

# Barbara Kos, Grzegorz Dydkowski

---

## Modelowanie ruchu jako narzędzie zarządzania ruchem w transporcie miejskim

---

Ekonomiczne Problemy Usług nr 113, 231-242

---

2014

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej [bazhum.muzhp.pl](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

*BARBARA KOS, GRZEGORZ DYDKOWSKI*

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

## MODELOWANIE RUCHU JAKO NARZĘDZIE ZARZĄDZANIA RUCHEM W TRANSPORCIE MIEJSKIM

### Streszczenie

W artykule przedstawiono wykorzystanie nowoczesnych narzędzi informatycznych do modelowania ruchu w miastach oraz korzyści stosowania tych narzędzi. Jednym z obszarów zastosowań informatyki jest bieżące i długookresowe zarządzanie infrastrukturą i warunkami ruchu, umożliwiając realizację zapotrzebowania na transport w miastach.

**Słowa kluczowe:** transport miejski, telematyka, modelowanie ruchu, zarządzanie infrastrukturą transportową

### Wprowadzenie

Urbanizacja to jeden z najważniejszych procesów o znaczeniu gospodarczym, przestrzennym, politycznym i społecznym ostatnich lat. Obecnie około połowa ludności świata mieszka w miastach, a jeszcze 200 lat temu ludność mieszkająca w miastach stanowiła jedynie 3% ogółu mieszkańców. W państwach Unii Europejskiej obecnie około 74% mieszkańców mieszka w miastach, do 2050 r. prognozuje się wzrost do około 84% (EU 2013, s. 16). Powiększanie się terenów zurbanizowanych oraz równoczesne rozdzielanie funkcji obszarów związanych z zamieszkaaniem, wraz z koncentracją części funkcji usługowych i rekreacyjnych, to czynniki powodujące wzrost mobilności mieszkańców miast i zwiększanie się średniej odległości przejazdów. Dlatego też czynnik transportowy staje się podstawową determinantą warunkującą możliwość rozwoju dużych miast oraz jakość życia w mieście.

Sektor publiczny, odpowiedzialny za zaspokajanie podstawowych potrzeb społecznych, w tym za umożliwienie sprawnego przemieszczania się, zapewniając drogi dla korzystania z samochodów osobowych, czy też zapewniając usługi transportu zbiorowego, powinien efektywnie wykorzystywać posiadane zasoby i dążyć do wysokiej jakości świadczonych usług realizując oczekiwania społeczne. Wymaga to wykorzystywania różnorodnych narzędzi, w tym narzędzi informatycznych, które są coraz bardziej zaawansowane i dają coraz większe możliwości. Jednym z obszarów zastosowań informatyki jest bieżące i długookresowe zarządzanie infrastrukturą i warunkami ruchu, umożliwiając realizację zapotrzebowania na transport w miastach. Systemy informatyczne obejmują różne sfery zarządzania transportem miejskim, a ich stosowanie przynosi wiele korzyści. W artykule skoncentrowano się na wykorzystaniu nowoczesnych narzędzi informatycznych do modelowania ruchu w miastach oraz korzyściach stosowania tych narzędzi.

## 1. Zarządzanie mobilnością w miastach

Przez wiele lat problemy wynikające ze wzrostu liczby pojazdów i zwiększającego się ruchu na drogach i ulicach próbowano w Polsce – z różnym powodzeniem – rozwiązać przede wszystkim budową nowych odcinków dróg. Zagadnienia z zakresu zarządzania i organizacji ruchu na drogach sprowadzały się do właściwego oznakowania dróg i sterowania ruchem na drogach, tak aby poruszanie się było bezpieczne. Systematycznie przybywało pojazdów, wolniej dróg (GUS 2013, s. 121–146), rosło również natężenie ruchu na drogach (GDDKIA 2014). Budowa nowych dróg nie zmniejszała zatłoczenia na drogach lub zmniejszała je jedynie na bardzo krótko – kilka miesięcy lub kilka lat. Po tym okresie sytuacja wracała do punktu wyjścia. Należy jednak zwrócić uwagę, że maksymalne wykorzystanie dróg, ulic czy parkingów występuje tylko w części dnia, w wybranych dniach tygodnia lub w czasie kilku miesięcy roku. Do tego dochodzi nierównomierność wykorzystania dróg w zależności od kierunku jazdy – przykładowo w godzinach porannych znacznie bardziej obciążone są jezdnie prowadzące do centrów miast niż w kierunkach odwrotnych, z kolei w godzinach popołudniowych ruch pojazdów koncentruje się w kierunkach przeciwnych – na dojazdach do obszarów mieszkaniowych oraz handlowych i usługowych. Podobnie różne jest zapelnienie parkingów – parkingi przy zakładach pracy zapelnione są w czasie godzin pracy, z kolei parkingi osiedlowe w godzinach wieczornych i nocnych, a przy centrach handlowych i usługowych oraz miejscach wypoczynku w godzinach popołudniowych i weekendy. Dlatego też obecnie obok elementów bezpieczeństwa, coraz częściej zwraca się również uwagę na zagadnienia wykorzystania infrastruktury, korzystając przy tym z technologii telematycznych (telekomunikacja oraz informatyka). Poprzez podejmowanie działań z zakresu zarządzania ruchem drogowym możliwe jest lepsze

