

Norbert Chamier-Gliszczyński

Politechnika Koszalińska, Wydział Technologii i Edukacji

MODELOWANIE W PLANOWANIU TRANSPORTU MIEJSKIEGO

Rękopis dostarczono: czerwiec 2017

Streszczenie: W artykule przedstawiono sformułowanie modelu mobilności z kryterium całkowitych uogólnionych kosztów podróży jednododalnych. Formalizacja opisu analizowanego modelu uwzględnia zasoby transportowe, użytkowników obszaru miejskiego, sieć mobilności i organizację mobilności. Na etapie oceny jako kryterium oceny zastosowano całkowite uogólnione koszty podróży, które bezpośrednio obciążają użytkowników obszaru miejskiego. W ujęciu praktycznym analizowany model zastosowano do planowania transportu miejskiego, którego celem jest zmniejszenie wielkości potoku podróży samochodem osobowym na danym obszarze miejskim. Przedstawiono wielowariantową propozycję planowania transportu miejskiego. Rozwiązanie dla poszczególnych wariantów planowania transportu miejskiego uzyskano, stosując aplikację komputerową MobilTransPlan.

Słowa kluczowe: planowanie, transport miejski, mobilność

1. WPROWADZENIE

Transport miejski odgrywa istotną rolę w sprawnym funkcjonowaniu współczesnych obszarów miejskich. Działa on w złożonym systemie transportowym, wielomodalnym, z wykorzystaniem licznych sposobów przemieszczeń i rodzajów środków transportu. W tak złożonych systemach planowanie transportu miejskiego stanowi istotne wyzwanie.

Praktyka planowania realizowanego w układzie transportowym miasta obejmuje modelowanie podróży [1, 2, 4, 5, 6, 8, 11], modelowanie podróży wzbudzonych i tłumionych [9], modelowanie tymczasowej organizacji ruchu w sieci miejskiej [12, 13, 14] i modelowanie mobilności miejskiej [3, 10].

W planowaniu transportu miejskiego istotne jest nowe podejście do mobilności użytkowników obszaru miejskiego, które w dokumentach europejskich określane jest jako nowa kultura mobilności w mieście. Uwzględniając wielowymiarowość problematyki przyjęto, że mobilność na obszarze miejskim obejmuje:

- działania w zakresie aktywności użytkowników obszaru miejskiego, polegające na kształtowaniu indywidualnych, zbiorowych potrzeb i zachowań komunikacyjnych użytkowników obszaru miejskiego,
- działania w zakresie popytu na podróże na obszarze miejskim, polegające na organizacji podróży na obszarze miejskim,

- działania w zakresie podaży transportu na obszarze miejskim, polegające na optymalizacji wykorzystania różnorodnych środków transportu i tworzenia komodalności pomiędzy różnymi rodzajami transportu na obszarze miejskim,
- w celu zapewnienia mobilności na obszarze miejskim, odpowiedniego poziomu życia i ochrony środowiska w ujęciu koncepcji zrównoważonego rozwoju.

2. SFORMUŁOWANIE MODELU MOBILNOŚCI Z KRYTERIUM CAŁKOWITYCH UOGÓLNIONYCH KOSZTÓW PODRÓŻY JEDNOMODALNYCH

Uwzględniając złożoność analizowanego zagadnienia model mobilności zdefiniowano z wykorzystaniem takich elementów jak:

- zasoby transportowe (sieć transportowa na obszarze miejskim, środki transportu),
- zbiór użytkowników obszaru miejskiego,
- struktura sieci mobilności,
- organizacja mobilności.

Zakładając, że odwzorowanie zasobów transportowych oznaczone jest symbolem **ZT**, zbiór użytkowników obszaru miejskiego oznaczony jest symbolem **UO**, zbiór środków transportu symbolem **ST**, organizacja mobilności symbolem **OM**, model mobilności zapisać można jako strukturę, postaci:

$$MPTM = (UO, ST, MSM, OM) \quad (1)$$

W sytuacji kiedy uwzględniamy tylko podróże jednomodalne zakładamy, że potok podróży identyfikowany jest tylko dla tego typu podróży. Problem polega na ustaleniu organizacji podróży jednomodalnych w odniesieniu do poszczególnych scenariuszy planowania transportu. W takim przypadku rozważana jest sytuacja decyzyjna, w której planowaniu poddano podróże jednomodalne realizowane na danym obszarze miejskim. Kryterium optymalizacji są całkowite uogólnione koszty podróży jednomodalnych.

