

MODELOWANIE MAKRO RUCHU PIESZEGO¹

Andrzej Krych

dr inż., Politechnika Poznańska, ul. Piotrowo 5, 61-358
Poznań, tel.: +48 601 337 761, e-mail: a.krych@bit-
-poznan.com.pl

Jacek Thiem

mgr inż., Biuro Inżynierii Transportu - Pracownie Pro-
jektowe – Cejrowski@Krych Sp. j., ul. Wrocławska 10,
61-838 Poznań, tel.: +48 61 835 1973, e-mail: thiem@
bit-poznan.com.pl

Streszczenie. *Ruch pieszy stanowi ważny podmiot polityk transportowych, zarządzania ruchem, optymalizacji transportu, działań urbanistycznych i rewitalizacyjnych. W klasyce modelowania podróży możliwe jest częściowe odwzorowanie ruchu pieszego a także pozyskiwanie informacji o przemieszczeniach pieszych w pewnych ograniczeniach związanych z definicją i motywacjami podróży oraz wykorzystaniem środków transportu. Możliwe jest złagodzenie tych ograniczeń. Artykuł prezentuje algorytm umożliwiający modelowanie ruchu pieszego w szerszym sensie, prowadzący do możliwości budowania wektorów przemieszczeń pieszych w skali makro, umożliwiającej przejście do mikrosymulacji lub badań optymalizacyjnych związanych z planowaniem działań systemowych. Struktura prezentowanego algorytmu uwzględnia możliwości rozwoju aplikacji w oparciu o dostępne oprogramowanie oraz pomiary i standaryzację procesów modelowania podróży.*

Słowa kluczowe: *modelowanie podróży, ruch pieszy, podział zadań transportowych*

1. Opis problemu

Celem podjęcia badań [1] było możliwie najlepsze odwzorowanie potoków ruchu pieszego z wykorzystaniem czterostadiowego modelu podróży w oprogramowaniu VISSUM. Wraz z uwzględnieniem przemieszczeń nie definiowanych jako podróż odwzorowanie to stanowić miało całościowy makromodel ruchu pieszego wraz z wypracowaniem podejścia i wypełnieniem struktury odpowiedniego ku temu algorytmu. Badania nad ruchem pieszym są kontynuowane z zamiarem dopracowania elementów zawartych w strukturze warstwowej prezentowanego modelu.

Zagadnienie modelowania ruchu pieszego ma skromne podstawy badawcze. Wynika to prawdopodobnie ze specyfiki ruchu pieszego i jego potrzeb niezbyt spójnych z strukturą modeli transportowych. Nie każdy ruch pieszy jest zdefiniowany jako podróż, podróże piesze są zazwyczaj znacznie krótsze niż podróże wykonywane innymi środkami transportu i w związku z tym budowa modelu ruchu pieszego w skali miasta nie znajduje zastosowania podmiotowego. Znacznie częściej buduje się mikromodele symulacyjne ruchu pieszego w celach sprawdzenia prawidłowości funkcjonowania przyjętych rozwiązań projektowych, np. badanie

1 Wkład autorów w publikację: Krych A. 33%, Thiem J. 67%

systemu ewakuacji stadionu czy funkcjonowania sygnalizacji świetlnej. Budowane są często również modele produkcji ruchu pieszego na podstawie korelacji z funkcją i wielkością zabudowy w celu zwymiarowania potoków, są to jednak modele dla wyspecyfikowanych obszarów, np. stadionów, kampusów uniwersyteckich, węzłów przesiadkowych, osiedli mieszkaniowych itp.

