



8. GIS U LOGISTICI

Autor: Dario Šebalj

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

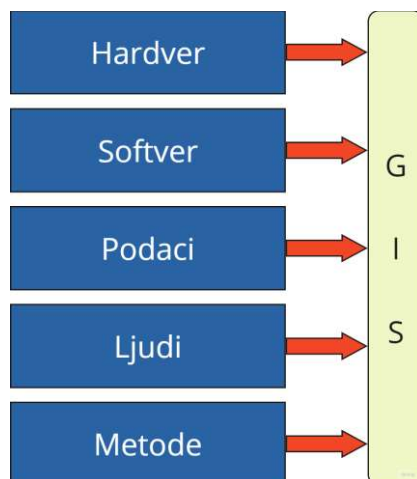
8.1. Geografski informacijski sistemi (GIS)

Geografski informacijski sistem (GIS) je računarski alat koji integriše, čuva, analizira i vizualizuje geografske podatke. Povezuje prostorne podatke s opisnim informacijama kako bi korisnicima pomogao da razumeju i protumače prostorne odnose, obrasce i trendove. GIS se koristi u raznim industrijama za mapiranje, analizu i donošenje odluka, pružajući dragocene 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), istorija geografskih informacijskih sistema (GIS) seže u rane 1960-e kada je prvi računarski GIS razvio **Roger Tomlinson**, često nazivan "ocem GIS-a". Ovaj inicijalni sistem stvoren je za popis zemljišta u Kanadi kako bi pomogao u upravljanju korišćenja zemljišta i planiranju resursa. Tokom 1970-ih i 1980-ih, napredak računarske tehnologije, daljinsko očitavanje i prostorna analiza doveli su do razvoja sofisticiranijeg GIS softvera. Godine 1969. osnovan je Esri - Institut za istraživanje sistema životne sredine, 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 primena se proširila, od urbanog planiranja do upravljanja životnom sredinom. 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.).

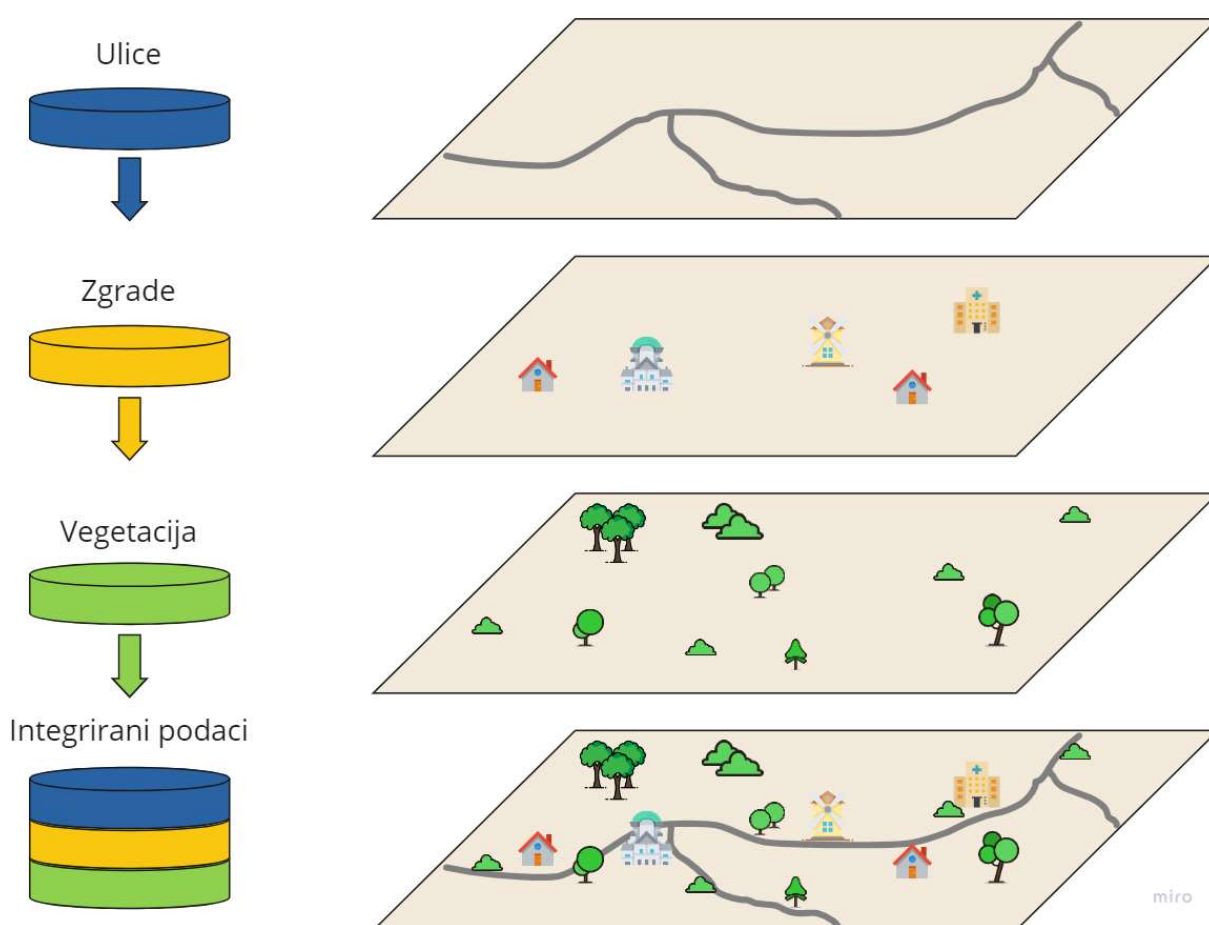
Slika 8.1 prikazuje pet osnovnih komponenti geografskog informacionog sistema (GIS), prema Kishoreu i Rautrayu (n.d.):

