

**Waldemar Walerjańczyk**

Zakład Systemów Transportowych, Politechnika Poznańska, Wydział Maszyn Roboczych  
i Transportu

## **PROBLEMATYKA AKTUALIZACJI MODELU PODAŻY W MIKROSKOPOWEJ SYMULACJI PRZEPIYU RUCHU DLA AGLOMERACJI POZNAŃSKIEJ**

Rękopis dostarczono: maj 2018

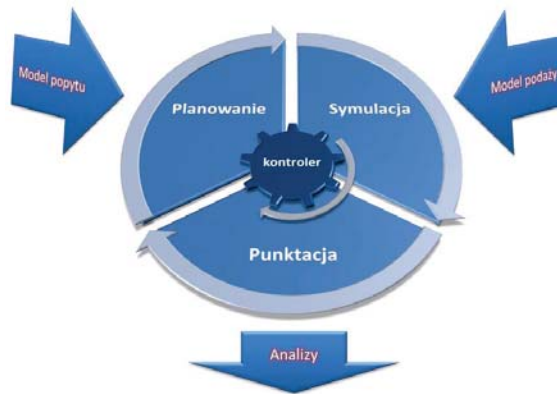
**Streszczenie:** Dotychczasowe prace nad modelem aglomeracji poznańskiej w MATSim ujawniły słabe punkty w podejściu do tworzenia modelu sieci dróg i jego wykorzystania w symulacji. Konieczność częstych (ręcznych) aktualizacji sieci dróg, oraz pojawianie się nierealistycznych marszrut (pominięcie większej części zakazów/nakazów ruchu) stały się powodem do zmiany podejścia. Dokonano włączenia restrykcji ruchu do modelu i automatyzacji procesu aktualizacji na podstawie danych OSM. Opracowano i zaimplementowano algorytm weryfikacji i konwersji danych na postać wymaganą przez wykorzystywane rozszerzenie MATSim Lanes. Dokonano też pełnej oceny nowego podejścia, wykazując jego wyższość. Najważniejsze aspekty tego procesu zostały przedstawione w niniejszym opracowaniu.

**Słowa kluczowe:** model podaży, mikroskopowa symulacja ruchu, MATSim

### **1. ZAŁOŻENIA MODELOWANIA PRZEPIYU RUCHU DLA AGLOMERACJI POZNAŃSKIEJ**

Ciągły rozwój technologii informatycznych oraz mikrosymulacyjnych podejść zorientowanych na aktywności mieszkańców umożliwia implementację nowoczesnych systemów modelowania przepływu ruchu [1]. W szczególności trend ten można zaobserwować w stosunku do dużych scenariuszy obejmujących swym zasięgiem obszary zamieszkałe przez milionowe populacje takie jak np. aglomeracja poznańska [4]. Tam gdzie ze względu na ograniczoną moc systemów komputerowych podejścia mikroskopowe nie były aplikowalne, pojawiają się rozwiązania pozwalające na zwiększenie dokładności modelowania przy bardzo rozsądnym zapotrzebowaniu na moc obliczeniową i zasoby komputerowe. Jednym z takich systemów jest wykorzystywany w Zakładzie Systemów Transportowych MATSim - system wieloagentowej mikroskopowej symulacji transportu [12]. System ten oparty jest na modelach aktywności wirtualnych mieszkańców (nazywanych agentami), którzy w toku symulacji realizują swoje całodniowe plany

wykorzystując do przemieszczania się pomiędzy miejscami swoich aktywności system transportowy modelowanego obszaru. Ogólną strukturę budowanego systemu przedstawia rysunek (Rys. 1).



Rys. 1. Struktura systemu symulacji oparta o MATSim. *Źródło: opracowanie na podstawie [7].*

Jak przedstawiano na rysunku (Rys. 1) proces symulacji w MATSim polega na iteracyjnym wykonywaniu trzech podstawowych faz, aż do uzyskania satysfakcjonującego poziomu relaksacji.

W fazie Planowania wirtualni mieszkańcy tworzą lub modyfikują swoje plany zdefiniowane w postaci łańcuchów aktywności (tu pojawia się problem odpowiedniego kształtowania modelu popytu [10]). W fazie Symulacji dokonuje się realizacja planów w oparciu o zdefiniowany model podaży [5]. W fazie Punktacji agenci oceniają realizację swoich planów na podstawie efektów symulacji i dokonują ich adaptacji przed kolejną iteracją.