wykorzystanie infrastruktury (Kos 2013, s. 158–161) oraz bardziej płynne przemieszczanie się pojazdów i pieszych na drogach i ulicach. Obok korzyści związanych ze skróceniem czasu przejazdu i zmniejszeniem zużycia paliwa, pozwala to również na zmniejszenie emisji szkodliwych związków powstałych w wyniku pracy silników spalinowych pojazdów oraz hałasu, gdyż te związane są przede wszystkim z ruszaniem pojazdów z miejsca (Dydkowski 2012, s. 124–125).

Natężenie ruchu na poszczególnych odcinkach dróg, jak i tym samym obciążenie dróg, charakteryzuje duża zmienność w czasie. W rezultacie stosowanie wyłącznie rozwiązań statycznych, czyli takich, w których nie reaguje się na bieżąco na zmieniającą się sytuację na drogach jest niewystarczające. Stąd też w miastach w różnym zakresie planuje się lub wdraża systemy zarządzania ruchem wykorzystujące technologie informatyczne. Najogólniej mówiąc, w sposób ciągły monitoruje się wielkość natężenia ruchu i sytuację na ważniejszych skrzyżowaniach lub innych punktach, a dane te są wykorzystywane do sterowania obszarowego sygnalizacjami świetlnymi na skrzyżowaniach i znakami zmiennej treści. Ponadto udostępnia się, na przykład w portalach internetowych, drogą radiową lub wyświetlając informacje na różnego typu znakach i tablicach, informacje w czasie rzeczywistym o warunkach ruchu na drogach, występujących utrudnieniach w ruchu, czasowych zamknięciach pasów ruchu, tak aby korzystający z dróg mogli wcześniej zaplanować podróż i w razie uzyskania informacji o utrudnieniach wybrać inną trasę przejazdu. Systemy zarządzania ruchem mogą również ułatwiać przejazd pojazdom uprzywilejowanym w ruchu lub pojazdom miejskiego transportu zbiorowego. Objęcie środków miejskiego transportu zbiorowego systemami zarządzania ruchem pozwala uzyskać wiele korzyści i tym samym poprawić jego konkurencyjność w stosunku do przemieszczeń samochodami osobowymi. W szczególności wśród korzyści wymienić można (Dydkowski 2012, s. 127–128):

- poprawę punktualności i regularności kursowania środków transportu zbiorowego,
- zmniejszenie czasu podróży (skrócenie czasów przejazdu oraz czasów oczekiwania na pojazd, jak również czasu przeznaczanego na przesiadki),
- w wyniku poprawy regularności kursowania uzyskuje się bardziej równomierne napełnienia pojazdów, zmniejsza występowanie sytuacji, gdy pojazdy są przepełnione,
- zapewnienie podróżującym pasażerom informacji o ewentualnych zakłóceniach w ruchu i możliwości kontynuowania podróży.

Najogólniej systemy zarządzania ruchem poprawiają jakość usług miejskiego transportu zbiorowego, zaufanie do tego sposobu przemieszczania jak również m.in. poprzez poprawę regularności kursowania i skrócenia czasów przejazdu poprawiają wykorzystanie taboru miejskiego transportu zbiorowego (Lubieniecka-Kocoń et al. 2013, s. 83–86).

