

SYSTEMY INFORMACJI PRZESTRZENNEJ W STRATEGII ROZWOJU LOGISTYKI MIEJSKIEJ

Monika KAPLER¹, Paweł WOJTAL²

¹Politechnika Częstochowska, Częstochowa; monika.kapler@zim.pcz.pl

²Politechnika Częstochowska, Częstochowa; pawelwojtal86@gmail.com

Streszczenie: Zarządzanie w dzisiejszych czasach jest procesem złożonym, wymagającym analizy ogromnej ilości danych. W artykule przedstawiono wykorzystanie systemu informacji przestrzennej (GIS – Geographic Information Systems) jako elementu wspomagającego podejmowanie decyzji w tworzeniu strategii rozwoju miasta a szczególności jednego z najważniejszych jego czynników jakim jest logistyka miejska. Miasto, jak każde przedsiębiorstwo posiada własny budżet i strategię rozwoju, której stworzenie oraz stopień wykonalności można weryfikować przy użyciu nowoczesnych narzędzi informatycznych. W artykule autorzy zaprezentują wykorzystanie narzędzi gisowych w procesie rozwoju logistyki miejskiej i tworzenia strategii rozwoju miasta. Przedstawione zostanie również narzędzie służące badaniu efektywności wdrożonej strategii, którym jest system Public Participatory GIS (PPGIS).

Słowa kluczowe: zarządzanie strategiczne, systemy informacji przestrzennej, GIS, logistyka miejska.

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS IN THE URBAN LOGISTICS DEVELOPMENT STRATEGY

Abstract: Managing today is a complex process that requires huge amounts of data to be analyzed. The article presents the use of Geographic Information Systems (GIS) as an element of decision-making in the development of the city's development strategy and in particular one of its most important factors: urban logistics. The city, as every company has its own budget and development strategy, whose creation and feasibility can be verified using modern IT tools. In the article, the authors present the use of gis tools in the process of urban logistics development and urban development strategy. A tool to study the effectiveness of the implemented strategy, Public Participatory GIS (PPGIS), will also be presented.

Keywords: strategic management, urban logistics, GIS.

1. Narzędzia wykorzystywane w procesie tworzenia strategii rozwoju transportu na obszarze miasta

Jednym z najważniejszych elementów rozwoju miasta jest opracowanie strategii rozwoju logistyki miejskiej odpowiedzialnej za przepływ osób na obszarze miejskim. Sprawne przemieszczanie się jest czynnikiem podnoszącym poziom życia w mieście. Strategia rozwoju logistyki miejskiej jest wieloaspektowa, konieczna jest analiza szczegółowych danych statystycznych, opisowych i liczbowych, oraz wyszczególnienie i podjęcie bardzo złożonych decyzji. Systemy informacji przestrzennej integrują w uporządkowany sposób dane opisowe i liczbowe z danymi o charakterze przestrzennym, określają położenie w przestrzeni obiektów opisanych w zasobach statystycznych i rejestrach nie posiadających odniesień przestrzennych, jak również wiążą obiekty identyfikowane w przestrzeni z zasobami różnych dziedzin spoza szeroko rozumianej geografii.

GIS dostarcza narzędzi definiujących relację lokalizacja - opis. Bardzo użyteczne i efektywne w tej dziedzinie są narzędzia informatyczne, które ułatwiają automatyzację obróbki i przekształceń tych danych. Stanowią podstawę zaawansowanych technik analitycznych i syntetycznych, na podstawie których tworzone są nowoczesne metody prezentacji procesów rejestrowanych w przestrzeni. Wszystkie te techniki są tworzone w celu dostarczenia kompletnej i usystematyzowanej informacji niezbędnej do podejmowania poprawnych decyzji. Stanowią one uzupełnienie znanych z dziedzin ekonomii, prawa, zagadnień społecznych systemów wspomaganie decyzji i stanowią specjalną gałąź tych narzędzi, nazywanych przestrzenne systemy wspomaganie decyzji - SDSS (Spatial Decision Support Systems).

Tworząc prognozę rozwoju systemu transportowego w mieście, trzeba rozpatrywać ją z uwzględnieniem różnych aspektów oraz starać się jak najdokładniej rozwinąć każdy z nich. Do sprawnego i efektywnego przeprowadzenia analizy konieczna jest wymiana informacji między człowiekiem, elementami systemu technicznego i środowiskiem¹. Uwzględniając zadania, jakie obecnie stawia się przed skutecznym zarządzaniem logistycznym w aspekcie przepływów na obszarze miasta, można wyróżnić niezależne etapy. Pierwszym jest rozpoznanie rodzaju procesu logistycznego, jaki zachodzi na wybranym obszarze oraz wyselekcjonowanie tych procesów, które są istotne dla analizowanego zakresu. W przypadku badania logistyki miejskiej, należy skupić się na przepływach osób środkami transportu oraz ich wzajemnego związku z czynnikami, które kształtują cały proces przepływów na obszarze miasta. Badając proces przepływu mieszkańców na obszarze miasta uwzględnia się transport komunikacją publiczną, w powiązaniu z układem zabudowy oraz układem istniejącej sieci transportowej na obszarze miasta. W analizie uwzględnia się także sytuację demograficzno-

