

TOMASZ SZCZURASZEK¹⁾

PROGNOZOWANIE LICZBY PODRÓŻY ABSORBOWANYCH PRZEZ MIASTO

STRESZCZENIE. Ruch drogowy wewnątrz miasta tworzą nie tylko jego mieszkańcy, ale także między innymi osoby, które przyjeżdżają do danego miasta w celach obligatoryjnych i fakultatywnych. Jak wynika z badań autora osoby te generują znaczący ruch wewnętrzny. Pominięcie go w analizach tego ruchu prowadziło by więc do dużych błędów analiz.

W artykule przedstawiono zależności umożliwiające prognozowanie na określone lata liczby osób, różnych grup jednorodnych zachowań komunikacyjnych, przyjeżdżających w celach obligatoryjnych i fakultatywnych do danego miasta. Przedstawione zależności określono przy pewnych założeniach upraszczających, dzięki czemu uzyskano proste zależności wymagające niewielu danych pochodzących bezpośrednio z badań. Zależności powyższe zostały wykorzystane między innymi przez autora do analiz przestrzennych podróży dla kilkunastu miast w Polsce o różnej wielkości, poczynając od miast dużych (jak Bydgoszcz, Katowice) poprzez miasta średnie (jak np. Toruń, Rybnik), do miast małych (jak np. Brzeg, Wejherowo). We wszystkich przypadkach uzyskano zadowalające dokładności analiz, co dowodzi o praktycznej przydatności przedstawionych w niniejszym artykule zależności.

1. WPROWADZENIE

Ruch drogowy wewnątrz miasta tworzą nie tylko jego mieszkańcy, ale także osoby, które przejeżdżają lub przyjeżdżają do danego miasta. W średnich i dużych miastach szczególnie istotny jest ten przypadek ostatni. Osoby przyjeżdżające do miasta generują bowiem znaczący ruch wewnętrzny. Podróże odbywane przez te osoby wewnątrz

¹⁾ prof. dr hab. inż. – Katedra Budownictwa Drogowego, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

miasta powinny być więc uwzględniane w analizach przestrzennych ruchu tego miasta [1, 2].

Wśród osób przyjeżdżających do miasta można wydzielić grupy różniące się odmiennymi celami podróży [3 - 6]:

- a) osoby przyjeżdżające do miasta w celach obligatoryjnych, np. do pracy, szkoły na uczelnię:
 - uczniowie szkół średnich i zawodowych uczący się w danym mieście,
 - studenci oraz uczniowie szkół pomaturalnych i policealnych studiujący i uczący się w danym mieście,
 - osoby pracujące w danym mieście,
- b) osoby przyjeżdżające do miasta w celach fakultatywnych - prywatnych (np. na zakupy, do teatru, do kina, na zawody sportowe itp.).

Każda z tych grup osób zachowuje odrębność w zachowaniach komunikacyjnych na terenie danego miasta, w tym różną strukturę celów podróży, różną strukturę łańcuchów podróży, różne wykorzystanie środków transportowych itd. Osoby przyjeżdżające do badanego miasta korzystają w tych podróżach głównie z dwóch różnych środków transportowych:

- a) transportu zbiorowego:
 - jako pasażer PKP,
 - jako pasażer KPKS i innych przewoźników,
- b) transportu indywidualnego:
 - jako kierowca,
 - jako pasażer.

Od tego jakim środkiem transportu przyjadą te osoby do danego miasta, zależy usytuowanie ich celów ruchu absorbowanego i jednocześnie źródeł ruchu wewnątrz miasta, a także w dużym stopniu dobór środków transportowych do przemieszczania się na obszarze miasta.

Sposób szacowania liczby podróży odbywanych środkami transportowymi przez osoby przyjeżdżające do miasta dla stanu istniejącego autor przedstawił w pracy [5]. Niższy artykuł natomiast zawiera opis sposobu szacowania tej liczby dla okresów prognozy. Wielkość ta jest niezbędna do wszelkich analiz związanych z planowaniem rozwoju sieci transportowych w mieście.

Przedstawiony w artykule sposób określania liczby podróży absorbowanych przez miasto polega na wykorzystaniu szeregu prostych zależności umożliwiających szacowanie tej liczby przy wykorzystaniu w niewielkim stopniu współczynników określonych z badań mieszkańców danego miasta lub przez analogię na podstawie dostępnych danych z badań z innych miast.

Warto jednak tutaj podkreślić, że w praktyce stosuje się też inne sposoby wyznaczania liczby podróży absorbowanych przez miasto, opartych całkowicie o wyniki badań ankietowych osób przybywających do miasta, tzn. kierowców i pasażerów samochodów osobowych oraz pasażerów środków transportu publicznego (KPKS i PKP). Jest to jednak bardzo pracochłonny sposób i trudny do realizacji (a czasami wręcz niemożliwy), szczególnie w przypadku ankietowania kierowców i pasażerów samochodów osobowych na wlotach do miasta o bardzo dużym natężeniu ruchu.

2. WYKORZYSTANIE ŚRODKÓW TRANSPORTOWYCH PRZEZ OSOBY PRZYJEŹDZAJĄCE DO DANEGO MIASTA W CELACH OBLIGATORYJNYCH

Na podstawie wieloletnich doświadczeń z zakresu analiz przestrzennych ruchu autor opracował sposób szacowania dla okresów prognozy stopnia wykorzystania różnych środków transportowych przez osoby dojeżdżające do miasta. Poniżej przedstawiono odpowiednie zależności umożliwiające prognozowanie liczby tych osób w poszczególnych grupach jednorodnych zachowań komunikacyjnych wykorzystujących konkretne środki transportowe do podróży wewnątrz miasta.