Modelowanie ruchu pieszego w skali makro może mieć zastosowanie do ogólnej charakterystyki ruchu pieszego wykorzystywanej w dokumentach strategicznych: studiach, planach, politykach, wszędzie tam, gdzie chcemy kształtować transport zrównoważony lub szerzej - „miasto dla ludzi” (por. Jan Gehl [4], także [10], Karta Lipska). Może mieć także znaczenie dla przedsięwzięć komercyjnych lub publicznych, np. określenia atrakcyjności lokalizacji niektórych funkcji. Jest szczególnie przydatne dla wprowadzenia danych do poziomu mikro skali lub mikromodelu w projektowaniu obiektów o znaczeniu transportowym, jak węzły przesiadkowe lub ciągi piesze a także w optymalizacji procesów rewitalizacyjnych.

Problem matematycznego modelowania ruchu pieszego, wiąże się z koniecznością uwzględnienia kilku zagadnień specyficznych dla ruchu pieszego, takich jak:

1. Sieć połączeń w ruchu pieszym musi być znacznie bardziej szczegółowa i bardziej zróżnicowana od sieci drogowych.
2. Szereg przemieszczeń pieszych trudno jest zdefiniować jako podróże, przez co trudno jest je badać. W klasycznej strukturze motywacyjnej lub definowaniu podróży potrzeby ruchu pieszego i możliwości mogą się nie ujawniać.
3. Prędkość ruchu i ocena odległości przez pieszych podlega znacznej dyspersji i w znacznym stopniu zależy od otoczenia [7], otoczenie natomiast w znacznym stopniu wpływa na wzrost i preferencje aktywności pieszej (por. pkt 5 oraz [4,5]). Subiektywna ocena odległości skorelowana z jakością otoczenia trasy ma prawdopodobnie istotny wpływ w każdym stadium modelowania podróży.
4. W obliczeniach wymagających przyjęcia czasu dojścia prędkość ruchu pieszego przyjmuje się z reguły na poziomie 1,3 – 1,4 m/s. Wg [10] piesi poruszają się w zakresie prędkości 0,8 do 1,65 m/s.
5. Bariery w poruszaniu się mogą dotyczyć wszystkich lub wybranych grup. Bariery takie często są trudne do wykrycia i właściwego odwzorowania w skali makromodelu bez znajomości przestrzeni lokalnej. Bariery mogą być na przykład drzwi obrotowe o niskiej przepustowości.
6. Przejścia piesze są elementami podróży realizowanych zarówno samochodem, jak i transportem zbiorowym. Są ściśle uzależnione od sposobu modelowania podróży innymi środkami transportu.
7. Na wybór trasy przejścia przez pieszego może mieć wpływ szereg czynników trudnych do kwantyfikacji w modelu matematycznym, np. poczucie bezpieczeństwa, rodzaj nawierzchni, estetyka i atrakcyjność otoczenia, mikroklimat itp.

Praktycznie klasyczne miary kosztów ruchu i dostępności transportowej, jak czas i odległość, mają mniejsze znaczenie, większe znaczenie mają problemy odwzorowania ludzkiej skali i struktury psychofizycznej w atrybutach numerycznego

modelu sieci, niekwantyfikowane zmienne objaśniające i większa dyspersja w działaniu czynników losowych. Problemy te występują w modelowaniu ruchu pieszego z większym nasileniem niż w modelowaniu podróży w ogóle.

2. Struktura algorytmu modelowania ruchu pieszego

W modelowaniu ruchu pieszego wyróżnić można następujące warstwy:

1. **Potok w podróżach wyłącznie pieszych**
 - 1.1. Potok w podróżach międzyrejonowych
 - 1.2. Potok w podróżach wewnątrzrejonowych
2. **Potok w przemieszczeniach nie będących podróżami wyłącznie pieszymi**
 - 2.1. Potok w przejściach będących elementem podróży w transporcie zbiorowym
 - 2.2. Potok w przejściach będących elementem podróży w transporcie indywidualnym
3. **Potok w przemieszczeniach nie zdefiniowanych jako podróże.**

W powyższym ujęciu potok pieszy składa się z pięciu elementarnych rodzajów potoków, których warstwy stanowić powinny strukturę algorytmu ich modelowania.

