



8. GIS U LOGISTICI

Autor: Dario Šebalj

Geografski informacijski sustavi (GIS) napravili su revoluciju u logističkoj industriji pružajući moćne alate za prostornu analizu i donošenje odluka. Kako poduzeća sve više posluju u globaliziranom okruženju, mogućnost vizualizacije i analize geografskih podataka ključna je za optimizaciju opskrbnih lanaca, upravljanje transportnim mrežama i povećanje ukupne učinkovitosti. GIS tehnologija omogućuje logističkim stručnjacima da mapiraju rute, prate pošiljke i analiziraju prostorne obrasce, što dovodi do donošenja informiranijih odluka i poboljšane raspodjele resursa. Ovo poglavlje istražuje integraciju GIS-a u logistiku, ističući njegove primjene, prednosti i budući potencijal. Razumijevanjem načina na koji se GIS može iskoristiti u logistici, tvrtke mogu steći konkurentsku prednost, smanjiti troškove i povećati zadovoljstvo kupaca.

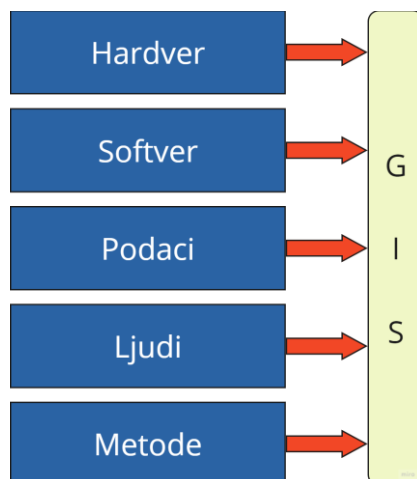
8.1. Geografski informacijski sustavi (GIS)

Geografski informacijski sustav (GIS) računalni je alat koji integrira, pohranjuje, analizira i vizualizira geografske podatke. Povezuje prostorne podatke s opisnim informacijama kako bi korisnicima pomogao razumjeti i protumačiti prostorne odnose, obrasce i trendove. GIS se koristi u raznim industrijama za mapiranje, analizu i donošenje odluka, pružajući dragocjene uvide u prostorne dimenzije podataka (Jonker, 2023; GisGeography, 2024a; Esri, n.d.a; National Geographic, n.d.).

Prema Esri (n.d.b) i GisGeography (2024b), povijest geografskih informacijskih sustava (GIS) seže u rane 1960-e kada je prvi računalni GIS razvio **Roger Tomlinson**, često nazivan "ocem GIS-a". Ovaj inicijalni sustav stvoren je za Kanadski zemljišni inventar kako bi pomogao u upravljanju korištenjem zemljišta i planiranju resursa. Tijekom 1970-ih i 1980-ih, napredak računalne tehnologije, daljinsko očitavanje i prostorna analiza doveli su do razvoja sofisticiranijeg GIS softvera. Godine 1969. osnovan je Esri - Institut za istraživanje sustava okoliša, koji je postao ključni igrač u GIS industriji, uvodeći ArcGIS platformu, koja je značajno poboljšala mogućnosti i dostupnost GIS tehnologije. Do 1990-ih, GIS tehnologija se razvila i uključila širi raspon primjena, od urbanog planiranja do upravljanja okolišem. Integracija GIS-a s GPS-om (eng. Global Positioning Systems) i pojava interneta dodatno su proširili njegovu



upotrebu. Danas je GIS sastavni alat u raznim sektorima, uključujući transport, logistiku, poljoprivredu i javnu sigurnost, pružajući kritične uvide i pomažući u procesima donošenja odluka.



Slika 8.1 Komponente GIS-a

Izvor: Autor, prema Kishore i Rautray (n.d.).

Slika 8.1 prikazuje pet osnovnih komponenti geografskog informacijskog sustava (GIS), prema Kishoreu i Rautrayu (n.d.):