¹ T. Nowakowski, *Systemy logistyczne*, Część 2, Wyd. Diffin, Warszawa 2011, s. 219.

społeczną, poprzez przebadanie struktury wieku mieszkańców. Połączenie poszczególnych aspektów analizy pozwala na wyselekcjonowanie kluczowych czynników mających znaczący wpływ na obsługę logistyczną miasta. W celu wykonania dobrej analizy należy zebrać posiadane dane w jedno miejsce lub wykonać konwersję danych do formatu, który będzie obsługiwany przez jeden program. W przypadku wykorzystywania systemów GIS należy wszystkim danym nadać informację o charakterze przestrzennym. Dzięki temu powstanie zintegrowana baza danych przestrzennych która może być aktualizowana w przypadku logistyki miejskiej o nowe inwestycje budowlane, odcinki drogowe i sytuację demograficzno-gospodarczą. Wprowadzenie tych danych do systemu często jest jedynym krokiem, jaki zostaje podjęty w ujęciu aktualizacji danych, brak jest przetworzenia tych informacji jako nowych czynników wpływających na wszelkie zjawiska społeczne, zachodzące na obszarze miasta.

Dzięki wykorzystaniu nowoczesnego narzędzia jakim jest GIS do zbierania, obrabiania i generowania danych można uzyskać pełniejszy obraz badanych aspektów o informacje lokalizacyjną. Stworzona baza jest skutecznym narzędziem do analizowania zjawisk związanych z logistyką miejską oraz możliwością wprowadzenia dodatkowych informacji, które mogą się przyczynić do zwiększenia informacji i przyspieszyć podejmowanie decyzji. Dzięki stworzeniu takiego rozwiązania, które pozwala na implementację różnego rodzaju danych wraz z informacją odnośnie lokalizacji, możliwe jest dokładniejsze wskazanie miejsc, które wymagają głębszej analizy. Należy zaznaczyć, że obecnie geolokalizacja jest jedną z najważniejszych informacji, jaka jest wykorzystywana we wszelkiego rodzaju analizach. W dobie rozwiązań technologicznych możliwe jest, by wszystkie opisywane zjawiska zachodzące na wybranym obszarze miały swoją dokładną lokalizację w przestrzeni. Przy tworzeniu strategii rozwoju logistyki miejskiej należy wyznaczyć cele jakie chcemy osiągnąć oraz metody jakimi chcemy się posłużyć do ich osiągnięcia. Wykorzystanie systemu który pozwala na wykonanie analizy zaistniałej sytuacji oraz przeprowadzenia symulacji wdrożenia nowych rozwiązań pozwala na skuteczniejsze podejmowania decyzji.

Głównym celem polepszenia sieci drogowej w mieście jest zwiększenie przepustowości pojazdów wraz ze zmniejszeniem obciążenia sieci, barierą do pokonania jest ograniczona zdolność infrastruktury drogowej do równomiernego wchłaniania potoków pojazdów². Procesy zachodzące w systemie infrastruktury miejskiej są ściśle związane z efektem synergii, czyli różnicą między sumą efektu działania zbioru elementów, między którymi dochodzi do współdziałania a sumą efektów jednostkowych, które mogłyby osiągnąć ten cel, działając w pojedynkę, a więc nie wchodząc we współdziałanie. Negatywnym następstwem tych procesów jest efekt kongestii definiowany jako wzajemne utrudnianie ruchu przez

²J. Szoltysek, Przesłanki stosowania logistyki w przewyżnianiu barier rozwojowych miast., w Kierunku rozwoju logistyki w Polsce w świetle tendencji światowych. Red. M. Sołtysik, Akademia Ekonomiczna w Katowicach, Katowice 2004, s. 275.

pojazdy w związku z istniejącą obiektywną zależnością pomiędzy wielkością przepływów a prędkością poruszających się pojazdów w warunkach, gdy stopień wykorzystania systemu transportowego zbliża się do wyczerpania.³ W zaprezentowanym podejściu do układu jako całości oraz jako do pojedynczego elementu system GIS wpisuje się idealnie jako narzędzie służące do opracowania takiego modelu. Każda informacja jest pojedynczym elementem, który jest składową całego procesu rozwoju logistyki miejskiej. W dalszej części artykułu zostanie przedstawiona analiza komunikacji zbiorczej, która jest ściśle związana z układem przestrzennym miasta oraz życiem mieszkańców, a w szczególności codziennymi podróżami w jego obszarze.