Uzyskanie właściwego poziomu wiarygodności budowanego modelu zależy od poprawności modelowania każdego z jego elementów składowych. Na każdym etapie rozwoju (oraz aktualizacji) modelu pojawiają się liczne problemy badawcze wynikające z zastosowania nowatorskich rozwiązań oraz łączenia dostępnych technologii i źródeł danych. Ze względu na rozległość oraz szczegółowość modelu rodzi to określone koszty czasowe oraz zwiększa ryzyko pojawiania się błędów związanych z przetwarzaniem bardzo dużej ilości danych [7,8].

Podczas dotychczas zrealizowanych faz rozwoju modelu opracowano wiele algorytmów i narzędzi przetwarzania danych w celu ułatwienia definiowania zarówno strony podażowej jak i popytowej tworzonego modelu. Przedmiotem analiz było wykorzystanie dostępnych źródeł danych z systemów informacji geograficznej (GIS), których problematyka została przedstawiona w pracy [5], w tym darmowych map w ramach projektu OpenStreetMap (OSM), co zaprezentowano we wcześniejszych pracach [3,6].

Zagadnienie automatyzacji poszczególnych faz budowy modelu stało się przy podejściu mikroskopowym koniecznym komponentem w sposób istotny decydującym o realizowalności złożonych projektów. Problematyka automatyzacji fazy weryfikacji

modelu była prezentowana w [8,9], gdzie zwrócono uwagę na problem analizy dużej ilości danych pochodzących z systemu symulacyjnego, które muszą zostać porównane z informacjami pochodzącymi z systemu rzeczywistego. W tym zakresie istnieje poważny deficyt informacyjny, który zaspokajany jest z bardzo niehomogenicznych i obciążonych dużą dozą niepewności i/lub niekompletności źródeł [4].

Jeszcze większym wyzwaniem jest budowa i aktualizacja modelu podaży. Podejście mikroskopowe i wielkoskalowe stanowią tutaj o trudności tego zadania. Dotychczas zrealizowane podejście [3] dzięki rozwojowi narzędzia symulacyjnego MATSim [12] oraz poprawie jakości źródła danych o sieci drogowej OpenStreetMap [6] zostało w istotny sposób udoskonalone poprzez z jednej strony zwiększenie wierności modelowania sieci drogowej, z drugiej zaś przez umożliwienie automatyzacji procesu aktualizacji modelu podaży.

To właśnie te zmiany i uzyskana funkcjonalność zostaną przedstawione w kolejnych rozdziałach niniejszej pracy.

## 2. ODWZOROWANIE SIECI DROGOWEJ

Właściwe odwzorowanie sieci drogowej przy założeniu mikroskopowego podejścia do modelowania ruchu oraz obsługi dużych scenariuszy (nierzadko obejmujących i kilka województw) to wyzwanie zarówno po stronie twórcy systemu symulacyjnego oraz jego użytkownika, który musi dostarczyć dane o odpowiedniej szczegółowości oraz jakości rozumianej jako kompletność i aktualność [5,6]. Często dochodzi tu do różnego rodzaju kompromisów, których efektem jest ograniczenie dokładności i/lub funkcjonalności tworzonego rozwiązania. Nie inaczej było przy budowie modelu podaży dla aglomeracji poznańskiej. Najważniejsze problemy i ich konsekwencje oraz wprowadzone ulepszenia w aktualnym podejściu przedstawione zostaną w następnych podrozdziałach.

### 2.1. UWARUNKOWANIA HISTORYCZNE

Gdy rozpoczynano prace nad modelem dla aglomeracji poznańskiej konieczne było znalezienie właściwego narzędzia (otwartego zarówno funkcjonalnie jak i licencyjnie) oraz źródeł danych niezbędnych do uzyskania planowanego poziomu dokładności modelowania.

Odkrycie systemu MATSim [12], budowa zespołu naukowego i programistycznego w Zakładzie Systemów Transportowych ściśle współpracującego z twórcami systemu (m.in. Politechniką Berlińską) dały w zasadzie nieograniczone możliwości jeśli chodzi o kształtowanie i rozbudowę narzędzia symulacyjnego, choć ze względu na ograniczone zasoby proces ten jest dość czasochłonny.