Potok w pieszych podróżach międzyrejonowych (warstwa 1.1) jest to potok odwzorowywany w modelu podróży międzyrejonowych dla każdej z relacji źródło – cel. Rozkład ruchu pieszego w sieci może być prowadzony w sposób podobny do rozkładu ruchu samochodowego czy podróży w transporcie zbiorowym. W algorytmie w [1] wykorzystano model rozkładu ruchu pieszego w sieci w programie VISUM. Jeżeli w budowie sieci uwzględnione są konkurencyjnie lepsze połączenia piesze w porównaniu z połączeniami dla ruchu niepieszego wyodrębnienie ruchu pieszego winno być prowadzone w oparciu o macierz kosztową ruchu pieszego.

Potok pieszy w podróżach wewnątrzrejonowych (warstwa 1.2), jest to potok ustalony w modelowaniu potencjałów produkcji, w istocie realizowany na krótkich dystansach, których zarówno źródło jak i cel mieszczą się wewnątrz tego samego rejonu. Ponieważ w rozkładzie ruchu uwzględniane są wyłącznie ścieżki między rejonami ruch wewnątrz rejonowy nie jest rozkładany na sieć. W wielu modelach ruch ten jest całkowicie zignorowany tak jakby przekątna macierzy podróży była zerowa. W zastosowaniu proponowanego algorytmu wartości na przekątnej macierzy podróży pieszych winny stanowić podstawę szacowania potoków w sieci.

Potok pieszy w przemieszczeniach będących elementami podróży w transporcie zbiorowym (warstwa 2.1) jest to potok na dojeźdżach i odejściach z przystanków oraz w przejściach w ramach przesiadki. Potok taki jest możliwy jest do określenia w wielu programach do modelowania ruchu w transporcie publicznym i da się go uwzględnić w formule algorytmu dla tej warstwy modelu.

Potok pieszy w przemieszczeniach będących elementami podróży z wykorzystaniem transportu indywidualnego (warstwa 2.2) jest to potok pojędzy celem lub źródłem podróży a miejscem zaparkowania pojazdu. Mimo, iż liczba podróży transportem indywidualnym jest znana, model ruchu nie odwzorowuje miejsca parkowania pojazdu. Na potok w tej warstwie wpływa odległość dojeżdżających pieszych, które mogą mieć znaczenie w strefach deficytu miejsc, parkingach buforowych i abonamentowych, a także przy podwożeniu pasażerów. W przypadku ruchu rowerowego problem przemieszczeń pieszych może dotyczyć dojeżdżających do i z wypożyczalni. W algorytmie dla tych warstw potok ten może być oszacowany w powiązaniu z potencjałami produkcji i atrakcji wraz z inwentaryzacją obiektów oraz w oparciu o dystrybuanty odległości dojeżdżających, jeżeli takowe dane źródłowe są budowane wraz z budową modelu lub osobnych pomiarach.

Potok pieszy w przemieszczeniach nie będących podróżami (warstwa 3), jest to potok niezdefiniowany w klasycznym badaniu i modelowaniu podróży. W zasadzie wynika z predefiniowania minimalnego zasięgu dojeżdżającego jako kryterium podróży pieszej, ale także z aktywności, dla których przemieszczenie piesze jest celem samym w sobie - jego wyróżnioną motywacją. Przyjazna przestrzeń zwiększa aktywność pieszą. Poza liczbą mieszkańców lub gęstością zaludnienia jest on funkcją architektonicznej i urbanistycznej organizacji przestrzeni. W opisie „życia między budynkami” [5] autor prowadzi analizę różnych elementów, form i funkcji takiego oddziaływania. Czynniki te mają zasadnicze znaczenie w planowaniu i rewitalizacji obszarów miejskich, zarówno lokalnych jak centralnych, by w końcowym efekcie kształtować rozwój miasta w sposób humanitarny i zrównoważony. Ich znaczenie jest też dynamiczne w strukturze modelowania podróży, produkcji i podziału podróży na środki transportu, zwłaszcza w budowie i kształtowaniu struktur normatywnych prognoz oraz ocen efektywności.

