

8. GIS W LOGISTYCE

Autor: Dario Šebalj

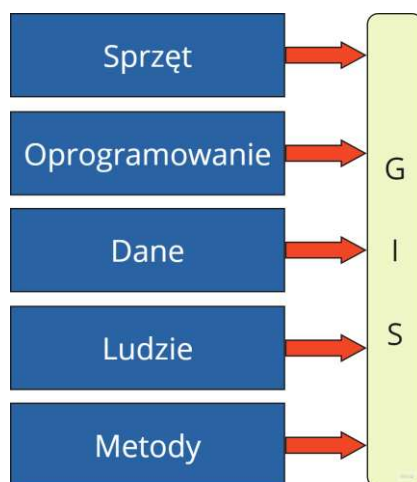
Systemy informacji geograficznej (GIS – ang. Geographic Information Systems) zrewolucjonizowały branżę logistyczną, zapewniając potężne narzędzia do analizy przestrzennej i podejmowania decyzji. Ponieważ firmy coraz częściej działają w zglobalizowanym środowisku, możliwość wizualizacji i analizy danych geograficznych jest niezbędna do optymalizacji łańcuchów dostaw, zarządzania sieciami transportowymi i zwiększania ogólnej wydajności. Technologia GIS umożliwia specjalistom ds. logistyki mapowanie tras, śledzenie przesyłek i analizowanie wzorców przestrzennych, co prowadzi do podejmowania bardziej świadomych decyzji i lepszego przydzielania zasobów. W tym rozdziale omówiono integrację GIS w logistycę, podkreślając jej zastosowania, korzyści i przyszły potencjał. Dzięki zrozumieniu, w jaki sposób GIS można wykorzystać w logistyce, firmy mogą uzyskać przewagę konkurencyjną, obniżyć koszty i zwiększyć zadowolenie klientów.

8.1. System Informacji Geograficznej (GIS)

System informacji geograficznej (GIS) to narzędzie komputerowe, które integruje, przechowuje, analizuje i wizualizuje dane geograficzne. Łączy dane przestrzenne z informacjami opisowymi, celem wspomagania użytkowników w zrozumieniu i interpretacji relacji przestrzennych, wzorców i trendów. GIS jest używany w różnych branżach do mapowania, analizy i podejmowania decyzji, zapewniając cenne informacje na temat wymiarów przestrzennych danych (Jonker, 2023; GisGeography, 2024a; Esri, b.d.; National Geographic, b.d.).

Według Esri (b.d.) i GisGeography (2024b) historia systemów informacji geograficznej (GIS) sięga początku lat 60. XX wieku, kiedy to **Roger Tomlinson**, często nazywany „ojcem GIS”, opracował pierwszy skomputeryzowany GIS. Ten początkowy system został stworzony dla Canada Land Inventory, aby pomóc w zarządzaniu użytkowaniem gruntów i planowaniu zasobów. W latach 70. i 80. XX wieku postęp technologii komputerowej, teledetekcji i analizy przestrzennej doprowadził do rozwoju bardziej zaawansowanego oprogramowania GIS. W 1969 roku założono Esri (ang. Environmental Systems Research Institute), który stał się kluczowym graczem w branży GIS, wprowadzając platformę ArcGIS. Platforma ta znacząco zwiększyła możliwości i dostępność technologii GIS. W latach 90. XX wieku technologia GIS

ewoluowała, obejmując szerszy zakres zastosowań, od planowania urbanistycznego po zarządzanie środowiskiem. Integracja GIS z GPS (ang. Global Positioning Systems) i pojawienie się Internetu jeszcze bardziej rozszerzyły jej zastosowanie. Obecnie GIS jest integralnym narzędziem w różnych sektorach, w tym w transporcie, logistyce, rolnictwie i bezpieczeństwie publicznym, dostarczającym kluczowych informacji i wspomagającym podejmowanie decyzji.



Rysunek 8.1 Komponenty GIS

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Kishore i Rautray (b.d.)