Potencjalnych źródeł danych dla modelu podaży nie było wiele, a spośród nich jedynie projekt OpenStreetMap (OSM) wydawał się spełniać kryterium otwartości, nie miał ograniczeń licencyjnych i nie wymagał ponoszenia kosztów związanych z wykorzystaniem

i aktualizacją danych [6]. Projekt OSM jest projektem rozwojowym, którego dane są stale aktualizowane i rozbudowywane przez społeczność użytkowników i uzyskiwanie dostępu do coraz szerszej bazy publicznych źródeł danych.

Połączenie obu elementów wymagało dokonania pewnych założeń i uproszczeń niezbędnych do integracji MATSim'a i danych z projektu OSM [6]:

- węzły odpowiadają istniejącym skrzyżowaniom (są usuwane jeśli poziom szczegółowości reprezentacji sieci powoduje, iż łączą się w nim tylko dwa segmenty drogi),
- drogi reprezentowane są przez odcinki o charakterystykach zależnych od typu drogi (takich jak liczba pasów, długość, przepustowość oraz prędkość w ruchu swobodnym),
- z uwagi na niepełność, nieprecyzyjność i często niespójność danych o sygnalizacji świetlnej konieczna była rezygnacja z jej modelowania. Rozległość modelu nie dawała szans na ręczne uzupełnienie danych i zdolność do aktualizacji tych informacji.
- w modelu uwzględniono jedynie kluczowe zakazy skrętów dokonując ręcznej edycji sieci. Również w tym przypadku źródło danych było bardzo niekompletne, niespójne i jedynie ręczne modyfikacje sieci pozwalały na uwzględnienie rzeczywistych ograniczeń.

Każdy kompromis i każde uproszczenie niesie za sobą określone konsekwencje, dla modelu aglomeracji poznańskiej najbardziej uciążliwym jest element związany z ręczną edycją danych. Wynika to nie tylko z rozległości modelu (tysiące skrzyżowań) ale również problemów z jego aktualizacją – każdy kolejny import danych wymaga kolejnej fazy ręcznej edycji sieci, brak aktualizacji zaś skutkuje szybkim starzeniem modelu. Obserwujemy znaczne zmiany w sieci wynikające z jednej strony z jej rozbudowy, ale również zmiany podejścia do wykorzystania dotychczasowej infrastruktury – w szczególności dotyczącej ścisłego centrum miasta polityki uspokajania ruchu.

Obserwacja rozwoju projektu OSM, w tym ciągła i bardzo szybka aktualizacja i rozbudowa bazy danych w zakresie aglomeracji poznańskiej, pozwoliły rozpocząć prace zmierzające do lepszego i bardziej perspektywicznego wykorzystania tego źródła danych.

## **2.2. IDEA KOREKTY I AKTUALIZACJI SIĘCI W OPARCIU O DANE Z SYSTEMU OSM**

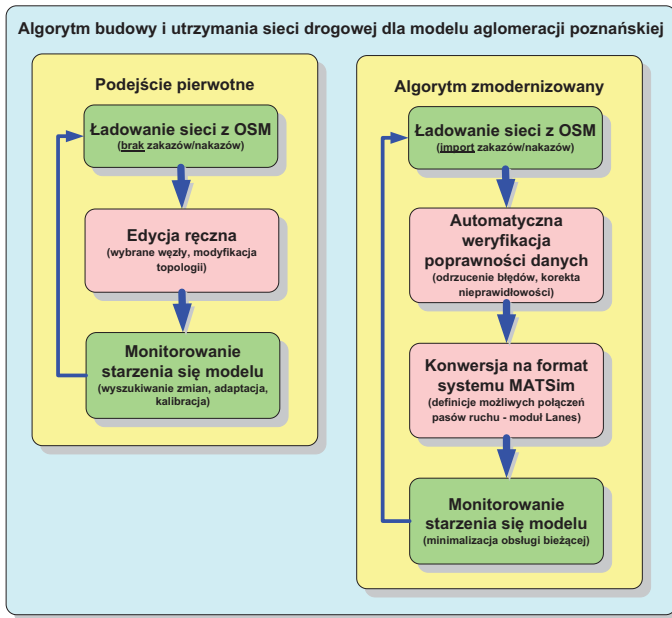
Poprawa jakości danych dostępnych w projekcie OSM pozwoliła na sformułowanie koncepcji zwiększenia wierności odwzorowania sieci i automatyzacji procesu aktualizacji modelu podaży poprzez wykorzystanie:

- informacji o zakazach/nakazach jazdy w bazie OSM zdefiniowanych w postaci relacji o kluczu „restriction” i możliwych wartościach:
  - no\_right\_turn, no\_left\_turn, no\_u\_turn, no\_straight\_on, no\_entry,
  - only\_right\_turn, only\_left\_turn, only\_straight\_on.
- modułu Lanes systemu MATSim, który umożliwił uwzględnienie powyższych ograniczeń bez ingerencji w topologię sieci. Wykorzystano specjalny plik

definitywny, którego zawartość określa możliwe kierunki ruchu z każdego pasa drogi w fazie wyznaczania najkrótszej ścieżki podczas symulacji modelu [2].

Wykorzystanie powyższych elementów wymagało identyfikacji możliwości i ograniczeń wynikających z odmienności reprezentacji informacji oraz możliwych błędów, niekompletności lub nadmiarowości informacji w systemie OSM.

Ogólny algorytm przetwarzania danych przedstawiono na poniższym rysunku (Rys. 2).



Rys. 2. Modernizacja algorytmu budowy i utrzymania modelu sieci drogowej. Źródło: opracowanie własne.

Przedstawiony na rysunku algorytm nie uwzględnia naturalnych procesów związanych z walidacją/kalibracją całego modelu podaży w ramach aglomeracji poznańskiej. Pokazuje natomiast najważniejsze zmiany ułatwiające zarządzanie starzeniem się modelu i czyniące jego aktualizację znacznie mniej kosztowną przy jednocześnie zwiększonej dokładności modelowania (automatyczne uwzględnienie ponad 800 restrykcji ruchu przy pierwotnie żmudnie modelowanych kilkunastu).

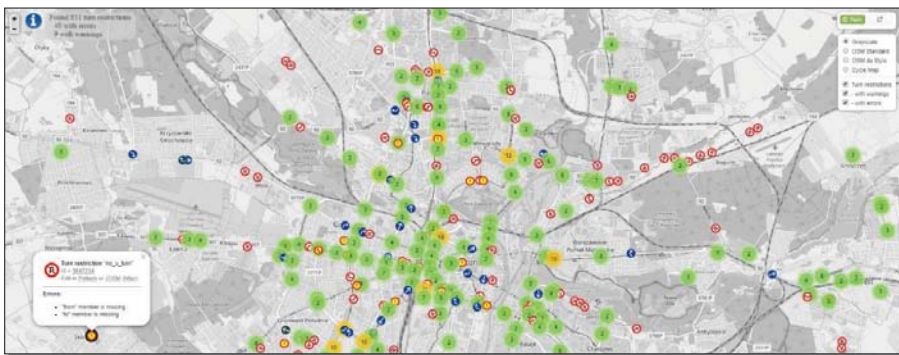
Automatyzacja szczególnie kosztownych czasowo etapów pracy nad modelem jest niezwykle potrzebna, wiąże się jednak z koniecznością odpowiedniej weryfikacji tworzonych rozwiązań i zabezpieczenia ich przed istniejącymi i potencjalnymi zagrożeniami w postaci błędów w przetwarzanych zestawach danych. Położono szczególnie duży nacisk na zachowawcze działanie algorytmów aby zminimalizować ryzyko przeniknięcia błędów z systemu OSM do tworzonego modelu aglomeracji poznańskiej.

### 3. WERYFIKACJA DANYCH O RESTRYKCJACH W SIECI DROGOWEJ DLA AGLOMERACJI POZNAŃSKIEJ

Poprawiająca się biegiem lat jakość danych dostępnych w projekcie OSM była jednym z powodów sformułowania i realizacji koncepcji automatyzacji procesu aktualizacji modelu podaży oraz poprawy jego jakości poprzez wykorzystanie informacji o zakazach/nakazach jazdy zdefiniowanych w warstwie sieciowej bazy OSM (dalej nazywanych restrykcjami lub ograniczeniami).