Uczniowie szkół średnich i zasadniczych zawodowych uczący się systemem dziennym

- a) Liczba uczniów szkół średnich i zasadniczych zawodowych dojeżdżających do miasta jako kierowcy (założono, że liczba dojeżdżających uczniów szkół średnich i zasadniczych zawodowych do miasta samochodami jako kierowcy równa jest liczbie osób dojeżdżających tej grupy posiadających samochód):

$$N'_{U(d,S)} = N'_{U(d)} \cdot f'_{US(d)} = m \cdot N_{U(d,S)} = m \cdot N_{U(d)} \cdot f_{US(d)} \quad , \quad (1)$$

gdzie:

$N'_{U(d)}$ – ogólna liczba uczniów szkół średnich i zasadniczych zawodowych dojeżdżających do miasta w danym okresie prognozy:

$$N'_{U(d)} = (1 - f'_{UM}) \cdot N'_U \quad , \quad (2)$$

$f'_{US(d)}$ – współczynnik określający udział w grupie uczniów szkół średnich i zasadniczych zawodowych, uczniów posiadających samochód w danym okresie prognozy:

$$f'_{US(d)} = m \cdot f_{US(d)} \frac{N_{U(d)}}{N'_{U(d)}} \quad , \quad (3)$$

$N_{U(d,S)}$ – liczba uczniów szkół średnich i zasadniczych zawodowych dojeżdżających do miasta samochodem dla stanu istniejącego:

$$N_{U(d,s)} = N_{U(d)} \cdot f_{US(d)} \quad , \quad (4)$$

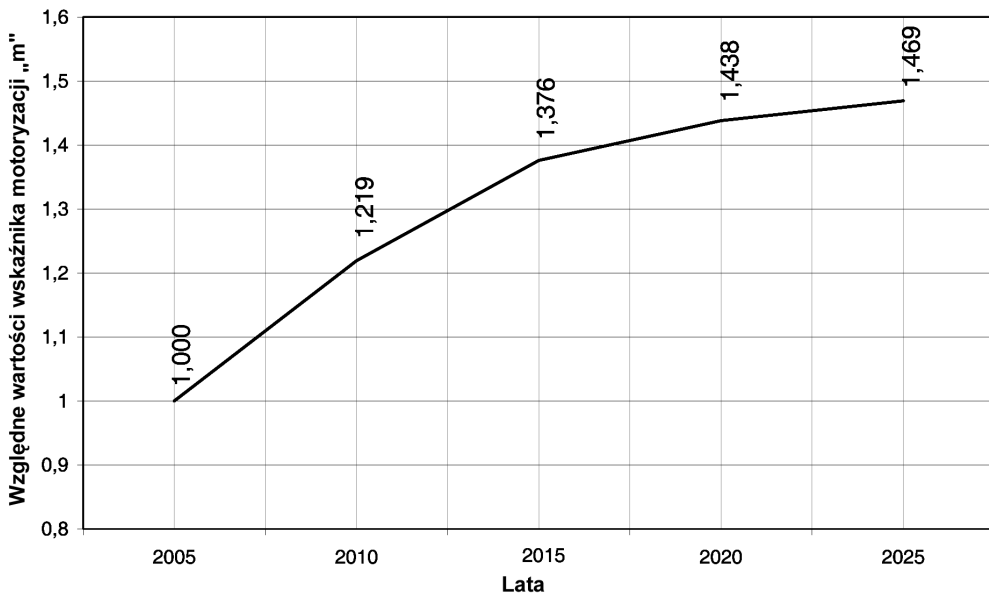
m – względna wartość wskaźnika motoryzacji dla danego okresu prognozy; określona jest stosunkiem wskaźnika motoryzacji w roku obliczeniowym (prognozowanym) WM' do wartości tego wskaźnika w roku porównawczym (dla stanu istniejącego) WM :

$$m = \frac{WM'}{WM} \quad , \quad (5)$$

prognozowane wartości względnego wskaźnika motoryzacji można określić na podstawie trendu wzrostu; przykładową taką analizę dla miasta Włocławka przedstawiono na rysunku 1; analizę taką należy oczywiście przeprowadzić indywidualnie dla danego badanego miasta,

$N_{U(d)}$ – liczba uczniów szkół średnich i zasadniczych zawodowych dojeżdżających do badanego miasta ogółem dla stanu istniejącego:

$$N_{U(d)} = (1 - f_{UM}) \cdot N_U \quad , \quad (6)$$



Rys. 1. Przykładowa charakterystyka prognozowanych względnych wartości wskaźnika motoryzacji dla miasta Włocławka