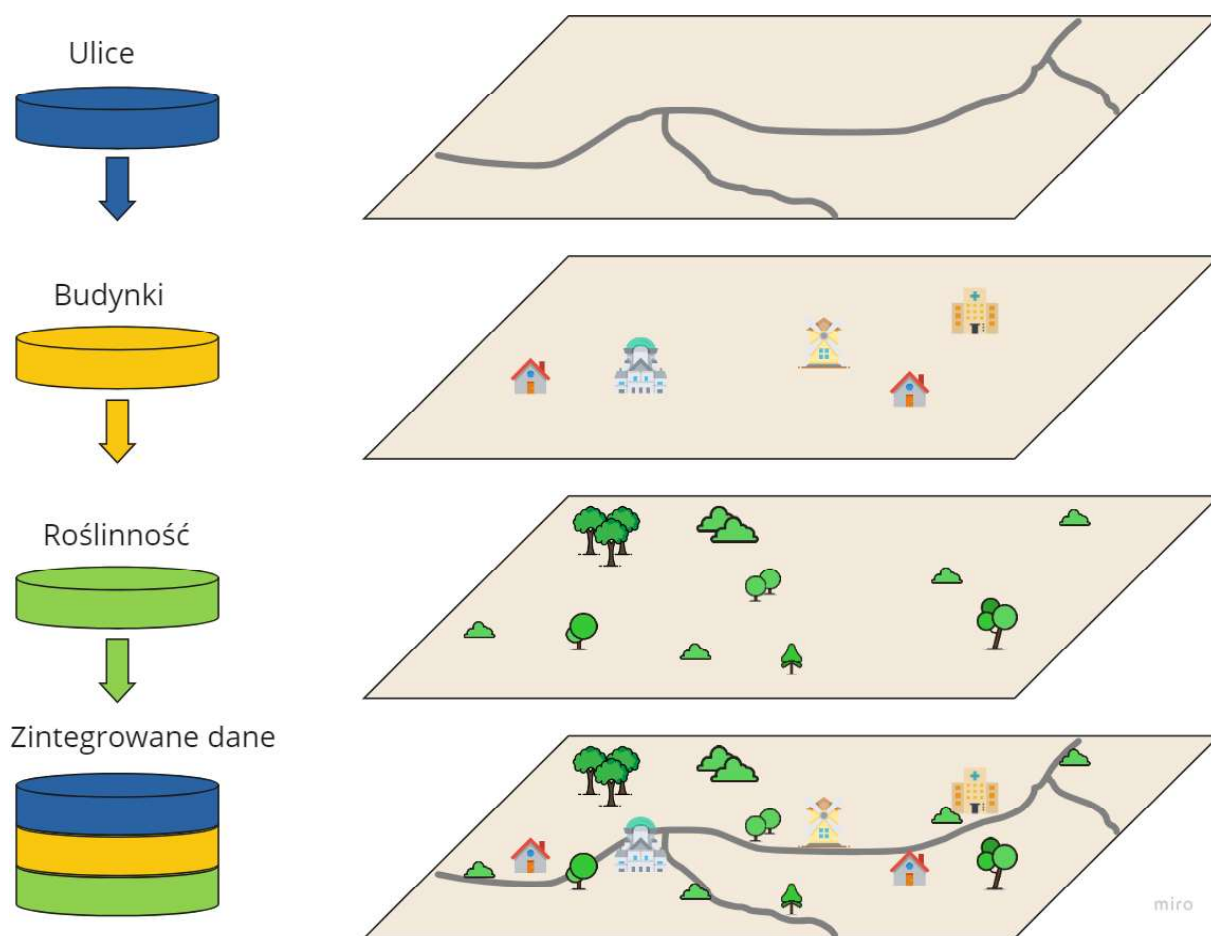
Rysunek 8.1 przedstawia pięć podstawowych komponentów Systemu Informacji Geograficznej (GIS) według Kishore'a i Rautray'a (b.d.):

- **Sprzęt:** Urządzenia fizyczne służące do uruchamiania oprogramowania GIS i przechowywania danych, takie jak komputery, serwery, urządzenia GPS i inne urządzenia peryferyjne.
- **Oprogramowanie:** Programy i aplikacje realizujące funkcje GIS, umożliwiające użytkownikom analizowanie i wizualizację danych przestrzennych.
- **Dane:** Informacje przestrzenne i nieprzestrzenne analizowane przez GIS, w tym mapy, zdjęcia satelitarne i dane tabelaryczne.
- **Metody:** Techniki i procedury wykorzystywane do analizy danych GIS, takie jak algorytmy i modele statystyczne.
- **Ludzie:** Profesjonaliści i użytkownicy obsługujący i zarządzający technologią GIS, od analityków danych po decydentów.