Ze względu na doświadczenia lat ubiegłych w zakresie wykorzystania danych projektu OSM konieczne było zweryfikowanie zgromadzonych tam danych w zakresie relacji, które miały stać się źródłem danych w procesie automatycznego wspomaganie budowy sieci drogowej. Z jednej strony miało to pomóc określić bieżący poziom błędów i monitorować go w przyszłości, z drugiej opracować algorytm detekcji i ewentualnej korekty niektórych błędów.

Konieczność weryfikacji danych OSM jest na tyle oczywistym etapem pracy, iż można znaleźć wiele narzędzi czy dodatków pozwalających na zrealizowanie tego zadania. W ramach prac wstępnych wykorzystano serwis dostępny pod adresem <https://ahorn.lima-city.de/tr/> oferujący wygodny w użyciu i czytelny interfejs [11]. Przykładowy widok mapy podczas weryfikacji restrykcji dla aglomeracji poznańskiej przedstawia rysunek (Rys. 3):



Rys. 3. Weryfikacja restrykcji zdefiniowanych w OSM z wykorzystaniem serwisu internetowego.  
*Źródło: [11].*

Analiza danych na przestrzeni pół roku (X 2017r. – III 2018r.) pokazuje stałą poprawę jakości danych w tym zakresie (spadek liczby błędów z 84 do 55 dla analizowanego obszaru aglomeracji poznańskiej) i niewielki wzrost netto liczby zdefiniowanych ograniczeń (przy liczności zbioru na poziomie 900 jest to jedynie ok. 30 nowych relacji w badanym okresie ~3,3%).

Z punktu widzenia problemów bieżących można pokusić się o zrealizowanie korekty dostrzeżonych błędów, natomiast zakładając podejście systemowe i uniwersalność tworzonego rozwiązania zdecydowano się zbudować algorytm detekcji i korekty napotykanym błędów.

Stworzony algorytm w większości przypadków po wykryciu relacji, która zawiera niepoprawne dane odrzuca ją, informując jednocześnie użytkownika o zaistniałej sytuacji. W pewnej części przypadków możliwa jest korekta napotkanych błędów, użytkownik otrzymuje wówczas ostrzeżenie z opcją wyboru działania automatycznego – dotychczasowe eksperymenty pokazały poprawne działanie algorytmu, ale nie można wykluczyć sytuacji przeciwnej.

Często powtarzającym się błędem jest definicja klucza „via” bez podania obiektu, jednak przy poprawnie zdefiniowanych kluczach „from” i „to” i stwierdzonej koincydencji wskazanych tam obiektów, z dużym prawdopodobieństwem można uznać taką definicję za poprawną (nigdy nie stwierdzono inaczej, niemniej sytuacji takiej nie można wykluczyć gdy algorytm będzie aplikowany do innego obszaru, zwłaszcza na terytorium innego kraju). Ostatecznie zdecydowano, iż automatyzacja powinna być zachowawcza, ponieważ przy dużej liczbie danych operator może przeoczyć ostrzeżenia lub uznać je za nieistotne, a do modelu wprowadzone zostaną nieuprawnione dane.