2. Wykorzystanie systemu GIS w procesie zarządzania jako narzędzia analitycznego

Systemy GIS, będące najnowocześniejszą formą analizy danych przestrzennych, umożliwiają wykorzystanie modelu miasta, odzwierciedlając jego rzeczywisty układ przestrzenny. W czasie, gdy informacja staje się coraz bardziej znaczącym zasobem, nie uwzględniając zasobów materialnych, naturalnych, finansowych i ludzkich, ważne znaczenie mają umiejętności sprawnego pozyskiwania, przetwarzania i udostępniania informacji⁴. Dysponując odpowiednimi procedurami w oprogramowaniu GIS, możemy wypełnić lukę pomiędzy nauką a praktycznym rozwiązaniem problemów⁵. W analizie logistycznej, skoncentrowanej na ruchu mieszkańców model ruchu w mieście jest odwzorowaniem matematycznym przemieszczeń mieszkańców. Model wykonany jest w oparciu o stan istniejący oraz budowany jest z uwzględnieniem prognozy na kolejne lata, przyjmując zmienne ekonomiczne, demograficzne i geograficzne badanego obszaru w stosunku do sieci transportowej, która jest podstawą badania. Zgodnie z założeniem Niebieskiej Księgi „Jaspers” prognoza wykonywana w ramach modelu ruchu analizowanego terenu miejskiego powinna być sporządzana na okres nie krótszy niż 25 lat⁶. Taki okres prognozy został ujednolicony przez Unię Europejską i jest rekomendowany przez Ministerstwo Rozwoju

³J.M. Dargay P.B Goodwin: Traffic Congestion in Europe. Introductory Report England. W: Traffic Congestion in Europe OECD, Paris 1999, s. 160.

⁴ J. Woźniak, Kształcenie i upowszechnianie wiedzy w zakresie systemów geoinformacyjnych, Wyd. „wies jutra” Sp. z o. o., Polskie towarzystwo informacji przestrzennej, t. 2, z. 3, s. 67.

⁵ P.A. Longley, M.F. Goodchild, D.J. Maguire, D.W. Rhind, GIS teoria i praktyka, Wyd. PWN, Warszawa 2006, s. 7.

⁶ Niebieska księga dla sektora transportu publicznego. Jaspers, Warszawa, grudzień 2008, s. 12.

Regionalnego i Ministerstwo Infrastruktury. Klasyczny czterostopniowy model ruchu składa się z następujących etapów:⁷

- generowanie podróży (wyznaczenie generatorów i absorbentów ruchu),
- rozkład przestrzenny ruchu,
- podział podróży względem środków transportu,
- rozkład ruchu na badanej sieci.

Według Niebieskiej Księgi model ruchu wykonywany jest dla sieci stanu istniejącego i kolejne prognozy są przeprowadzane w odstępach pięcioletnich. Wskaźnik motoryzacji w Polsce jest wysoki i przyjmuje się, że na 1000 mieszkańców przypada 500 samochodów. Mniejsza liczba pojazdów przypada na Litwie, Łotwie i Słowacji w granicach 400 pojazdów. Największa liczba przypada na Luksemburg 650 pojazdów, Włochy 600 pojazdów, Niemcy 550 pojazdów.⁸ Dynamika wzrostu wskaźnika motoryzacji jest stała i wynosi 3-4% rocznie, co przekłada się na sytuację, w której osoby podróżujące systematycznie wybierają pojazdy indywidualne, rezygnując ze środków komunikacji zbiorowej. Logistyka miejska to czynnik warunkujący rozwój infrastruktury urbanistycznej. Poprzez wykorzystanie oprogramowania umożliwiającego obsługę danych wektorowych i rastrowych typu GIS, możliwe jest zbudowanie modelu sieci transportowej, bazując na pozyskanych danych. Metadane dostarczają informacji odnośnie własności geometrycznych i relacji przestrzennych między obiektami oraz innych informacji opisujących zjawiska przestrzenne. Na tej podstawie powstaje model transportowy, na który nanosi się rozkład ruchu na sieci. Zapotrzebowanie komunikacyjne prezentowane jest w postaci łańcuchów aktywności przedstawiających przemieszczenia po sieci transportowej osób, co pozwala na określenie obciążenia układu komunikacyjnego. Wykorzystanie danych typu GIS umożliwia specyficzne analizy logistyczne, opierające się na relacjach przestrzennych. W zależności od badanego modelu można dokonać analizy relacji pomiędzy poszczególnymi grupami danych w celu wygenerowania mapy będącej wynikiem przeprowadzonego badania.

Przy badaniu tego założenia należy przede wszystkim określić infrastrukturę miasta oraz jej rolę w procesie rozwoju obszarów miejskich. Badając miasto pod kątem jego infrastruktury oraz jej rozwoju, przeprowadza się analizę ilościową występujących na jego obszarze linii autobusowych i tramwajowych oraz obiektów obsługujących pasażerów. Pokonywanie przestrzeni jest nierozzerwalnie związane z bytowaniem człowieka. Na terenie zurbanizowanym, w aspekcie realizowania przemieszczeń, ważne jest rozróżnienie typów podróży. Można je podzielić, rozwarstwiając powierzchnie miasta, na tereny o bardzo dużym zagęszczeniu

