebej primerne za analizo morebitnega vpliva linearnih pojavov, kot so poti neviht, prometni koridorji ali reke, na okoliške točkovne objekte, kot so mesta ali infrastruktura. Z določitvijo praga razdalje analiza pretvori geografsko bližino v merljivo in ponovljivo merilo.

Po aktiviranju se odpre novo okno, v katerem lahko določimo filtrirni sloj – v našem primeru pot neurja – ter razdaljo in mersko enoto; v našem primeru gre za razdaljo sto kilometrov, kot prikazuje slika 3. 17. Po zagonu se analiza prikaže na levi strani v razdelku za analize, od koder jo lahko povlečemo in spustimo na zemljevid. Tako kot prej jo lahko za boljšo vizualizacijo oblikujemo z različnimi barvami, oblikami in velikostmi, zlasti kot prekrivni sloj že obstoječih podatkovnih nizov, ki so bili dodani na zemljevid. Končni prikaz je viden na Sliki 3. 18. Ko je analiza na zemljevidu, jo lahko prilagodimo tako, da v njenem meniju dejanj odpremo parametre. Trenutno je razdalja na

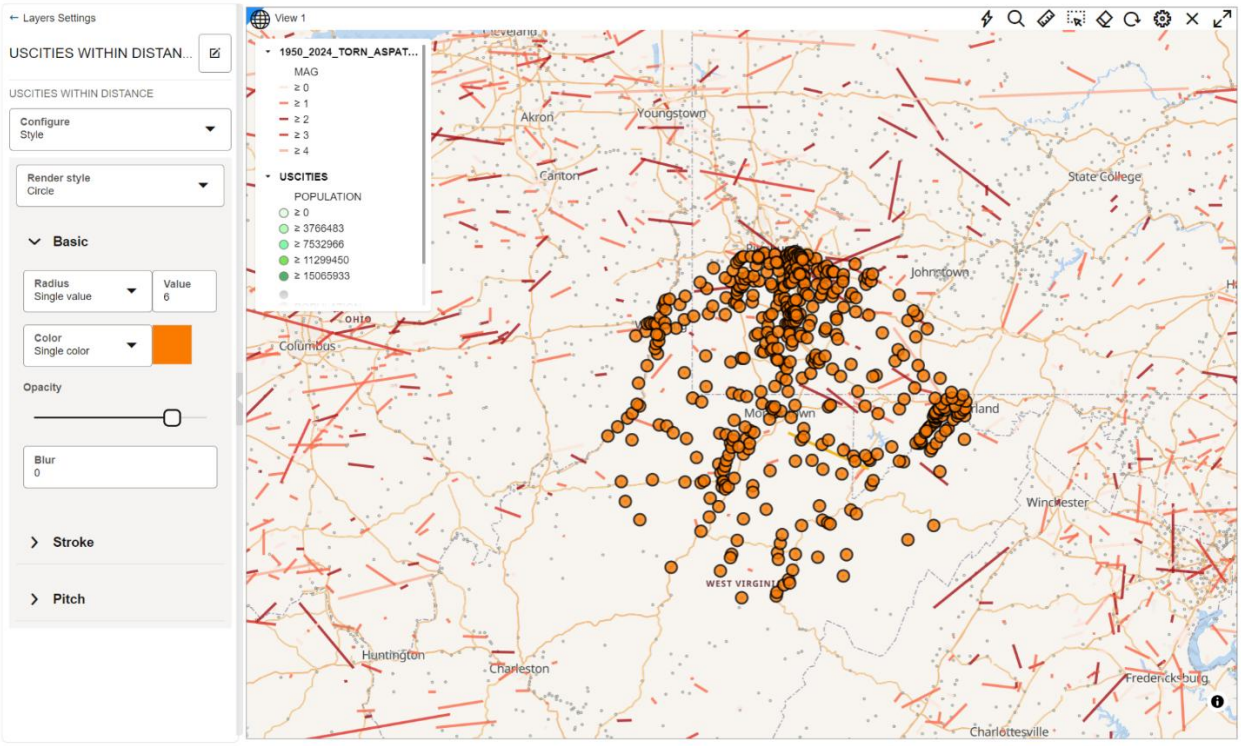
primer nastavljena na sto kilometrov; če jo želimo povečati na dvesto kilometrov, lahko vrednost spremenimo in analizo znova zaženemo ter tako prikažemo nova mesta, ki so od tornada bolj oddaljena.