W efekcie realizacji opisanego algorytmu użytkownik otrzymuje wygodne narzędzie automatyzujące większą część procedury importu ograniczeń. W trakcie operacji importu wyświetlane są komunikaty, dzięki którym możliwe jest monitorowanie przebiegu procesu, w tym szczegółowych komunikatów wyjaśniających powody zadziałania określonego mechanizmu detekcji lub korekcji danych, co przedstawiono na rysunku (Rys. 4):

```

2018-03-11 21:38:54,330 INFO OsmNetworkReader:471 Removing restrictions that refer to nonexistent ways or nodes ...
2018-03-11 21:38:54,330 INFO OsmNetworkReader:477 Missing From way: 28176799 dropping restriction id: 6802574 no_u_turn osm_from:28176799 osm_to:28176799 osm_via:306105225
2018-03-11 21:38:54,330 INFO OsmNetworkReader:480 Missing To way: 340662669 dropping restriction id: 5333837 no_right_turn osm_from:339389551 osm_to:340662669 osm_via:34631
2018-03-11 21:38:54,330 INFO OsmNetworkReader:480 Missing To way: 340662669 dropping restriction id: 5333836 no_left_turn osm_from:357838656 osm_to:340662669 osm_via:346371
2018-03-11 21:38:54,330 INFO OsmNetworkReader:477 Missing From way: 98249428 dropping restriction id: 5642449 only_straight_on osm_from:98249428 osm_to:378623493 osm_via:11
2018-03-11 21:38:54,330 INFO OsmNetworkReader:477 Missing From way: 162990106 dropping restriction id: 5746881 only_right_turn osm_from:162990106 osm_to:295623894 osm_via:1
2018-03-11 21:38:54,330 INFO OsmNetworkReader:477 Missing From way: 251496087 dropping restriction id: 5642441 only_straight_on osm_from:251496087 osm_to:378623495 osm_via:1
2018-03-11 21:38:54,330 INFO OsmNetworkReader:477 Missing From way: 32339317 dropping restriction id: 4460702 only_right_turn osm_from:32339317 osm_to:320520589 osm_via:322
2018-03-11 21:38:54,330 INFO OsmNetworkReader:477 Missing From way: 278844078 dropping restriction id: 3707146 no_u_turn osm_from:278844078 osm_to:278844077 osm_via:0
    
```

Rys. 4. Komunikaty dotyczące zdarzeń podczas importu restrzykcyj zdefiniowanych w sieci OSM. *Źródło: Opracowanie własne.*

Cały proces ładowania danych z systemu OSM kończy się podsumowaniem, w którym pojawiają się również informacje zbiorcze o liczbie zaimportowanych oraz odrzuconych relacji (Rys. 5):

```

2018-03-11 21:39:28,495 INFO OsmNetworkReader:223 = conversion statistics: =====
2018-03-11 21:39:28,495 INFO OsmNetworkReader:224 osm: # nodes read: 112162
2018-03-11 21:39:28,495 INFO OsmNetworkReader:225 osm: # ways read: 20650
2018-03-11 21:39:28,500 INFO OsmNetworkReader:226 osm: # restrictions read:820 (rejected:72)
2018-03-11 21:39:28,500 INFO OsmNetworkReader:227 MATSim: # nodes created: 25730
2018-03-11 21:39:28,500 INFO OsmNetworkReader:228 MATSim: # links created: 56720
2018-03-11 21:39:28,500 INFO OsmNetworkReader:236 = end of conversion statistics =====
    
```

Rys. 5. Podsumowanie procedury importu restrzykcyj z systemu OSM. *Źródło: Opracowanie własne.*

Weryfikacja danych a następnie import wszystkich poprawnie zdefiniowanych ograniczeń z systemu OSM są zaledwie koniecznym wstępem przed drugą fazą importu jaką jest konwersja uzyskanych informacji na format możliwy do wykorzystania w trakcie symulacji w systemie MATSim. Problematykę związaną z tym zagadnieniem przedstawiono w kolejnym rozdziale.

## 4. KONWERSJA INFORMACJI O RESTRYKCJACH W SIECI DROGOWEJ NA FORMAT SYSTEMU MATSIM

Druga faza importu danych z systemu OSM polega na odpowiedniej ich konwersji do formatu wymaganego w systemie MATSim (rozszerzenia Lanes do tego systemu) [12].

Pojawia się tu kilka problemów wynikających z odmiennej reprezentacji poszczególnych informacji oraz dokonywanym w trakcie importu zmianom w strukturze sieci (np. ze względu na ograniczenie poziomu szczegółowości modelowanej sieci, czy optymalizację redukującą zbędne węzły lub nieistotne/błędne przy danym poziomie odwzorowania linki).