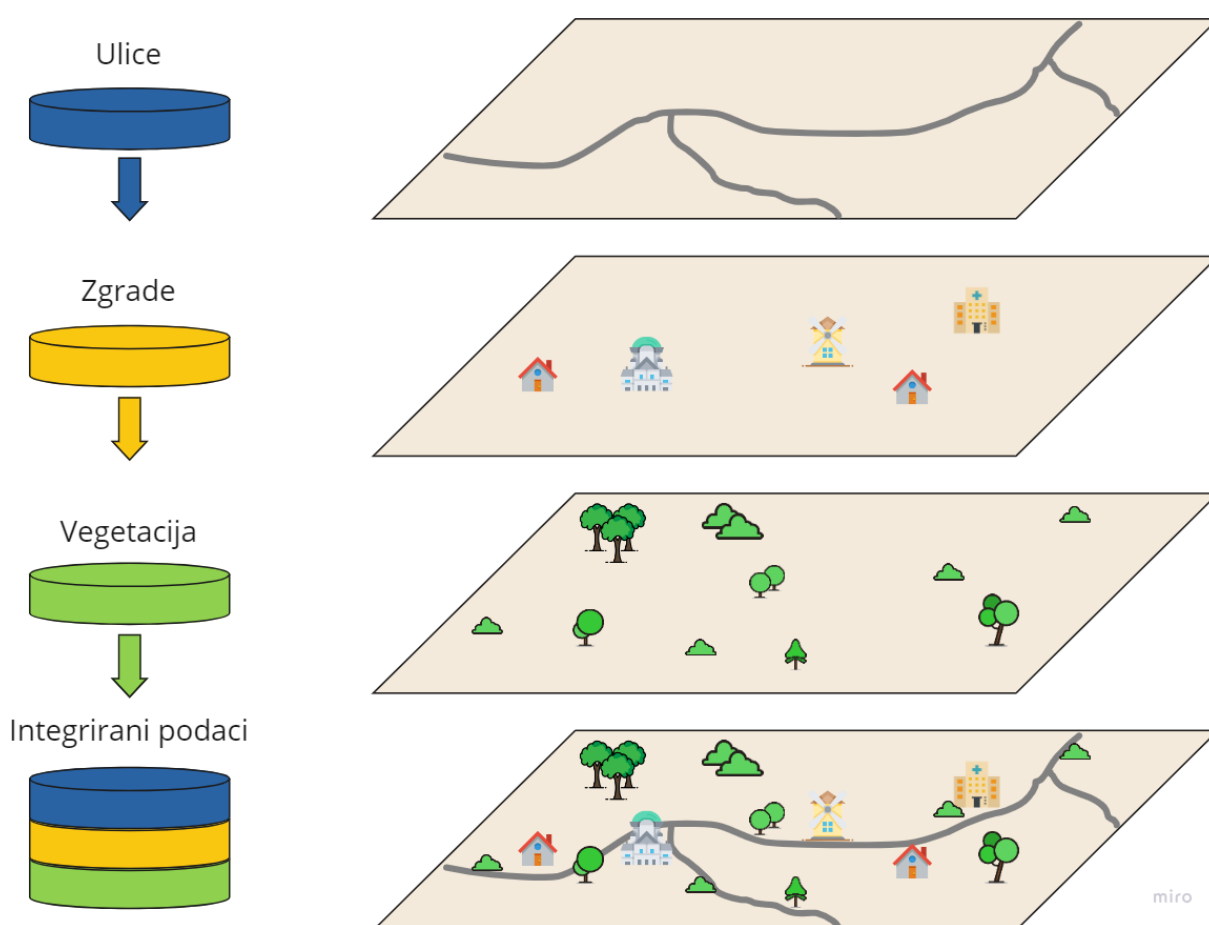
- **Hardver:** fizički uređaji koji se koriste za pokretanje GIS softvera i pohranu podataka, kao što su računala, poslužitelji, GPS uređaji i drugi periferni uređaji.
- **Softver:** programi koji izvode GIS funkcije, omogućujući korisnicima analizu i vizualizaciju prostornih podataka.
- **Podaci:** prostorne i neprostorne informacije koje GIS sustavi analiziraju, uključujući karte, satelitske slike i tablične podatke.
- **Metode:** tehnike i postupci koji se koriste za analizu GIS podataka, kao što su algoritmi i statistički modeli.
- **Ljudi:** profesionalci i korisnici koji rade i upravljaju GIS tehnologijom, od analitičara podataka do donositelja odluka.

