

## **Natalia Bryła**

II rok, Transport i Logistyka  
Koło Naukowe loGIStic  
Wydział Nawigacyjny, Uniwersytet Morski w Gdyni

## **Paweł Borowiec**

II rok Transport i Logistyka  
Koło Naukowe loGIStic  
Wydział Nawigacyjny, Uniwersytet Morski w Gdyni

# **POTENCJAŁ ZASTOSOWANIA SYSTEMÓW GIS W ZARZĄDZANIU ŁAŃCUCHEM DOSTAW: ANALIZA OBSZARÓW WYKORZYSTANIA**

## **Wstęp**

Systemy Informacji Geograficznej są zaawansowanym narzędziem informatycznym służącym do gromadzenia, analizy, zarządzania i wizualizacji danych przestrzennych. Pozwalają na integrowanie informacji geograficznej z różnych źródeł, takich jak mapy, informacje o infrastrukturze dane satelitarne oraz demograficzne. Dzięki możliwościom przetwarzania i analizy danych przestrzennych mogą umożliwić optymalizację wielu procesów logistycznych. Precyzyjne informacje przestrzenne pozwalają na podejmowanie bardziej świadomych decyzji związanych z zarządzaniem łańcuchem dostaw, dotyczących między innymi planowania dostaw, redukcji kosztów czy zarządzania trasami.

Łańcuch dostaw można zdefiniować jako łańcuch magazynowo-transportowy, łączący punkty magazynowe i przeładunkowe, drogami przewozu towarów oraz zsynchronizowanie organizacyjnie i finansowo operacji, procesów zamówień i polityki zapasów wszystkich ogniw tego łańcucha. Jak wynika z definicji, ogniwa łańcucha dostaw są powiązane i zgrane nie tylko dla umożliwienia płynnego transportu towarów, ale również informacji i środków finansowych. Aby definicja była kompletna należy dodać ujęcie logistyczne, zaznaczając, że czynności związane z jego funkcjonowaniem są kolejnymi etapami całego procesu przemieszczania się towarów i usług od producenta do konsumenta<sup>1</sup>. Wraz ze wzrostem konieczności współpracy przedsiębiorstw w dążeniu do zwiększenia

---

<sup>1</sup> E. Gołębska, *Podstawy logistyki*, Wydawnictwo Naukowe Wyższej Szkoły Kupieckiej, Łódź 2006, s. 61–62.

wydajności łańcucha dostaw, wykorzystanie Systemów Informacji Geograficznej stało się popularnym rozwiązaniem.

Celem artykułu jest identyfikacja i omówienie obszarów zastosowania Systemów Informacji Geograficznej (GIS) w zarządzaniu łańcuchem dostaw. Aby zrealizować dane założenia, przeprowadzono przegląd literatury przedmiotu oraz źródeł internetowych. Dodatkowo, wykorzystano informacje dostarczone przez firmę ESRI Polska, będącą producentem, opisywanego w artykule, oprogramowania ArcGIS. Pierwszą częścią artykułu jest wprowadzenie do tematyki GIS, omawiające strukturę ich powstania, działania oraz możliwości zastosowania. Następną część poświęcona jest analizie dwóch rozszerzeń oprogramowania ArcGIS oraz zastosowania ich w branży TSL. Ostatnią częścią jest podsumowanie, w którym zostały wyróżnione najważniejsze wnioski.

## 1. Systemy informacji geograficznej (GIS)

W latach 60. XX wieku w okresie pojawienia się komputerów oraz wczesnego zarysu geografii ilościowej i obliczeniowej rozpoczął się rozwój Systemów Informacji Geograficznej (GIS). W 1963 roku na skutek prac Rogera Tomlinsona, który zainicjował i rozwinął kanadyjski system informacji geograficznych, powstał pierwszy na świecie komputerowy system GIS. Badacz na zlecenie kanadyjskiego rządu opracował model zautomatyzowanego, komputerowego przechowywania i przetwarzania dużych ilości danych, umożliwiając władzom Kanady utworzenie narodowego programu gospodarki przestrzennej. Kolejnym krokiem w kierunku rozwoju systemów GIS, było opracowanie przez Howarda Fishera jednego z pierwszych komputerowych programów do tworzenia map SYMAP (ang. Synagraphic Mapping System), a następnie powołanie Harvard Laboratory for Computer Graphics. Laboratorium to stało się centrum badań nad zagadnieniami z dziedziny analiz i wizualizacji przestrzennych. W 1969 roku jeden z członków wyżej wspomnianego laboratorium, Jack Dangermond, wraz z żoną założyli firmę Environmental Systems Research Institute, Inc. (Esri). Sukcesy firmy potwierdziły, że systemy GIS są zdadne do rozwiązywania realnych problemów. Rozwój technologii pozwolił na rozwinięcie oprogramowania oraz stworzenia i udoskonalania innowacyjnych narzędzi GIS, a rosnąca potrzeba wydajniejszego analizowania danych przyczyniła się do opracowania komercyjnego systemu GIS, ARC/INFO, co zainicjowało przekształcenie się firmy w producenta oprogramowania<sup>2</sup>.