Samochody osobowe jedynie przez niewielką część doby lub tygodnia wykorzystywane są do przemieszczania się – pozostały czas to parkowanie. W ramach systemów zarządzania ruchem w mieście mogą być udostępniane również informacje o dostępności miejsc parkingowych, ma to na celu przede wszystkim zmniejszenie wielkości ruchu związanego z poszukiwaniem miejsca parkingowego, zmniejszenie liczby wjazdów do obszarów centralnych miast (wjazd może być bezcelowy jeśli nie ma możliwości pozostawienia samochodu) oraz lepszym wykorzystaniem parkingów funkcjonujących w systemach Park & Ride. Częścią systemów zarządzania ruchem powinny być również systemy pozwalające na podstawie zbudowanych modeli ruchu na tworzenie wieloletnich prognoz wielkości ruchu na sieci lub na krótkookresowe symulacje obciążeń sieci drogowej w różnych sytuacjach, na przykład imprez masowych, wyłączenia wybranych odcinków dróg, ograniczenia przepustowości na skutek wyłączenia pasów ruchu, zwiększenia udziału osób przemieszczających się transportem zbiorowym. Pozwalają one ocenić wpływ wymienionych sytuacji na wzrost natężeń i czasów przejazdu i dokonać optymalnego wyboru wariantu postępowania, tak aby zmniejszyć uciążliwość dla kierowców oraz całego miasta (Dydkowski 2012).

## **2. Zasady budowy oraz zastosowanie modeli ruchu**

Historia modelowania i prognozowania ruchu z wykorzystaniem formalnych modeli matematycznych liczy już kilkadziesiąt lat, jednak w praktyce z uwagi na złożoność problemu i konieczność przeprowadzania szeregu wyliczeń modele ruchu znalazły szersze zastosowanie dopiero wraz z rozwojem informatyki i urzędzeń przetwarzania danych, czyli w latach 60. i 70. XX w. Pierwsze rozkłady ruchu wykonywane były na wielkich maszynach cyfrowych, którym opracowanie rozkładu ruchu dla Warszawy zajmowało około 12 godzin. Od połowy lat 70. XX w. do tworzenia rozkładów ruchu wykorzystywano oprogramowanie amerykańskie – dla dróg Federal Highway Administration, a dla transportu zbiorowego Urban Mass Transportation Administration, dzięki czemu powstały pierwsze modele prognozy (Dybicz 2005). Niewielka była wówczas również dostępność samych komputerów jak i specjalistycznego oprogramowania w Polsce. Sytuacja poprawiła się w połowie lat 80. XX w., gdy rozpoczęły upowszechniać się mikrokomputery.

Metody tworzenia modeli i prognozowania ruchu miejskiego kończące się przydziałem ruchu na poszczególne odcinki sieci drogowo-ulicznej to bardzo specjalistyczna dziedzina wiedzy, w kraju dotychczas zajmuje się tym niewiele ośrodków – przede wszystkim biur zajmujących się planowaniem układów komunikacyjnych oraz

wyższych uczelni i publikacje nie są liczne<sup>1</sup>. Ponadto barierą w powszechnym stosowaniu modeli ruchu jest ograniczona dostępność czy też brak części danych, niezbędnych do tworzenia prognoz lub też pracochłonne i kosztowne ich pozyskiwanie. Nie bez znaczenia jest również konieczność systematycznej aktualizacji danych.

Najogólniej rzecz ujmując modele ruchu są pewną wypadkową pomiędzy aktywnością człowieka, która zawsze związana jest z przemieszczaniem w celu zaspokajania potrzeb i uzyskiwania dochodów z pracy oraz określonymi preferencjami pasażerów co do sposobów, odległości i czasu przemieszczania. Prognozowanie ruchu w miastach może dotyczyć jedynie wielkości syntetycznych, tj. liczby podróży oraz podziału na środki przewozowe którymi są realizowane (zwłaszcza podział pomiędzy samochody osobowe a środki transportu zbiorowego), jednak takie dane nie są wystarczające dla zarządzania ofertą przewozową. Dla potrzeb planowania układów transportowych oraz oferty przewozowej w miastach, niezbędna jest wiedza o wielkości ruchu na poszczególnych odcinkach sieci drogowo-ulicznej w różnych dystansach czasowych. Dlatego też po określeniu wielkości ruchu dokonuje się rozkładu przestrzennego ruchu (określa więźbę ruchu), następnie dokonuje podziału ruchu wg sposobu przemieszczania się (przemieszczenia piesze oraz z wykorzystaniem różnych środków transportu) i na końcu rozdziału ruchu na sieć transportową.

Wielkość ruchu to liczba podróży rozpoczynanych i kończonych w określonym przedziale czasowym (na przykład doba) w poszczególnych rejonach komunikacyjnych. Zależna jest od czynników, które można ująć w następujących grupach (Lilpop, Sidorenko, Waltz 1983; Suchorzewski z zespołem 1992):

- charakteryzujących mieszkańców danego rejonu, na przykład liczba mieszkańców rejonu, liczba mieszkańców zawodowo czynnych, dochód gospodarstwa domowego, zawód osoby lub osób pracujących w gospodarstwie domowym, wiek, status motoryzacyjny,
- charakteryzujących infrastrukturę oraz środowisko rejonu i całego miasta, na przykład potencjał gospodarczy rejonu, dostępność do infrastruktury transportowej, posiadanie centrum usługowego, odległość od centrum miasta.