Systemy informacji geograficznej mają szeroki zakres zastosowań w różnych branżach, co czyni je niezbędnymi narzędziami do analizy danych przestrzennych i podejmowania decyzji. W analizie biznesowej GIS jest wykorzystywany do analizy rynku, wyboru lokalizacji i optymalizacji logistyki, pomagając firmom podejmować decyzje na podstawie danych

w oparciu o trendy geograficzne (Longley i in., 2015). Zarządzanie środowiskiem wykorzystuje GIS do zarządzania zasobami naturalnymi, monitorowania środowiska i reagowania na katastrofy, umożliwiając skuteczniejsze działania na rzecz ochrony środowiska i planowanie awaryjne (Goodchild i in., 2018). Poprzez integrację i analizę danych przestrzennych GIS usprawnia procesy decyzyjne dzięki precyzyjnym spostrzeżeniom geograficznym i wizualizacjom, umożliwiając organizacjom identyfikację wzorców i relacji, które nie są od razu widoczne w tradycyjnych formatach danych (Longley i in., 2015).

Jednym z podstawowych komponentów technologii GIS jest koncepcja warstw. Według Esri (b.d.) warstwa to wycinek rzeczywistości geograficznej na określonym obszarze. Każda warstwa w GIS odpowiada określonemu typowi danych, takiemu jak drogi, użytkowanie gruntów, wysokość, zbiorniki wodne lub gęstość zaludnienia. Rysunek 8.2. przedstawia przykład różnych rodzajów danych na jednej mapie (ulice, budynki i roślinność), z których każdy odpowiada jednej warstwie.



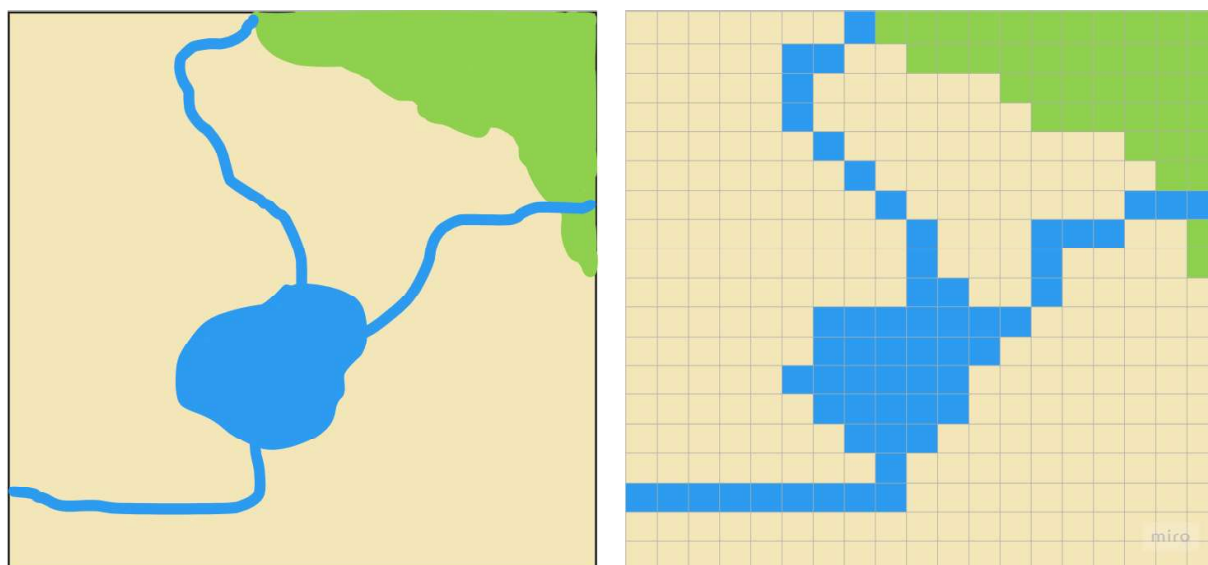
Rysunek 8.2 Warstwy GIS

Źródło: Opracowanie własne na podstawie National Geographic (b.d.)

Systemy informacji geograficznej opierają się na różnych typach danych, aby reprezentować, analizować i wizualizować informacje geograficzne. Dane GIS można ogólnie podzielić na dwa główne typy: dane rastrowe i wektorowe.