Fig. 1. The example profile of predicted motorization rate for Włocławek

- f_{UM} – współczynnik określający udział w całej populacji uczniów szkół średnich i zasadniczych zawodowych, uczniów zamieszkujących w badanym mieście na stałe i czasowo; wartość tego współczynnika można określić na podstawie zbioru danych o szkołach,
- N_U – liczba uczniów szkół średnich i zasadniczych zawodowych w mieście ogółem dla stanu istniejącego,
- $f_{US(d)}$ – współczynnik określający udział w grupie uczniów szkół średnich i zasadniczych zawodowych, uczniów posiadających samochód dla stanu istniejącego; wartość tego współczynnika można określić na podstawie badań ankietowych; w roku 2000 dla badanych kilku miast uzyskano ten współczynnik w granicach od 0,06 do 0,10 [2],
- f'_{UM} – współczynnik określający udział w całej populacji uczniów szkół średnich i zasadniczych zawodowych, uczniów zamieszkujących w badanym mieście na stałe i czasowo w danym roku prognozy; jeśli nie ma możliwości oszacowania tego współczynnika można jego wartość przyjąć równą wartości tego współczynnika dla stanu istniejącego,
- N'_U – liczba uczniów szkół średnich i zasadniczych zawodowych w mieście ogółem w danym roku prognozy:

$$N'_U = \varphi_U \cdot N'_{(15-18)} \quad (7)$$

- φ_U – stosunek liczby uczniów szkół średnich i zasadniczych zawodowych do populacji osób w wieku 15 - 18 lat w mieście; przykładowo dla miasta Torunia ta wielkość wynosi 0,9607 [1],
- $N'_{(15-18)}$ – liczba mieszkańców badanego miasta w wieku 15 - 18 lat w danym roku prognozy; liczbę tę można określić na podstawie prognozy ludności.

b) Liczba uczniów szkół średnich i zasadniczych zawodowych dojeżdżających do miasta samochodami jako pasażerowie:

$$N'_{U(d,P)} = \frac{N_{U(d,P)}}{N_{U(d)} - N_{U(d,S)}} \cdot (N'_{U(d)} - N'_{U(d,S)}) \quad (8)$$

gdzie:

- $N_{U(d,P)}$ – liczba uczniów szkół średnich i zasadniczych zawodowych dojeżdżających do miasta samochodami jako pasażerowie dla stanu istniejącego:

$$N_{U(d,P)} = N_{U(d)} \cdot \varphi_{UP(d)} \quad (9)$$

gdzie:

$\Phi_{UP(d)}$ – współczynnik określający udział w całej populacji długich podróży uczniów, podróży odbywanych jako pasażer samochodu; wartości tego współczynnika można określić na podstawie badań ankietowych; w roku 2000 dla badanych kilku miast uzyskano ten współczynnik w granicach od 0,085 do 0,089 [1,2].

c) Liczba uczniów szkół średnich i zasadniczych zawodowych dojeżdżających do miasta liniami PKP:

$$N'_{U(d,PKP)} = \frac{N_{U(d,PKP)}}{N_{U(d)} - N_{U(d,S)}} \cdot (N'_{U(d)} - N'_{U(d,S)}), \quad (10)$$

gdzie:

$N_{U(d,PKP)}$ – liczba uczniów szkół średnich i zasadniczych zawodowych dojeżdżających do miasta liniami PKP dla stanu istniejącego:

$$\begin{aligned} N_{U(d,PKP)} &= N_{U(d)} \cdot (1 - f_{US(d)} - \Phi_{UP(d)}) \cdot \Phi_{PKP} = \\ &= [N_{U(d)} - (N_{U(d,S)} + N_{U(d,P)})] \cdot \Phi_{PKP}, \end{aligned} \quad (11)$$

gdzie:

Φ_{PKP} – współczynnik określający strukturę biletów zewnętrznej komunikacji zbiorowej, tzn. stosunek sprzedanych biletów miesięcznych PKP do ogółu sprzedanych biletów miesięcznych PKP i KPKS dla stanu istniejącego.

d) Liczba uczniów szkół średnich i zasadniczych zawodowych dojeżdżających do miasta liniami KPKS:

$$N'_{U(d,KPKS)} = \frac{N_{U(d,KPKS)}}{N_{U(d)} - N_{U(d,S)}} \cdot (N'_{U(d)} - N'_{U(d,S)}), \quad (12)$$

gdzie:

$N_{U(d,KPKS)}$ – liczba uczniów szkół średnich i zasadniczych zawodowych dojeżdżających do miasta liniami KPKS dla stanu istniejącego:

$$\begin{aligned} N_{U(d,KPKS)} &= N_{U(d)} \cdot (1 - f_{US(d)} - \Phi_{UP(d)}) \cdot (1 - \Phi_{PKP}) = \\ &= [N_{U(d)} - (N_{U(d,S)} + N_{U(d,P)})] \cdot (1 - \Phi_{PKP}). \end{aligned} \quad (13)$$

Studenci oraz uczniowie szkół pomaturalnych uczący się systemem dziennym

- a) Liczba studentów i uczniów dojeżdżających do miasta jako kierowcy (założono, że liczba studentów i uczniów szkół pomaturalnych dojeżdżających do miasta samochodami jako kierowcy równa jest liczbie osób dojeżdżających tej grupy posiadających samochód):

$$N'_{S(d,S)} = N'_{S(d,S)} \cdot f'_{SS(d)} = m \cdot N_{S(d,S)} = m \cdot N_{S(d)} \cdot f_{SS(d)} \quad , \quad (14)$$

gdzie:

- $N'_{S(d)}$ – ogólna liczba studentów i uczniów szkół pomaturalnych dojeżdżających do miasta samochodami w danym okresie prognozy:

$$N'_{S(d)} = (1 - f'_{SM}) \cdot N'_S \quad , \quad (15)$$

- $N'_{SS(d)}$ – współczynnik określający udział w całej populacji dojeżdżających studentów i uczniów szkół pomaturalnych, osób posiadających samochód w poszczególnych latach prognozy:

$$f'_{SS(d)} = m \cdot f_{SS(d)} \cdot \frac{N_{S(d)}}{N'_{S(d)}} \quad , \quad (16)$$

- $N_{S(d,S)}$ – liczba studentów i uczniów szkół pomaturalnych dojeżdżających do miasta samochodami dla stanu istniejącego:

$$N_{S(d,S)} = N_{S(d)} \cdot f_{SS(d)} \quad , \quad (17)$$

- $N_{S(d)}$ – ogólna liczba studentów i uczniów szkół pomaturalnych dojeżdżających do miasta dla stanu istniejącego:

$$N_{S(d)} = (1 - f_{SM}) \cdot N_S \quad , \quad (18)$$

- f_{SM} – współczynnik określający udział w całej populacji studentów i uczniów szkół pomaturalnych, osób zamieszkujących w badanym mieście na stałe i czasowo dla stanu istniejącego,

- N_S – ogólna liczba studentów i uczniów szkół pomaturalnych w mieście dla stanu istniejącego,

- $f_{SS(d)}$ – współczynnik określający udział w grupie studentów i uczniów szkół pomaturalnych, osób posiadających samochód dla stanu istniejącego; w roku 2000 dla badanych kilku miast uzyskano ten współczynnik w granicach od 0,180 do 0,387 [1, 2],

- f'_{SM} – współczynnik określający udział w całej populacji studentów i uczniów szkół pomaturalnych, osób zamieszkujących w badanym mieście na stałe i czasowo w danym roku prognozy; jeśli nie ma możliwości oszacowania tego współczynnika można jego wartość przyjąć równą wartości tego współczynnika dla stanu istniejącego,

N'_S – ogólna liczba studentów i uczniów szkół pomaturalnych w poszczególnych latach prognozy:

$$N'_S = \varphi_S \cdot N'_{(19-24)} \quad , \quad (19)$$

φ_S – stosunek liczby studentów i uczniów szkół pomaturalnych do populacji osób w wieku 19 - 24 lat w mieście,

$N'_{(19-24)}$ – liczba mieszkańców badanego miasta w wieku 19 - 24 lat w danym roku prognozy; liczbę tę można określić na podstawie prognozy ludności.

b) Liczba studentów i uczniów szkół pomaturalnych dojeżdżających do miasta samochodami jako pasażerowie:

$$N'_{S(d,P)} = \frac{N_{S(d,P)}}{N_{S(d)} - N_{S(d,S)}} \cdot (N'_{S(d)} - N'_{S(d,S)}) \quad , \quad (20)$$

gdzie:

$N_{S(d,P)}$ – liczba studentów i uczniów szkół pomaturalnych dojeżdżających do miasta samochodami jako pasażerowie dla stanu istniejącego:

$$N_{S(d,P)} = N_{S(d)} \cdot \varphi_{SP(d)} \quad , \quad (21)$$

$\varphi_{SP(d)}$ – współczynnik określający udział w całej populacji długich podróży studentów i uczniów szkół pomaturalnych, podróży odbywanych jako pasażer samochodu; wartości tego współczynnika można określić na podstawie badań ankietowych; w roku 2000 dla badanych kilku miast uzyskano ten współczynnik w granicach od 0,126 do 0,175 [1, 2].

c) Liczba studentów i uczniów szkół pomaturalnych dojeżdżających do miasta liniami PKP:

$$N'_{S(d,PKP)} = \frac{N_{S(d,PKP)}}{N_{S(d)} - N_{S(d,S)}} \cdot (N'_{S(d)} - N'_{S(d,S)}) \quad , \quad (22)$$

gdzie:

$N_{S(d,PKP)}$ – liczba studentów i uczniów szkół pomaturalnych dojeżdżających do miasta liniami PKP dla stanu istniejącego:

$$\begin{aligned} N_{S(d,PKP)} &= N_{S(d)} \cdot (1 - f_{SS(d)} - \varphi_{SP(d)}) \cdot \Phi_{PKP} = \\ &= [N_{S(d)} - (N_{S(d,S)} + N_{S(d,P)})] \cdot \Phi_{PKP} \quad . \end{aligned} \quad (23)$$

- d) Liczba studentów i uczniów szkół pomaturalnych dojeżdżających do miasta liniami KPKS:

$$N'_{S(d,KPKS)} = \frac{N_{S(d,KPKS)}}{N_{S(d)} - N_{S(d,S)}} \cdot (N'_{S(d)} - N'_{S(d,S)}) , \quad (24)$$

gdzie:

$N_{S(d,KPKS)}$ – liczba studentów i uczniów szkół pomaturalnych dojeżdżających do miasta liniami KPKS dla stanu istniejącego:

$$\begin{aligned} N_{S(d,KPKS)} &= N_{S(d)} \cdot (1 - f_{SS(d)} - \Phi_{SP(d)}) \cdot (1 - \Phi_{PKP}) = \\ &= [N_{S(d)} - (N_{S(d,S)} - N_{S(d,P)})] \cdot (1 - \Phi_{PKP}) . \end{aligned} \quad (25)$$