Slika 3. 17 Določitev sloja, razdalje in enote za filtriranje

Pomembna prednost tega pristopa je njegova interaktivna in raziskovalna narava. S prilagajanjem parametra razdalje in ponovnim zagonom analize lahko uporabniki takoj opazujejo, kako se množica prizadetih mest spreminja s širjenjem ali krčenjem vplivnega območja. To podpira analizo na podlagi scenarijev, pri kateri je mogoče preizkusiti različne predpostavke o razdalji vpliva brez spreminjanja osnovnih podatkovnih nizov. Takšno iterativno raziskovanje je ena ključnih prednosti grafičnih orodij GIS, saj uporabnikom omogoča pridobivanje intuitivnega razumevanja prostorske občutljivosti in geografskega merila, hkrati pa ohranja analitično strogost.

Čeprav ta analiza ne zahteva programiranja, lahko še vedno odpremo lastnosti in preverimo kodo SQL, ki jo je Oracle Spatial Studio pripravil z uporabo prostorskih operatorjev za iskanje objektov v določeni bližini.



Slika 3. 18 Dokončan zemljevid z uporabo prostorske analize

Čeprav se ta primer osredotoča na eno samo pot nevihte in določen prag razdalje, je isto operacijo znotraj določene razdalje mogoče uporabiti v številnih scenarijih prostorske analize. Poizvedbe na podlagi bližine se pogosto uporabljajo pri urbanističnem načrtovanju, ocenjevanju okoljskih tveganj, analizi infrastrukture in obvladovanju izrednih razmer za prepoznavanje območij morebitne izpostavljenosti ali vpliva. Oracle Spatial Studio z združevanjem interaktivne vizualizacije in prostorskih izračunov, podprtih s podatkovno zbirko, uporabnikom omogoča izvajanje zanesljivih analiz bližine brez ročnega razvoja kode SQL, pri čemer ohranja preglednost z dostopom do samodejno ustvarjenih prostorskih poizvedb. Operacija znotraj določene razdalje je zato bistven gradnik naprednejših analiz GIS in delovnih postopkov za podporo prostorskemu odločanju.

Naloge za vajo

- Prenesite geoprostorske podatkovne nize, kot so poti neviht in mesta v izbrani državi ali regiji, na primer v Evropi (npr. podatkovne nize iz virov Eurostat [45], Natural Earth [46] ali virov, izpeljanih iz OpenStreetMap [47], poti neviht ali ekstremnih vremenskih pojavov iz EUMETSAT [48], ponovne analize ECMWF [49] ali vseevropske meteorološke arhive).
- Prenesene podatkovne nize uvozite v Oracle Spatial Studio z uporabo podprtih formatov, kot sta CSV ali GeoJSON.

- Določite prostorske atribute in koordinatne sisteme, pri čemer izrecno preslikajte stolpca za zemljepisno širino in dolžino ter dodelite ustrezen prostorski referenčni sistem, da zagotovite pravilno geografsko predstavitev.
- V projektnem delovnem prostoru vizualizirajte prostorske podatkovne nize tako, da na interaktivnem zemljevidu prekrijete več slojev (npr. poti neviht in lokacije mest).
- Izpeljite prostorske kazalnike na podlagi geografskih razmerij (npr. razdaljo vsakega mesta do najbližje poti nevihte, število poti neviht, ki sekajo določeno upravno območje, in prostorsko gostoto nevihtnih dogodkov skozi čas).
- Izvedite prostorske poizvedbe in analize, vključno z ustvarjanjem vmesnih območij, preseki in analizo bližine.
- Rezultate predstavite s prostorsko vizualizacijo, pri čemer uporabite tematske zemljevide, barvno označene sloje in oblikovanje na podlagi atributov.
- Razložite prostorske vzorce in rezultate, prepoznajte regije z večjo izpostavljenostjo nevihtam ter obravnavajte možne geografske ali okoljske dejavnike, ki vplivajo na te vzorce.
- Primerjajte prostorske vzorce med različnimi časovnimi obdobji in ocenite, ali se je geografska porazdelitev oziroma intenzivnost vplivov neviht skozi čas spremenila.

Ocenjevanje

Kaj je glavni namen geografskega informacijskega sistema (GIS)?

A. Shranjevanje številčnih podatkov v obliki tabel
B. Analiziranje in vizualiziranje podatkov na podlagi geografske lokacije
C. Nadomeščanje relacijskih podatkovnih zbirk
D. Ustvarjanje modelov strojnega učenja

Katera od naslednjih možnosti najbolje opisuje prostorski podatkovni tip?