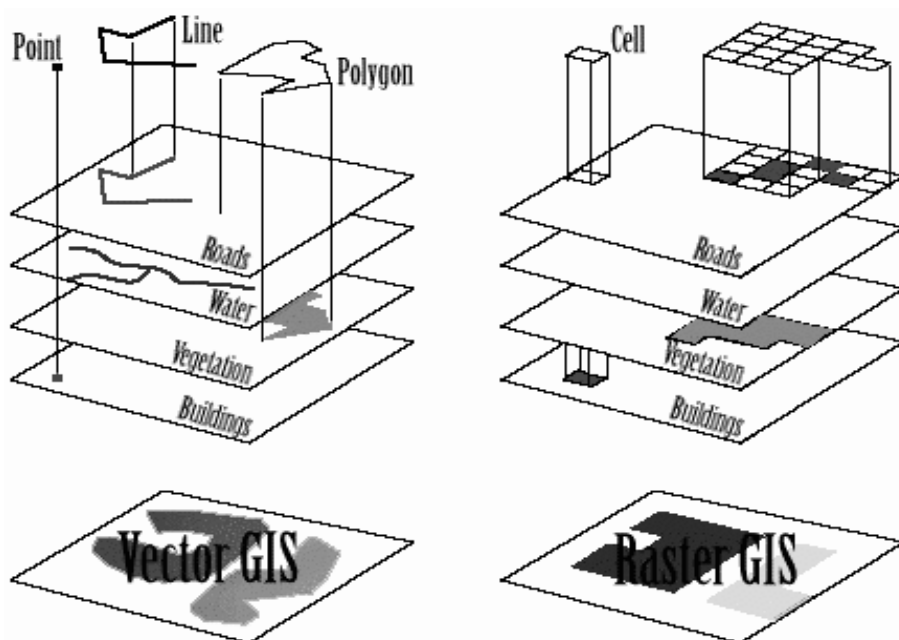
Zgodnie z definicją J. Gaździckiego Systemem Informacji Geograficznej – GIS nazywa się system pozyskiwania, gromadzenia, aktualizacji, zarządzania, anali-

---

<sup>2</sup> Esri.com, *co to jest GIS?*, <https://www.esri.com/pl-pl/what-is-gis/history-of-gis> (dostęp: 25.02.2023).

zowania i udostępniania danych odniesionych przestrzennie do powierzchni Ziemi. GIS łączy dane dotyczące lokalizacji obiektów z ich charakterystyką. Dane mogą zostać zapisane w różnych formatach i pochodzić z wielu źródeł. Przechowywanie danych w jednej, uporządkowanej bazie danych geograficznych, pozwala na sprawne pozyskanie odpowiedzi oraz przeprowadzenie analiz, co znacznie przyspiesza proces podejmowania decyzji<sup>3</sup>.

Zależnie od postaci informacji geometrycznej na mapie, wyróżniamy dwa modele danych przestrzennych, wektorowy oraz rastrowy. Model wektorowy zawiera współrzędne punktów, a także ich połączenia w linie i wieloboki (jednostki powierzchniowe), umożliwiając przedstawienie danych w oszczędny pamięciowo sposób. Format ten jest korzystny dla badania obiektów charakteryzujących się dyskretnym występowaniem w przestrzeni. Natomiast model rastrowy składa się z szeregu punktów geograficznych, zwanych pikselami. Bazy rastrowe stosowane są do przedstawienia i analizy zjawisk jak i obiektów mających ciągłe rozmieszczenie przestrzenne, na przykład zanieczyszczenie powietrza<sup>4</sup>.



Rysunek 1. Grafika wektorowa i rastrowa

Źródło: Gis-university.com, Vector GIS, <https://gis-university.com/vector-gis/> (dostęp: 14.03.2023).

<sup>3</sup> E. Bielecka, *Systemy informacji geograficznej. Teoria i zastosowanie*, Wydawnictwo Polsko-Japońskiej Akademii Technik Komputerowych, Warszawa 2006, s. 1.