Osoby pracujące w mieście

- a) Liczba osób pracujących w mieście i dojeżdżających do miasta samochodami jako kierowcy (założono, że osób pracujących w mieście i dojeżdżających do miasta samochodami jako kierowcy równa jest liczbie osób dojeżdżających tej grupy posiadających samochody):

$$N'_{P(d,S)} = N'_{P(d,P)} \cdot f'_{PS(d)} = m \cdot N_{P(d,S)} = m \cdot N_{P(d)} \cdot f_{PS(d)} , \quad (26)$$

gdzie:

$N'_{P(d)}$ – ogólna liczba osób pracujących w mieście i dojeżdżających do miasta samochodami w poszczególnych latach prognozy:

$$N'_{P(d)} = \frac{(1 - f'_{PM})}{f'_{PM}} \cdot N'_{P(M)} , \quad (27)$$

gdzie:

$f'_{PS(d)}$ – współczynnik określający udział w całej populacji dojeżdżających osób pracujących, osób posiadających samochód w danym okresie prognozy:

$$f'_{PS(d)} = m \cdot f_{PS(d)} \cdot \frac{N_{P(d)}}{N'_{P(d)}} , \quad (28)$$

$N_{P(d,S)}$ – liczba osób pracujących dojeżdżających do miasta samochodami dla stanu istniejącego:

$$N_{P(d,S)} = N_{P(d)} \cdot f_{PS(d)} , \quad (29)$$

$N_{P(d)}$ – ogólna liczba osób pracujących dojeżdżających do miasta samochodami dla stanu istniejącego:

$$N_{P(d)} = \frac{(1 - f_{PM})}{f_{PM}} \cdot N_{P(M)}, \quad (30)$$

f_{PM} – współczynnik określający udział w całej populacji osób pracujących, osób zamieszkujących w badanym mieście na stałe i czasowo dla stanu istniejącego,

f'_{PM} – współczynnik określający udział w całej populacji osób pracujących, osób zamieszkujących w mieście na stałe lub czasowo w danym roku prognozy; jeśli nie ma możliwości oszacowania tego współczynnika można jego wartość przyjąć równą wartości tego współczynnika dla stanu istniejącego,

$N_{P(M)}$ – ogólna liczba osób pracujących w mieście dla stanu istniejącego:

$$N_{P(M)} = W_a (1 - S_B) \cdot N, \quad (31)$$

W_a – wskaźnik aktywności zawodowej, wyrażający stosunek osób aktywnych zawodowo do ogólnej liczby ludności w mieście dla stanu istniejącego (osoby aktywne zawodowo stanowią osoby pracujące oraz osoby zarejestrowane jako bezrobotne),

S_B – stopa bezrobocia dla stanu istniejącego (stosunek liczby osób bezrobotnych zarejestrowanych do liczby osób aktywnych zawodowo),

N – liczba mieszkańców miasta dla stanu istniejącego (łącznie z zameldowanymi czasowo),

$N'_{P(M)}$ – liczba osób pracujących i mieszkających danym w mieście w danym roku prognozy:

$$N'_{P(M)} = W'_a (1 - S'_B) \cdot N', \quad (32)$$

W'_a – wskaźnik aktywności zawodowej dla populacji badanego miasta w danym roku prognozy,

S'_B – stopa bezrobocia dla populacji badanego miasta w danym roku prognozy,

N' – liczba mieszkańców miasta w danym roku prognozy; liczbę tę można oszacować na podstawie prognozy ludności.

b) Liczba osób pracujących dojeżdżających do miasta samochodami jako pasażerowie:

$$N'_{P(d,P)} = \frac{N_{P(d,P)}}{N_{P(d)} - N_{P(d,S)}} \cdot (N'_{P(d)} - N'_{P(d,S)}), \quad (33)$$

gdzie:

$N_{P(d,P)}$ – liczba osób pracujących dojeżdżających do miasta samochodami jako pasażerowie dla stanu istniejącego:

$$N_{P(d,P)} = N_{P(d)} \cdot \Phi_{PP(d)} \quad , \quad (34)$$

$\Phi_{PP(d)}$ – współczynnik określający udział w całej populacji długich podróży osób pracujących, podróży odbywanych jako pasażer samochodu; wartości tego współczynnika można określić na podstawie badań ankietowych; w roku 2000 dla badanych kilku miast uzyskano ten współczynnik w granicach od 0,117 do 0,194 [1, 2].

c) Liczba osób pracujących w mieście i dojeżdżających do miasta liniami PKP:

$$N'_{P(d,PKP)} = \frac{N_{P(d,PKP)}}{N_{P(d)} - N_{P(d,S)}} \cdot (N'_{P(d)} - N'_{P(d,S)}) \quad , \quad (35)$$

gdzie:

$N_{P(d,PKP)}$ – liczba osób pracujących w mieście dojeżdżających do miasta liniami PKP dla stanu istniejącego:

$$\begin{aligned} N_{P(d,PKP)} &= N_{P(d)} \cdot (1 - f_{PS(d)} - \Phi_{PP(d)}) \cdot \Phi_{PKP} = \\ &= [N_{P(d)} - (N_{P(d,S)} + N_{P(d,P)})] \cdot \Phi_{PKP} \quad . \end{aligned} \quad (36)$$

d) Liczba osób pracujących w mieście i dojeżdżających do miasta liniami KPKS:

$$N'_{P(d,KPKS)} = \frac{N_{P(d,KPKS)}}{N_{P(d)} - N_{P(d,S)}} \cdot (N'_{P(d)} - N'_{P(d,S)}) \quad , \quad (37)$$

gdzie:

$N_{P(d,KPKS)}$ – liczba osób pracujących w mieście i dojeżdżających do miasta liniami KPKS dla stanu istniejącego:

$$\begin{aligned} N_{P(d,KPKS)} &= N_{P(d)} \cdot (1 - f_{PS(d)} - \Phi_{PP(d)}) \cdot (1 - \Phi_{PKP}) = \\ &= [N_{P(d)} - (N_{P(d,S)} + N_{P(d,P)})] \cdot (1 - \Phi_{PKP}) \quad . \end{aligned} \quad (38)$$

3. WYKORZYSTANIE ŚRODKÓW TRANSPORTOWYCH PRZEZ OSOBY PRZYJEŹDZAJĄCE DO DANEGO MIASTA W CELACH FAKULTATYWNYCH

Populację osób przyjeżdżających do danego miasta w celach fakultatywnych (prywatnych) stanowią różne grup osób jednorodnych zachowań komunikacyjnych, nie uczących się i nie pracujących w analizowanym mieście.

Poniżej przedstawiono wzory umożliwiające wyznaczenie stopnia wykorzystania różnych środków transportowych przez osoby dojeżdżające do badanego miasta w celach fakultatywnych w danym okresie prognozy.

- a) Liczba osób dojeżdżających do miasta w celach fakultatywnych samochodami jako kierowcy:

$$N'_{N(d,S)} = m \cdot \sum P_{abs} - (N'_{S(d,S)} + N'_{U(d,S)} + N'_{P(d,S)}) = m \cdot N_{N(d,S)}, \quad (39)$$

gdzie:

$\sum P_{abs}$ – łączna liczba pojazdów w ruchu zewnętrznym absorbowanym przez dane miasto w ciągu doby dla stanu istniejącego; wartość tę można określić na podstawie badań ruchu zewnętrznego,

$N_{N(d,S)}$ – liczba osób przyjeżdżających do danego miasta w celach fakultatywnych dla stanu istniejącego:

$$N_{N(d,S)} = N_{N(d)} \cdot f_{NS(d)}, \quad (40)$$

$N_{N(d)}$ – ogólna liczba osób przyjeżdżających w celach fakultatywnych do danego miasta dla stanu istniejącego:

$$N_{N(d)} = \frac{1}{f_{NS(d)}} \cdot \left[\sum P_{abs} - (N_{S(d,S)} + N_{U(d,S)} + N_{P(d,S)}) \right], \quad (41)$$

$f_{NS(d)}$ – współczynnik określający udział w całej grupie badanych osób, osób posiadających samochód; wartość tego współczynnika można określić na podstawie badań ankietowych.

- b) Liczba osób dojeżdżających do miasta samochodami jako pasażerowie:

$$N'_{N(d,P)} = m \cdot (\Omega' - 1) \cdot \sum P_{abs} - (N'_{S(d,P)} + N'_{U(d,P)} + N'_{U(d,P)}), \quad (42)$$

gdzie:

Ω' – średni stopień napełnienia samochodu w ciągu doby w danym roku prognozy [osób/pojazd].

- c) Liczba osób przyjeżdżających do miasta w celach fakultatywnych liniami PKP:

$$N'_{N(d,PKP)} = \frac{N_{N(d,PKP)}}{N_{N(d)} - N_{N(d,S)}} \cdot (N'_{N(d)} - N'_{N(d,S)}) \quad (43)$$

gdzie:

$N_{N(d,PKP)}$ – liczba osób przyjeżdżających do miasta w celach fakultatywnych liniami PKP dla stanu istniejącego:

$$N_{N(d,PKP)} = [N_{N(d)} - (N_{N(d,S)} + N_{N(d,P)})] \cdot \Phi_{PKP}, \quad (44)$$

$N_{N(d,P)}$ – liczba osób przyjeżdżających do miasta w celach fakultatywnych samochodami jako pasażerowie dla stanu istniejącego:

$$N_{N(d,P)} = (\Omega - 1) \cdot \sum P_{abs} - (N_{S(d,P)} + N_{U(d,P)} + N_{P(d,P)}), \quad (45)$$

gdzie:

Ω – średni stopień napełnienia samochodu w ciągu doby dla stanu istniejącego [osób/pojazd].

d) Liczba osób dojeżdżających do miasta w celach fakultatywnych liniami KPKS:

$$N'_{N(d,KPKS)} = \frac{N_{N(d,KPKS)}}{N_{N(d)} - N_{N(d,S)}} \cdot (N'_{N(d)} - N'_{N(d,S)}), \quad (46)$$

gdzie:

$N_{N(d,KPKS)}$ – liczba osób dojeżdżających do miasta w celach fakultatywnych liniami KPKS dla stanu istniejącego:

$$N_{N(d,KPKS)} = [N_{N(d)} - (N_{N(d,S)} + N_{N(d,P)})] \cdot (1 - \Phi_{PKP}). \quad (47)$$

4. DYSKUSJA I UWAGI KOŃCOWE

Rozwój gospodarczy Polski wymaga unowocześnienia w najbliższych latach poszczególnych sieci transportowych i zapewnienia wyższej niż obecnie jakości usług transportowych. Cele te są jednak trudne do osiągnięcia, zważywszy na ogromne tempo rozwoju motoryzacji w naszym kraju oraz skromność środków finansowych przeznaczanych na te cele.