A. Podatkovni tip, ki se uporablja samo za analizo časovnih vrst
B. Podatkovni tip, ki predstavlja geografske objekte, kot so točke, črte ali poligoni
C. Stisnjen format za velike podatkovne nize
D. Podatkovni tip, ki se uporablja izključno za rastrske slike

Kakšna je vloga koordinatnega referenčnega sistema (CRS) v aplikacijah GIS?

A. Določanje načina šifriranja geografskih podatkov
B. Določanje načina projekcije in umestitve prostorskih podatkov na zemeljsko površje
C. Nadzor dovoljenj za dostop do podatkovne zbirke

D. Optimiziranje hitrosti izvajanja poizvedb

Katera prostorska operacija je najprimernejša za prepoznavanje mest, ki ležijo znotraj določene razdalje od poti nevihte?

A. Filtriranje po atributih
B. Ustvarjanje vmesnih območij in analiza bližine
C. Normalizacija podatkov
D. Združevanje tabel

Kako Oracle Spatial Studio uporabnikom poenostavi prostorsko analizo?

A. Tako, da od uporabnikov zahteva ročno pisanje zapletenih prostorskih poizvedb SQL
B. Tako, da analizo omeji na vnaprej določene podatkovne nize
C. Tako, da zagotavlja grafični vmesnik, ki samodejno ustvarja prostorske poizvedbe
D. Tako, da prostorske podatke shranjuje zunaj podatkovne zbirke

Viri

[1] Goodchild, M. F. *Geographical Information Science.* International Journal of Geographical Information Systems *6,* no. 1 (1992): 31–45. https://doi.org/10.1080/02693799208901893

[2] Longley P. A., Goodchild M. F., Maguire D. J., and Rhind D. W.. *Geographic Information Systems and Science*. 4th ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2015.

[3] Wael A., Suhaib M., Adel E.S., Salem M. *Tigris River water surface quality monitoring using remote sensing data and GIS techniques*. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, Volume 26, Issue 3, December 2023, Pages 816-825, https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2023.09.001

[4] NASA Earth Observatory. *Remote Sensing and GIS for Environmental Monitoring*. https://earthobservatory.nasa.gov (Dostopano januarja 2026)

[5] NASA Earthdata. *Worldview: Interactive Visualization of Earth Science Data*. https://worldview.earthdata.nasa.gov (Dostopano januarja 2026)

[6] Burrough, Peter A., Rachael A. McDonnell, and Christopher D. Lloyd. *Principles of Geographical Information Systems*. 3rd ed. Oxford: Oxford University Press, 2015.

[7] Global Forest Watch. *Forest Monitoring Designed for Action*. https://www.globalforestwatch.org/ (Dostopano januarja 2026)

[8] *GIS Data Types: Vector vs. Raster.* Geospatial Innovation Facility, UC Berkeley, http://gif.berkeley.edu/documents/GIS_Data_Formats.pdf (Dostopano januarja 2026)

[9] Open Geospatial Consortium (OGC). *OGC Standards and Geospatial Interoperability*. https://www.ogc.org/standards (Dostopano januarja 2026).

[10] Environmental Systems Research Institute (ESRI). *What Is GIS?* Environmental Systems Research Institute. https://www.esri.com/en-us/what-is-gis (Dostopano januarja 2026)

[11] Heywood, Ian, Sarah Cornelius, and Steve Carver. *An Introduction to Geographical Information Systems*. 4th ed. Harlow, UK: Pearson Education, 2011.

[12] ISO. *ISO 19157:2013 – Geographic Information: Data Quality*. Geneva: International Organization for Standardization, 2013.

[13] U.S. Geological Survey (USGS). *Real-time Data and Maps*. https://www.usgs.gov (Dostopano januarja 2026)

[14] Natural Earth. *Free Vector and Raster Map Data*. (Dostopano januarja 2026). https://www.naturalearthdata.com

[15] QGIS Project. *QGIS Documentation*. https://www.qgis.org. (Dostopano januarja 2026).

[16] PostGIS. PostGIS *Documentation*. https://postgis.net/ (Dostopano januarja 2026).

[17] Yenra.com. *AI Techniques in Geospatial Analysis*. https://yenra.com/ai-tech/geospatial-analysis. (Dostopano januarja 2026).

[18] L. Tum, T. Dedring, A. Rienow. *Geospatial Intelligence for Sustainable Futures: Smart Data and AI Applications in Geographic Education*. NFDI4Earth Project. https://lps25.esa.int/lps25-presentations/poster/Geospatial%20Intelligence%20for%20Sustainable%20Futures%20Smart%20Data%20and%20AI%20Applications%20in%20Geographic%20Education.pdf (Dostopano januarja 2026).

