

ARTYKUŁ

informacja sygnałna Departamentu Analiz Transportowych i Programowania, Centrum Unijnych Projektów Transportowych, Plac Europejski 2, 00-844 Warszawa, e-mail: zmr@cupt.gov.pl

Zintegrowany Model Ruchu (ZMR) – krajowy strategiczny model transportowy¹

Streszczenie: W artykule przedstawiono kontekst oraz podstawowe założenia opracowania Zintegrowanego Modelu Ruchu w Centrum Unijnych Projektów Transportowych. Narzędzie jest przeznaczone do optymalizacji procesu planowania strategicznego w sektorze transportu oraz jako instrument wsparcia dla wypełnienia warunków KE finansowania inwestycji transportowych w perspektywie finansowej 2021–2027. Zbudowany model dotyczy roku 2015/2019 oraz horyzontów prognostycznych na lata 2025 oraz 2030 z możliwością uwzględnienia dalszych horyzontów prognostycznych. Jednocześnie w toku prac podjęto próbę zbudowania modelu towarowego. Podczas prac nad budową modelu zidentyfikowano i potwierdzono szereg problemów z dostępnością danych, co stanowi pewne ograniczenie w zakresie opracowania modeli ruchu.

Słowa kluczowe: prognozowanie ruchu, model ruchu, model transportowy.

Wprowadzenie

Wykorzystanie środków unijnych na rozwój infrastruktury transportowej z budżetu unijnego na lata 2021–2027 po raz pierwszy zostało uwarunkowane wykorzystaniem modelowania do określenia efektywności planów inwestycyjnych. Przygotowanie dokumentów planistycznych wykorzystujących wyniki analiz modelowych jest warunkiem, który musi zostać spełniony przed dokonaniem refundacji środków unijnych ze strony Komisji, a dodatkowo jego spełnienie jest weryfikowane przez cały okres perspektywy finansowej².

Modelowanie transportowe w Polsce ma już za sobą wieloletnią historię. Nigdy jednak nie zaistniała konieczność wykorzystania analiz tego typu na tak dużą skalę w planowaniu strategicznym. Wymogi postawione przez Komisję Europejską stały się podstawą do podjęcia decyzji o budowie narzędzia, Zintegrowanego Modelu Ruchu, jako pierwszego krajowego modelu transportowego powstającego powyżej poziomu zarządców infrastruktury. Jednocześnie proces powstawania modelu dał okazję do wykorzystania doświadczeń i rozwiązań zdobytych przy budowie wcześniejszych narzędzi – w szczególności Krajowego Modelu Ruchu, modelu PKP PLK SA oraz modelu INMOP3 [1,2,3]. Stworzenie narzędzia powierzono Centrum Unijnych Projektów Transportowych, jednostce podległej Ministrowi Infrastruktury.

Kluczową rolę w budowie modeli ruchu, niezależnie od stopnia hierarchii i podejścia metodologicznego, odgrywa oparcie założeń na odpowiednich (aktualnych, reprezentatywnych, zaufanych, przedstawionych w odpowiedniej strukturze, jednolitych) danych.

W trakcie budowy Zintegrowanego Modelu Ruchu przez CUPT napotkano szereg kwestii problematycznych, z którymi zderzają się planiści w Polsce. Zidentyfikowano brakujące źródła danych, które stanowią pewne ograniczenie w zakresie poprawnego wykonania przedmiotowego modelu krajowego, m.in.:

- jednolite, spójne badanie zachowań transportowych w skali krajowej;
- szczegółowe pomiary ruchu pasażerskiego w autobusach i mikrobusach;
- jednolite, spójne pomiary ruchu pasażerskiego na kolei.

Jedną z podstawowych informacji w procesie budowy modeli transportowych są wyniki badań ruchliwości mieszkańców. W modelach wojewódzkich czy metropolitalnych (miejskich) takie dane są dostępne – wiele miast realizowało badania typu KBR, a wyniki tych badań stanowiły podstawę w procesie budowy i kalibracji modeli regionalnych czy też lokalnych. Jednakże, jak wynika z analiz przeprowadzonych przez CUPT i na zlecenie CUPT m.in. przez firmę AECOM w ramach umowy na Świadczenie usługi doradztwa technicznego, prawnego oraz ekonomicznego dla Centrum Unijnych Projektów Transportowych w ramach działań związanych z wdrażaniem projektów Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko, generalnie można stwierdzić, że brak jest jednolitej metodologii przeprowadzania kompleksowych badań ruchu. Opisane badania różnią się co do obszaru objętego badaniem, przyjętej próby badawczej, zakresu badań i przyjmowanych definicji badanych zachowań. Mimo zaobserwowanych różnic oraz ograniczonym dostępem do danych krajowych przy pracach nad ZMR uwzględniono wyniki z tych badań przy budowie założeń do popytu.