Geografski informacijski sustavi imaju širok raspon primjena u raznim industrijama, što ih čini nezamjenjivim alatima za analizu prostornih podataka i donošenje odluka. U poslovnoj inteligenciji, GIS se koristi za analizu tržišta, odabir lokacije i optimizaciju logistike, pomažući tvrtkama da donose odluke vođene podacima na temelju geografskih trendova (Longley et al., 2015). Upravljanje okolišem koristi GIS za upravljanje prirodnim resursima, praćenje okoliša i odgovor na katastrofe, omogućujući učinkovitije napore za očuvanje i planiranje u hitnim



slučajevima (Goodchild et al., 2018). Integracijom i analizom prostornih podataka, GIS poboljšava procese donošenja odluka kroz precizne geografske uvide i vizualizacije, omogućujući organizacijama da identificiraju obrasce i odnose koji nisu odmah vidljivi u tradicionalnim formatima podataka (Longley et al., 2015).

Jedan od ključnih koncepata GIS tehnologije je koncept slojeva. Prema Esri (n.d.c), sloj je isječak geografske stvarnosti u određenom području. Svaki sloj u GIS-u odgovara određenoj vrsti podataka, kao što su ceste, zemljišta, nadmorska visina, vodene površine ili gustoća naseljenosti. Slika 8.2 prikazuje primjer različitih vrsta podataka na jednoj karti (ulice, zgrade i vegetacija), od kojih svaki odgovara jednom sloju.



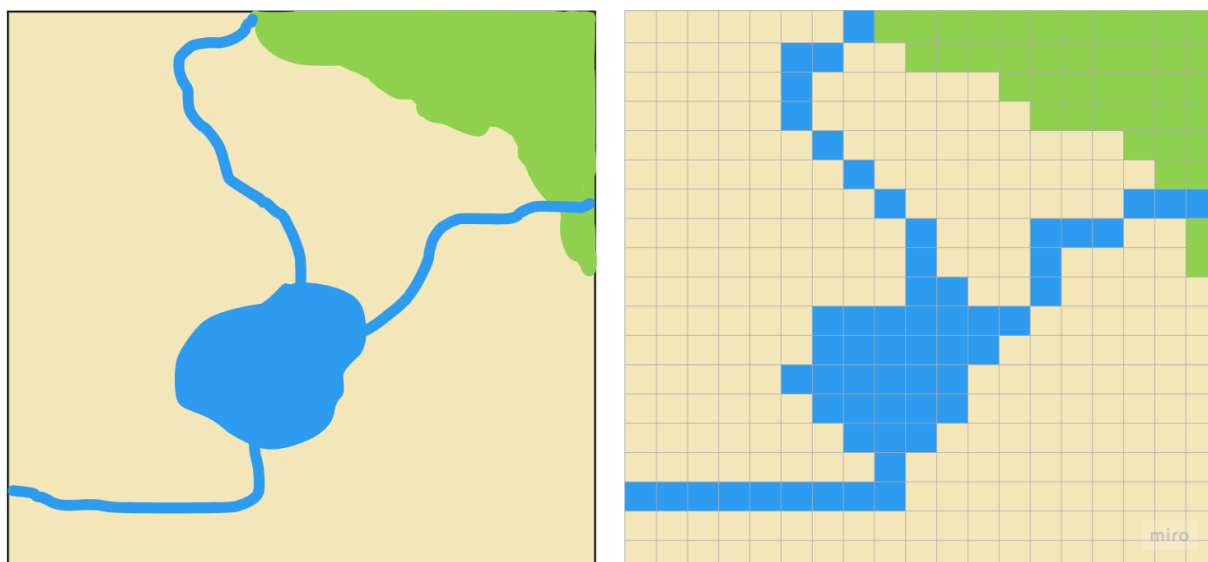
Slika 8.2 GIS slojevi

Izvor: Autor, prema National Geographic (n.d.).

Geografski informacijski sustavi oslanjaju se na različite vrste podataka za predstavljanje, analizu i vizualizaciju geografskih informacija. GIS podaci mogu se općenito kategorizirati u dvije glavne vrste: rasterski i vektorski podaci.

Prema Dempseyju (2024), prevladavajući oblik GIS podataka su **vektorski podaci**. Točke, linije i poligoni koji se koriste za predstavljanje geografskih podataka primjeri su vektorskih podataka. U vektorskom prikazu sve su linije prikazane kao točke povezane preciznim ravnim linijama (Longley et al., 2015). Točke predstavljaju diskretne podatkovne točke ili određene lokacije, poput škola, imena gradova ili zanimljivih točaka. Linijski podaci predstavljaju linearne značajke poput cesta i rijeka, a poligoni se koriste za značajke područja kao što su jezera, administrativne granice i šume (Dempsey, 2024).