Według Dempseya (2024) dominującą formą danych GIS są **dane wektorowe**. Punkty, linie i wielokąty używane do reprezentowania danych geograficznych są przykładami danych wektorowych. W reprezentacji wektorowej wszystkie linie są uchwycone jako punkty połączone precyzyjnie prostymi liniami (Longley i in., 2015). Dane punktowe reprezentują dyskretne punkty danych lub określone lokalizacje, takie jak szkoły, nazwy miast lub punkty zainteresowania. Dane liniowe reprezentują cechy liniowe, takie jak drogi i rzeki, a wielokąty są używane do cech powierzchniowych, takich jak jeziora, granice administracyjne i lasy. (Dempsey, 2024).

Dane rastrowe to oparta na siatce struktura danych składająca się z pikseli lub komórek, z których każda posiada powiązany atrybut. Najczęstszymi źródłami danych rastrowych są obrazy satelitarne, zdjęcia lotnicze, dane uzyskane metodą teledetekcji oraz dane z cieniowaną rzeźbą terenu i topografią (Dempsey, 2024; Longley i in., 2015).



Rysunek 8.3 Dane wektorowe (po lewej) i rastrowe (po prawej)

Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 8.3. przedstawia dwie reprezentacje map przy użyciu danych wektorowych (po lewej) i rastrowych (po prawej). Dane wektorowe obejmują wielokąty (jezioro i las) oraz linie (rzeki), a dane rastrowe obejmują siatkę, w której każda komórka reprezentuje jeden kolor (niebieski, żółty lub zielony).

Ważne jest zrozumienie różnych rodzajów danych GIS, aby móc je skutecznie wykorzystywać w Business Intelligence. Dane wektorowe są idealne do precyzyjnego mapowania i analizy dyskretnych cech geograficznych, podczas gdy dane rastrowe świetnie nadają się do reprezentowania danych ciągłych i danych środowiskowych na dużą skalę.

8.2. GIS w logistyce

Systemy informacji geograficznej (GIS) fundamentalnie przekształciły sektor logistyki, dostarczając narzędzi, które umożliwiają bardziej wydajne, opłacalne i strategiczne procesy podejmowania decyzji. Integracja GIS w logistyce umożliwia wizualizację, analizę i interpretację danych przestrzennych, co jest kluczowe dla optymalizacji tras, zarządzania łańcuchami dostaw i zwiększenia ogólnej wydajności operacyjnej.

Aby sprostać wyzwaniom logistycznym, technologia GIS łączy najnowocześniejsze techniki zarządzania danymi i analizy z nauką geografii. Specjaliści ds. logistyki mogą dostrzec wzorce, relacje i trendy, które nie są widoczne w tradycyjnych formatach danych, wykorzystując geografę do łatwiejszego nakładania różnych zestawów danych na mapę. Według Esri (2017) planowanie strategiczne i optymalizacja operacyjna w dużym stopniu korzystają z tej perspektywy przestrzennej.

Jednym z głównych zastosowań GIS w logistyce jest optymalizacja tras. Analizując dane przestrzenne, firmy logistyczne mogą określić najbardziej efektywne trasy dostaw, skracając czas podróży, zużycie paliwa i ogólne koszty operacyjne. Na przykład GIS może uwzględniać wzorce ruchu, warunki drogowe, ograniczenia prędkości, aby optymalizować trasy w czasie rzeczywistym (Ramzan, 2023). Ta możliwość nie tylko zwiększa wydajność, ale także zadowolenie klientów, zapewniając terminowe dostawy.

Sureshkumar i in. (2017) przeprowadzili badanie, które uwypukla liczne zalety GIS i podkreśla jego potencjał transformacyjny w optymalizacji tras dla zarządzania ruchem drogowym. GIS umożliwia aplikację danych w czasie rzeczywistym do dynamicznych korekt ruchu drogowego i kompleksowej analizy przestrzennej, ułatwiając integrację różnych typów danych, w tym GPS i obrazów satelitarnych. Dzięki tej integracji możliwe jest zaoszczędzenie dużej ilości czasu i pieniędzy dzięki krótszym dystansom podróży i mniejszemu zużyciu paliwa. Procesy podejmowania decyzji są usprawniane dzięki możliwościom wizualizacji przestrzennej GIS, które ujawniają wzorce i trendy ukryte w konwencjonalnych formatach danych. Biorąc wszystko pod uwagę, badanie pokazuje, że optymalizacja tras oparta na GIS nie tylko

zmniejsza wpływ na środowisko i zwiększa wydajność operacyjną, ale także oferuje solidne ramy do radzenia sobie ze złożonymi problemami ruchu miejskiego.

