



8. GIS V LOGISTIKI

Avtor: Dario Šebalj

Geografski informacijski sistemi (GIS) so revolucionarno spremenili logistično industrijo, saj zagotavljajo zmogljiva orodja za prostorsko analizo in sprejemanje odločitev. Ker podjetja vse bolj delujejo v globaliziranem okolju, je sposobnost vizualizacije in analize geografskih podatkov bistvena za optimizacijo oskrbovalnih verig, upravljanje transportnih omrežij in izboljšanje splošne učinkovitosti. Tehnologija GIS logističnim strokovnjakom omogoča kartiranje poti, sledenje pošiljkam in analizo prostorskih vzorcev, kar vodi k bolj informiranim odločitvam in boljšemu razporejanju virov. To poglavje obravnava vključevanje GIS v logistiko ter izpostavlja njene aplikacije, prednosti in prihodnje možnosti. Z razumevanjem uporabe GIS v logistiki lahko podjetja pridobijo konkurenčno prednost, zmanjšajo stroške in povečajo zadovoljstvo strank.

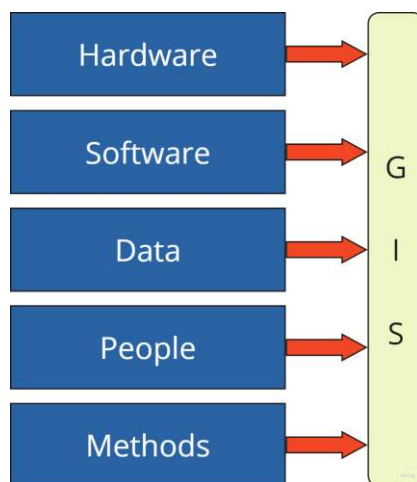
8.1. Geografski informacijski sistemi (GIS)

Geografski informacijski sistem (GIS) je računalniško orodje, ki združuje, shranjuje, analizira in vizualizira geografske podatke. Prostorske podatke povezuje z opisnimi informacijami, kar uporabnikom pomaga razumeti in razlagati prostorske odnose, vzorce in trende. GIS se uporablja v različnih panogah za kartiranje, analizo in odločanje ter zagotavlja dragocen vpogled v prostorske razsežnosti podatkov (Jonker, 2023; GisGeography, 2024a; Esri, n.d.a; National Geographic, n.d.).

Po podatkih podjetij Esri (n.d.b) in GisGeography (2024b) zgodovina geografskih informacijskih sistemov (GIS) sega v zgodnja šestdeseta leta 20. stoletja, ko je prvi računalniški GIS razvil **Roger Tomlinson**, ki ga pogosto imenujejo "oče GIS". Ta prvotni sistem je bil ustvarjen za kanadski zemljiški kataster za pomoč pri upravljanju rabe zemljišč in načrtovanju virov. V sedemdesetih in osemdesetih letih prejšnjega stoletja je napredek na področju računalniške tehnologije, daljinskega zaznavanja in prostorske analize privedel do razvoja bolj izpopolnjene programske opreme GIS. Leta 1969 je bilo ustanovljeno podjetje Esri (Environmental Systems Research Institute), ki je postalo ključni akter v industriji GIS in je predstavilo platformo ArcGIS, ki je znatno izboljšala zmogljivosti in dostopnost tehnologije GIS. Do devetdesetih let prejšnjega stoletja se je tehnologija GIS razvila in vključila širši spekter aplikacij, od



urbanističnega načrtovanja do okoljskega upravljanja. Integracija GIS z GPS (Global Positioning Systems) in pojav interneta sta še dodatno razširila njegovo uporabo. Danes je GIS sestavno orodje v različnih sektorjih, vključno s prometom, logistiko, kmetijstvom in javno varnostjo, saj zagotavlja ključne informacije in pomaga pri sprejemanju odločitev.



Slika 8.1 Sestavni deli GIS

Vir: Avtor, prilagojeno po Kishore in Rautray (n.d.).