Po stronie systemu MATSim (dzięki rozszerzeniu Lanes) restrykcje OSM muszą zostać zamienione na listę dozwolonych kierunków przepływu ruchu, która zapisana w postaci pliku xml wpływa na działanie algorytmu wyszukiwania najkrótszej ścieżki [2]. Fragment pliku zdefiniowanego dla aglomeracji poznańskiej (efekt konwersji pojedynczej restrykcji OSM) przedstawia rysunek (Rys. 6):

```
<!-- Restriction id: 4139058 no_right_turn from:49774 to:52872 via:162715657 -->
<lane id="osm_restr_4139058">
  <leadsTo>
    <toLink refId="42071"/>
  </leadsTo>
  <representedLanes number="3.0"/>
  <capacity vehiclesPerHour="3000.0"/>
  <startsAt meterFromLinkEnd="32.68587408139624"/>
  <alignment>0</alignment>
</lane>
</lanesToLinkAssignment>
```

Rys. 6. Rezultat konwersji pojedynczej restrykcji OSM na format dla systemu MATSim. *Źródło: Opracowanie własne.*

Implementacja omówionej wersji algorytmu konwersji restrykcji dotyczy metody Convert klasy OsmNetworkReader - jest to jedyne miejsce, w którym dane sieciowe OSM i dane sieciowe MATSim współlistnieją. Oba zestawy danych są dla algorytmu konwersji wymagane, ponieważ ograniczenia OSM odnoszą się do identyfikatorów OSM, natomiast plik definiujący dla modułu Lanes musi odnosić się do identyfikatorów w sieci MATSim. Ogólny algorytm konwersji danych przedstawiono na rysunku (Rys. 7):



Rys. 7. Algorytm konwersji restrykcji OSM na format dla systemu MATSim. *Źródło: Opracowanie własne.*



Aktualna wersja algorytmu wykorzystuje dane o ograniczeniach z OSM do stworzenia właściwego opisu połączeń pasów ruchu poprzez analizę topologii sieci. Faza testowa (w pełnej skali modelu) wykazała, że ta metoda jest całkowicie skuteczna dla obecnej postaci sieci w aglomeracji poznańskiej.

## 5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Zrealizowane dotychczas testy syntetyczne ujawniły pewne mankamenty i luki w opracowanej metodzie, ale dla danych rzeczywistych problematyczne scenariusze nie ujawniły się. Dla poprawnie zdefiniowanych danych w systemie OSM skuteczność metody w obszarze aglomeracji poznańskiej jest 100%.

Obecna postać algorytmu realizowana jest dla danych filtrowanych do zakładanego poziomu szczegółowości (klas dróg) przed uruchomieniem procedury importu i konwersji. Z tego powodu w danych mogą istnieć relacje odwołujące się do nieistniejących obiektów, które są usuwane jako błędne. Może to prowadzić do sytuacji (mało prawdopodobnej) gdy np. nakaz skrętu w prawo na drodze głównej zostanie usunięty z powodu usunięcia drogi podrzędnej, w którą należało skręcić. Poprawna obsługa takiego scenariusza wymagałaby szerszego przebudowania procedury przetwarzania danych czyli delegowania filtracji do algorytmu konwersji ograniczeń w sieci drogowej. Obecnie zadania te realizowane są w oprogramowaniu zewnętrznym (Osmosis) [13].

Jedynym przypadkiem, który w obecnej wersji algorytmu nie jest świadomie w pełni obsługiwany (nakład pracy niewspółmierny z efektem i dotyczy w zasadzie specyficznych, złożonych skrzyżowań) jest sytuacja gdy w ograniczeniu typu „zakaz zawracania” istnieje wiele segmentów "via" - w tym przypadku do prawidłowego zdefiniowania połączeń między pasami ruchu a pozostałymi gałęziami sieci wymagana jest metoda analizy połączeń na podstawie mapy (kierunków poruszania się, a nie samej topologii). Aktualna implementacja nie gwarantuje, iż algorytm najkrótszej ścieżki nie znajdzie „obejścia” dla niekompletnego zakazu; jednocześnie testy pokazują, iż dla aglomeracji poznańskiej taka sytuacja nie ma miejsca. Zgodnie z polityką zachowawczą algorytm domyślnie odrzuca i ostrzega użytkownika o tego typu przypadkach.

Uzyskane w ramach opisanych prac narzędzie, choć nie rozwiązuje wszystkich problemów i wymaga pamiętania o swoich ograniczeniach, w znacznym stopniu wspomaga pracę użytkownika w budowie i aktualizacji modelu podaży dla aglomeracji poznańskiej.