Na podstawie wielkości liczbowych wymienionych zmiennych można określić wielkości ruchu generowanego i absorbowanego w rejonach komunikacyjnych.

Kolejnym etapem jest określenie liczby podróży wykonywanych wewnątrz oraz pomiędzy poszczególnymi rejonami komunikacyjnymi. Wypracowanych zostało wiele modeli matematycznych. Popularny jest tzw. model grawitacyjny, precyzujący zależności wielkości ruchu pomiędzy rejonami od ich potencjałów przyciągania oraz oddalenia rejonów od siebie. Potencjał przyciągania zależy przede wszystkim od zagospodarowania przestrzennego poszczególnych regionów. Uwzględnienie oddale-

---

<sup>1</sup> Znaczny wkład w rozwój i popularyzację modelowania ruchu miał Instytut Kształtowania Środowiska w Warszawie oraz Politechnika Warszawska. Wśród publikacji wymienić można: Supernak 1980; Lilpop, Sidorenko, Waltz 1983; *Planowanie* 1993, nr 1, 2, 3, 4; Dybicz 2005; [www.um.warszawa.pl](http://www.um.warszawa.pl) (dostęp 17.08.2006).

nia rejonów od siebie odzwierciedla zachowania polegające na poszukiwaniu celów przemieszczeń (pracy, zakupów itp.) w miarę blisko, co powoduje większy ruch między rejonami bliżej położonymi, niż między rejonami położonymi dalej od siebie. Wynikiem obliczeń wykonanych w ramach tego etapu jest macierz podróży, tj. macierz zawierająca liczbę podróży wewnątrz i pomiędzy poszczególnymi rejonami (Lilpop, Sidorenko, Waltz 1983; Suchorzewski z zespołem 1992).

Przy podziale ruchu w zależności od sposobu przemieszczania się uwzględnia się fakt, że udział przemieszczeń pieszych zależy od odległości, na którą te przemieszczenia są dokonywane, gęstości i dostępności do sieci transportu zbiorowego, pozostałych parametrów opisujących jakość transportu zbiorowego, dostępności centrum miasta dla samochodów osobowych, wskaźnika motoryzacji itp. Za pomocą współczynników dokonuje się tu rozdziału ruchu na realizowany pieszo, samochodami osobowymi oraz transportem zbiorowym. Ostatnim krokiem jest przydział ruchu na poszczególne trasy (drogi) transportowe. W dyspozycji są już dane o prognozowanej wielkości ruchu który będzie realizowany samochodami osobowymi oraz środkami transportu zbiorowego pomiędzy poszczególnymi rejonami komunikacyjnymi (więźba ruchu). Dokonuje się przydziału ruchu na istniejącą lub projektowaną sieć dróg. W przypadku, gdy pomiędzy wybranymi rejonami istnieje tylko jedno połączenie (jedna droga) przydziela się całość ruchu na tę drogę. Jednak najczęściej pomiędzy źródłem i celem ruchu istnieje wiele dróg. Z dróg tych korzystają przemieszczający się pomiędzy różnymi rejonami komunikacyjnymi. Konieczne jest zatem przydzielenie ruchu na drogi łączące każde dwa rejony komunikacyjne oraz dokonanie sumowania ruchu generowanego z różnych rejonów komunikacyjnych na poszczególnych odcinkach dróg (Lilpop, Sidorenko, Waltz 1983; Suchorzewski z zespołem 1992).

Modele ruchu stworzone na potrzeby zarządzania miejskim transportem zbiorowym mogą służyć przede wszystkim analizie stanu istniejącego, która ma zastosowanie w operacyjnym, krótkookresowym zarządzaniu ofertą przewozową oraz prognozom, czyli planowaniu w długim horyzoncie czasowym.

Operatywne zarządzanie ofertą przewozową z wykorzystaniem modelu ruchu pozwala na symulacje, ocenę i porównanie różnych wariantów obsługi komunikacyjnej i dopiero na tej podstawie dokonywanie bieżących zmian w ofercie przewozowej transportu zbiorowego. Możliwe są różne zmiany – najczęściej polegają przede wszystkim na korekcie częstotliwości kursowania pojazdów, modyfikacji przebiegu linii lub zmianie pojemności taboru obsługującego linie komunikacyjne. Programy informatyczne służące do modelowania ruchu, umożliwiają wprowadzanie do zbudowanego wcześniej modelu szeregu zmian oraz bieżącą ocenę i porównywanie otrzymanych wariantów rozkładu ruchu.