Zastosowanie systemów informacji geograficznej (GIS) w optymalizacji tras zbiórki odpadów komunalnych (MSW – ang. municipal solid waste) okazało się wysoce skuteczne w zwiększaniu wydajności operacyjnej i obniżaniu kosztów. Singh i Behera (2018) wykazali, że integracja GIS i narzędzia analityki sieci w ArcGIS przyczyniła się do znaczącego zmniejszenia odległości transportu o średnio 27,78%, co wskazuje na znaczną poprawę logistyki gospodarki odpadami w Kanpur w Indiach. Podobnie Nguyen-Trong i in. (2016) wykorzystali połączone podejście GIS, optymalizacji opartej na równaniach i modelowania agentowego celem dynamicznej optymalizacji trasy zbiórki odpadów w mieście Hagiang w Wietnamie, osiągając redukcję kosztów o 11,3%. Badania te podkreślają transformacyjny potencjał GIS w rozwiązywaniu złożoności gospodarki odpadami miejskimi, w szczególności poprzez integrację danych w czasie rzeczywistym i zaawansowanych technik modelowania. Wykorzystując GIS do analizy przestrzennej i optymalizacji tras, gminy mogą osiągnąć bardziej zrównoważone i wydajne praktyki gospodarki odpadami, zwiększając tym samym ogólną realizację usług i zmniejszając wpływ na środowisko

Hemidat i in. (2017) przeprowadzili badanie mające na celu poprawę efektywności odbioru odpadów komunalnych stałych (MSW) w kilku miastach Jordanii przy użyciu technik GIS. Naukowcy opracowali zoptymalizowane scenariusze odbioru odpadów przy użyciu narzędzia ArcGIS Network Analyst, mające na celu zmniejszenie kosztów operacyjnych, czasu pracy pojazdów i wpływu na środowisko. Zoptymalizowane scenariusze wykazały znaczne oszczędności w porównaniu ze stanem obecnym (S0). W szczególności scenariusz S1 przyniósł oszczędności kosztów wynoszące odpowiednio 15%, 6% i 11% dla Irbidu, Karaku i Mafraku. Scenariusz S2 wykazał oszczędności kosztów wynoszące 13%, 3% i 6% dla tych samych miast. Połączony scenariusz (S3) przyniósł największe oszczędności, z redukcją całkowitych kosztów o 23%, 8% i 13%. Wyniki te podkreślają znaczący wpływ optymalizacji tras opartej na GIS na redukcję kosztów operacyjnych, czasu pracy pojazdów i wpływu na środowisko poprzez minimalizację zużycia paliwa i emisji.

Analityka oparta na GIS znacznie usprawnia zarządzanie łańcuchem dostaw krwi, zapewniając widoczność w czasie rzeczywistym i ułatwiając podejmowanie lepszych decyzji. Integracja GIS z eksploracją danych i innymi technikami analitycznymi umożliwia efektywne śledzenie, zarządzanie i optymalizację zasobów krwi, co prowadzi do poprawy wydajności operacyjnej i zmniejszenia marnotrawstwa (Delen i in., 2011).

Ponadto GIS odgrywa istotną rolę w planowaniu i zarządzaniu infrastrukturą miejską, zapewniając solidną platformę do integrowania i analizowania danych przestrzennych. Wykorzystanie GIS w tym kontekście umożliwia podejmowanie bardziej świadomych decyzji, co prowadzi do zoptymalizowanych inwestycji w infrastrukturę i ulepszonego świadczenia usług. Badanie przeprowadzone przez Irizarry i in. (2013) podkreśla skuteczność GIS w zarządzaniu infrastrukturą miejską i poprawie wydajności operacyjnej.

Wykorzystanie GIS w optymalizacji tras w różnych domenach, takich jak gospodarka odpadami komunalnymi, zarządzanie łańcuchem dostaw krwi i planowanie infrastruktury miejskiej, wykazało znaczne korzyści. GIS zwiększa wydajność operacyjną poprzez integrację danych przestrzennych z zaawansowanymi narzędziami analitycznymi, ułatwiając podejmowanie decyzji w czasie rzeczywistym i optymalizując wykorzystanie zasobów. Badania wykazały znaczną redukcję kosztów i poprawę świadczenia usług dzięki optymalizacji tras opartej na GIS, podkreślając jej krytyczną rolę w zarządzaniu złożonymi operacjami logistycznymi. Wykorzystując technologię GIS, organizacje mogą osiągnąć praktyki zrównoważonego rozwoju, zmniejszyć wpływ na środowisko i zwiększyć ogólną skuteczność operacyjną.