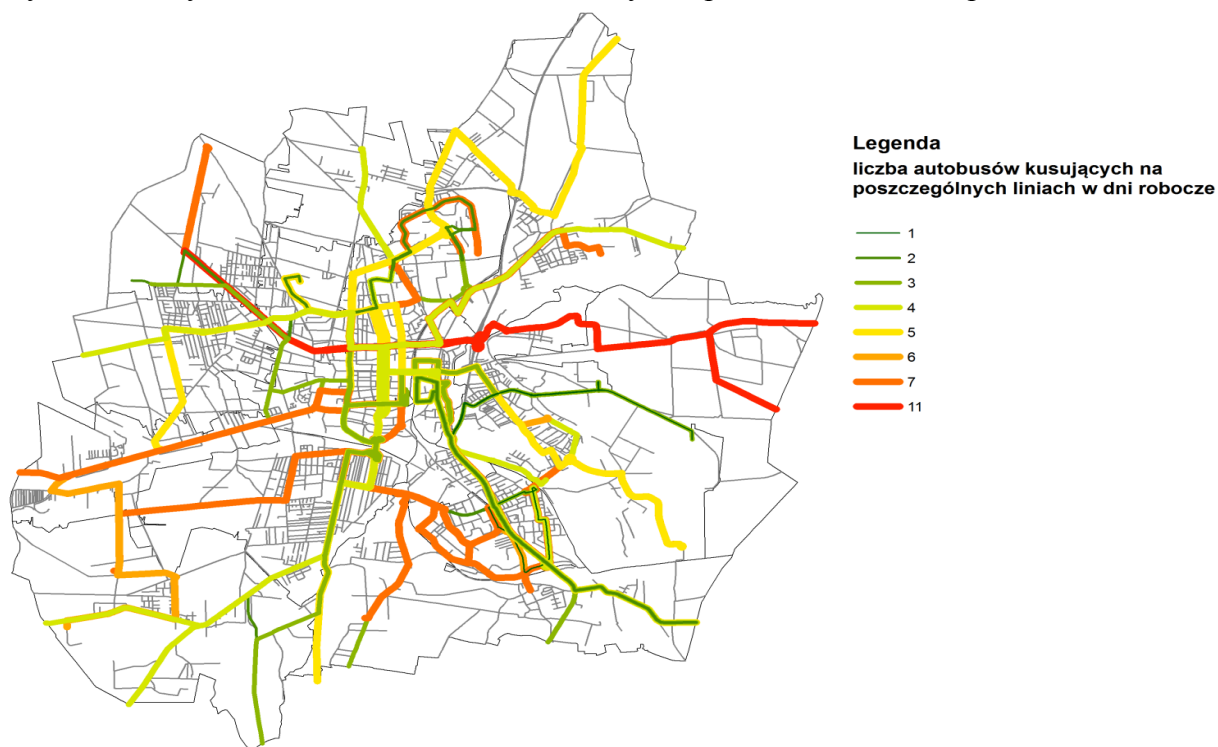
⁷ V.I Shvetsov: *Mathematical Modeling of Flow; Automation and Remote Control*, Vol. 64, No. 11, 2003.

⁸ Opracowanie własne na podstawie: *EU energy and transport in figures*, Directorate General for Energy and Transport, Luxembourg 2014.

ludności, średnim zagęszczeniu oraz o niskim zagęszczeniu⁹. Na podstawie takiego podziału można wydzielić sześć typów podróży:¹⁰

- typ A - podróż między obszarami o dużym zagęszczeniu ludności,
- typ B- podróż między obszarem o dużym zagęszczeniu i średnim,
- typ C- podróż z obszaru o dużym zagęszczeniu do obszaru o niskim zagęszczeniu ludności,
- typ D- podróż w obrębie obszaru średniego zagęszczenia,
- typ E- podróż z obszaru średniego zagęszczenia do obszaru o niskim zagęszczeniu,
- typ F- podróż po obszarze niskiego zagęszczenia.

Na podstawie takiego podziału można wykonać analizę komunikacji zbiorowej na obszarze miasta oraz liczby pojazdów autobusowych na poszczególnych trasach. Taka analiza wykonana w systemie GIS z rozkładem ilościowym zaprezentowana na mapie nr 1.