Bieżące zarządzanie ofertą przewozową polega głównie na dostosowywaniu oferty do bieżących potrzeb i oczekiwań mieszkańców. Zmiany w układzie linii miejskiego transportu zbiorowego można podzielić wg przyczyn, które je spowodowały. Pierwszą z nich stanowić mogą modyfikacje wynikające z remontów

i modernizacji infrastruktury liniowej i punktowej transportu. Mogą to być zmiany niewielkie zmiany, na przykład objazdy podczas wyłączeń remontowanych odcinków ulic, trwające od kilku dni do paru miesięcy, mogą to też być zmiany znaczące.

Równie istotnym zastosowaniem modeli ruchu jest długookresowe, często w perspektywie kilkunastu lub kilkudziesięciu lat, prognozowanie zmian w funkcjonowaniu układu komunikacyjnego miasta i co z tym związane zmian zachowań komunikacyjnych, które wynikają ze zmian w zagospodarowaniu przestrzennym, w tym realizacji nowych inwestycji w mieście na przykład nowych miejsc pracy, miejsc nauki, centrów handlowo-usługowych, osiedli mieszkaniowych oraz miejsc wypoczynku, a także innych obiektów będących źródłami i celami ruchu. Na zmiany wpływają też inwestycje w zakresie infrastruktury transportowej miasta. Specjalistyczne oprogramowanie umożliwiające modelowanie ruchu pozwala pozyskać dane o prognozowanych obciążeniach sieci drogowo-ulicznej oraz linii transportu zbiorowego, co z kolei umożliwia przygotowanie studiów wykonalności przedsięwzięć, a w nich porównywanie różnych wariantów rozwiązań (m.in. przebiegu tras, wykorzystania różnych środków transportu zbiorowego), zarówno pod kątem obsługi komunikacyjnej, kosztów z punktu widzenia podmiotu świadczącego usługi transportu zbiorowego, jak i z punktu widzenia kosztów i korzyści zewnętrznych na przykład w układzie oddziaływania na otoczenie – m.in. pod względem emisji przez pojazdy szkodliwych substancji lub hałasu oraz wypadki drogowe.

### 3. Narzędzia informatyczne wykorzystywane do modelowania ruchu

Modelowanie ruchu, którego celem jest matematyczne odwzorowanie zachowań komunikacyjnych mieszkańców określonego obszaru przy zadanych warunkach i cechach systemu transportowego (*Niebieska księga* 2008, s. 19) wymaga użycia specjalistycznego oprogramowania. Analiza rynku informatycznego dostarcza przykładów takich narzędzi. Jednym z wiodących na światowym rynku narzędzi do modelowania ruchu jest obecnie oprogramowanie niemieckiej firmy PTV AG. To wielomodułowe i stosunkowo elastyczne oprogramowanie wspomagające planowanie transportu i modelowanie popytu na transport, które może być wykorzystywane do modelowania ruchu w mieście, aglomeracji, metropolii, regionie czy nawet w skali całego kraju. Program zaprojektowano dla analiz ruchu różnymi rodzajami transportu w ramach jednego kompleksowego modelu sieci (PTVAG 2014).

W ramach zbudowanego modelu sieci można wyróżnić transport indywidualny i transport zbiorowy. Model stworzony w oprogramowaniu do modelowania ruchu uwzględnia m.in. (BIT 2014):

- węzły komunikacyjne (skrzyżowania dróg, dworce i przystanki),
- określone odcinki (drogowe i kolejowe),



- rejonny komunikacyjne wraz z początkiem i końcem podróży,
- podłączenia rejonów do całej sieci,
- linie komunikacyjne transportu zbiorowego (trasy i rozkłady jazdy),
- dane operacyjne dla pojazdów i przewoźników w transporcie zbiorowym,
- punkty pomiarowe dla liczenia pasażerów i detekcji pojazdów.