- **Hardver:** fizički uređaji koji se koriste za pokretanje GIS softvera i skladištenje podataka, kao što su računari, serveri, GPS uređaji i drugi periferni uređaji.
- **Softver:** programi koji izvode GIS funkcije, omogućavajući korisnicima analizu i vizualizaciju prostornih podataka.
- **Podaci:** prostorne i neprostorne informacije koje GIS sistemi 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 donosioca odluka.

Geografski informacioni sistemi imaju širok raspon primena u raznim industrijama, što ih čini nezamenjivim alatima za analizu prostornih podataka i donošenje odluka. U poslovnoj inteligenciji, GIS se koristi za analizu tržišta, izbor lokacije i optimizaciju logistike, pomažući kompanijama da donose odluke vođene podacima na bazi geografskih trendova (Longley et al., 2015). Upravljanje životnom sredinom koristi GIS za upravljanje prirodnim resursima, praćenje okruženja i odgovor na katastrofe, omogućavajući 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 preglede i vizualizacije, omogućavajući organizacijama da identifikuju 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 isečak geografske stvarnosti u određenom području. Svaki sloj u GIS-u odgovara određenoj vrsti podataka, kao što su ulice, zemljišta, nadmorska visina, vodene površine ili gustina naseljenosti. Slika 8.2 prikazuje primer različitih vrsta podataka na jednoj karti (ulice, zgrade i vegetacija), od kojih svaki odgovara jednom sloju.



Slika 8.2 GIS slojevi

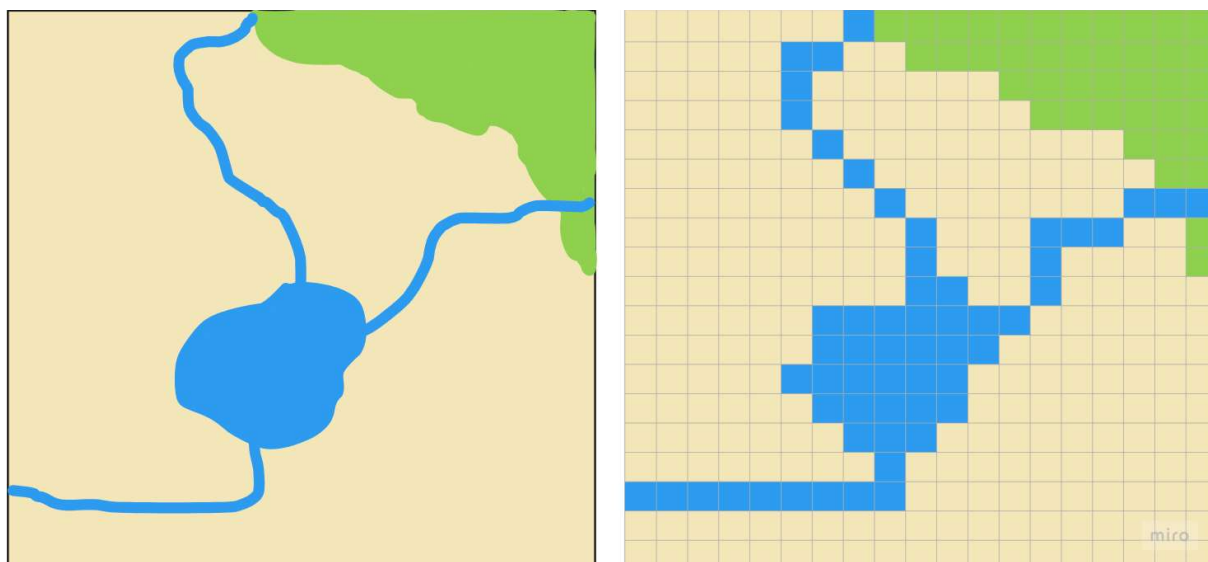
Izvor: Autor, prema National Geographic (n.d.).