Sformułowanie modelu mobilności z kryterium całkowitych uogólnionych kosztów podróży jednomodalnych możemy przedstawić w sposób następujący.

Dla danych zasobów transportowych:

- struktury sieci transportowej na obszarze miejskim: $G = \langle N, LN \rangle$, gdzie N stanowi zbiór numerów punktów pośrednich, a LN zbiór numerów połączeń między punktami pośrednimi,
- zbioru numerów podsystemów transportowych:
 $R = \{\tilde{r} \equiv r: \alpha(\tilde{r}) = 1, r = 1, 2, \dots, r', \dots, R\}$,
- zbioru funkcji określonych na elementach struktury sieci transportowej na obszarze miejskim: $F = \{\cup_{r \in R} F_{TN}^r, \cup_{r \in R} F_{TL}^r\}$,
- zbioru numerów środków transportu: $ST = \{st: st = 1, 2, \dots, ST\}$,

- podstawowych parametrów technicznych i eksploatacyjnych odwzorowanych na środkach transportu: $\mathbf{PPTE} = \langle \mathbf{EUD}(ed), \mathbf{EUO}(eo), \mathbf{EUI}(eo), \mathbf{EUA}(ea), \mathbf{WSST}(a), \mathbf{WKST}(a), \mathbf{WTST}(a), \mathbf{WWST}(a) \rangle$,
- uzupełniających parametrów technicznych i eksploatacyjnych odwzorowanych na środkach transportu: $\mathbf{UPTE} = \langle \mathbf{LKP}, \mathbf{CW}, \mathbf{LO}, \mathbf{LKPT}, \mathbf{CWT}, \mathbf{LOT} \rangle$,
- parametrów ekonomicznych odwzorowanych na środkach transportu: $\mathbf{EPST} = \langle \mathbf{JKR}, \mathbf{JKRW}, \mathbf{JKE}, \mathbf{KE} \rangle$,

Dla danych użytkowników obszaru miejskiego:

- zbioru numerów użytkowników obszaru miejskiego: $\mathbf{UO} = \{1, \dots, uo, \dots, \mathbf{UO}\}$,
- zbioru $\mathbf{KM} = \{km: km = 1, 2\}$, przy czym, jeżeli $km = 1$ to użytkownikiem obszaru miejskiego jest kobieta, natomiast jeśli $km = 2$ to użytkownikiem obszaru miejskiego jest mężczyzna,
- zbioru \mathbf{GW} numerów grup wiekowych: $\mathbf{GW} = \{1, \dots, gw, \dots, \mathbf{GW}\}$, gdzie gw ma interpretację numeru grupy wiekowej, a \mathbf{GW} jest liczbą wszystkich wyróżnionych grup wiekowych,
- zbioru \mathbf{ZP} numerów zajęć podstawowych: $\mathbf{ZP} = \{1, \dots, zp, \dots, \mathbf{ZP}\}$, gdzie zp ma interpretację numeru zajęcia podstawowego, a \mathbf{ZP} jest liczbą wszystkich zajęć podstawowych,
- zbioru funkcji określonych na użytkownikach obszaru miejskiego: $\mathbf{FUO} = \{\mathbf{UO}(km), \mathbf{UO}(gw), \mathbf{UO}(zp), \mathbf{GD}(lc)\}$, $km \in \mathbf{KM}, gw \in \mathbf{GW}, zp \in \mathbf{ZP}, lc \in \mathbf{LC}$,

Dla danej sieci mobilności:

- struktury sieci mobilności: $\mathbf{GM} = \langle \mathbf{PS}, \mathbf{LT} \rangle$,
- zbioru numerów punktów w strukturze sieci mobilności: $\mathbf{PS} = \{s: s = 1, 2, \dots, s', \dots, S\}$,
- zbioru połączeń w strukturze sieci mobilności: $\mathbf{LT} = \mathbf{LP} \cup \mathbf{LK} \cup \mathbf{LN} \cup \mathbf{LNN}$,
- funkcji opisanych na elementach punktowych struktury sieci mobilności: $\mathbf{FP} = \langle \mathbf{P}(uo), \mathbf{K}(uo), \cup_{r \in \mathbf{R}} \mathbf{FTN}^r \rangle$,
- zbioru numerów sposobów przemieszczeń: $\mathbf{YP} = \{1, \dots, yp, \dots, \mathbf{YP}\}$,
- funkcji opisanych na połączeniach struktury sieci mobilności: $\mathbf{FL} = \langle \mathbf{DP}, \mathbf{DK}, \mathbf{DL}, \mathbf{DPS}, \mathbf{TP}, \mathbf{TK}, \mathbf{TL}, \mathbf{TE}, \mathbf{TW}, \mathbf{TPS}, \mathbf{KP}, \mathbf{KK}, \cup_{r \in \mathbf{R}} \mathbf{FTL}^r \rangle$,

Dla dodatkowych danych:

- zbioru numerów dodatkowych kosztów podróży jednomodalnych: $\mathbf{Y} = \{1, \dots, y, \dots, Y\}$,
- zbioru numerów atrybutów: $\mathbf{Z} = \{1, \dots, z, \dots, Z\}$,
- wartości jednostki czasu postrzeganej przez poszczególnych użytkowników obszaru miejskiego: $\mathbf{WT} = \langle wt^{uo}, wt^{uo} \in \mathbb{R}^+, uo \in \mathbf{UO} \rangle$,
- wartości jednostkowych kosztów opłaty za przejazd zbiorowym transportem: $\mathbf{JKZ} = \langle jkz_{uo}^{otz, (s, s')}, jkz_{uo}^{otz, (s, s')} \in \mathbb{R}^+, otz \in \mathbf{OTZ}, uo \in \mathbf{UO}, (s, s') \in \mathbf{LSH}(h), h \in \mathbf{H} \rangle$,

Danych identyfikowanych dla podróży:

- zbioru relacji podróży: $\mathbf{PR} = \{(p, k): \delta(p, k) = 1, (p, k) \in \mathbf{P} \times \mathbf{K}\}$,
- zbioru numerów podróży: $\mathbf{H} = \{h: h = 1, 2, \dots, H\}$,
- zbioru numerów typów podróży jednomodalnych: $\mathbf{PJE} = \{1, \dots, pje, \dots, \mathbf{PJE}\}$,
- zbioru numerów typów podróży jednomodalnych powiązanych z danym podsystemem transportowym: $\mathbf{PJ} = \{(pje, r): \delta 1(pje, r) = 1, (pje, r) \equiv pje, pje \in \mathbf{PJE}, r \in \mathbf{R}\}$,
- zbioru numerów podróży jednomodalnych: $\mathbf{HJ}^{pj} = \{h \equiv hj^{pj}: hj^{pj} = 1, 2, \dots, HJ^{pj}\}$, $pj \in \mathbf{PJ}$,
- zbioru połączeń należących do podróży jednomodalnej: $\mathbf{LHJ}(hj^{pj}) = \{(s_i, s'_i): (s_i, s'_i) \in V^h(p, k), (s_1, s'_1) \in \mathbf{LP}^r \cup \mathbf{LK}^r \cup \mathbf{LN}^r\}$, $hj^{pj} \in \mathbf{HJ}^{pj}$,

- zbioru połączeń w sieci transportowej, które należą do podróży jednomodalnej: $\mathbf{LSHJ}(hj^{pj}) = \{(s'_i, s_{I(p,k;h)}): (s'_i, s_{I(p,k;h)}) \subset V^h(p, k), (s'_i, s_{I(p,k;h)}) \in \mathbf{LN}^r\}$, $hj^{pj} \in \mathbf{HJ}^{pj}$,
- wielkości popytu na podróże:

$$\mathbf{XPR}^{uo} = \left[x6_{uo}^{(p,k)}: x6_{uo}^{(p,k)} \in \mathbb{N} \cup \{0\}, (p, k) \in \mathbf{PR} \right], \quad uo \in \mathbf{UO} \quad (2)$$