Jedną z bardzo ważnych funkcji programu jest graficzna edycja sieci w różnych układach i przedziałach czasu, umożliwiająca precyzyjną i stosunkowo przejrzystą wizualizację na przykład natężenia ruchu, czy obciążenia poszczególnych linii transportu zbiorowego. Z pewnością ułatwia to pracę z modelem, jak również prezentację wyników. Ponadto wyposażenie w różnorodne moduły pozwala na uzyskiwanie wyników służących do przeprowadzenia stosunkowo zróżnicowanych analiz opartych na wynikach symulacji ruchu jak na przykład analizy warunków ruchu, analizy ekonomiczne oraz analizy wpływu wybranych wariantów na otoczenie na przykład poziom hałasu, wibracje, poziom emisji szkodliwych substancji. Ważne jest również to, że oprogramowanie umożliwia również porównywanie wygenerowanych wariantów ruchu pod względem wybranych wskaźników na przykład kosztów obsługi, wykonanej pracy przewozowej czy dostępności komunikacyjnej dla pasażerów. Różne procedury rozkładu ruchu umożliwiają analizy ruchu na podstawie tras, rozkładów jazdy, linii komunikacyjnych czy pór dnia. Procedury rozkładu ruchu pozwalają z kolei na szczegółową analizę potoków ruchu, na przykład porównywanie tras transportu indywidualnego i zbiorowego pomiędzy wybranymi rejonami, analizę potoków ruchu na dowolnej kombinacji węzłów i odcinków, czy analizę ruchu przechodzącego przez określone obszary (BIT 2014).

Oprogramowanie do modelowania ruchu może zostać wzbogacone również o inne niestandardowe moduły, które mogą stanowić również narzędzie zarządzania ruchem w czasie rzeczywistym w obszarach miejskich. Przykład w tym zakresie stanowić może oprogramowanie VISUM – online, przeznaczone dla centrów zarządzania ruchem. Umożliwia m.in. (BIT 2014):

- określenie bieżącego stanu ruchu na sieci na podstawie danych zbieranych z różnych źródeł, na przykład z urządzeń znajdujących się w terenie,
- przekazywanie informacji uczestnikom ruchu i podejmowanie decyzji w czasie rzeczywistym (na przykład system informacji dla kierowców, sterowanie znakami zmiennej treści, informacja o pracach drogowych),
- modelowanie bieżącego stanu ruchu i krótkoterminowe prognozy na podstawie danych przekazywanych z punktów pomiarowych w terenie.

VISUM – online pracuje na podstawie danych zbieranych z różnych źródeł m.in.: z detektorów ruchu na skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną, detektorów podczerwieni, kamer video lub stanów znaków zmiennej treści: z systemów ostrzegania przed mgłą, stacji pogodowych, czy systemów parkingowych (na przykład wyświetlaczy dynamicznych Park & Ride) (BIT 2014).

#### 4. Korzyści wykorzystania systemów modelowania ruchu w miastach

Korzyści uzyskiwane w związku z wykorzystaniem systemów modelowania i prognozowania ruchu w zarządzaniu infrastrukturą transportową oraz transportem zbiorowym, mogą być identyfikowane w dwóch układach: układzie korzyści odnoszonych przez poszczególne osoby przemieszczające się pojazdami samochodowymi, operatora lub zarządzającego miejskim transportem zbiorowym oraz w układzie korzyści zewnętrznych, uwzględniających wpływ transportu na otoczenie, uzyskiwanych przez społeczeństwo wybranego obszaru, miasta, regionu. Korzystając z systemów modelowania ruchu zarządzający uzyskują najogólniej wiedzę o tym, jak w sytuacji ograniczeń przepustowości lub zamknięć wybranych odcinków dróg, będzie rozkładał się ruch. Zarządzający infrastrukturą mogą zatem przewidzieć na przykład skutki zamknięć z tytułu remontów i tak je planować lub prowadzić, aby minimalizować ich skutki. Zatem z punktu widzenia poszczególnych mieszkańców korzystających w poruszaniu się po mieście z pojazdów samochodowych, optymalizacja w zarządzaniu ograniczeniami przepustowości lub zamknięciami odcinków dróg, to mniejsze uciążliwości, przekładające się na czas przejazdu, a tym samym na koszty związane z ruchem pojazdów oraz koszty utraconego czasu. Z punktu widzenia operatorów lub zarządców lokalnego transportu zbiorowego można z kolei wyróżnić następujące korzyści (Dydkowski, Urbanek 2013, s. 23–31):

- zmniejszenie ponoszonych wydatków związanych z wykonywaniem pracy eksploatacyjnej w wyniku efektywniejszego zarządzania ofertą przewozową (układ tras i linii skutkujący mniejszą liczbą wozokilometrów przy zapewnieniu tej samej jakości obsługi komunikacyjnej, lepszy dobór taboru pod względem pojemności);
- zmniejszenie czasu przejazdu, zwiększenie prędkości komunikacyjnej, łatwiejsze przesiadki, co wiąże się z atrakcyjniejszą ofertą przewozową i tym samym może przełożyć się na większe dochody taryfowe;
- poprawa wizerunku związana z lepszym zaspokojeniem potrzeb i oczekiwań pasażerów, wzrost popytu na usługi i zwiększenie dochodów taryfowych.