Na obecnym etapie prac nie zrealizowano porównania jakości wyników otrzymywanych ze zaktualizowanego modelu, gdyż w dalszym ciągu trwają prace związane z jego kalibracją, a liczba zmian jakie dokonały się w ciągu 4 lat (jakie dzielią oba modele) oraz modyfikacji modelu popytu czynią te porównania jeśli nie mało istotnymi, to na pewno drugoplanowymi.

Największym zyskiem jest oszczędzenie dotychczasowej benedyktyńskiej pracy nad reedycją sieci w obrębie problematycznych skrzyżowań, oraz umożliwienie szybszej reakcji na zmieniające się polityki transportowe czy rozbudowę infrastruktury drogowej. Zwiększenie precyzji modelowania dzięki uwzględnieniu 820 restrykcji przepływu ruchu

w aglomeracji poznańskiej również jest oczywistym zyskiem wynikającym z udanej implementacji omówionej w pracy koncepcji.

### Bibliografia

1. Bekhor S., Dobler C., Axhausen K.W., Integration of Activity-Based with Agent-Based Models: an Example from the Tel Aviv Model and MATSim. The 90th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., 2011.
2. Horni, A., Nagel, K. and Axhausen, K.W. (eds.) 2016 The Multi-Agent Transport Simulation MATSim. London: Ubiquity Press. DOI: <http://dx.doi.org/10.5334/baw>. License: CC-BY 4.0
3. Maciejewski M., Piątkowski B., Walerjańczyk W.: Od makroskopowego modelu popytu na podróże do całodobowej mikroskopowej symulacji przepływu ruchu. *Przegląd Komunikacyjny*, 2/2014, s. 27-31.
4. Piątkowski B., Maciejewski M., Walerjańczyk W.: Mikroskopowa całodobowa symulacja ruchu drogowego w aglomeracji poznańskiej, X Konferencja Naukowo-Techniczna Systemy Transportowe Teoria i Praktyka Katowice, 9-10 IX, 2013.
5. Piątkowski B., Maciejewski M.: Zastosowanie danych GIS o zagospodarowaniu przestrzennym w mikroskopowej symulacji ruchu, *Prace Naukowe PW - Transport*. Vol. 95, 2013, s. 411-419.
6. Piątkowski B., Maciejewski M.: Zastosowanie map OSM w budowie modelu sieci dla aglomeracji poznańskiej. *Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczypospolitej Polskiej*, Kraków, 2(98)/2012, s. 163-177.
7. Walerjańczyk W., Maciejewski M.: Łańcuchy aktywności w procesie kalibracji mikroskopowego modelu ruchu drogowego dla aglomeracji poznańskiej. *Logistyka*, 4/2015, s. 1107-1116
8. Walerjańczyk W., Maciejewski M.: Weryfikacja modelu mikroskopowej całodobowej symulacji ruchu drogowego w aglomeracji poznańskiej. *Technika Transportu Szynowego*, 10/2013, s. 2695-2704.
9. Walerjańczyk W.: Automatyzacja procesu weryfikacji mikroskopowego modelu ruchu drogowego dla aglomeracji poznańskiej, *Logistyka*, 4/2014, s. 2573-2582.
10. Walerjańczyk W.: Weryfikacja łańcuchów aktywności na potrzeby mikroskopowej wieloagentowej symulacji ruchu drogowego w aglomeracji poznańskiej, *Logistyka*, 4/2015, 4/2015, s. 6417-6425.
11. [www.ahorn.lima-city.de/tr/](http://www.ahorn.lima-city.de/tr/) (04.2018)
12. [www.matsim.org](http://www.matsim.org) (03.2018)
13. [wiki.openstreetmap.org/wiki/Osmosis](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Osmosis) (3.2018)

### THE ISSUE OF SUPPLY MODEL UPDATE IN THE MICROSCOPIC TRAFFIC FLOW SIMULATION FOR THE POZNAN AGGLOMERATION

**Summary:** The development of MATSim scenario for the Poznan agglomeration has revealed some weak points in so far approach to creating road network model and its use in simulation. Decision was made to change approach toward incorporating turn restrictions into model (with use of MATSim Lanes extension) and automating update process from OSM data. A special verification and conversion algorithm has been developed, implemented and assessed. The most important aspects of this process has been presented in this paper.

**Keywords:** supply model, microscopic traffic simulation, MATSim