$$\mathbf{XLT}^{uo} = \left[x7_{uo}^{(s,s')}: x7_{uo}^{(s,s')} \in \mathbb{N} \cup \{0\}, (s, s') \in \mathbf{LT} \right], \quad uo \in \mathbf{UO} \quad (3)$$

$$\mathbf{XHJ}_{uo} = \left[x14_{uo}^{hj^{pj}}, x14_{uo}^{hj^{pj}} \in \mathbb{N} \cup \{0\}, hj^{pj} \in \mathbf{HJ}^{pj} \right], \quad uo \in \mathbf{UO} \quad (4)$$

Zmienne decyzyjne dla tak zaproponowanego modelu są następujące:

- $\mathbf{X18} = \left[x18_{uo}^{hj^{pj},(s,s')}, x18_{uo}^{hj^{pj},(s,s')} \in \mathbb{N} \cup \{0\}, hj^{pj} \in \mathbf{HJ}^{pj}, uo \in \mathbf{UO}, (s, s') \in \mathbf{LHJ}(hj^{pj}) \right]$,

gdzie $x18_{uo}^{hj^{pj},(s,s')}$ ma interpretację wielkości potoku hj^{pj} -tej podróży jednomodalnej znajdującego się na połączeniu (etapie podróży) $(s, s') \in \mathbf{LHJ}(hj^{pj})$ składającego się z uo -tych użytkowników obszaru miejskiego,

- $\mathbf{X22} = \left[x22_{uo}^{hj^{pj},(s,s')}, x22_{uo}^{hj^{pj},(s,s')} \in \mathbb{N} \cup \{0\}, hj^{pj} \in \mathbf{HJ}^{pj}, uo \in \mathbf{UO}, (s, s') \in \mathbf{LSHJ}(hj^{pj}) \right]$,

gdzie $x22_{uo}^{hj^{pj},(s,s')}$ ma interpretację wielkości potoku hj^{pj} -tej podróży jednomodalnej znajdującego się na połączeniu (etapie podróży) $(s, s') \in \mathbf{LSHJ}(hj^{pj})$ składającego się z uo -tych użytkowników obszaru miejskiego,

- $\mathbf{V1} = \left[v1_{uo,yp}^{hj^{pj}}, v1_{uo,yp}^{hj^{pj}} \in \{0, 1\}, hj^{pj} \in \mathbf{HJ}^{pj}, uo \in \mathbf{UO}, yp \in \mathbf{YP} \right]$,

gdzie $v1_{uo,yp}^{hj^{pj}}$ ma interpretację przyporządkowania hj^{pj} -tej podróży jednomodalnej realizowanej przez uo -tych użytkowników obszaru miejskiego, yp -tego sposobu przemieszczenia.

Dla tak przedstawionego problemu należy spełnić szereg ograniczeń, m.in. (pozostałe ograniczenia zostały opisane w pracy [3]):

$$x18_{uo}^{hj^{pj},(s,s')} \geq 0, \quad \forall (s, s') \in \mathbf{LHJ}(hj^{pj}), hj^{pj} \in \mathbf{HJ}^{pj}, uo \in \mathbf{UO} \quad (5)$$

$$x22_{uo}^{hj^{pj},(s,s')} \geq 0, \quad \forall (s, s') \in \mathbf{LSHJ}(hj^{pj}), hj^{pj} \in \mathbf{HJ}^{pj}, uo \in \mathbf{UO} \quad (6)$$

$$v1_{uo,yp}^{hj^{pj}} \in \{0, 1\}, \quad hj^{pj} \in \mathbf{HJ}^{pj}, uo \in \mathbf{UO}, yp \in \mathbf{YP} \quad (7)$$

$$x22_{uo}^{hj^{pj},(s,s')} \leq x18_{uo}^{hj^{pj},(s,s')}, \quad hj^{pj} \in \mathbf{HJ}^{pj}, uo \in \mathbf{UO}, (s, s') \in \mathbf{LSHJ}(hj^{pj}) \wedge (s, s') \in \mathbf{LHJ}(hj^{pj}) \quad (8)$$