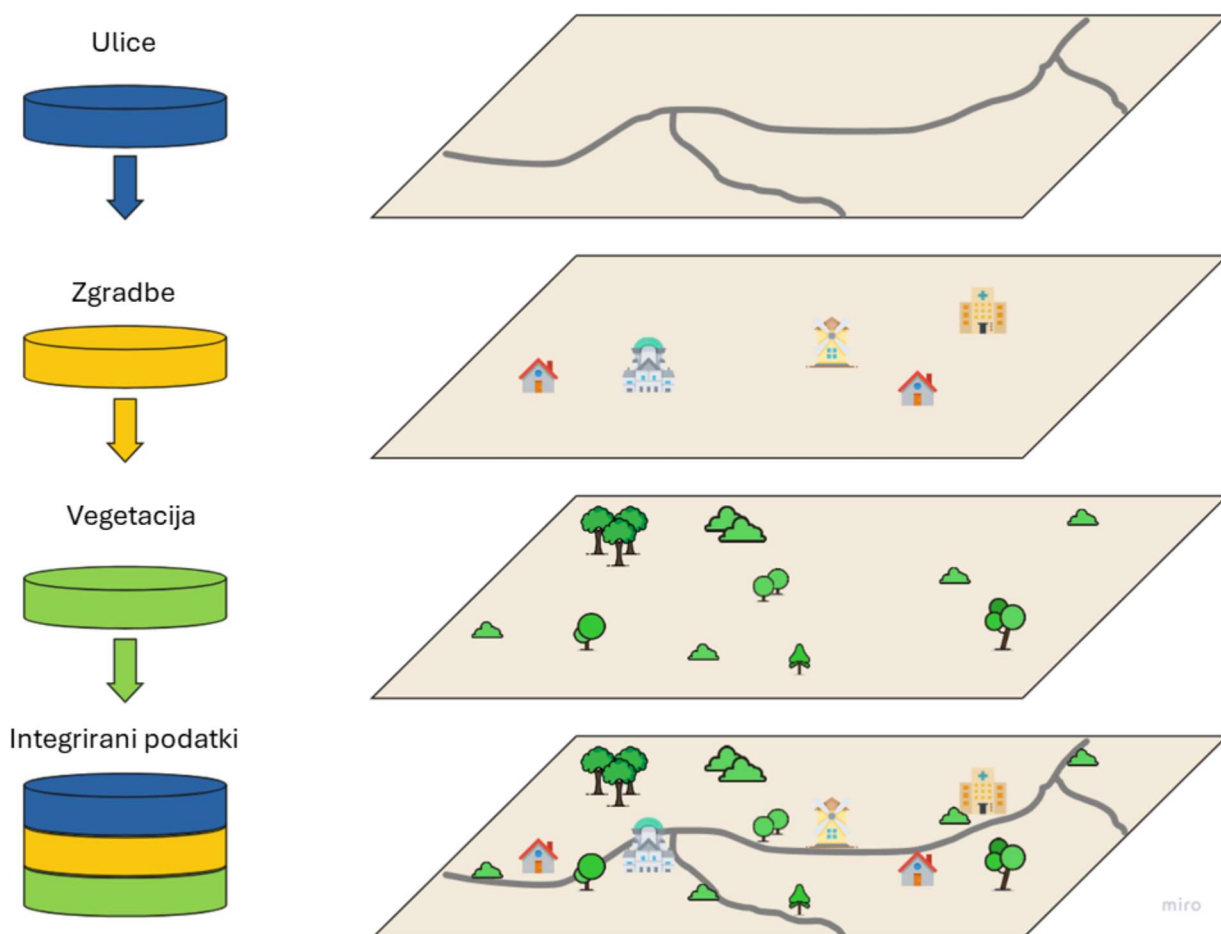
Na sliki 8.1 je prikazanih pet bistvenih sestavnih delov geografskega informacijskega sistema (GIS) po Kishoreju in Rautrayju (n.d.):

- **Strojna oprema:** Računalniki, strežniki, naprave GPS in druge periferne naprave: fizične naprave, ki se uporabljajo za izvajanje programske opreme GIS in shranjevanje podatkov, kot so računalniki, strežniki, naprave GPS in druge periferne naprave.
- **Programska oprema:** Programska oprema: Programi in aplikacije, ki izvajajo funkcije GIS in uporabnikom omogočajo analizo in vizualizacijo prostorskih podatkov.
- **Podatki:** Podatki: prostorske in neprostorske informacije, ki jih analizirajo sistemi GIS, vključno z zemljevidi, satelitskimi posnetki in tabelaričnimi podatki.
- **Metode:** Metode: tehnike in postopki, ki se uporabljajo za analizo podatkov GIS, kot so algoritmi in statistični modeli.
- **Ljudje:** Ljudje: strokovnjaki in uporabniki, ki uporabljajo in upravljajo tehnologijo GIS, od podatkovnih analitikov do odločevalcev.