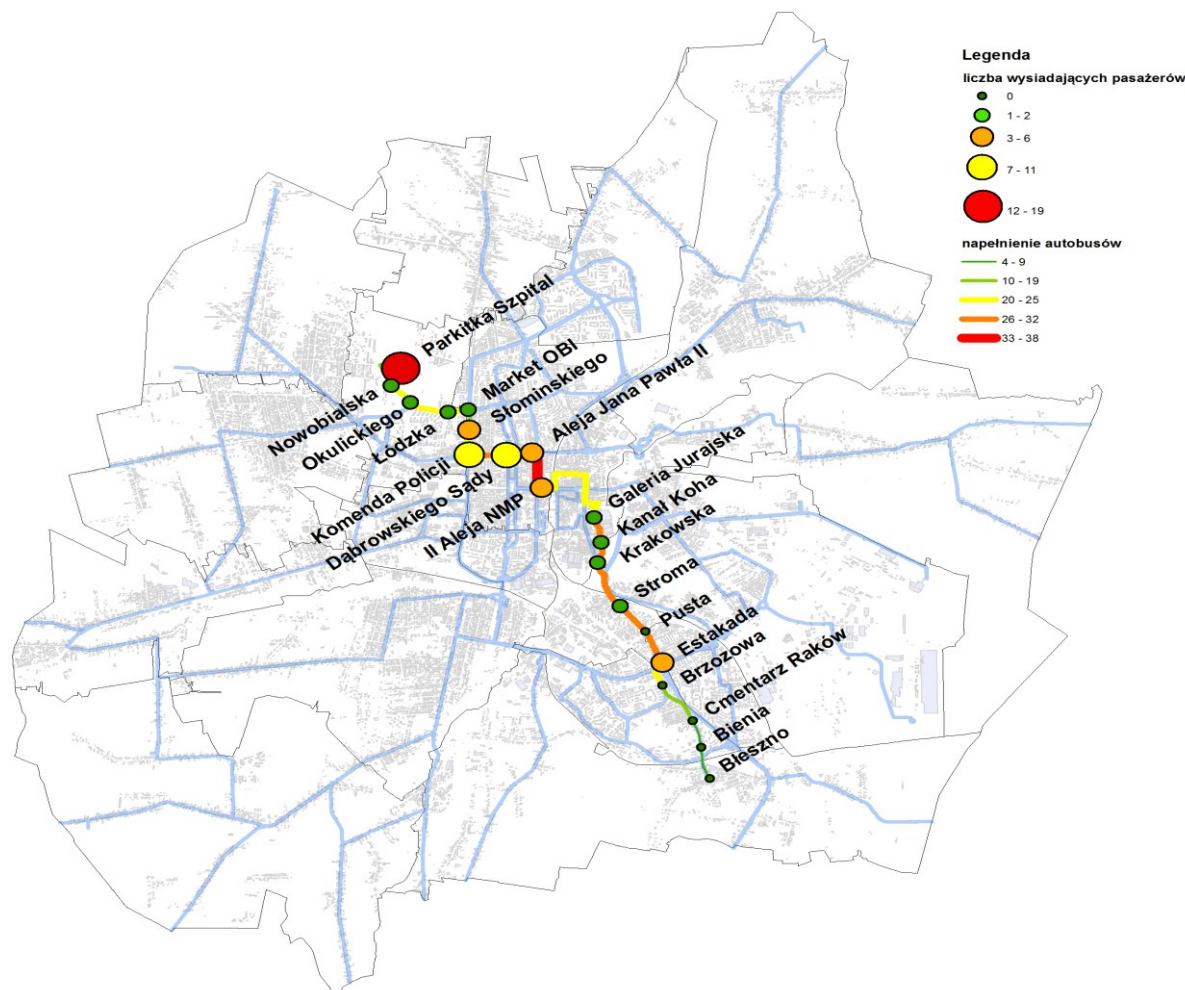
Mapa 1. Analiza ilości autobusów na poszczególnych liniach w dni robocze w Częstochowie. Dane z Miejskiego Zarządu dróg i Transportu w Częstochowie, opracowanie własne.

Zaprezentowana mapa jest wynikiem zebrania i przeanalizowania danych pochodzących z różnych źródeł i przetworzeniu ich w programie GIS w celu wygenerowania mapy z konkretną informacją odnośnie przebiegu linii autobusowych przez obszar miejski oraz ilości pojazdów na każdej z tras. Można także uzyskać informację odnośnie odcinków drogowych które są najbardziej obciążone przez transport zbiorowy. Kolejna analiza

⁹ J. Szoltysek, Kreowanie mobilności mieszkańców miast, Wyd. Wolters Kluwer Polska Sp. z o.o., Warszawa 2011, s. 96.