Przy braku podstawowego źródła danych wykorzystywanego przy budowie modeli w skali kraju, jakimi są badania KBR, z pomocą przychodzą duże zbiory danych, tzw. Big Data. W innych krajach z powodzeniem używa się np. macierzy przemieszczeń kart SIM jako uzupełnienie lub w celu aktualizacji modeli ruchu. Metoda oparta na użyciu macierzy z kart SIM została zastosowana w projekcie INMOP3 i dała obiecujące wyniki oraz była dobrym krokiem w kierunku wykorzystania Big Data w modelowaniu ruchu [3].

¹ ©Transport Miejski i Regionalny, 2021.

² Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiające wspólne przepisy dotyczące Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, Europejskiego Funduszu Społecznego Plus, Funduszu Spójności i Europejskiego Funduszu Morskiego i Rybackiego, a także przepisy finansowe na potrzeby tych funduszy oraz na potrzeby Funduszu Azylu i Migracji, Funduszu Bezpieczeństwa Wewnętrznego i Instrumentu na rzecz Zarządzania Granicami i Wiz, COM(2018) 375.

Należy pamiętać, że pomimo możliwości pozyskania takich danych trzeba je traktować jako uzupełnienie lub dodatek, a nie substytut badań zachowań komunikacyjnych, chociażby ze względu na brak możliwości lub trudność w zdefiniowaniu motywacji podróży czy środka transportu dla danego przemieszczenia karty SIM. Z tego powodu nadal podstawowym zestawem danych powinny być badania ściśle nastawione na badanie podróży i zachowań komunikacyjnych mieszkańców, w tym informacja o całej podróży od momentu wyjścia z domu do momentu dotarcia do celu podróży wraz z dodatkowymi informacjami o etapach podróży oraz o samym podróżnym.

W ramach budowy ZMR wykorzystano częściowo wyniki badania zachowań komunikacyjnych ludności w Polsce [4], niemniej niezbędna jest pewna systematyczność tego rodzaju badań, aby można było mówić o zasileniu modeli krajowych i ich aktualizacji w sposób systemowy. Badanie tego typu jest dość kosztowne, lecz niezbędne w celu poznania w pełni procesu decyzyjnego, jaki dokonuje podróżny, oraz wymaga pewnego ustrukturyzowania instytucjonalnego.

Jak wspomniano na początku, dostępność do danych jest istotnym elementem w przypadku planowania systemów transportowych, zwłaszcza tam, gdzie kluczową rolę odgrywa możliwość stworzenia scenariuszy prognostycznych stanów sieci transportowej i zbadania wpływu na decyzję o podróżach w przyszłości.

Wsparcie procesów decyzyjnych i planistycznych to cel jaki postawiono przed Zintegrowanym Modelem Ruchu, nad którym prace realizowane są od połowy 2018 roku, z udziałem ekspertów CUPT, konsultanta zewnętrznego firmę ARUP, JASPERS, a także doradców z zakresu modelowania ruchu oraz planowania transportu.

ZMR jest dodatkowo narzędziem wspierającym wypełnienie warunku podstawowego Komisji Europejskiej w zakresie finansowania inwestycji transportowych w perspektywie lat 2021–2027.

Szerokie zastosowanie modelu będzie służyło przeprowadzeniu kompleksowych analiz m.in. w zakresie:

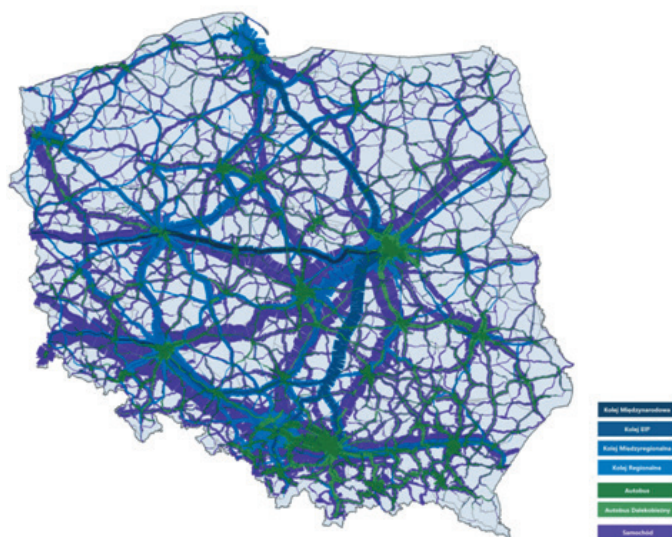
- wrażliwości instrumentów polityki transportowej,
- emisyjności transportu,
- zarządzania aktywami dla właścicieli infrastruktury (podażą infrastruktury),
- przewozu towarów,
- zrównoważonego rozwoju.