3. Modelowanie sieci

Model sieci w modelowaniu ruchu pieszego wymaga uszczegółowienia i uwzględnienia atrakcyjności tras. W procesie tym konieczne jest zapewnienie gęstości sieci odpowiedniej do podziału na rejony komunikacyjne zarazem dostatecznej ze względu na trasy alternatywne.

Budując model sieci w Poznaniu szczególną uwagę zwrócono na obiekty przeznaczone wyłącznie dla ruchu pieszego, np. schody, kładki, ciągi piesze i pieszo-jezdne a także alejki osiedlowe. Następnie uszczegółowiono sieć w obszarach śródmiejskich, w których drobniejszy podział na rejony powodował, że liczba możliwych relacji pieszych w modelu była większa, a liczba możliwych ścieżek gęstsza. Zwrócono również uwagę na powiązania celów podróży z przystankami oraz możliwości skrótów w połączeniach pieszych w przesiadkach.

Szczególnym zagadnieniem jest przypisanie atrybutów elementom grafu sieci. Z punktu widzenia makromodelu ruchu pieszego istotne jest odwzorowanie

czynników mających wpływ na wybór tras. Wybór taki odbywa się generalnie na podstawie długości i czasu przejścia trasy oraz indywidualnych upodobań pieszego związanych z bezpieczeństwem, wygodą, estetyką itp. O ile zamodelowanie długości odcinków sieci nie sprawia problemów, o tyle w przypadku czasu przejścia i indywidualnych upodobań model staje się bardziej złożony. W budowanym modelu dla Poznania przyjęto założenie, że czas przejścia jest funkcją długości drogi, wprowadzając stosowne ekwiwalenty czasowe w kryterium wyboru trasy.

Niektórzy projektanci [8] określają stopień swobody ruchu pieszego (LOS) w zależności od gęstości ruchu i wyprowadzają również zależność gęstości i prędkości ruchu pieszego. Podejście to jednak stosowane jest głównie w celach projektowych. Uzależnianie wyboru trasy w procesie rozkładu ruchu pieszego od przewidywanego stopnia swobody ruchu wydawało się mało efektywne w makro modelu, dlatego je pominięto. Ogólnie w modelu prędkość ruchu pieszego przyjęto jako 1,3 m/s, zaś 0,65 m/s na schodach niezależnie od kierunku (za [8]).

W badaniach przeprowadzonych w centrum Poznania [9] o stosunkowo dużej gęstości przejść z sygnalizacją świetlną, na różnych trasach marszrut uzyskano średnie prędkości pieszych od 1,20 do 1,26 m/s. Gdyby odwzorować wpływ tej różnicy na długość przebytej trasy w ciągu 10 minut wahała by się ona między 720 m a 756 m. Przy pominięciu strat na sygnalizacji świetlnej prędkości wynosiły od 1,33 m/s (798 m/10 min.) na trasie o najbardziej atrakcyjnym otoczeniu, na pozostałych 1,44 - 1,49 m/s. (do 894 m/10 min). Zarazem na tej najwolniejszej trasie straty na sygnalizacji spowalniały prędkość o 0,13 m/s, podczas gdy na najszybszych 0,2 do 0,3 m/s. Różnica w przebyciu dystansu w czasie straconym na różnych trasach wynosi około 100 m, zaś około 200 m w stosunku do przejścia swobodnego, zatem nie jest tak istotna w wyborze tras dłuższych przemieszczeń chociaż może być znacząca w lokalnym dopasowaniu marszrut.