dąży się, aby funkcja kryterium o postaci:

$$\begin{aligned} F1(\mathbf{X18}, \mathbf{X22}, \mathbf{V1}) = & \sum_{hj^{pj} \in \mathbf{HJ}} \left(\sum_{(s,s') \in \mathbf{LHJ}(hj^{pj})} \sum_{uo \in \mathbf{UO}} \left(ku_{uo}^{(s,s')} \cdot x18_{uo}^{hj^{pj},(s,s')} \right) + \right. \\ & + \sum_{(s,s') \in \mathbf{LSHJ}(hj^{pj})} \sum_{uo \in \mathbf{UO}} \left(kb_{uo}^{(s,s'),yp} \cdot x22_{uo}^{hj^{pj},(s,s')} \right) \cdot \\ & \left. v1_{uo,yp}^{hj^{pj}} \right) + \sum_{yp \in \mathbf{YP}} \sum_{(s,s') \in \mathbf{LSHJ}(hj^{pj})} \sum_{uo \in \mathbf{UO}} \left(kd_{j^y, hj^{pj}} \cdot x22_{uo}^{hj^{pj},(s,s')} \cdot v1_{uo,yp}^{hj^{pj}} \right), \quad yp \in \mathbf{YP} \quad (9) \end{aligned}$$

przyjmowała wartość minimalną.

3. PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA

3.1. ZAŁOŻENIA

Analizowany przykład dotyczy planowania transportu miejskiego, którego celem jest zmniejszenie wielkości potoku podróży samochodem osobowym na przyjętym obszarze miejskim. W procesie optymalizacji rozłożenia istniejącego potoku podróży, zaproponowano cztery warianty planowania transportu miejskiego.

Wariant 1 – zaangażowanie użytkowników analizowanego obszaru miejskiego w proces planowania mobilności. Użytkownicy obszaru miejskiego planują podróże jednomodalne, a kryterium stanowią uogólnione koszty podróży.

Wariant 2 – zaangażowanie użytkowników analizowanego obszaru miejskiego w proces planowania mobilności. Użytkownicy obszaru miejskiego planują podróże jednomodalne, a kryterium stanowią uogólnione koszty podróży. Ponadto założono, że 25% użytkowników zrezygnuje z realizacji podróży samochodem osobowym.

Wariant 3 – zaangażowanie użytkowników analizowanego obszaru miejskiego w proces planowania mobilności. Użytkownicy obszaru miejskiego planują podróże jednomodalne, a kryterium stanowią uogólnione koszty podróży. Ponadto założono, że na danym obszarze miejskim zaimplementowano inicjatywę bezpłatnego publicznego transportu zbiorowego dla dzieci i młodzieży. Darmowe przejazdy obowiązują uczniów szkół podstawowych i gimnazjów.

Wariant 4 – zaangażowanie użytkowników analizowanego obszaru miejskiego w proces planowania mobilności. Użytkownicy obszaru miejskiego planują podróże jednomodalne, a kryterium stanowią uogólnione koszty podróży. Ponadto założono, że na danym obszarze miejskim zaimplementowano inicjatywę bezpłatnego publicznego transportu zbiorowego. Darmowe przejazdy obowiązują wszystkich użytkowników danego obszaru miejskiego.

Na potrzeby badań zdefiniowano zbiór PJ typów podróży jednomodalnych powiązanych z danym podsystemem transportowym:

$$PJ = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12\} \quad (10)$$

gdzie poszczególne numery są interpretowane jako $pj = 1$ podróż piesza, $pj = 2$ podróż rowerem będącym w posiadaniu użytkownika obszaru miejskiego, $pj = 3$ podróż rowerem należącym do systemu rowerów publicznych funkcjonującego na obszarze miejskim, $pj = 4$ podróż autobusem miejskim – bilet jednorazowy normalny 30 minut, $pj = 5$ podróż autobusem miejskim – bilet jednorazowy ulgowy 30 minut, $pj = 6$ podróż autobusem miejskim – bilet miesięczny normalny, $pj = 7$ podróż autobusem miejskim – bilet miesięczny ulgowy,

$pje = 8$ podróż tramwajem – bilet jednorazowy normalny 30 minut, $pje = 9$ podróż tramwajem – bilet jednorazowy ulgowy 30 minut, $pj = 10$ podróż tramwajem – bilet miesięczny normalny, $pj = 11$ podróż tramwajem – bilet miesięczny ulgowy, $pj = 12$ podróż samochodem osobowym.