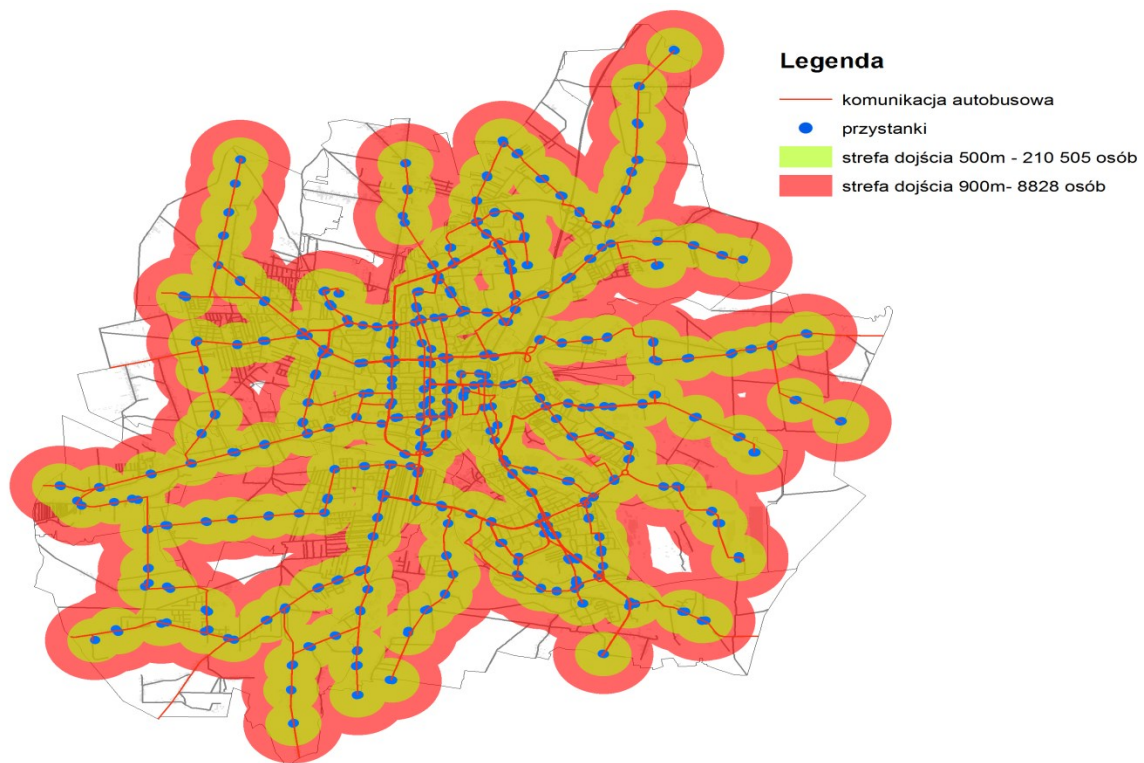
¹⁰ Transport Planning Traffic Engineering, red. C.A. O'Flaherty, ed. Taylor & Francis, London 2005, s. 182-185.

przeprowadzona na podstawie zebranych danych może dotyczyć ilości pasażerów obsługiwanych przez dany przystanek na wybranej linii na konkretnej trasie.



Mapa 2. Analiza ilości autobusów na poszczególnych liniach w dniu roboczym w Częstochowie. Dane z Miejskiego Zarządu dróg i Transportu w Częstochowie, opracowanie własne

Zaprezentowana mapa jest wynikiem zebrania i przeanalizowania danych pochodzących z różnych źródeł i przetworzeniu ich w programie GIS wykonana analizy jak rozkłada się obciążenie linii autobusowych. Z przeprowadzonej analizy wynika że największe obciążenie linii autobusowych jest na trasach ze wschodniej do zachodniej części miasta a największa liczba pojazdów znajduje się w obszarze centralnym. Kolejna analiza pokazała jak można w stopniu bardziej szczegółowym na podstawie tych samych danych oraz dodanych kolejnych informacji stworzyć bardziej szczegółową analizę konkretnej trasy. Kolejna analiza pokazuje jak można wykorzystać większą bazę danych jaką jest informacją o ilości mieszkańców w poszczególnych budynkach do obliczenia i wygenerowania mapy stref obsługi komunikacji zbiorowej.



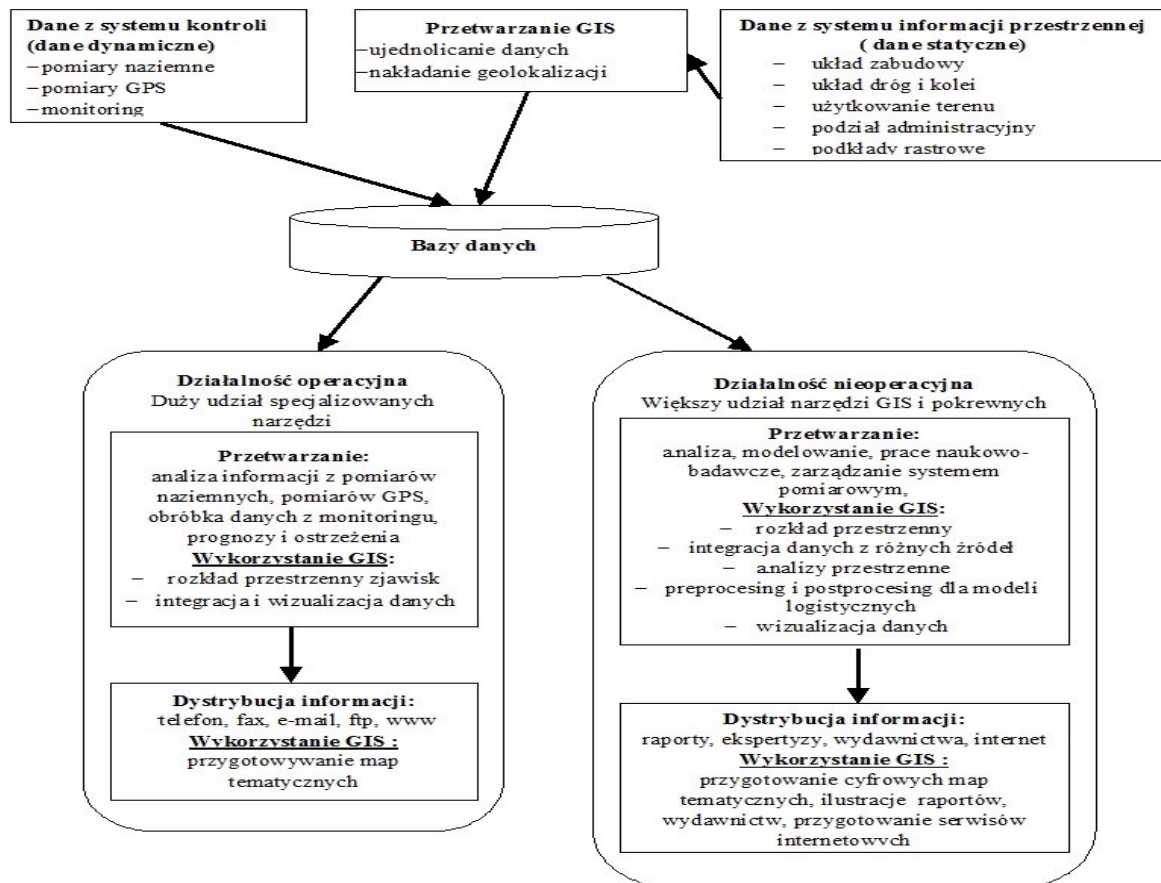
Mapa 3. Analiza stref dojazdu do przystanków komunikacji autobusowej w Częstochowie. Dane z Miejskiego Zarządu dróg i Transportu w Częstochowie, opracowanie własne