Problemy komunikacyjne są szczególnie widoczne w Polsce prawie we wszystkich średnich i dużych miastach. Od 1990 roku liczba samochodów osobowych w Polsce wzrosła aż o 100 %, podobnie jak samochodów ciężarowych. Wzrosła też znacznie ruchliwość mieszkańców. W wyniku eskalacji tych zjawisk sieci transportowe miast oraz ich poszczególne elementy stały się niedostosowane do stale rosnących potrzeb transportowych. Spowodowało to coraz większą uciążliwość życia mieszkańców miast, a także coraz większe koszty ponoszone przez nich na transport. Ocenia się, że koszty te na statystycznego mieszkańca przekraczają już 1000 € rocznie. Rozwój sieci transportowych polskich miast jest więc koniecznością. Musi on jednak następować systemowo i w sposób przemyślany, wynikający z potrzeb transportowych.

Przy konstruowaniu planów rozwoju sieci transportowych miast bezwzględnie powinno się korzystać ze sprawdzonych, szczegółowych algorytmów obliczeń oraz profesjonalnego oprogramowania komputerowego [7, 8]. W literaturze fachowej brak jest jednak wielu wzorów i danych umożliwiających szacowanie określonych wielkości. Dotyczy to także sposobu uwzględniania w przestrzennych analizach podróży odbywanych przez osoby przebywające czasowo w danym mieście. Również

i w najbardziej znanych programach komputerowych służących do analiz przestrzennych ruchu nie ma bezpośredniej możliwości uwzględniania tych podróży. Fakt pominięcia ich w przypadku analiz średniego lub dużego miasta wpływa jednak na dość znaczne błędy, zarówno w obliczeniach macierzy podróży, jak i w rozkładzie przestrzennym. Przedstawione w pracy zależności stanowią zapewne w tym zakresie pewne uzupełnienie wiedzy.

Należy jednak podkreślić, że przedstawione w artykule zależności dotyczą tylko szacowania liczby osób poszczególnych grup jednorodnych zachowań komunikacyjnych przyjeżdżających w celach obligatoryjnych i fakultatywnych do danego miasta. Opracowanie rozkładu tego ruchu absorbowanego na sieć wewnętrzną miasta wymaga wobec tego jeszcze dalszych analiz niezbędnych do wyznaczenia:

- celów podróży ruchu absorbowanego na terenie miasta, które jednocześnie są źródłami podróży wewnątrz miasta osób do niego przyjeżdżających;
- charakterystyki wyboru przez te osoby poszczególnych środków transportowych do poruszania się wewnątrz miasta, w tym określenia liczby podróży odbywanych pieszo;
- charakterystyki zachowań tych osób w podróżach wewnątrz miasta, w tym: wykorzystania łańcuchów podróży, ruchliwości, oporów podróży itp.;
- dodatkowych macierzy podróży dla tych osób przy wykorzystaniu poszczególnych środków transportowych na terenie miasta.

Ustalenie źródeł podróży tych osób na terenie miasta i jednocześnie wykonanie rozdziału osób dojeżdżających do miasta na poszczególne rejony komunikacyjne można dokonać w następujący przybliżony sposób:

1. Źródłem podróży wewnątrzmijskich osób przyjeżdżających do miasta samochodami (jako kierowca lub jako pasażer) są tzw. zewnętrzne rejony komunikacyjne przyporządkowane poszczególnym drogom wjazdowym prowadzących ruch do miasta. Rozdziału tych osób na poszczególne zewnętrzne rejony komunikacyjne można dokonać proporcjonalnie do struktury natężeń ruchu absorbowanego na poszczególnych drogach wjazdowych do miasta.
2. Źródłem podróży wewnątrzmijskich osób przyjeżdżających do miasta środkami PKP są rejony komunikacyjne, w których zlokalizowane są stacje i przystanki PKP. Rozdziału tych osób na poszczególne zewnętrzne rejony komunikacyjne można dokonać w proporcji do liczby podróżnych odprawionych na poszczególnych stacjach i przystankach. Oszacowania tej struktury można przeprowadzić na podstawie badań liczby przyjeżdżających lub wyjeżdżających podróżnych w ciągu doby z poszczególnych stacji i przystanków lub na podstawie struktury biletów miesięcznych.
3. Źródłem podróży wewnątrzmijskich osób przyjeżdżających do miasta środkami KPKS są rejony komunikacyjne, w których zlokalizowane są przystanki KPKS. Rozdział tych osób na poszczególne rejony komunikacyjne powinien być prowadzony w proporcji do liczby podróżnych korzystających z poszczególnych przystanków. Liczby te można ustalić na podstawie badań.

Z kolei podział środków transportowych w podróżach wewnątrzmijskich można z pewnym przybliżeniem przyjąć następująco:

1. Osoby przyjeżdżające do miasta samochodami jako kierowcy lub pasażerowie, korzystają głównie tylko z tego środka transportowego w poruszaniu się po mieście.
2. Osoby przyjeżdżające do miasta środkami transportu publicznego, wewnątrz miasta korzystają głównie przy dłuższych podróżach ze środków transportu publicznego, a przy krótszych – wykonują te podróże pieszo.