3.2. ANALIZA WYNIKÓW

Na podstawie przeprowadzonych Kompleksowych Badań Ruchu na analizowanym obszarze miejskim uzyskano zbiór numerów podróży jednododalnych, tj.:

$$HJ = \{1, 2, \dots, hj, \dots, 7708\} \quad (11)$$

W zbiorze HJ przeważają podróże samochodem osobowym, gdzie kobiety realizują 1427 takich podróży, a mężczyźni 1886 podróży. Ogólnie dziennie na analizowanym obszarze miejskim realizowanych jest 3313 podróży samochodem osobowym. Odwzorowanie istniejącej struktury podróży przedstawiono w tabelcy 1.

Tabelca 1

Wielkości potoku podróży jednododalnych na analizowanym obszarze miejskim

		Wielkość potoku pj -tej podróży jednododalnej [podr./dzień]												
		pj												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Użytkownicy obszaru miejskiego, u_o	km	1	850	35	15	274	243	179	144	213	192	190	166	1427
		2	619	71	37	228	192	128	88	154	147	117	113	1886
		1	210	12	0	0	226	0	121	0	196	0	142	403
	gw	2	189	21	0	32	79	45	78	28	78	56	81	654
		3	256	34	32	256	0	148	0	215	0	145	0	1023
		4	235	24	12	163	0	84	0	115	0	86	0	652
		5	352	10	5	41	112	15	0	4	45	8	0	325
		6	227	5	3	10	18	15	33	5	20	12	56	256
		1	123	23	12	62	62	64	18	0	36	42	8	387
	zp	2	165	12	15	56	68	86	54	36	124	56	10	598
		3	415	8	2	223	125	56	58	192	58	37	122	987
		4	232	23	5	68	94	38	18	48	38	68	66	512
		5	189	36	9	32	68	12	22	36	22	56	37	212
		6	187	1	6	21	18	10	12	12	16	22	18	235
		7	69	1	2	18	0	14	18	20	16	8	8	198
		8	52	2	1	12	0	18	24	11	12	18	6	143
		9	37	0	0	10	0	9	8	12	17	0	4	41

Źródło: opracowanie własne na podstawie [7]

Na etapie rozwiązywania zadania optymalizacyjnego zastosowano autorską aplikację komputerową MobilTransPlan, opisaną w publikacji [3]. Optymalizacja została przeprowadzona dla każdego z czterech wariantów. Wybrane na potrzeby badań wyniki przeprowadzonej optymalizacji dla poszczególnych wariantów planowania transportu przedstawiono w tabelcy 2.

Wszystkie analizowane warianty planowania transportu miejskiego doprowadziły do obniżenia wielkości potoku podróży samochodem osobowym. Ranking wariantów planowania transportu miejskiego dla przyjętego stanu istniejącego na analizowanych obszarze miejskim oraz celu planowania jest następujący (począwszy od najlepszego wariantu):

(wariant 4, wariant 2, wariant 3, wariant 1) (12)

Tablica 2

Wielkości potoku podróży jednomodalnych, wyniki po optymalizacji

Wielkość potoku p_j -tej podróży jednomodalnej [podr./dzień]											
p_j											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
stan istniejący											
1469	106	52	502	435	307	232	367	339	307	279	3313
wariant 1											
1279	658	527	821	251	798	225	813	237	853	245	1001
wariant 2											
1268	654	541	831	224	933	214	795	228	896	239	885
wariant 3											
1229	647	578	883	215	910	213	844	229	811	227	922
wariant 4											
846	825	728	555	561	579	595	559	600	570	619	671

Źródło: opracowanie własne

Inicjatywa bezpłatnego transportu publicznego (wariant 4) w największym stopniu przyczyniła się do obniżenia wartości potoku podróży samochodem osobowym na analizowanym obszarze miejskim. Wielkość potoku podróży samochodem osobowym dla wariantu 4 wynosi 671 [podr./dzień] (tab. 2).