Rasterski podaci predstavljaju strukturu podataka koja se temelji na mreži i sastoji se od piksela ili ćelija, od kojih svaka ima pridruženi atribut. Najčešći izvori rasterskih podataka su satelitske snimke, snimke iz zraka, podaci daljinske detekcije te podaci s osjenčanim reljefom i topografijom (Dempsey, 2024; Longley et al., 2015).



Slika 8.3 Vektorski (lijevo) i rasterski (desno) podaci

Izvor: Autor.

Slika 8.3 prikazuje dvije karte koristeći vektorske (lijevo) i rasterske (desno) podatke. Vektorski podaci uključuju poligone (jezera i šume) i linije (rijeke), a rasterski podaci uključuju mrežu gdje svaka ćelija predstavlja jednu boju (plavu, žutu ili zelenu).

Važno je razumjeti različite vrste GIS podataka kako bi se učinkovito koristili u poslovnoj inteligenciji. Vektorski podaci idealni su za precizno mapiranje i analizu diskretnih geografskih značajki, dok su rasterski podaci izvrsni za predstavljanje kontinuiranih podataka i velikih podataka vezanih uz okoliš.



8.2. GIS u logistici

Geografski informacijski sustavi (GIS) iz temelja su transformirali logistički sektor, pružajući alate koji omogućuju učinkovitije, troškovno učinkovitije i strateške procese donošenja odluka. Integracija GIS-a u logistiku omogućuje vizualizaciju, analizu i interpretaciju prostornih podataka, što je ključno za optimizaciju ruta, upravljanje opskrbnim lancima i povećanje ukupne operativne učinkovitosti.

Kako bi odgovorila na logističke izazove, GIS tehnologija kombinira najsuvremenije tehnike upravljanja podacima i geografiju. Logistički profesionalci mogu vidjeti uzorke, odnose i trendove koji nisu vidljivi u tradicionalnim formatima podataka koristeći ih za lakše preklapanje različitih skupova podataka na karti. Prema Esri (2017), strateško planiranje i operativna optimizacija imaju velike koristi od ove prostorne perspektive.

Jedna od primarnih primjena GIS-a u logistici je optimizacija ruta. Analizom prostornih podataka, logističke tvrtke mogu odrediti najučinkovitije rute za dostavu, smanjujući vrijeme putovanja, potrošnju goriva i ukupne operativne troškove. Na primjer, GIS može uzeti u obzir obrasce prometa, uvjete na cestama, ograničenja brzine kako bi optimizirao rutu u stvarnom vremenu (Ramzan, 2023). Ova mogućnost ne samo da poboljšava učinkovitost, već i povećava zadovoljstvo kupaca osiguravanjem pravovremenih isporuka.

Sureshkumar et al. (2017) proveli su studiju koja ističe brojne prednosti GIS-a i naglašava njegov transformativni potencijal u optimizaciji ruta za upravljanje prometom. GIS omogućuje primjenu podataka u stvarnom vremenu za dinamičke prilagodbe prometa i sveobuhvatnu prostornu analizu olakšavanjem integracije različitih vrsta podataka, uključujući GPS i satelitske snimke. Zbog ove integracije, postoje velike uštede vremena i troškova zbog kraćih udaljenosti putovanja i manje potrošnje goriva. Procesi donošenja odluka poboljšani su mogućnostima prostorne vizualizacije GIS-a, koje otkrivaju obrasce i trendove koji su skriveni u konvencionalnim formatima podataka. Kad se sve uzme u obzir, studija pokazuje da optimizacija ruta temeljena na GIS-u ne samo da smanjuje utjecaj na okoliš i povećava operativnu učinkovitost, već nudi i snažan okvir za rješavanje zamršenih problema gradskog prometa.

Primjena geografskih informacijskih sustava u optimizaciji ruta prikupljanja komunalnog krutog otpada (eng. *municipal solid waste* - MSW) pokazala se vrlo učinkovitom u povećanju operativne učinkovitosti i smanjenju troškova. Singh i Behera (2018) pokazali su da je integracija GIS-a i alata za mrežnu analizu u ArcGIS značajno smanjila udaljenosti prijevoza za



prosječno 27,78%, ističući značajna poboljšanja u logistici gospodarenja otpadom u Kanpuru u Indiji. Slično, Nguyen-Trong et al. (2016) upotrijebili su kombinirani pristup GIS-a, optimizacije temeljene na jednadžbama i modeliranja temeljenog na agentima za dinamičku optimizaciju ruta prikupljanja otpada u gradu Hagiang u Vijetnamu, postigavši smanjenje troškova od 11,3%. Ove studije naglašavaju transformativni potencijal GIS-a u rješavanju složenosti gospodarenja gradskim otpadom, posebice kroz integraciju podataka u stvarnom vremenu i naprednih tehnika modeliranja. Korištenjem GIS-a za prostornu analizu i optimizaciju ruta, općine mogu postići održivije i učinkovitije prakse gospodarenja otpadom, čime se poboljšava cjelokupno pružanje usluga i smanjuje utjecaj na okoliš.