Korzystanie podczas zarządzania ofertą przewozową z systemów modelowania i prognozowania ruchu pozwala również uzyskać korzyści zewnętrzne. Wiąże się one głównie z lepszym dostosowaniem oferty przewozowej do potrzeb pasażerów, poprawą wizerunku transportu zbiorowego i wzrostem konkurencyjności tego transportu szczególnie względem indywidualnych środków transportu. Ograniczenie podróży wykonywanych transportem indywidualnym to przede wszystkim ograniczenie kongestii i negatywnego oddziaływania na środowisko (mniejsza emisja szkodliwych substancji, hałasu) i poprawa jakości życia w miastach i obszarach zurbanizowanych. Ponadto sprawny i dostosowany do potrzeb pasażerów transport zbiorowy (Tomanek 1996):

- zwiększa popyt na inne usługi i produkty w miastach i aglomeracjach,

- ułatwia dostęp do miejsc pracy,
- ma znaczenie socjalne.

System transportowy warunkuje styl życia i ruchliwość mieszkańców (świadczenie usług o wyższej jakości ma wpływ na popyt). Ponadto jest jednym z kluczowych czynników wpływających na decyzje dotyczące lokalizacji inwestycji, a zatem decyduje o konkurencyjności miast i regionów względem inwestorów i osób poszukujących miejsca zamieszkania. Rozwój systemu miejskiego transportu zbiorowego zapewnia dostępność do nowych obszarów, ułatwia dostęp do miejsca pracy i nauki, a pracodawcom pozyskanie pracowników z większego obszaru. Zatem istotne tu będą korzyści zewnętrzne, co z jednej strony często zmniejsza motywację do podejmowania danego przedsięwzięcia – w przypadku korzyści zewnętrznych nie uzyskuje ich jednostka podejmująca dane przedsięwzięcie, ale otoczenie, natomiast z drugiej strony stwarza to szansę pozyskania finansowania na wdrożenie systemu ze źródeł zewnętrznych, takich jak fundusze Unii Europejskiej (Dydkowski 2012, s. 96–119).

Równie istotne są korzyści z profesjonalnego planowania rozwoju infrastruktury transportu miejskiego, czy to sieci drogowej czy też innych środków transportu (tramwaj, kolej). Wykorzystując systemy modelowania ruchu do tworzenia prognoz wykorzystania infrastruktury, można uzyskać dane o jej obciążeniu ruchem w dowolnym horyzoncie czasowym – w praktyce jest to okres od kilku do 30 lat. Pozwala to na dobrą ocenę zasadności inwestycji, porównanie różnych wariantów i wybór wariantu optymalnego. Uzyskane w prognozie dane o wielkości ruchu pozwalają również na ocenę oddziaływania danego przedsięwzięcia na otoczenie.

## Podsumowanie

Miasta są i będą miejscami, w których koncentrują się miejsca pracy i usługi, miasta to miejsca w których ludność mieszka lub do których z obszarów podmiejskich dojeżdża (przykładowo ocenia się, że w Warszawie w ciągu dnia przebywa około 750 tys. osób więcej niż jest zameldowanych, zatem łącznie jest to blisko 2,5 mln osób (Bijak et al. 2007)). Zwiększająca się liczba osób przebywających w miastach oraz oczekiwanie dobrych warunków zamieszkania i przemieszczania się w miastach, to wyzwanie dla transportu miejskiego, transport bowiem jest jednym z czynników umożliwiających sprawne funkcjonowanie i rozwój miast. Dlatego też obok wielu innych działań ważne jest zarówno bieżące zarządzanie, jak i rozwój systemów transportowych miast, a to z kolei wymaga stosowania zaawansowanych narzędzi informatycznych. Wykorzystanie narzędzi informatycznych w zarządzaniu ruchem powinno pozwolić na lepsze wykorzystanie istniejących zasobów infrastruktury drogowej w miastach, poprawę warunków ruchu, a także poprawę jakości planowania infrastruktury. Nie bez znaczenia jest też ograniczenie negatywnych skutków związanych ruchem pojazdów.