<sup>4</sup> M. Melaniuk, *Internetowe systemy informacji przestrzennej (WebGIS)*, „Acta Universitatis Lodzianensis. Folia Oeconomica” 2003, 167, s. 399.

System Informacji Geograficznej to nie wyłącznie system komputerowy, niezbędny sprzęt i oprogramowanie, ale również ludzie, którzy są istotnym komponentem opisywanych systemów. To właśnie od ludzi, a nie od środków technicznych, w większym stopniu zależy czy zastosowanie programu w praktyczne przyniesie zamierzone efekty<sup>5</sup>. Przez różnorodność i szeroki zakres Systemów Informacji Geograficznej, możliwe jest wykorzystywanie ich w wielu odmiennych od siebie dziedzinach. Gdy mamy do czynienia z danymi o charakterze przestrzennym, pojawia się potencjalne pole zastosowania opisywanych systemów. Przykładowo w branży transportowej GIS-y wspomagają między innymi procesy planowania operacji logistycznych, analizy potencjału rynku, a także lokalizacji pojazdów w czasie rzeczywistym. Systemy te ułatwiają również pracę administracji publicznej umożliwiając cyfryzację materiałów mapowych jak również ich publikację w sieci, a także wymianę informacji między pracownikami urzędu<sup>6</sup>.

## 2. ArcGIS Network Analyst

ArcGIS Network Analyst jest rozszerzeniem do aplikacji ArcGIS Pro oraz ArcMap. Umożliwia przeprowadzanie przestrzennych analiz sieciowych takich jak: planowanie tras, wskazywanie najbliższych położonych obiektów, wyznaczanie obszarów działania oraz wiele innych. Program ten jest szeroko stosowany w różnych dziedzinach, między innymi w transporcie, planowaniu przestrzennym, telekomunikacji, logistyce czy też przy planowaniu reakcji na sytuacje kryzysowe. Korzystanie z danego oprogramowania może przynieść wiele korzyści, takich jak wzrost efektywności działań poprzez optymalizację przebiegów poprzez ułatwienie znalezienia najszybszej, najkrótszej lub najtańszej trasy. Innym przykładem jest poprawa obsługi klienta dzięki możliwości podania dokładniejszego szacowania czasu realizacji usługi<sup>7</sup>.

Przykładowym zastosowaniem Network Analyst jest analiza wyboru lokalizacji magazynu, z którego dobra będą dostarczane do znanych wcześniej punktów docelowych, takich jak na przykład sieć sklepów tej samej marki, poprzez ukazanie, które potencjalne miejsce składowania będzie najkorzystniejsze pod względem odległości<sup>8</sup>.

---

<sup>5</sup> E. Bielecka, *Systemy informacji geograficznej...*, s. 1.

<sup>6</sup> Mapinfo.pl, *Możliwości wykorzystania oprogramowania GIS w różnych branżach*, <https://mapinfo.pl/branze#9> (dostęp: 05.03.2023).

<sup>7</sup> Esri.pl, *ArcGIS Network Analyst*, <https://www.esri.pl/produkty/arcgis-network-analyst/> (dostęp: 05.03.2023).

<sup>8</sup> M. Ogrodniczak, et al., *Implementacja oprogramowań typu GIS w logistyce*, „Autobusy: Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2017, 18.6.

Opisywane rozszerzenie pomaga w wydajniejszym prowadzeniu działalności i podejmowaniu lepszych decyzji strategicznych w firmach, służbach publicznych i innych instytucjach. Organizacje te mają możliwość lepiej zrozumieć dynamiczne rynki, zarówno obecne, jak i potencjalne, gdy tylko dowiedzą się o potencjalnych klientach, którzy mogą uzyskać dostęp do ich towarów i usług. Koszty transportu można zredukować poprzez optymalizację sekwencjonowania przystanków oraz znajdowanie najkrótszych przelotów między przystankami, uwzględniając ograniczenia takie jak okna czasowe, pojemność pojazdu i maksymalny czas podróży. Wykorzystywanie potencjału oprogramowania umożliwia skrócenie czasu reakcji jak i wygodniejsze lokalizowanie obiektów, co może pozytywnie wpłynąć na poziom obsługi klienta<sup>9</sup>.

### 3. ArcGIS Spatial Analyst

Kolejnym rozszerzeniem dla programu ArcGIS Pro oraz ArcMAP jest ArcGIS Spatial Analyst. Program ten oferuje szeroki zakres możliwości analiz oraz modelowania przestrzennego. Narzędzia opisywanego rozszerzenia pozwalają między innymi: na tworzenie i wysyłanie zapytań, mapowanie i analizowanie danych rastrowych oraz zintegrowane analizy warstw rastrowych i wektorowych<sup>10</sup>.