Hemidat et al. (2017) proveli su studiju koja ima za cilj poboljšati učinkovitost prikupljanja komunalnog krutog otpada (MSW) u nekoliko jordanskih gradova korištenjem GIS tehnika. Istraživači su razvili optimizirane scenarije prikupljanja otpada pomoću alata ArcGIS Network Analyst, s ciljem smanjenja operativnih troškova, vremena rada vozila i utjecaja na okoliš. Optimizirani scenariji pokazali su značajne uštede u usporedbi s trenutnim stanjem (S0). Konkretno, Scenarij S1 rezultirao je uštedom troškova od 15%, 6%, odnosno 11% za Irbid, Karak i Maфраq. Scenarij S2 pokazao je uštedu troškova od 13%, 3% i 6% za iste gradove. Kombinirani scenarij (S3) donio je najveće uštede, sa smanjenjem ukupnih troškova od 23%, 8% i 13%. Ovi rezultati naglašavaju značajan utjecaj optimizacije rute temeljene na GIS-u na smanjenje operativnih troškova, vremena rada vozila i utjecaja na okoliš minimiziranjem potrošnje goriva i emisija.

Analitika temeljena na GIS-u značajno poboljšava upravljanje lancem opskrbe krvlju pružajući vidljivost u stvarnom vremenu i olakšavajući bolje donošenje odluka. Integracija GIS-a s rudarenjem podataka i drugim analitičkim tehnikama omogućuje učinkovito praćenje, upravljanje i optimizaciju izvora krvi, što dovodi do poboljšane operativne učinkovitosti i smanjenog rasipanja (Delen et al., 2011).

Također, GIS igra vitalnu ulogu u planiranju i upravljanju urbanom infrastrukturom pružajući robusnu platformu za integraciju i analizu prostornih podataka. Korištenje GIS-a u ovom kontekstu omogućuje informiranije donošenje odluka, što dovodi do optimiziranih ulaganja u infrastrukturu i poboljšanog pružanja usluga. Studija koju su proveli Irizarry et al. (2013) ističe učinkovitost GIS-a u upravljanju urbanom infrastrukturom i poboljšanju operativne učinkovitosti.



Korištenje GIS-a u optimizaciji ruta u različitim domenama, kao što je upravljanje komunalnim čvrstim otpadom, upravljanje lancem opskrbe krvlju i planiranje urbane infrastrukture, pokazalo je značajne prednosti. GIS poboljšava operativnu učinkovitost integracijom prostornih podataka s naprednim analitičkim alatima, olakšavajući donošenje odluka u stvarnom vremenu i optimizirajući korištenje resursa. Studije su pokazale značajna smanjenja troškova i poboljšanu isporuku usluga putem optimizacije rute temeljene na GIS-u, naglašavajući njegovu ključnu ulogu u upravljanju složenim logističkim operacijama. Korištenjem GIS tehnologije, organizacije mogu postići održive prakse, smanjiti utjecaj na okoliš i poboljšati ukupnu operativnu učinkovitost.

8.3. Budući trendovi vezani uz GIS

Geografski informacijski sustavi prolaze kroz značajne transformacije potaknute tehnološkim napretkom i sve većim zahtjevima za analizom prostornih podataka. Ovo će potpoglavlje istražiti buduće trendove u GIS-u, s fokusom na nove tehnologije, računalstvo u oblaku, integraciju velikih podataka i ulogu umjetne inteligencije (AI) i strojnog učenja (ML).