[19] GeoWGS84AI. *GeoAI: Transforming GIS with AI and Deep Learning*. https://www.geowgs84.ai/post/geoai-transforming-gis-with-ai-and-deep-learning (Dostopano januarja 2026).

[20] S. Somvanshi, D. Kumar, M. Kumari. *Trends of recent data, AI/ML approaches for geospatial AI in Earth observation towards sustainable development goals.* ITU Journal on Future and Evolving Technologies, Volume 6 (2025), Issue 1, Pages 11-28. March 2025. doi: https://doi.org/10.52953/CDIE7940

[21] Oracle. Spatial Database (OracleSpatial). https://www.oracle.com/database/spatial-database/ (Dostopano januarja 2026).

[22] Oracle. Spatial Studio. https://docs.oracle.com/en/database/oracle/spatial-studio/25.2/index.html (Dostopano januarja 2026).

[23] Oracle. *Oracle Spatial Studio Guide*. https://docs.oracle.com/en/database/oracle/spatial-studio/21.2/spstu/using-spatial-studio.html#GUID-6C58FFBA-7419-471C-BDDD-7554BEC049EA (Dostopano januarja 2026).

[24] National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). *Tornado Statistics Data*. https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/tornadoes/ (Dostopano januarja 2026).

[25] National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). *Various Monitoring Information Data*. https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/products (Dostopano januarja 2026).

[26] DATA.GOV. D*ataset of U.S. cities (including basic demographic and geographic attributes).* https://catalog.data.gov/dataset/?tags=cities&_tags_limit=0 (Dostopano januarja 2026).

Učenje GIS

[27] [REF] PostGIS Project. Introduction to PostGIS. PostGIS Introduction Workshop. PostGIS, https://postgis.net/workshops/postgis-intro/ (Dostopano januarja 2026)

[28] [REF] GISGeography, Learn GIS and Geography, https://gisgeography.com (Dostopano januarja 2026)

[29] [REF] GISGeography, The Ultimate List of GIS Formats and Geospatial File Extensions, https://gisgeography.com/gis-formats/ (Dostopano januarja 2026)

[30] [REF] GISGeography, Vector vs Raster in GIS: What's the Difference? https://gisgeography.com/spatial-data-types-vector-raster/ (Dostopano januarja 2026)

[31] *Principles of GIS and Remote Sensing*. Free Online Course. https://principles-and-applications-of-rs-and-gis.readthedocs.io/en/stable/index.html# (Dostopano januarja 2026)

[32] GISGeography. *Learn GIS and Geography*. https://gisgeography.com/spatial-join/ (Dostopano januarja 2026)

Viri podatkov

[33] NASA Earth Observatory. *Global Maps.* https://science.nasa.gov/earth/earth-observatory/global-maps/ (Dostopano januarja 2026)

[34] Global Forest Watch. *Forest Monitoring Designed for Action.* (Dostopano januarja 2026) https://www.globalforestwatch.org/map/?menu=eyJkYXRhc2V0Q2F0ZWdvcnkiOiJmb3Jlc3RDaGFuZ2UiLCJtZW51U2VjdGlvbiI6ImRhdGFzZXRzIn0%3D

[35] ESA Climate Office. *Data*. https://climate.esa.int/en/data/ (Dostopano januarja 2026)

[36] NASA GISS (Goddard Institute for Space Studies). *Datasets and Images.* https://data.giss.nasa.gov (Dostopano januarja 2026)

[37] NOAA Climate.gov. *Maps*. https://www.climate.gov/maps-data (Dostopano januarja 2026)

[38] Copernicus Data Space Ecosystem. ESA. *Data Collections*. (Dostopano januarja 2026). https://dataspace.copernicus.eu/data-collections

[39] U.S. Geological Survey (USGS) EarthExplorer. *Datasets*. (Dostopano januarja 2026). https://earthexplorer.usgs.gov

[40] Eurostat. *Data*. https://ec.europa.eu/eurostat/data (Dostopano januarja 2026).

[41] Natural Earth. Free vector and raster map data. https://www.naturalearthdata.com (Dostopano januarja 2026).

[42] OpenStreetMap. Export data. (Dostopano januarja 2026). https://www.openstreetmap.org/export#map=18/41.984784/21.419346

[43] EUMETSAT. User Portal. https://user.eumetsat.int/catalogue (Dostopano januarja 2026).

[44] European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). Charts Catalogue. https://charts.ecmwf.int (Dostopano januarja 2026).