W badaniach Moussy [7] rosnąca tendencja do przeszacowania i dyspersji ocen odległości była znacznie większa i narastała we wszystkich kategoriach płci i wieku wraz z spadkiem atrakcyjności otoczenia. Podstawą badań [7] było uzyskanie ocen odległości różnych ankietowanych grup osób na porównywalnych pod względem długości trasach (500, 1000 i 1500 m) o dość zróżnicowanym ich otoczeniu. Różnice wieku i płci miały wpływ na dyspersję ocen i w istocie potwierdzały powyższe założenie, jako iż mniejsze predyspozycje fizyczne wpływały w sposób silnie skorelowany z zawyżaniem ocenianego dystansu. Wyraźnie niższe szacowania uzyskiwano dla tras w atrakcyjnych ciągach handlowych, natomiast maksymalne przeszacowanie i znaczna dyspersja ocen dotyczyła otwartych, nieobudowanych ciągów mostowych z dużym ruchem samochodowym. Z punktu widzenia wyboru trasy cytowane wyżej różnice prędkości na trasach w centrum Poznania przełożone na odległość są obiektywnie nierozpoznawalne w takim stopniu, w jakim subiektywnie postrzegany jest dystans w korelacji z atrakcyjnością trasy.

Upodobania pieszych odwzorowano w [1] wprowadzając do algorytmu rozkładu ruchu pieszego ekwiwalentny czas przejścia przez odcinek, podobnie jak stosuje się to dla wyboru tras w sieci transportu publicznego. Czas ten, uwzględniany w modelu jedynie przy procedurze wyboru trasy, był powiększany przez mnoż-

niki określone indywidualnie dla mostów i wiaduktów, sąsiedztwa ruchliwych ulic oraz połączeń o złej nawierzchni, które zwykle wiązały się także z gorszym oświetleniem i niższym poczuciem bezpieczeństwa. Podkreślić należy, że nadane ekwiwalenty miały charakter subiektywny i związane z dobrą znajomością miasta. Ich potwierdzenie lub korekta wymaga odpowiednio zorganizowanych pomiarów i kalibracji wartości ekwiwalentnych.

Warto zarazem zauważyć, że obecność i jakość sygnalizacji nie jest bez znaczenia w poczuciu komfortu i atrakcyjności samej przestrzeni aktywności pieszej. W modelu makro może to mieć wpływ na potencjał produkcji ruchu pieszego, o czym dalej, ale zachowania pieszych przy punktowych oporach, zwłaszcza przy przejściu skrzyżowań i przy wyborze strony ulicy winny się odzwierciedlać dopiero w modelowaniu mikrosymulacyjnym.

4. Potoki ruchu pieszego w podrózach międzyrejonowych (warstwa 1.1)

W prezentowanym algorytmie zastosowano klasyczne podejście czterostadionowe. W etapie podziału zadań transportowych z macierzy wszystkich podróży międzyrejonowych wydzielane są podróże piesze na podstawie ogólnej zależności:

$$U_p = ae^{bl} \quad (1)$$

gdzie:

- U_p - udział podróży pieszych na danej relacji źródło – cel,
- l^p - długość podróży źródło – cel,
- a, b - współczynniki określone w procesie kalibracji.

Dla modelu poznańskiego [3] uzyskano $a = 0,9454$; $b = -0,6137$. W modelu gdańskim [4] uzyskano $a = 0,8675$, $b = -0,633$.

Ostatecznie otrzymujemy więźby podróży pieszych zapisane w formie macierzy dla poszczególnych motywacji. Macierze te rozkładano z wykorzystaniem modelu sieci w algorytmie wyboru najlepszej trasy (all or nothing). Jest to silne ograniczenie programu VISSUM w rozkładzie ruchu pieszego na sieć. Może być ono przewyżnione jedynie przez zróżnicowanie oporów w rozkładzie ruchu ze zróżnicowanymi atrybutami sieci, wykorzystując program do rozkładu ruchu indywidualnego na wiele dróg z dostosowaniem stosowanych do ruchu pieszego opcji (np. wyłączenia ograniczenia przepustowości).