Budućnost GIS-a oblikuje nekoliko ključnih trendova i inovacija koje mijenjaju način na koji prikupljamo, analiziramo i koristimo prostorne podatke. Značajan trend je integracija naprednih tehnologija kao što su računalstvo u oblaku, AI, strojno učenje (ML) i prikupljanje podataka temeljeno na dronovima. Ove tehnologije poboljšavaju učinkovitost i mogućnosti GIS-a, omogućujući obradu podataka u stvarnom vremenu i sofisticiranije prostorne analize. **Računalstvo u oblaku** revolucionira GIS pružajući skalabilne i pristupačne platforme za pohranu i obradu velikih skupova podataka. Ova promjena omogućuje organizacijama da iskoriste ogromne količine geoprostornih podataka bez potrebe za značajnom lokalnom infrastrukturom. Primjetan je rast GIS-a kao usluge (eng. *GIS as a service*), omogućujući korisnicima pristup moćnim GIS alatima i mogućnostima analize podataka putem platformi u oblaku. Ovaj trend čini GIS pristupačnijim i isplativijim, posebno za manje organizacije i industrije s ograničenim resursima. **AI i ML** igraju važnu ulogu u automatizaciji i poboljšanju analize prostornih podataka. Te tehnologije mogu identificirati obrasce, napraviti predviđanja i pružiti uvide iz složenih skupova podataka koje bi bilo teško ručno analizirati. Na primjer, algoritmi umjetne inteligencije mogu obraditi satelitske slike kako bi otkrili promjene u korištenju zemljišta, dok ML modeli mogu predvidjeti obrasce prometa na temelju povijesnih podataka. Integracija AI i ML s GIS-om omogućuje točnije i pravodobnije donošenje odluka u različitim sektorima, od urbanog planiranja do upravljanja katastrofama. Napredak u



tehnologiji dronova također je značajan trend u GIS-u. Dronovi opremljeni kamerama i senzorima visoke rezolucije sve se više koriste za prikupljanje podataka na teško dostupnim mjestima. Ovi alati daju podatke visoke točnosti u stvarnom vremenu koji se mogu integrirati u GIS za detaljno mapiranje i analizu. Ovaj trend posebno je koristan za praćenje okoliša, inspekciju infrastrukture i upravljanje poljoprivredom. Još jedan novi trend je korištenje **proširene stvarnosti** (AR) i **virtualne stvarnosti** (VR) u GIS-u. Ove tehnologije nude nove načine vizualizacije i interakcije s prostornim podacima, pružajući impresivna iskustva koja mogu poboljšati razumijevanje i donošenje odluka. Na primjer, AR može prikazati geoprostorne podatke kao sloj na prikazu stvarnog svijeta, pomažući korisnicima da vizualiziraju podzemne komunalne instalacije ili da se kreću kroz složena okruženja. VR može stvoriti detaljne simulacije urbanih krajolika, omogućujući planerima da istraže različite scenarije i njihove potencijalne utjecaje. **Analiza podataka u stvarnom vremenu** postaje sve važnija u GIS aplikacijama. Sposobnost obrade i analize podataka dok se prikupljaju omogućuje brže reagiranje i dinamičnije donošenje odluka. Ova je mogućnost poboljšana integracijom GIS-a s Internetom stvari (IoT), gdje se podaci s povezanih uređaja mogu kontinuirano pratiti i analizirati. GIS u stvarnom vremenu koristi se u aplikacijama kao što su upravljanje prometom, odgovor na hitne slučajeve i nadzor okoliša, gdje su pravovremene informacije ključne. Također treba spomenuti širenje GIS aplikacija u nove industrije i sektore. GIS se sada koristi u područjima kao što je zdravstvo, gdje pomaže u praćenju izbijanja bolesti i optimizira pružanje zdravstvene skrbi. U maloprodaji GIS analizira demografiju kupaca i optimizira lokacije trgovina. Tehnologija je također ključna u inicijativama pametnih gradova, pružajući prostornu inteligenciju potrebnu za učinkovito upravljanje urbanom infrastrukturuom i resursima (Kerski, 2022; MGISS, 2023).

Kao što se može vidjeti, integracija GIS-a u logistiku je revolucionirala industriju povećanjem operativne učinkovitosti, smanjenjem troškova i poboljšanjem zadovoljstva kupaca. Kako se GIS tehnologija nastavlja razvijati, njezine će se primjene u logistici proširiti, nudeći još sofisticiranije alate za rješavanje složenih izazova. Iskorištavanjem ovih poboljšanja, logističke tvrtke mogu održati konkurentsku prednost i prilagoditi se dinamičnim zahtjevima globalnog tržišta.