Ustalenia charakterystyk zachowań analizowanych osób oraz określenie macierzy i rozkładu podróży na poszczególne sieci transportowe można dokonać analogicznie, jak dla tych samych grup jednorodnych zachowań komunikacyjnych będących mieszkańcami danego miasta. W tym celu powinno skorzystać się z odpowiednich sprawdzonych modeli i programów komputerowych.

Podróże wewnątrzmijskie osób przyjeżdżających można także stosunkowo prosto uwzględnić poprzez odpowiednie powiększenie liczby mieszkańców w odpowiednich grupach jednorodnych zachowań komunikacyjnych w poszczególnych mikroregionach komunikacyjnych. Ustalenie jednak tej liczby wymaga przeprowadzenia wstępnych symulacji. Droga kolejnych prób należy tak dobrać tę dodatkową liczbę mieszkańców, aby wygenerować pożądaną liczbę podróży, wynikającą z przedstawionych w niniejszym artykule analiz ruchu zewnętrznego, absorbowanego.

Należy jednak zaznaczyć, że przedstawiony w artykule algorytm ustalania liczby podróży absorbowanych przez miasto został opracowany przy wielu uproszczeniach. Wynikają one przede wszystkim z założenia autora, aby stosowanie w praktyce tego algorytmu nie nastęczało zbyt dużych trudności, zwłaszcza w zakresie pozyskiwania niezbędnych do obliczeń danych i jednocześnie zapewniało wystarczającą dokładność obliczeń. Niestety pomimo tych założeń uproszczających nie udało się uniknąć wykorzystania w obliczeniach według proponowanego algorytmu niektórych danych, które są kłopotliwe do pozyskania. Wynika to ze złożoności rozpatrywanego zjawiska. Niektóre dane należy pozyskać z danych ankietowych mieszkańców lub poprzez dokonanie niezależnych analiz prognostycznych określonych wielkości. Można także oczywiście do tego celu wykorzystać pewne dane określone dla innych miast o podobnej charakterystyce, a więc bez konieczności wykonywania badań. Z tego powodu w artykule autor starał się podawać wartości różnych ważnych współczynników uzyskanych z wcześniejszych badań w kilku miastach.

Należy też podkreślić, że algorytm prezentowany w niniejszym artykule został wykorzystany przez zespół pracowników Katedry Budownictwa Drogowego Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy (w tym autora) do analiz przestrzennych podróży wielu miast, takich jak np.: Bydgoszcz, Katowice, Toruń, Kielce, Rybnik, Elbląg, Legnica, Włocławek, Siemianowice Śląskie, Brzeg, Radzionków, Puck i Wejherowo. We wszystkich przypadkach uzyskano zadowalające dokładności analiz, co dowodzi o praktycznej przydatności przedstawionego w niniejszym artykule algorytmu, do analiz przestrzennych podróży w miastach o różnej wielkości.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Praca zbiorowa: Wyniki badań ankietowych w Katowicach i Siemianowicach Śląskich, SITK, Kraków, 1998/1999
- [2] *Szczuraszek T., Kempa J., Bebyn G., Chmielewski J.*: Wybrane charakterystyki zachowań komunikacyjnych osób na przykładzie kilku miast polskich. Konferencja Naukowa KILiW PAN i KN PZITB, Krynica 2001
- [3] *Szczuraszek T., Chmielewski J., Kempa J., Bebyn G.*: Zachowania komunikacyjne osób w obszarze miasta. *Drogi i Mosty* nr 1/2005
- [4] *Szczuraszek T.*: Determination of numbers of people in groups of homogenous communication behavior for analysis of transportation needs. *Archive of Polish Transport, The Polish Academy of Sciences, Issue 4, Warsaw 2003*
- [5] *Szczuraszek T.*: Transport means usage in trips absorbed by a city. *Archive of Polish Transport, The Polish Academy of Sciences. Issue 2, Warsaw 2004*
- [6] *Szczuraszek T., Chmielewski J., Kempa J., Bebyn G.*: Transport behavior of inhabitants in big and medium cities of Poland. *International Conference – Modeling and Management In Transportation, Kraków - Poznań 1999*
- [7] PTV System GmbH: VISUM. Interactive Network Processing (Individual Traffic). Karlsruhe 2000
- [8] PTV System GmbH: VISEM. Trip chain based traffic demand modeling. User's Manual, Karlsruhe 2000

PREDICTION OF THE NUMBER OF TRIPS ATTRACTED TO THE CITY

Abstract

Traffic in the city is generated not only by its citizens, but also by the other persons, that visit the city for obligatory and facultative purposes. The author's research results show that these persons generate a significant internal traffic. Therefore exclusion of this traffic in analysis might lead to considerable errors.

Relationships enabling prediction of the number of persons of different homogeneous behaviour groups, visiting the city for obligatory and facultative purposes, for given years are presented in this paper. However presented relationships are determined under some simplifying assumptions. The obtained simple relationships require only few data coming from research. Mentioned relationships were used by the author for spatial analysis of travel for several different size cities in Poland, from big ones (like Bydgoszcz, Katowice), by medium (like i.e. Toruń, Rybnik), to small ones (like i.e. Brzeg, Wejherowo). In each case the acceptable precision of analysis was obtained. It proves the practical utility of relationships derived in the paper.