5. Potoki ruchu pieszego w przemieszczeniach wewnątrzrejonowych (warstwa 1.2)

Algorytmy rozkładu ruchu nie pozwalają na rozkład ruchu wewnątrzrejonowego. Założono, że ruch ten równomiernie obciąża wszystkie odcinki sieci w danym

rejonie. Do każdego z odcinków sieci przypisano więc potok ruchu pieszego według zależności:

$$P_{1.2} = L_P l_{sr} / D \quad (2)$$

gdzie:

$P_{1.2}$ - średni potok pieszy w podróżach wewnątrz rejonowych,

L_P - liczba podróży pieszych wewnątrz rejonowych (wartości na przekątnej macierzy),

l_{sr} - średnia długość podróży pieszej wewnątrz rejonu,

D - sumaryczna długość wszystkich połączeń pieszych wewnątrz rejonu.

Aby obliczyć liczbę podróży wewnątrzrejonowych konieczne jest określenie średniej długości tych podróży w każdym z rejonów. Przyjęto założenie, że średnia długość podróży w rejonie jest równa promieniowi okręgu o powierzchni równej powierzchni rejonu.

W przyjętym podejściu [1] potok pieszy (1.2) opisuje równomierne natężenie ruchu w sieci w całym rejonie, zależnym od długości tras pieszych wprowadzonych do modelu sieci lub obliczonej jej długości. Ścisłe odwzorowanie przemieszczeń można uzyskać uwzględniając w modelu sieci miejsca koncentracji potoku na mapie dróg z eliminacją tras obocznych. Będzie to zależne od celu modelowania.

6. Potoki piesze w podróżach transportem zbiorowym (warstwa 2.1)

Oprogramowane procedury rozkładu potoków pasażerskich na model sieci transportu zbiorowego pozwalają na rozkład tych potoków na połączeniach pieszych w ramach dojeżdżać do przystanków i celów podróży oraz przejść w przesiadkach. Do rozkładu tego ruchu wykorzystywany winien być model sieci połączeń pieszych.

W ramach poszukiwania ścieżek dla potoków pasażerskich, procedura winna umożliwiać wyznaczanie krawędzi między centroidami rejonów a przystankami. Centroida musi być oczywiście założona na sieci powiązań pieszych a nie bezpośrednio na przystanku transportu zbiorowego. Jako, że rozkład w ruchu pasażerskim odbywa się metodą równoważenia, dla każdej relacji może być znalezionych kilka ścieżek, a potok podzielony między te ścieżki. Konsekwencją tego może być również kilka różnych ścieżek przejść pieszych pomiędzy centroidą a przystankami dla jednej relacji podróży.

W przypadku przejść pieszych w ramach przesiadki, procedura rozkładu potoków pasażerskich poszukuje możliwości przesiadki i jeśli jest ona atrakcyjna, obciąża przypisaną przesiadce ścieżkę potokiem pasażerskim. Jeśli zastosujemy uproszczenia modelowe, grupując przystanki przesiadkowe w jeden, wtedy potok przesiadkowy nie zostanie odwzorowany na sieci połączeń pieszych.

7. Potoki piesze w podrózach transportem indywidualnym (warstwa 2.2)

Algorytmy programów z reguły nie pozwalają na modelowanie zachowań związanych z parkowaniem pojazdów a w szczególności modelowania dojeżdżania między miejscem parkowania a źródłem lub celem podróży. Model zawiera informację o liczbie takich dojeżdżeń w rejonie jako sumy potencjałów produkcji i atrakcji ruchu samochodów osobowych, które można przemnożyć przez wskaźnik napełnienia pojazdu (np. wg [1] - równy 1,21). Dla obliczenia wielkości tego potoku postąpiono analogicznie jak w przypadku potoków w podrózach wewnątrz rejonowych (1.2.). Przyjęto średnią długość dojeżdżenia na podstawie badań ankietowych [1] jak w tab. 1. kol. 3.

Do każdego z odcinków sieci przypisano więc potok ruchu pieszego według zależności:

$$P_{2.2} = L_{so} N_{so} d_{sr} / D \quad (3)$$

gdzie:

$P_{2.2}$ - potok pieszy w dojeżdżaniach do i z miejsca parkowania.