Geografski informacijski sistemi se uporabljajo v različnih panogah, zato so nepogrešljivo orodje za analizo prostorskih podatkov in sprejemanje odločitev. Na področju poslovnega obveščanja se GIS uporabljajo za analizo trga, izbiro lokacij in optimizacijo logistike, kar podjetjem pomaga pri sprejemanju odločitev, ki temeljijo na podatkih in geografskih trendih

(Longley et al., 2015). Pri upravljanju okolja se GIS uporablja za upravljanje naravnih virov, spremljanje okolja in odzivanje na nesreče, kar omogoča učinkovitejša prizadevanja za ohranjanje narave in načrtovanje izrednih razmer (Goodchild et al., 2018). Z združevanjem in analizo prostorskih podatkov GIS izboljšuje procese odločanja z natančnimi geografskimi vpogledi in vizualizacijami, kar organizacijam omogoča prepoznavanje vzorcev in povezav, ki v tradicionalnih oblikah podatkov niso takoj vidni (Longley et al., 2015).

Ena od ključnih sestavin tehnologije GIS je koncept slojev. Po podatkih podjetja Esri (n.d.c.) je sloj delček geografske stvarnosti na določenem območju. Vsak sloj v GIS ustreza določeni vrsti podatkov, kot so ceste, raba tal, nadmorska višina, vodna telesa ali gostota prebivalstva. Slika 8.2 prikazuje primer različnih vrst podatkov na enem zemljevidu (ulice, stavbe in vegetacija), od katerih vsak ustreza eni plasti.



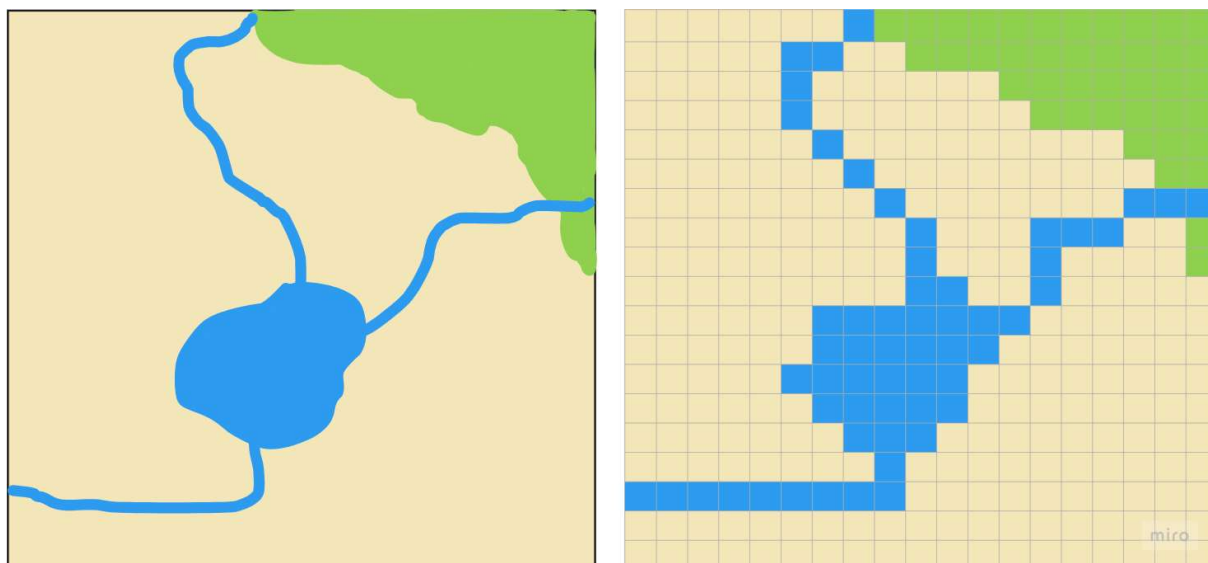
Slika 8.2 Sloje GIS

Vir: Vir: Avtor, prilagojeno iz National Geographic (n.d.).