8.3. Przyszłe trendy w GIS

Systemy informacji geograficznej przechodzą znaczące transformacje napędzane przez postęp technologiczny i rosnące zapotrzebowanie na analizę danych przestrzennych. Ten podrozdział zbada przyszłe trendy w GIS, skupiając się na powstających technologiach, przetwarzaniu w chmurze, integracji dużych zbiorów danych oraz roli sztucznej inteligencji (AI – ang. Artificial Intelligence) i uczenia maszynowego (ML – ang. Machine Learning).

Przyszłość GIS jest kształtowana przez kilka kluczowych trendów i innowacji, które zmieniają sposób, w jaki zbieramy, analizujemy i wykorzystujemy dane przestrzenne. Istotnym trendem jest integracja zaawansowanych technologii, takich jak przetwarzanie w chmurze, AI, uczenie maszynowe (ML) i zbieranie danych za pomocą dronów. Technologie te zwiększają wydajność i możliwości GIS, umożliwiając przetwarzanie danych w czasie rzeczywistym i bardziej zaawansowane analizy przestrzenne. Przetwarzanie w chmurze rewolucjonizuje GIS, zapewniając skalowalne i dostępne platformy do przechowywania i przetwarzania dużych zestawów danych. Ta zmiana umożliwia organizacjom wykorzystanie ogromnych ilości danych geoprzestrzennych bez potrzeby wykorzystania znacznej infrastruktury lokalnej. Wdrożenie GIS jako usługi jest coraz bardziej zauważalne, umożliwiając użytkownikom dostęp do

potężnych narzędzi GIS i możliwości analizy danych za pośrednictwem platform w chmurze. Ten trend sprawia, że GIS staje się bardziej dostępny i opłacalny, szczególnie dla mniejszych organizacji i branż o ograniczonych zasobach. AI i ML odgrywają ważną rolę w automatyzacji i ulepszaniu analizy danych przestrzennych. Technologie te mogą identyfikować wzorce, tworzyć prognozy i dostarczać spostrzeżeń ze złożonych zestawów danych, których analiza ręczna byłaby trudna. Na przykład algorytmy AI mogą przetwarzać obrazy satelitarne w celu wykrywania zmian w użytkowaniu gruntów, podczas gdy modele ML mogą przewidywać wzorce ruchu na podstawie danych historycznych. Integracja AI i ML z GIS umożliwia dokładniejsze i szybsze podejmowanie decyzji w różnych sektorach, od planowania urbanistycznego po zarządzanie katastrofami. Postęp w technologii dronów jest również znaczącym trendem w GIS. Drony wyposażone w kamery i czujniki o wysokiej rozdzielczości są coraz częściej wykorzystywane do zbierania danych w trudno dostępnych obszarach. Narzędzia te zapewniają dane w czasie rzeczywistym o wysokiej dokładności, które można zintegrować z GIS w celu szczegółowego mapowania i analizy. Ten trend jest szczególnie korzystny dla monitorowania środowiska, inspekcji infrastruktury i zarządzania rolnictwem. Innym pojawiającym się trendem jest wykorzystanie rozszerzonej rzeczywistości (AR – ang. Augmented Reality) i wirtualnej rzeczywistości (VR – ang. Virtual Reality) w GIS. Technologie te oferują nowe sposoby wizualizacji i interakcji z danymi przestrzennymi, zapewniając wciągające doświadczenia, które mogą poprawić zrozumienie i podejmowanie decyzji. Na przykład AR może nakładać dane geoprzestrzenne na widoki świata rzeczywistego, pomagając użytkownikom wizualizować podziemne instalacje lub poruszać się po złożonych środowiskach. VR może tworzyć szczegółowe symulacje krajobrazów miejskich, umożliwiając planistom eksplorację różnych scenariuszy i ich potencjalnych skutków. Analiza danych w czasie rzeczywistym staje się coraz ważniejsza w aplikacjach GIS. Możliwość przetwarzania i analizowania danych w miarę ich gromadzenia umożliwia bardziej responsywne i dynamiczne podejmowanie decyzji. Możliwości te są wzmacniane przez integrację GIS z Internetem Rzeczy (IoT – ang. Internet of Things), gdzie dane z podłączonych urządzeń mogą być stale monitorowane i analizowane. GIS w czasie rzeczywistym jest wykorzystywany w aplikacjach wykorzystywanych do takich działań jak zarządzanie ruchem drogowym, reagowanie kryzysowe i monitorowanie środowiska, gdzie terminowe informacje mają kluczowe znaczenie. Warto również zwrócić uwagę na ekspansję aplikacji GIS na nowe branże i sektory. GIS jest obecnie wykorzystywany w takich dziedzinach jak opieka zdrowotna, gdzie wspomaga śledzenie ogniska chorób i optymalizację świadczenia opieki zdrowotnej. W handlu detalicznym GIS analizuje dane demograficzne klientów i optymalizuje lokalizacje sklepów. Technologia jest również kluczowa w inicjatywach inteligentnych miast, zapewniając inteligencję przestrzenną