$L_{so} N_{so}$ - liczba dojeżdżeń do i z miejsca parkowania, równa liczbie jezdźni samochodów osobowych (L_{so}) z i do rejonu przemnożonych przez wskaźnik napełnienia N_{so} ,

d_{sr} - średnia długość dojeżdżenia do i z miejsca parkowania,

L - sumaryczna długość wszystkich połączeń pieszych wewnątrz rejonu.

Podobnie jak w przypadku potoku w warstwie 1.2, również tu pojawia się problem stałych potoków w rejonie i uzależnieniu ich od długości uwzględnianych połączeń pieszych. Dodatkowo w tym przypadku pojawia się problem parkowania w innych rejonach niż rejon źródła bądź celu podróży. W takim przypadku część przejścia pieszego jest realizowana w innym rejonie. Przyjęto, że tego typu alokacja parkowania jest symetryczna – liczba parkowań poza rejonem równa się liczbie parkowań z innych rejonów.

Tabela 1. Czasy i droga dojeżdżenia z i do miejsca parkowania samochodu wg [1]

Charakter zabudowy rejonu	Czas dojeżdżenia (s)	Droga dojeżdżenia d_{sr} dla $v=1,1$ m/s (m)	Droga d_{sr} dla czasu dojeżdżenia pomniejszonego o czas serwisowy (60 s) i dla $v=1,2$ m/s (m)
1	2	3	4
Śródmiejska i przemysłowa	205	228	174
Osiedlowa	167	185	128
Jednorodzinna zwarta	134	150	90
Jednorodzinna ekstensywna	133	147	88

8. Potoki piesze w przemieszczeniach nie definiowanych jako podróże (warstwa 3)

Szereg przejść pieszych nie jest kwalifikowanych jako podróże w świetle definicji podróży zawartej w badaniach ruchu. Podstawową grupą takich przemieszczeń są przemieszczenia na odległość krótszą niż zdefiniowana w badaniach. W badaniach poznańskich [1] jako podróż definiowano piesze przejście nie krótsze od 200 m z określoną motywacją w jednej z siedmiu klasycznych kategorii motywacyjnych.

Wg badań [2,10] około 20% podróży pieszych jest wykonywanych na odległość mniejszą niż 400 m, to jest w granicach przyjmowanych często w definicji dla budowy modeli ruchu w kraju i wielu opracowaniach zagranicznych. W przypadku przejść nie kwalifikowanych jako podróż trudno jest określić ich udział w potoku pieszym. Jest on zróżnicowany w zależności od miejsca występowania potoku. W parkach będziemy mieli spory udział przejść związanych z rekreacją, z kolei na tzw. deptakach będzie spory udział krótkich przejść między sklepami, które również mogą nie być zaliczane do podróży.

Wstępnie w [1] założono, że jest to równoważne 10%-om potoków pieszych w mieście uwzględnionych w definicji podróży. Wielkość ta powinna zostać określona w trakcie badań na podstawie pomiarów ruchu pieszego.

Ciekawym podejściem jest zastosowana przez naukowców z Uniwersytetu Maryland procedura Moped [6]. W procedurze tej stosuje się osobne zależności dla podróży pieszych związanych i niezwiązanych z domem. Dla podróży związanych z domem oprócz liczby domostw wielkość generacji ruchu uzależniona jest również od liczby właścicieli samochodu, udziału obiektów komercyjnych, połączeń ulicznych. Dla podróży niezwiązanych z domem generacja ruchu pieszego uzależniona jest od liczby mieszkańców i zatrudnionych. Struktura przestrzenna podróży wyliczana jest w oparciu o model grawitacyjny. Silną stroną procedury jest to, iż generacja ruchu pieszego budowana jest na zmiennych objaśniających odmiennych jak w modelu generacji ruchu dla wszystkich środków transportu. Jest to interesująca perspektywa badawcza – specyficzne zależności budowane dla amerykańskich suburbiów w Polsce wymagałyby podjęcia odrębnych badań. Mogły by one uwzględnić znaczenie funkcji endogenicznych w obszarze zamieszkania lub pracy oraz wpływ zabudowy rejonu na kształtowanie się mobilności pieszej.