Geografski informacijski sistemi oslanjaju se na različite vrste podataka za predstavljanje, analizu i vizualizaciju geografskih informacija. GIS podaci mogu se generalno kategorizovati u dve glavne vrste: rasterski i vektorski podaci.



Prema Dempseyju (2024), prevlađujući oblik GIS podataka su **vektorski podaci**. Tačke, linije i poligoni koji se koriste za predstavljanje geografskih podataka primeri su vektorskih podataka. U vektorskom prikazu sve su linije prikazane kao tačke povezane preciznim pravim linijama (Longley et al., 2015). Tačke predstavljaju diskretne tačkaste podataka ili određene lokacije, poput škola, imena gradova ili zanimljivih mesta. Linijski podaci predstavljaju linearne karakteristike poput puteva i reka, a poligoni se koriste za karakterisanje 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 svaki ima pridruženi atribut. Najčešći izvori rasterskih podataka su satelitski snimci, snimci iz vazduha, podaci daljinske detekcije te podaci s osenčanim reljefom i topografijom (Dempsey, 2024; Longley et al., 2015).



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

Izvor: Autor.

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

Važno je razumeti različite vrste GIS podataka kako bi se efikasno koristili u poslovnoj inteligenciji. Vektorski podaci idealni su za precizno mapiranje i analizu diskretnih geografskih karakteristika, dok su rasterski podaci izvrsni za predstavljanje kontinualnih podataka i velikih podataka vezanih za životnu sredinu.



8.2. GIS u logistici

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

Kako bi odgovorila na logističke izazove, GIS tehnologija kombinuje najsavremenije tehnike upravljanja podacima i geografiju. Logistički profesionalci mogu videti 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 primena GIS-a u logistici je optimizacija ruta. Analizom prostornih podataka, logističke kompanije mogu odrediti najučinkovitije rute za dostavu, smanjujući vreme putovanja, potrošnju goriva i ukupne operativne troškove. Na primer, GIS može uzeti u obzir obrasce prometa, uslove na putevima, ograničenja brzine kako bi se optimizirala ruta u stvarnom vremenu (Ramzan, 2023). Ova mogućnost ne samo da poboljšava učinkovitost, već i povećava zadovoljstvo kupaca osiguravanjem pravovremenih isporuka.

Sureshkumar et al. (2017) sprovedli su istraživanje koje ističe brojne prednosti GIS-a i naglašava njegov transformativni potencijal u optimizaciji ruta za upravljanje prometom. GIS omogućava primenu podataka u stvarnom vremenu za dinamičko prilagođavanje prometa i sveobuhvatnu prostornu analizu olakšavanjem integracije različitih vrsta podataka, uključujući GPS i satelitske snimke. Zbog ove integracije, postoje velike uštede vremena i troškova usled 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, istraživanje pokazuje da optimizacija ruta bazirana na GIS-u ne samo da smanjuje uticaj na okruženje i povećava operativnu učinkovitost, već nudi i snažan okvir za rešavanje zamršenih problema gradskog prometa.

Primena geografskih informacijskih sistema 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 prevoza za



prosečno 27,78%, ističući značajna poboljšanja u logistici upravljanja otpadom u Kanpuru u Indiji. Slično, Nguyen-Trong et al. (2016) upotrebili su kombinovani pristup GIS-a, optimizacije bazirane na jednačinama i modeliranja baziranog 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 rešavanju složenosti upravljanja gradskim otpadom, posebno kroz integraciju podataka u stvarnom vremenu i naprednih tehnika modeliranja. Korišćenjem GIS-a za prostornu analizu i optimizaciju ruta, opštine mogu postići održivije i učinkovitije prakse upravljanja otpadom, čime se poboljšava celokupno pružanje usluga i smanjuje uticaj na životnu sredinu.