Modele ruchu mogą być wykorzystywane zarówno do zarządzania drogami w zakresie planowania, remontów oraz inwestycji, jak i do zarządzania transportem zbiorowym. Mogą służyć nie tylko analizie stanu istniejącego, do bieżącego zarządzania ofertą przewozową, ale przede wszystkim do tworzenia prognoz i formułowania długoterminowych planów. Modele ruchu, oprócz samego oprogramowania wymagają również zebrania wielu danych, w tym w szczególności informacji o sieci drogowej oraz systemie transportu zbiorowego (przebieg linii, napelnienia pojazdów transportu zbiorowego), a także danych demograficznych dotyczących m.in. struktury wieku mieszkańców analizowanych obszarów, ich aktywności zawodowej, a także zachowań komunikacyjnych. Jakość zebranych danych wejściowych bezpośrednio determinuje jakość uzyskanych wyników i tym samym w rezultacie trafność podejmowanych decyzji.

## Literatura

- Bijak J., Kicinger A., Kapiszewski M., (współpraca) Śleszyński P. (2007), *Studium metodologiczne oszacowania rzeczywistej liczby ludności Warszawy*. Środkowoeuropejskie Forum Badań Migracyjnych i Ludnościowych, „CEFMR Working Paper” No 2, [www.cefmr.pan.pl](http://www.cefmr.pan.pl).
- Dybicz T. (2005), *Pakiet oprogramowania Visum jako narzędzie do modelowania ruchu transportu publicznego w Warszawie*, Konferencja „Transport publiczny w Warszawie”, 10–11.10.2005 r., [www.um.warszawa.pl](http://www.um.warszawa.pl).
- Dydkowski G. (2012), *Ocena efektywności działalności oraz przedsięwzięć rozwojowych transportu*, w: *Efektywność transportu w warunkach gospodarki globalnej*, (red.) M. Michałowska, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice, s. 96–112.
- Dydkowski G., Urbanek A. (2013), *Directions and Benefits of Using Traffic Modelling Software in the Urban Public Transport*, in: *Activities of Transport Telematics*, (ed.) J. Mikulski, „Communications in Computer and Information Science” Vol. 395, Springer, Berlin Heidelberg, s. 23–31.
- Dydkowski G. (2012), *Zarządzanie ruchem na drogach*, w: A. Austen, G. Dydkowski, *Zarządzanie usługami użyteczności publicznej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice.
- EU Transport in Figures* (2013), Statistical Pocketbook 2013, European Commission, European Union, Belgium.
- Kos B. (2013), *Kierunki poprawy efektywności zarządzania siecią drogową Polsce*, w: *Transformacja współczesnej gospodarki jako przedmiot badań ekonomicznych*, (red.) B. Kos, Studia Ekonomiczne, Zeszyty Naukowe Wydziałowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice, s. 149–164.

- Lilpop Z., Sidorenko A., Waltz A. (1983), *Prognozowanie ruchu miejskiego*, Instytut Kształtowania Środowiska, Warszawa.
- Lubieniecka-Kocoń K., Kos B., Kosobucki Ł., Urbanek A. (2013), *Modern Tools of Passenger public Transport Integration*, in: *Activities of Transport Telematics*, (ed.) J. Mikulski, „Communications in Computer and Information Science” Vol. 395, Springer, Berlin Heidelberg, s. 81–88.
- Niebieska księga. Sektor transportu publicznego*, Jaspers 2008.
- Planowanie systemów transportu miejskiego* (1993), cz. 9–12, (red.) W. Suchorzewskiego, „Transport Miejski” nr 1, 2, 3, 4.
- Suchorzewski W. z zespołem (1992), *Planowanie systemów transportu w miastach*, Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej, Warszawa.
- Supernak J. (1980), *Modele powstawania miejskiego ruchu osobowego*, WKiŁ, Warszawa.
- Tomanek R. (1996), *Integracja komunikacji miejskiej – od porozumienia taryfowego do zarządu transportu*, „Transport Miejski” nr 10.
- Transport wyniki działalności w 2012 r., GUS, Warszawa 2013.
- [www.bit-poznan.com.pl](http://www.bit-poznan.com.pl) (2014).
- [www.ptvag.com](http://www.ptvag.com) (2014).
- [www.gddkia.gov.pl](http://www.gddkia.gov.pl) (2014).

## TRAFFIC MODELLING AS A TOOL FOR TRAFFIC MANAGEMENT IN URBAN TRANSPORT

### Summary

The article presents the use of modern IT tools for modelling traffic in the cities and the benefits of using these tools. One of the areas of IT applications is ongoing and long-term management of the infrastructure and traffic conditions, enabling the realization of the demand for transport in cities.

**Keywords:** urban transport, telematics, traffic modelling, management of transport infrastructure

*Translated by Barbara Kos*