Wykonana analiza pokazuje jak rozkłada się obsługa komunikacyjna w na obszarze miejskim oraz ujmuje ilościowy stan obsługi mieszkańców miasta. Należy pamiętać, że dysponując takim modelem wykonanym w systemie GIS można wygenerować informację dla poszczególnych elementów takiego układu a w tym przypadku są to przystanki komunikacji autobusowej. Wykonana powyżej analiza pokazuje w praktyczny sposób jak można za pomocą jednej bazy danych ze zbiorem różnych informacji wygenerować analizy będące podstawą do podjęcia decyzji odnośnie rozwoju logistyki miejskiej w aspekcie transportu zbiorowego.

3. Podejmowanie decyzji i zarządzanie w aspekcie rozwoju systemu GIS

Zarządzanie logistyką miejską jest procesem odnoszącym się do obszaru całego miasta, więc możliwość prezentacji konkretnej informacji z możliwością pokazania jej w kontekście całego obszaru miejskiego daje większe możliwości analityczne. Dzięki wybraniu oprogramowania wykorzystującego jeden format danych lub wyborze jednego formatu danych do wszystkich programów, jakie są wykorzystywane w poszczególnych jednostkach można usprawnić proces przekazywania i analizy danych. Dzięki wprowadzeniu wszystkich danych do jednego oprogramowania możliwe jest sprawne zarządzanie całym systemem

przez jedną osobę. Współczesne narzędzia informatyczne, które są bogatsze we wszelkiego rodzaju funkcje obliczeniowe, efektywnie wspomagają proces decyzyjny poprzez funkcję analizy danych oraz możliwość wykonania prognozy rozwoju różnych wariantów. Zastosowanie rozwiązań typu GIS w logistyce miejskiej natrafia na problemy związane z integracją dużych ilości danych oraz wszelkiego rodzaju informacji, oraz uwzględnienie dynamiki występujących zjawisk. Konieczna jest integracja danych o charakterze szybko zmiennym, które pochodzą z różnych źródeł oraz modelowanie dynamicznych procesów logistycznych. Dzięki zastosowaniu nowoczesnego rozwiązania, analizy mogą zostać przekształcone z danych w postaci tabelarycznej na dane przestrzenne. Stworzony model odzwierciedla rzeczywisty układ komunikacyjny w mieście jako model przestrzenny wygenerowany w oprogramowaniu GIS. Jedną z podstawowych zalet takiego modelu jest możliwość wielokrotnego kopiowania i modyfikacji istniejących warstw na potrzeby analiz komunikacyjnych. Oprogramowanie, w których skład wchodzi cyfrowe mapy oraz powiązane z nimi dane tematyczne, umożliwiają wykonanie skomplikowanych analiz. Wprowadzanie zmiennych w modelu jest jedną z podstawowych zalet całego układu, co pozwala na tworzenie prognozy na przyszłość. Wprowadzone rozwiązania z wykorzystaniem systemu GIS mogą być jednocześnie narzędziem służącym do monitoringu w połączeniu z odpowiednimi rozwiązaniami technologicznymi. Wykorzystanie danych o charakterze lokalizacyjnym pozwala na szczegółowe wykonywanie analiz i pomiarów dla wybranych obszarów. Na rysunku 1 przedstawiono, jak mógłby wyglądać proces wykorzystania systemów GIS w przetwarzaniu informacji oraz wspomaganie podejmowaniu decyzji związanych z zarządzaniem logistyką miejską.