Hemidat et al. (2017) sproveli su istraživanje koje ima za cilj poboljšati učinkovitost prikupljanja komunalnog krutog otpada (MSW) u nekoliko jordanskih gradova korišćenjem GIS tehnika. Istraživači su razvili optimizirane scenarije prikupljanja otpada pomoću alata ArcGIS Network Analyst, s ciljem smanjenja operativnih troškova, vremena rada vozila i uticaja na životnu sredinu. Optimizirani scenariji pokazali su značajne uštede u poređenju s trenutnim stanjem (S0). Konkretno, Scenario S1 rezultovao je uštedom troškova od 15%, 6%, odnosno 11% za Irbid, Karak i Mafrag. Scenario S2 pokazao je uštedu troškova od 13%, 3% i 6% za iste gradove. Kombinivani scenario (S3) doneo je najveće uštede, sa smanjenjem ukupnih troškova od 23%, 8% i 13%. Ovi rezultati naglašavaju značajan uticaj optimizacije rute bazirane na GIS-u na smanjenje operativnih troškova, vremena rada vozila i uticaja na životnu sredinu minimiziranjem potrošnje goriva i emisija.

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

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



Korišćenje GIS-a u optimizaciji ruta u različitim domenama, kao što je upravljanje komunalnim čvrstim otpadom, upravljanje lancem snabdevanja 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 korišćenje resursa. Studije su pokazale značajna smanjenja troškova i poboljšanu uslugu isporuka putem optimizacije ruta baziranih na GIS-u, naglašavajući njegovu ključnu ulogu u upravljanju složenim logističkim procesima. Korišćenjem GIS tehnologije, organizacije mogu postići održive prakse, smanjiti uticaj na životnu sredinu i poboljšati ukupnu operativnu učinkovitost.

8.3. Budući trendovi vezani uz GIS

Geografski informacioni sistemi prolaze kroz značajne transformacije pokrenute tehnološkim napretkom i sve većim zahtevima za analizom prostornih podataka. Ovo će potpoglavlje istražiti buduće trendove u GIS-u, s fokusom na nove tehnologije, računarstvo u oblaku, integraciju velikih podataka i ulogu veštačke inteligencije (AI) i mašinskog učenja (ML).

Budućnost GIS-a oblikuje nekoliko ključnih trendova i inovacija koje menjaju način na koji prikupljamo, analiziramo i koristimo prostorne podatke. Značajan trend je integracija naprednih tehnologija kao što su računarstvo u oblaku, AI, mašinsko učenje (ML) i prikupljanje podataka bazirano na dronovima. Ove tehnologije poboljšavaju učinkovitost i mogućnosti GIS-a, omogućavajući obradu podataka u stvarnom vremenu i sofisticiranije prostorne analize. **Računarstvo u oblaku** revolucionizuje GIS pružajući skalabilne i pristupačne platforme za čuvanje i obradu velikih skupova podataka. Ova promena omogućava organizacijama da iskoriste ogromne količine geoprostornih podataka bez potrebe za značajnom lokalnom infrastrukturom. Primetan je rast GIS-a kao usluge (eng. *GIS as a service*), omogućavajući 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 identifikovati obrasce, napraviti predviđanja i pružiti uvide iz složenih skupova podataka koje bi bilo teško ručno analizirati. Na primer, algoritmi veštačke inteligencije mogu obraditi satelitske slike kako bi otkrili promene u korišćenju zemljišta, dok ML modeli mogu predvideti obrasce prometa na osnovu istorijskih podataka. Integracija AI i ML s GIS-om omogućava tačnije i pravovremenije donošenje odluka u različitim sektorima, od urbanog planiranja do upravljanja katastrofama. Napredak u



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

Kao što se može videti, integracija GIS-a u logistiku je revolucionisala industriju povećanjem operativne učinkovitosti, smanjenjem troškova i poboljšanjem zadovoljstva kupaca. Kako se GIS tehnologija nastavlja razvijati, njene primene u logistici će se proširiti, nudeći još sofisticiranije alate za rešavanje složenih izazova. Iskorišćavanjem ovih poboljšanja, logističke kompanije mogu održati konkurentsku prednost i prilagoditi se dinamičnim zahtevima globalnog tržišta.



LITERATURA

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.