Geografski informacijski sistemi za predstavitev, analizo in vizualizacijo geografskih informacij uporabljajo različne vrste podatkov. Podatke GIS lahko na splošno razvrstimo v dve glavni vrsti: rastrske in vektorske podatke.

Dempsey (2024) navaja, da so prevladujoča oblika podatkov GIS **vektorski podatki**. Primeri vektorskih podatkov so točke, črte in poligoni, ki se uporabljajo za predstavitev geografskih podatkov. Pri vektorski predstavitvi so vse črte zajete kot točke, povezane s točno določenimi ravnimi črtami (Longley et al., 2015). Točkovni podatki predstavljajo diskretne podatkovne točke ali določene lokacije, kot so šole, imena mest ali zanimive točke. Linijski podatki predstavljajo linearne značilnosti, kot so ceste in reke, poligoni pa se uporabljajo za značilnosti območij, kot so jezera, upravne meje in gozdovi (Dempsey, 2024)

Rastrski podatki so mrežna podatkovna struktura, sestavljena iz slikovnih pik ali celic, ki imajo vsaka svoj atribut. Najpogostejši viri rastrskih podatkov so satelitski posnetki, letalski posnetki, podatki daljinskega zaznavanja ter podatki z osenčenim reliefom in topografijo (Dempsey, 2024; Longley et al., 2015).



Slika 83 Vektorski (levo) in rastrski (desno) podatki

Vir: Avtor.

Na sliki 8.3 sta prikazana dva prikaza zemljevida z vektorskimi (na levi) in rastrskimi (na desni) podatki. Vektorski podatki vključujejo poligone (jezero in gozd) in črte (reke), rastrski podatki pa mrežo, kjer vsaka celica predstavlja eno barvo (modro, rumeno ali zeleno).

Pomembno je razumeti različne vrste podatkov GIS, da bi jih lahko učinkovito uporabili pri poslovnem obveščanju. Vektorski podatki so idealni za natančno kartiranje in analizo diskretnih



geografskih značilnosti, medtem ko so rastrski podatki odlični za predstavitev neprekinjenih podatkov in obsežnih okoljskih podatkov.

8.2. GIS v logistiki

Geografski informacijski sistemi (GIS) so temeljito spremenili logistični sektor, saj zagotavljajo orodja, ki omogočajo učinkovitejše, stroškovno učinkovitejše in strateške postopke odločanja. Vključevanje GIS v logistiko omogoča vizualizacijo, analizo in interpretacijo prostorskih podatkov, kar je ključno za optimizacijo poti, upravljanje oskrbovalnih verig in izboljšanje splošne operativne učinkovitosti.

Za reševanje logističnih izzivov tehnologija GIS združuje najsodobnejše tehnike upravljanja podatkov in analitične tehnike z geografsko znanostjo. Strokovnjaki s področja logistike lahko vidijo vzorce, odnose in trende, ki niso vidni v tradicionalnih oblikah podatkov, saj z njo lažje prekrijejo različne podatkovne nize na zemljevidu. Po podatkih podjetja Esri (2017) ta prostorska perspektiva zelo koristi strateškemu načrtovanju in operativni optimizaciji.

Ena glavnih aplikacij GIS v logistiki je optimizacija poti. Z analizo prostorskih podatkov lahko logistična podjetja določijo najučinkovitejše poti za dostavo, s čimer zmanjšajo čas potovanja, porabo goriva in skupne stroške poslovanja. GIS lahko na primer upošteva prometne vzorce, stanje cest in omejitve hitrosti ter tako v realnem času optimizira potek poti (Ramzan, 2023). Ta zmožnost ne izboljšuje le učinkovitosti, temveč z zagotavljanjem pravočasne dostave povečuje tudi zadovoljstvo strank.