ArcGIS Spatial Analyst oferuje wiele funkcjonalności, usprawniających i ułatwiających podejmowanie decyzji w branży TSL. Przykładowo program ten może pomóc w optymalizacji tras dostaw poprzez analizę topografii, ruchu drogowego czy hydrologiczne mające wpływ na znajdowanie najbardziej dogodnych tras, pozwalając przy tym uniknąć terenów o wysokim nachyleniu lub dużym natężeniu ruchu, które mogą prowadzić do wydłużenia czasu dostawy lub większego zużycia paliwa<sup>11</sup>. Opisywane rozszerzenie umożliwia stworzenie prostych w odbiorze planów dostaw do wielu punktów docelowych w wybranym obszarze, co może ułatwić decyzje o rozdysponowaniu kierowców, poprzez dopasowanie pobliskich punktów dostaw, a następnie stworzeniu optymalnej trasy przejazdu wraz z wyliczeniem czasu potrzebnego na przejechanie całej trasy<sup>12</sup>. Poprzez wykorzystanie dostępnych informacji łatwo jest utworzyć powierzchnię odległości ważoną kosztami, a w następstwie określić koszty przemieszczania się z jednego miejsca do innego w zależności od wybranych kryteriów.

---

<sup>9</sup> Desktop.arcgis.com, What is the ArcGIS Network Analyst extension?, <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/network-analyst/what-is-network-analyst.htm> (dostęp: 05.03.2023).

<sup>10</sup> Esri.pl, ArcGIS Spatial Analyst, <https://www.esri.pl/produkty/arcgis-spatial-analyst/> (dostęp: 06.03.2023).

<sup>11</sup> Esri.com, Zaawansowane narzędzia GIS do analizy przestrzennej i modelowania, <https://www.esri.com/pl-pl/arcgis/products/arcgis-spatial-analyst/overview> (dostęp: 06.03.2023).

<sup>12</sup> Storymaps.arcgis.com, Methods in Spatial Analyst, <https://storymaps.arcgis.com/collections/85dc52672756468e8e644ac40aa771ec?item=2>, (dostęp: 06.03.2023).

Program można również wykorzystać do analizy złożonych procesów, na przykład zmiany klimatu, które mogą mieć wpływ na rozwój określonej branży. Kolejną zaletą tego rozszerzenia jest możliwość zarządzania ryzykiem poprzez modelowanie czynnikami ryzyka, takie jak: spadki terenu, ekspozycja, stabilność czy zalewanie wybrzeża, co wpływa na lepsze zrozumienie zagrożeń występujących na badanym obszarze oraz opracowanie odpowiedniego planu łagodzenia ich skutków.

Na podstawie informacji zawartych w artykule, w poniższej tabeli przedstawiono zestawienie zalet i wad wykorzystania Systemów Informacji Geograficznej w zarządzaniu łańcuchem dostaw.

Tabela 1. Zestawienie zalet i wad wykorzystania GIS w łańcuchu dostaw

Zalety	Wady
<ul style="list-style-type: none"> <li>– łatwość w lokalizacji składników łańcucha dostaw (ułatwione planowanie i optymalizacja tras dostaw);</li> <li>– możliwość przeprowadzenia różnego rodzaju analiz;</li> <li>– pomoc w planowaniu i zarządzaniu łańcuchem dostaw;</li> <li>– możliwość wizualizacji danych w postaci map i grafik (wzory ruchu, zagęszczenie dostaw).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– możliwe wysokie koszty wdrożenia systemu w firmie;</li> <li>– integracja z innymi systemami może wymagać czasu i nakładów finansowych;</li> <li>– opanowanie funkcji i narzędzi systemu wymaga wiedzy technicznej;</li> <li>– ograniczenia w dokładności i dostępności danych z zewnętrznych danych.</li> </ul>

Źródło: opracowanie własne.

## Podsumowanie

Artykuł skupia się na identyfikacji i omówieniu obszarów, w których Systemy Informacji Geograficznej mogą być wykorzystywane do efektywnego zarządzania łańcuchem dostaw. Zwrócono uwagę na to, że wykorzystanie tych systemów może przynieść wiele korzyści w branży logistycznej, między innymi zmniejszenie kosztów transportu i magazynowania, poprawa jakości usług, a także zwiększenie zadowolenia klientów poprzez lepsze zrozumienie ich potrzeb. Uwydatniono potencjał jaki oferują systemy GIS w kontekście poprawy operacji logistycznych i optymalizacji procesów, poprzez szczegółowe omówienie dwóch rozszerzeń do oprogramowania ArcGIS. Wyszczególniono również wady, które należy być brane pod uwagę przed zastosowaniem Systemów Informacji Geograficznej w firmie.