9. Wnioski

1. Zwraca się uwagę na ważną i wieloaspektową użyteczność modelowania ruchu pieszego. Aktywność piesza, miejsca spotkań i wędrownicy w przestrzeni miejskiej są jednym z atrybutów życia miasta i jego jakości - coraz częściej intensywność ruchu pieszego postrzegana jest jako wyraz jego atrakcyjności i czynnik rozwoju zrównoważonego.

2. W zaproponowanej warstwowej strukturze modelu występuje wiele znaków zapytania, wartych i możliwych do ściślejszego zbadania. Za najważniejsze uznać należy:
 - badanie i kwantyfikacja wpływu różnorodnych przestrzeni miejskich na animowanie aktywności pieszej,
 - wartości ekwiwalentnych czasów przejść w oporach drogi w zależności od ich otoczenia.
3. Warte dalszej dyskusji są:
 - unifikacja definicji podróży ze względu na podróże piesze (200 m lub całkowita rezygnacja z limitu dystansu w przypadku występowaniu klasycznej motywacji podróży),
 - wprowadzenie dodatkowej kategorii motywacyjnej, tym samym zaliczenie w poczet podróży aktywności pieszej, poza domowej także z dojazdem i kwantyfikacją odpowiednich zmiennych objaśniających,
 - oddzielne modelowanie potencjałów produkcji ruchu pieszego w strukturze modelu czterostadiowego z wydzieleniem warstw podróży w podziale wtórnym uwzględniającym ekwiwalentne miary dystansu w strukturze funkcji (1).

Bibliografia

- [1] Badania i opracowanie Planu Transportowego Aglomeracji Poznańskiej, Raport z drugiego etapu opracowania – badania modelowe. BIT, Poznań 2014 r.
- [2] Bicycle and Pedestrian Transportation Survey, fig. 4; www.dot.wisconsin.gov. - dostęp 17.04.2014.
- [3] Birr K., Budziszowski T., Jamroz K., Zawisza M., Wybrane problemy modelowania podróży transportem zbiorowym na przykładzie Gdańska. W: Modelowanie podróży i prognozowanie ruchu, Zeszyty N-T nr 2 (98), Kraków, 2012, str. 19 -32.
- [4] Gehl J., Cities for people. Island Press, Washington DC 2010.
- [5] Gehl J., Życie między budynkami. Użytkowanie przestrzeni publicznych, Wyd.II, Rama, Kraków, 2013, tłum. Urbańska M. A., na podstawie: Gehl, J (1987) Life Between Buildings: Using Public Space , translated by Jo Koch, Van Nostrand Reinhold, New York, 1987.
- [6] Kelly J. Clinton, Pedestrian Demand Model for Evaluating Pedestrian Risk Exposure. University of Maryland, 2008.
- [7] Moussa J., Związki pomiędzy ruchem pieszym a strukturą przestrzenno transportową w regionach silnie zurbanizowanych. Rozprawa doktorska, Politechnika Poznańska, 1993.
- [8] NJDOT Pedestrian Compatible – Planning and Design Guidelines, Introduction to Pedestrian Facilities (chapter 1) – p. 3 tabl 2 (wg HCM – 94).

- <http://www.state.nj.us/transportation/publicat/pdf/PedComp/pedintro.pdf> - dostęp 17.04.2014
- [9] Młotkowski M., Paradowska E., Wpływ sterowania ruchem na warunki ruchu pieszego w centrum miasta. Praca magisterska (promotor Krych, A.), IIL PP, Poznań, 2012.
- [10] The principles of pedestrian network planning. <http://www.nzta.govt.nz/resources/pedestrian-planning-guide/docs> - dostęp 17.04.2014.