Sureshkumar in drugi (2017) so izvedli študijo, ki poudarja številne prednosti GIS in poudarja njegov transformativni potencial pri optimizaciji poti za upravljanje prometa. GIS omogoča uporabo podatkov v realnem času za dinamično prilagajanje prometa in celovito prostorsko analizo, saj omogoča integracijo različnih vrst podatkov, vključno z GPS in satelitskimi posnetki. Zaradi te integracije se zaradi krajših potovalnih razdalj in manjše porabe goriva bistveno prihranijo čas in stroški. Postopki odločanja se izboljšajo z zmožnostmi prostorske vizualizacije GIS, ki razkrivajo vzorce in trende, ki so skriti v običajnih oblikah podatkov. Vse skupaj kaže, da optimizacija poti na podlagi GIS ne le zmanjšuje vpliv na okolje in povečuje operativno učinkovitost, temveč ponuja tudi trden okvir za reševanje zapletenih mestnih prometnih vprašanj.

Uporaba geografskih informacijskih sistemov (GIS) pri optimizaciji poti zbiranja trdnih komunalnih odpadkov (TKO) se je izkazala za zelo učinkovito pri izboljšanju operativne



učinkovitosti in zmanjšanju stroškov. Singh in Behera (2018) sta dokazala, da je integracija GIS in orodja za analizo omrežja v ArcGIS znatno zmanjšala prevozne razdalje za povprečno 27,78 %, kar je poudarilo bistvene izboljšave v logistiki ravnanja z odpadki v mestu Kanpur v Indiji. Podobno so Nguyen-Trong et al. (2016) uporabili kombiniran pristop GIS, optimizacije na podlagi enačb in modeliranja na podlagi agentov za dinamično optimizacijo poti zbiranja odpadkov v mestu Hagiang v Vietnamu in dosegli 11,3-odstotno zmanjšanje stroškov. Te študije poudarjajo preobrazbeni potencial GIS pri obravnavanju zapletenosti ravnanja s komunalnimi odpadki, zlasti z vključevanjem podatkov v realnem času in naprednih tehnik modeliranja. Z uporabo GIS za prostorsko analizo in optimizacijo poti lahko občine dosežejo bolj trajnostne in učinkovite prakse ravnanja z odpadki, s čimer izboljšajo splošno izvajanje storitev in zmanjšajo vpliv na okolje.

Hemidat in drugi (2017) so izvedli študijo, katere cilj je bil izboljšati učinkovitost zbiranja trdnih komunalnih odpadkov v več jordanskih mestih z uporabo tehnik GIS. Raziskovalci so z orodjem ArcGIS Network Analyst razvili optimizirane scenarije zbiranja odpadkov s ciljem zmanjšati operativne stroške, časa delovanja vozil in vplive na okolje. Optimizirani scenariji so v primerjavi s trenutnim stanjem (S0) pokazali znatne prihranke. Scenarij S1 je pri Irbidu, Karaku in Mafraku prinesel 15-odstotne, 6-odstotne in 11-odstotne prihranke stroškov. Scenarij S2 je pokazal 13-odstotni, 3-odstotni in 6-odstotni prihranek stroškov za ista mesta. Kombinirani scenarij (S3) je prinesel največje prihranke s 23-odstotnim, 8-odstotnim in 13-odstotnim zmanjšanjem skupnih stroškov. Te ugotovitve poudarjajo znaten vpliv optimizacije poti na podlagi GIS na zmanjšanje operativnih stroškov, časa delovanja vozil in vplivov na okolje z zmanjšanjem porabe goriva in emisij.

Analitika, ki temelji na GIS, bistveno izboljša upravljanje verige preskrbe s krvjo, saj zagotavlja vidljivost v realnem času in omogoča boljše sprejemanje odločitev. Integracija GIS s podatkovnim rudarjenjem in drugimi analitičnimi tehnikami omogoča učinkovito sledenje, upravljanje in optimizacijo virov krvi, kar vodi k izboljšanju operativne učinkovitosti in zmanjšanju izgub (Delen et al., 2011).

GIS ima pomembno vlogo tudi pri načrtovanju in upravljanju mestne infrastrukture, saj zagotavlja zanesljivo platformo za povezovanje in analizo prostorskih podatkov. Uporaba GIS v tem kontekstu omogoča bolj informirano sprejemanje odločitev, kar vodi k optimizaciji naložb v infrastrukturo in izboljšanemu zagotavljanju storitev. Študija, ki so jo izvedli Irizarry in drugi



(2013), poudarja učinkovitost GIS pri upravljanju mestne infrastrukture in izboljšanju operativne učinkovitosti.