Wartym podkreślenia jest również wariant 1, który promuje zaangażowanie użytkowników obszaru miejskiego w proces planowania mobilności. Działania ukierunkowane na proces planowania mobilności stanowiły element inicjatyw CIVITAS PLUS II i projektu Dyn@mo. Uzyskane rozwiązanie pokazało, że planowanie mobilności w znacznym stopniu może przyczynić się do zmniejszenia potoku podróży samochodem osobowym.

4. WNIOSKI

Przedstawione w artykule podejście do planowania transportu miejskiego stanowi pewne rozwiązanie umożliwiające decydentowi wybór odpowiedniego wariantu (scenariusza) planowania. Zaproponowane rozwiązanie uwzględnia tylko jedno kryterium w postaci całkowitych uogólnionych kosztów podróży jednomodalnych, które bezpośrednio obciążają użytkowników obszaru miejskiego. Kontynuacja badań zakłada uwzględnienie dodatkowo kosztów zewnętrznych podróży jednomodalnych. Istotnym na tym etapie jest również podjęcie badań w kierunku rozbudowy modelu mobilności o podróże dwumodalne.

Bibliografia

1. Bovy P.H.L., Bliemer M.C.J., Nes R.: *Transportation Modeling*, Course CT4801. Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Geosciences Transport & Planning Section, 2006.
2. Cascetta E.: *Transportation Systems Analysis. Models and Applications*. Second edition. Springer Optimization and Its Applications, vol. 29, New York 2009.
3. Chamier-Gliszczyński N.: *Modelowanie mobilności w aspekcie planowania transportu miejskiego*. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 2017.
4. Hensher D.A., Button K.J.: *Handbook of Transport Modelling*. Pergamon, Elsevier Science, Oxford 2000.
5. Joh C., Arentze T., Hofman F., Timmermans H.: *Activity pattern similarity: a multidimensional sequence alignment method*. *Transportation Research Part B*, vol. 36, issue 5, 2002, pp. 385-403.
6. Karoń G.: *Modelowanie popytu oparte na podróżach pojedynczych*. *Logistyka* 4/2012.
7. *Kompleksowe Badanie Ruchu w Szczecinie*, Gmina Miasto Szczecin, Raport I, II, III, IV, Szczecin 2010.
8. Litman T., *Well Measured: Developing Indicators for Sustainable and Livable Transport Planning*, 7 May 2013, Victoria Transport Policy Institute, www.vtpi.or.
9. Szarata A.: *Modelowanie podróży wzbudzonych zmianą stanu infrastruktury transportowej*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Seria Inżynieria Lądowa, Monografia 439, Kraków 2013.
10. Szoltysek J.: *Kreowanie mobilności mieszkańców miast*. Wolters Kulwer, Warszawa 2011.
11. Wang R.M.: *An Activity-Based Trip Generation Model*. University of California Transportation Center, 1997.
12. Żochowska R.: *Modelowanie zachowań podróżnych w warunkach zamknięć ulic w gęstych sieciach miejskich*. *Logistyka* 4/2012, Poznań 2012.
13. Żochowska R.: *Modelowanie potoków ruchu w sieci miejskiej dla potrzeb analizy zakłóceń*. *Logistyka* 4/2014, Poznań 2014.
14. Żochowska R.: *Wielokryterialne wspomaganie podejmowania decyzji w zastosowaniu do planowania tymczasowej organizacji ruchu w sieci miejskiej*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2015.

MODELLING IN URBAN TRANSPORT PLANNING

Summary: The article covers a formulation of a mobility model with a criterion of the total generalized costs of single-modal trips. A formalization of the description of the model analyzed takes into account transportation resources, urban area users, a mobility network and organization of mobility. At the assessment stage, total generalized trip costs were used, i.e. those costs that are directly borne by urban area users. In the practical approach, the model analyzed was used in urban transport planning, whose objective is to decrease the stream of trips in passenger cars in a given urban area. A multi-variant proposal was presented for urban transport planning. A solution was obtained for individual variants of urban transport planning by using MobilTransPlan computer application.

Keywords: planning, urban transport, mobility