REFERENCE

1. Delen, D. & Erraguntla, M. (2011). Better management of blood supply-chain with GIS-based analytics. *Annals of Operations Research*, 185, 181-193.
2. Dempsey, C. (2024). Types of GIS Data Explored: Vector and Raster. *Geography Realm* [dostupno na: <https://www.geographyrealm.com/geodatabases-explored-vector-and-raster-data/>, pristupljeno June 9, 2024]
3. Esri (2017). *The ArcGIS Book: 10 Big Ideas about Applying The Science of Where*, 2nd Edition. Esri Press.
4. Esri (n.d.a). What is GIS? [dostupno na: <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>, pristupljeno May 27, 2024]
5. Esri (n.d.b). History of GIS? [dostupno na: <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/history-of-gis>, pristupljeno May 27, 2024]
6. Esri (n.d.c). Layer. GIS dictionary [dostupno na: <https://support.esri.com/en-us/gis-dictionary/layer>, pristupljeno June 8, 2024]
7. GisGeography (2024a). The Remarkable History of GIS [dostupno na: <https://gisgeography.com/history-of-gis/>, pristupljeno May 27, 2024]
8. GisGeography (2024b). What is GIS? Geographic Information Systems [dostupno na: <https://gisgeography.com/what-is-gis/>, pristupljeno May 27, 2024]
9. Goodchild, M. F., Steyaert, L. T., Parks, B. O., Johnston, C., Maidment, D., Crane, M. & Glendinning, S. (2018). *GIS and Environmental Modeling: Progress and Research Issues*, 4th Edition. John Wiley & Sons.
10. Hemidat, S., Oelgemöller, D., Nassour, A., Nelles, M. (2017). Evaluation of Key Indicators of Waste Collection Using GIS Techniques as a Planning and Control Tool for Route Optimization. *Waste and Biomass Valorization*, 8, 1533-1554.
11. Hguyen-Trong, K., Nguyen-Thi-Ngoc, A., Nguyen-Ngoc, D. & Dinh-Thi-Hai, V. (2017). Optimization of municipal solid waste transportation by integrating GIS analysis, equation-based, and agent-based model. *Waste Management*, 59, pp. 14-22.
12. Irizarry, J., Karan, E. P. & Jalaei, F. (2013). Integrating BIM and GIS to improve the visual monitoring of construction supply chain management. *Automation in Construction*, 31, pp. 241–254.



13. Jonker, A. (2023). What is a geographic information system (GIS)? IBM [dostupno na: <https://www.ibm.com/topics/geographic-information-system>, pristupljeno May 27, 2024]
14. Kerski, J. (2022). 5 Trends in GIS and How to Successfully Navigate Them. Esri [dostupno na: <https://community.esri.com/t5/esri-young-professionals-network-blog/5-trends-in-gis-and-how-to-successfully-navigate/ba-p/1169616>, pristupljeno June 9, 2024]
15. Kishore, P. & Rautray, S. (n.d.). The five essential components of GIS. Infosys BPM [dostupno na: <https://www.infosysbpm.com/blogs/geospatial-data-services/gis-five-essential-components.html>, pristupljeno June 8, 2024]
16. Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J. & Rhind, D. W. (2015). Geographic Information Science and Systems, 4th edition. John Wiley & Sons.
17. MGISS (2023). The Future of Gis: Trends and Innovations in Geospatial Technology [dostupno na: <https://mgiss.co.uk/the-future-of-gis-trends-and-innovations-in-geospatial-technology/>, pristupljeno June 9, 2024]
18. National Geographic (n.d.). GIS (Geographic Information System) [dostupno na: <https://education.nationalgeographic.org/resource/geographic-information-system-gis/>, pristupljeno May 27, 2024]
19. Ramzan, H. (2023). Optimizing Route Planning with GIS: A Comprehensive Approach for GIS Engineers. Medium [dostupno na: <https://medium.com/@hadiaramzan.2199/optimizing-route-planning-with-gis-a-comprehensive-approach-for-gis-engineers-f12d94dd7a16>, pristupljeno June 8, 2024]
20. Singh, S. & Behera, S. N. (2018). Development of GIS-Based Optimization Method for Selection of Transportation Routes in Municipal Solid Waste Management. *Advances in Waste Management*, pp. 319–331.
21. Sureshkumar, M., Supraja, S. & Bhavani Sowmya, R. (2017). GIS Based Route Optimization for Effective Traffic Management. *International Journal of Engineering Research And Management*, 4(3), pp. 62-65.