Uporaba GIS pri optimizaciji poti na različnih področjih, kot so ravnanje s trdnimi komunalnimi odpadki, upravljanje verige preskrbe s krvjo in načrtovanje mestne infrastrukture, je na spletni strani pokazala velike koristi. GIS povečuje operativno učinkovitost z združevanjem prostorskih podatkov z naprednimi analitičnimi orodji, kar olajša odločanje v realnem času in optimizira uporabo virov. Študije so pokazale znatno znižanje stroškov in izboljšano zagotavljanje storitev z optimizacijo poti na podlagi GIS, kar poudarja njegovo ključno vlogo pri upravljanju zapletenih logističnih dejavnosti. Z uporabo tehnologije GIS lahko organizacije dosežejo trajnostne prakse, zmanjšajo vplive na okolje in povečajo splošno operativno učinkovitost.

8.3. Prihodnji trendi na področju GIS-a

Geografski informacijski sistemi se zaradi tehnološkega napredka in vse večjih potreb po analizi prostorskih podatkov močno spreminjajo. V tem podpoglavju bodo obravnavani prihodnji trendi na področju GIS s poudarkom na novih tehnologijah, računalništvu v oblaku, vključevanju velikih količin podatkov ter vlogi umetne inteligence (AI) in strojnega učenja (ML).

Prihodnost GIS oblikuje več ključnih trendov in inovacij, ki spreminjajo način zbiranja, analiziranja in uporabe prostorskih podatkov. Pomemben trend je vključevanje naprednih tehnologij, kot so računalništvo v oblaku, umetna inteligenca, strojno učenje (ML) in zbiranje podatkov z droni. Te tehnologije povečujejo učinkovitost in zmogljivosti GIS, saj omogočajo obdelavo podatkov v realnem času in zahtevnejše prostorske analize. **Računalništvo v oblaku** revolucionarno spreminja GIS, saj zagotavlja skalabilne in dostopne platforme za shranjevanje in obdelavo velikih zbirk podatkov. Ta premik organizacijam omogoča, da izkoristijo velike količine geoprostorskih podatkov, ne da bi za to potrebovale obsežno lokalno infrastrukturo. Vedno bolj se uveljavlja GIS kot storitev, ki uporabnikom omogoča dostop do zmogljivih orodij GIS in zmožnosti analize podatkov prek platform v oblaku. Zaradi tega trenda postaja GIS dostopnejši in stroškovno učinkovitejši, zlasti za manjše organizacije in panoge z omejenimi viri. **AI in ML** imata pomembno vlogo pri avtomatizaciji in izboljšanju analize prostorskih podatkov. Te tehnologije lahko prepoznavajo vzorce, napovedujejo in zagotavljajo vpogled v kompleksne podatkovne nize, ki bi jih bilo težko analizirati ročno. Algoritmi umetne inteligence lahko na primer obdelajo satelitske posnetke in zaznajo spremembe v rabi zemljišč, medtem ko lahko modeli ML na podlagi preteklih podatkov predvidijo prometne vzorce.