potrzebną do efektywnego zarządzania infrastrukturą miejską i zasobami (Kerski, 2022; MGISS, 2023).

Jak widać, integracja GIS w logistyce zrewolucjonizowała branżę, zwiększając wydajność operacyjną, obniżając koszty i poprawiając zadowolenie klientów. W miarę rozwoju technologii GIS jej zastosowania w logistyce będą się rozszerzać, oferując jeszcze bardziej zaawansowane narzędzia do rozwiązywania złożonych wyzwań. Wykorzystując ten postęp, firmy logistyczne mogą utrzymać przewagę konkurencyjną i dostosować się do dynamicznych wymagań globalnego rynku.

BIBLIOGRAFIA

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* [dostępne: <https://www.geographyrealm.com/geodatabases-explored-vector-and-raster-data/>, dostęp 9 czerwca 2024]
3. Esri (2017). *The ArcGIS Book: 10 Big Ideas about Applying The Science of Where*, 2nd Edition. Esri Press.
4. Esri (b.d.a). What is GIS? [dostępne: <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>, dostęp 27 maja 2024]
5. Esri (b.d.b). History of GIS? [dostępne: <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/history-of-gis>, dostęp 27 maja 2024]
6. Esri (b.d.c). Layer. GIS dictionary [dostępne: <https://support.esri.com/en-us/gis-dictionary/layer>, dostęp 8 czerwca 2024]
7. GisGeography (2024a). The Remarkable History of GIS [dostępne: <https://gisgeography.com/history-of-gis/>, dostęp 27 maja 2024]
8. GisGeography (2024b). What is GIS? Geographic Information Systems [dostępne: <https://gisgeography.com/what-is-gis/>, dostęp 27 maja 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, s. 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, s. 241–254.

13. Jonker, A. (2023). What is a geographic information system (GIS)? IBM [dostępne: <https://www.ibm.com/topics/geographic-information-system> dostęp 27 maja 2024]
14. Kerski, J. (2022). 5 Trends in GIS and How to Successfully Navigate Them. Esri [dostępne: <https://community.esri.com/t5/esri-young-professionals-network-blog/5-trends-in-gis-and-how-to-successfully-navigate/ba-p/1169616> dostęp 9 czerwca 2024]
15. Kishore, P. & Rautray, S. (n.d.). The five essential components of GIS. Infosys BPM [dostępne: <https://www.infosysbpm.com/blogs/geospatial-data-services/gis-five-essential-components.html>, dostęp 8 czerwca 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 [dostępne: <https://mgiss.co.uk/the-future-of-gis-trends-and-innovations-in-geospatial-technology/>, dostęp 9 czerwca 2024]
18. National Geographic (n.d.). GIS (Geographic Information System) [dostępne: <https://education.nationalgeographic.org/resource/geographic-information-system-gis/>, dostęp 27 maja 2024]
19. Ramzan, H. (2023). Optimizing Route Planning with GIS: A Comprehensive Approach for GIS Engineers. Medium [dostępne: <https://medium.com/@hadiaramzan.2199/optimizing-route-planning-with-gis-a-comprehensive-approach-for-gis-engineers-f12d94dd7a16>, dostęp 8 czerwca 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*, s. 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), s. 62-65.