Podsumowując, identyfikacja i omówienie obszarów zastosowania opisywanych systemów w zarządzaniu łańcuchem dostaw uwydatnia korzyści płynące

z ich wykorzystywania. Autorzy zwracają również uwagę na konieczność uwzględnienia potencjalnych wad i czynników ograniczających.

## Bibliografia

- Bielecka E., *Systemy informacji geograficznej. Teoria i zastosowanie*, Wydawnictwo Polsko-Japońskiej Akademii Technik Komputerowych, Warszawa 2006.
- Desktop.arcgis.com, <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/network-analyst/what-is-network-analyst-.htm>.
- Esri.com, <https://www.esri.com/pl-pl/arcgis/products/arcgis-spatial-analyst/overview>.
- Esri.com, <https://www.esri.com/pl-pl/what-is-gis/history-of-gis>.
- Esri.pl, <https://www.esri.pl/produkty/arcgis-spatial-analyst/>.
- Esri.pl, <https://www.esri.pl/produkty/arcgis-network-analyst/>.
- Gołemska E., *Podstawy logistyki*, Wydawnictwo Naukowe Wyższej Szkoły Kupieckiej, Łódź 2006.
- Gis University.com, <https://gis-university.com/vector-gis/>.
- Mapinfo.pl, <https://mapinfo.pl/branze#9>.
- Melaniuk M., *Internetowe systemy informacji przestrzennej (WebGIS)*, Acta Universitatis Lodziensis. Folia Oeconomica, 2003, 167.
- Ogrodniczak M., et al., *Implementacja oprogramowań typu GIS w logistyce, „Autobusy: Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2017, 18.6.*
- Storymaps.arcgis.com, <https://storymaps.arcgis.com/collections/85dc52672756468e8e644ac40aa771ec?item=2>.

## Streszczenie

W pracy przedstawiono możliwości wykorzystania systemów GIS (Geographic Information System) w celu ułatwienia zarządzaniem łańcuchem dostaw. Autorzy zwracają uwagę na trudności z kontrolowaniem i optymalizacją coraz bardziej skomplikowanych procesów logistycznych. Opisano historię powstania i rozwoju systemów oraz dwa rozszerzenia oprogramowania ArcGIS, które mogą być użyteczne w procesie planowania i optymalizacji logistycznej. Zaprezentowano cel zastosowania rozszerzeń ArcGIS Network Analyst oraz Spatial Analyst, które pozwalają, między innymi na optymalizację tras dostaw, uwzględniając czynniki takie jak czas podróży, ukształtowanie terenu, koszty transportu oraz przeprowadzanie analiz przestrzennych, w celu zidentyfikowania najlepszych miejsc do zlokalizowania magazynów i centrów dystrybucji. Wykorzystując dostępną literaturę oraz informacje udostępnione przez firmę Esri Polska, opisano najważniejsze zagadnienia związane z łańcuchem dostaw oraz obszarem działania systemów. Głównym spostrzeżeniem jest szerokie pole zastosowań tych systemów, co pozwala na skorzystanie z nich przez wiele odrębnych od siebie branż. Jednakże, aby w pełni wykorzystać potencjał systemów GIS, konieczne jest odpowiednie zaprojektowanie systemu oraz zapewnienie odpowiedniego szkolenia dla pracowników.

**Słowa kluczowe:** łańcuch dostaw, Systemy Informacji Geograficznej, ArcGIS

## POTENTIAL APPLICATION OF GIS SYSTEMS IN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT: ANALYSIS OF USAGE AREAS

### Summary

The paper presents the possibilities of using GIS (Geographic Information System) in order to improve efficiency in the supply chain. The authors draw attention to the difficulties of controlling and optimizing increasingly complex logistics processes. The history of the creation and development of systems is described, as well as two extensions of ArcGIS software, which can be useful in the process of planning and optimizing Logistics. The aim of using the ArcGIS Network Analyst and Spatial Analyst extensions is presented, which allow, among other things, for the optimization of delivery routes, taking into account factors such as travel time, terrain, transport costs and identifying the best locations for warehouses and distribution centres. Using available literature and information provided by Esri Polska, the most important issues related to the supply chain and the scope of the systems are described. The main observation is the wide range of applications of these systems, which allows many separate industries to benefit from them. However, to fully utilize the potential of GIS systems, it is necessary to design the system properly and provide appropriate training for employees.

**Keywords:** supply chain, Geographic Information System, ArcGIS