Integracija umetne inteligence in ML z GIS omogoča natančnejše in pravočasnejše sprejemanje odločitev v različnih sektorjih, od urbanističnega načrtovanja do obvladovanja naravnih nesreč. Tudi napredek na področju **tehnologije brezpilotnih letalnikov** je pomemben trend na področju GIS. Droni, opremljeni s kamerami in senzorji visoke ločljivosti, se vse pogostejše uporabljajo za zbiranje podatkov na težko dostopnih območjih. Ta orodja zagotavljajo zelo natančne podatke v realnem času, ki jih je mogoče vključiti v GIS za podrobno kartiranje in analizo. Ta trend je še posebej koristen za spremljanje okolja, pregledovanje infrastrukture in upravljanje kmetijstva. Drug nov trend je uporaba **razširjene resničnosti** (AR) in **navidezne** resničnosti (VR) v GIS. Te tehnologije ponujajo nove načine vizualizacije in interakcije s prostorskimi podatki ter zagotavljajo potopitvene izkušnje, ki lahko izboljšajo razumevanje in sprejemanje odločitev. AR lahko na primer prekrije geoprostorske podatke s pogledi iz realnega sveta, kar uporabnikom pomaga pri vizualizaciji podzemnih komunalnih naprav ali navigaciji v zapletenih okoljih. VR lahko ustvari podrobne simulacije urbanih pokrajin, ki načrtovalcem omogočajo raziskovanje različnih scenarijev in njihovih morebitnih vplivov. **Analiza podatkov v realnem času** postaja vse pomembnejša v aplikacijah GIS. Zmožnost obdelave in analize podatkov med njihovim zbiranjem omogoča bolj odzivno in dinamično sprejemanje odločitev. To zmožnost povečuje povezava GIS z internetom stvari (IoT), kjer je mogoče podatke iz povezanih naprav nenehno spremljati in analizirati. GIS v realnem času se uporablja v aplikacijah, kot so upravljanje prometa, odzivanje na izredne razmere in spremljanje okolja, kjer so pravočasne informacije ključnega pomena. Omeniti je treba tudi širitev aplikacij GIS v nove industrije in sektorje. GIS se zdaj uporablja na področjih, kot je zdravstvo, kjer pomaga spremljati izbruhe bolezni in optimizirati zdravstveno oskrbo. V maloprodaji GIS analizira demografske podatke o strankah in optimizira lokacije trgovin. Tehnologija je ključna tudi pri pobudah za pametna mesta, saj zagotavlja prostorsko inteligenco, potrebno za učinkovito upravljanje mestne infrastrukture in virov (Kerski, 2022; MGISS, 2023).

Kot je razvidno, je vključitev GIS v logistiko povzročila revolucijo v panogi, saj je povečala učinkovitost delovanja, zmanjšala stroške in izboljšala zadovoljstvo strank. Ker se tehnologija GIS še naprej razvija, se bo njena uporaba v logistiki še razširila in ponudila še bolj izpopolnjena orodja za reševanje zapletenih izzivov. Z izkoriščanjem teh napredkov lahko logistična podjetja ohranijo konkurenčno prednost in se prilagodijo dinamičnim zahtevam svetovnega trga.



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* [available at: <https://www.geographyrealm.com/geodatabases-explored-vector-and-raster-data/>, access 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? [available at: <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>, access May 27, 2024]
5. Esri (n.d.b). History of GIS? [available at: <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/history-of-gis>, access May 27, 2024]
6. Esri (n.d.c). Layer. GIS dictionary [available at: <https://support.esri.com/en-us/gis-dictionary/layer>, access June 8, 2024]
7. GisGeography (2024a). The Remarkable History of GIS [available at: <https://gisgeography.com/history-of-gis/>, access May 27, 2024]
8. GisGeography (2024b). What is GIS? Geographic Information Systems [available at: <https://gisgeography.com/what-is-gis/>, access 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 [available at: <https://www.ibm.com/topics/geographic-information-system>, access May 27, 2024]
14. Kerski, J. (2022). 5 Trends in GIS and How to Successfully Navigate Them. Esri [available at: <https://community.esri.com/t5/esri-young-professionals-network-blog/5-trends-in-gis-and-how-to-successfully-navigate/ba-p/1169616>, access June 9, 2024]
15. Kishore, P. & Rautray, S. (n.d.). The five essential components of GIS. Infosys BPM [available at: <https://www.infosysbpm.com/blogs/geospatial-data-services/gis-five-essential-components.html>, access 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 [available at: <https://mgiss.co.uk/the-future-of-gis-trends-and-innovations-in-geospatial-technology/>, access June 9, 2024]
18. National Geographic (n.d.). GIS (Geographic Information System) [available at: <https://education.nationalgeographic.org/resource/geographic-information-system-gis/>, access May 27, 2024]
19. Ramzan, H. (2023). Optimizing Route Planning with GIS: A Comprehensive Approach for GIS Engineers. Medium [available at: <https://medium.com/@hadiaramzan.2199/optimizing-route-planning-with-gis-a-comprehensive-approach-for-gis-engineers-f12d94dd7a16>, access 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.