Rysunek 1. Wykorzystanie danych i narzędzi GIS w przetwarzaniu informacji. Opracowanie własne.

Przedstawiony na rysunku 1 schemat dzieli informacje, które zostają wprowadzane do bazy danych, na dane dynamiczne oraz dane statyczne. Do danych dynamicznych można zaliczyć wszelkiego rodzaju dane pomiarowe, które się zmieniają w zależności od wielu czynników. Do zbierania danych dynamicznych wykorzystuje się rozwiązania teleinformatyczne i informatyczne z zakresu teleinformatyki, które umożliwiają natychmiastową transmisję do bazy danych. Dane statyczne są to dane, które same w sobie nie mogą być przetwarzane i wymagają oprogramowania, w tym przypadku z środowiska GIS, które umożliwi ich edycję i modyfikację. Działania operacyjne związane są przede wszystkim z analizą danych oraz informacji, które zostały przesłane do systemu. Na tej podstawie można wspomagać proces decyzyjny oraz skrócić czas podejmowania decyzji i tworzenia strategii. W działaniach operacyjnych wykorzystywane są dane dynamiczne, dające wgląd w aktualny stan na badanym obszarze. Poza działaniami operacyjnymi, które wspomagają w sposób bezpośredni zarządzanie przepływami pojazdów na obszarze miasta, można wyróżnić także działania pozaoperacyjne, które dają większe możliwości analizy i tworzenia różnych scenariuszy. Działania nieoperacyjne pozwalają na dodanie do modelu danych tymczasowych, które są edytowane wyłącznie do stworzenia określonej prognozy.

4. Podsumowanie

Przeprowadzone badania na wybranych miastach z wykorzystaniem nowoczesnego oprogramowania typu GIS pokazują jak zmienia się wykorzystanie nowoczesnych rozwiązań informatycznych w zarządzaniu logistyką miejską. Obecne badania nappełnień pojazdów komunikacji publicznej pokazywane są jedynie jako dane tabelaryczne, gdzie wpisana jest jedynie nazwa przystanku oraz liczba osób wsiadających i wysiadających oraz pozostających w pojeździe. Dzięki zastosowaniu takiego rozwiązania można pokazać zachodzące zjawiska wraz z miejscem ich występowania oraz odnieść się do lokalizacji przestrzennej. Wykorzystana metoda analizy danych oraz ich prezentacja jest łatwiejsza do zrozumienia przez odbiorcę dzięki możliwości odniesienia się do przestrzeni, co znacznie ułatwia interpretację danych. Rozwój systemów GIS oraz aplikacji internetowych pozwala na dodawanie informacji przestrzennych nie tylko przez osoby odpowiedzialne za wykonywanie takich analiz ale także przez mieszkańców którzy mogą za pomocą telefonu wysyłać informację o znaczeniu przestrzennym. Zbierane informację mogą przyczynić się do podejmowania decyzji w zakresie rozwoju miasta. Dane zbierane i wysyłanie przez mieszkańców są traktowane jako system PPGIS (Public Participatory GIS) który pozwala na tworzenie map badanych zjawisk przez mieszkańców. Należy pamiętać że tworzone analizy i ich wdrożenie jest badane przez osoby użytkujące dane rozwiązania w obszarze miejskim są to jego mieszkańcy tak więc to do nich należy najważniejsza ocena skuteczności wdrożonych rozwiązań.

Bibliografia

1. Dargay, J.M., Goodwin, P.B. (1999). Traffic Congestion in Europe. Introductory Report England. *Traffic Congestion in Europe OECD*, Paris.
2. EU energy and transport in figures. *Directorate General for Energy and Transport*. Luxemburg 2014.
3. Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., Rhind, D.W. (2006). *GIS teoria i praktyka*. Warszawa: PWN.
4. Niebieska księga dla sektora transportu publicznego (2008). Warszawa: Jaspers.
5. Nowakowski, T. (2011). *Systemy logistyczne, Cz. 2*. Warszawa: Difin.
6. O'Flaherty, C.A. (eds). (2005). *Transport Planning Traffic Engineering*. London: Taylor & Francis.
7. Ortuzar, J.D., Willumsen, L. (2011). *Modelling Transport*. Wiley.

8. Szoltysek, J. (2011). *Kreowanie mobilności mieszkańców miast*. Warszawa: Wolters Kluwer Polska Sp. z o.o.
9. Szoltysek, J. (2004). Przesłanki stosowania logistyki w przewyżczeniu barier rozwojowych miast. W M. Sołtysik (red.), *Kierunki rozwoju logistyki w Polsce w świetle tendencji światowych*. Katowice: Akademia Ekonomiczna w Katowicach.
10. Woźniak, J. (2006). Kształcenie i upowszechnianie wiedzy w zakresie systemów geoinformacyjnych. *Polskie towarzystwo informacji przestrzennej*, Wyd. "Wiś Jutra" Sp. z o. o., t. 2, z. 3.
11. Shvetsov, V.I. (2003). Mathematical Modeling of Flow. *Automation and Remote Control*, 64, 11.