Charakterystyka modelu ZMR

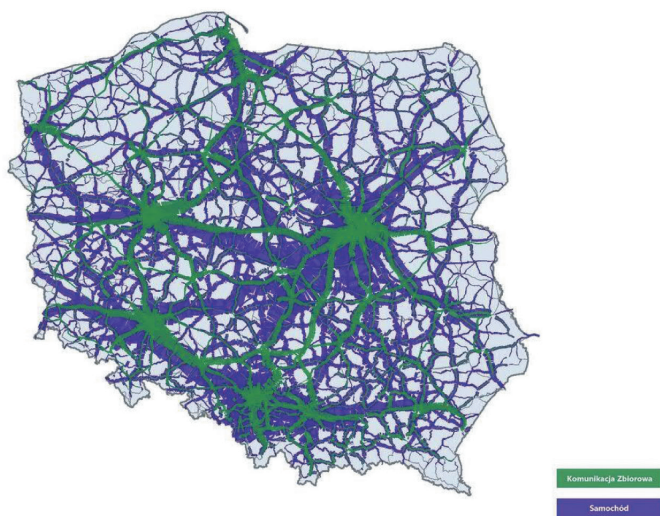
Model ZMR został opracowany na rok bazowy 2015 i jest 4-stopniowym modelem pasażerskim, uwzględniającym ruch ciężarowy na drogach.

Dokonano sprawdzenia działania modelu i potwierdzono jego wysoką jakość poprzez odwzorowanie stanu z roku 2019 (w odniesieniu do podaży i popytu) i porównując wyniki jego działania z dostępną bazą pomiarową (z 2019 roku).

Modele uwzględniają wzajemne zależności transportu publicznego oraz prywatnego. Na rysunku 1 przedstawiono natężenia ruchu dla wszystkich środków transportu na rok 2019, a na rysunku 2 natężenia ruchu pasażerskiego w roku 2015.



Rys.1. Natężenia ruchu dla wszystkich środków transportu (2019)
Źródło: opracowanie własne



Rys.2. Natężenia ruchu pasażerskiego zbiorowego i indywidualnego (2015)
Źródło: opracowanie własne

Modele zawierają:

- sieć drogową oraz uproszczone kodowanie skrzyżowań;
- siatkę połączeń publicznego transportu zbiorowego: sieć kolejowa, połączenia autobusowe;
- sieć dróg śródlądowych, porty morskie oraz porty lotnicze;
- 7 motywacji podróży;
- koszt uogólniony uwzględniający czas, odległość, opłaty;
- uproszczony model zewnętrzny.

Aby jak najlepiej odzwierciedlić zachowania komunikacyjne podróżnych, wprowadzono segmentację pozwalającą wyłonić pewne charakterystyczne cechy danej grupy. Poniższe segmentacje wynikają z analizy dostępnych źródeł danych i są wynikiem procesu iteracyjnego budowy modelu ruchu i dobieraniem takiego zestawu segmentacji, aby jak najlepiej odzwierciedlić proces decyzyjny:

- motywacje podróży,
- grupy wiekowe,
- dostęp do samochodu/brak dostępu do samochodu,
- typ gminy zamieszkania,
- typ funkcjonalny gminy zamieszkania.



Rys. 3. Więźba podróży dla motywacji: dom – biznes (2019)

Źródło: opracowanie własne



Rys. 4. Więźba podróży dla motywacji: dom – praca (2019)

Źródło: opracowanie własne



Rys. 5. Więźba podróży dla motywacji: dom – szkoła (2019)

Źródło: opracowanie własne



Rys. 6. Więźba podróży dla motywacji: dom – uczelnia (2019)

Źródło: opracowanie własne



Rys. 7. Więźba podróży dla motywacji: dom – inne aktywności (2019)

Źródło: opracowanie własne



Rys. 8. Więźba podróży dla motywacji: biznes – niezwiązane z domem (2019)

Źródło: opracowanie własne



Rys. 9. Więźba podróży dla motywacji: inne aktywności – niezwiązane z domem (2019)

Źródło: opracowanie własne

Na rysunkach 3–9 przedstawiono odwzorowanie graficzne więzby podróży w 7 motywacjach na rok 2019:

- obligatoryjne:
 - dom – praca,
 - dom – szkoła,
 - dom – uczelnia,
- nieobligatoryjne:
 - dom – biznes (długie podróże służbowe),
 - dom – inne aktywności (np. rekreacja, zakupy, służba zdrowia itd.),
 - inne aktywności – niezwiązane z domem,
 - biznes – niezwiązane z domem.

Powyższa segmentacja pozwoliła lepiej odwzorować na przykład ruchliwość mieszkańców miast wojewódzkich w porównaniu do ruchliwości mieszkańców gmin wiejskich lub wybory środka transportu w zależności od dostępności samochodu.

Prognozy ruchu zostały opracowane w oparciu o ZMR na rok bazowy 2015/2019. Modele prognostyczne zawierają analogiczną strukturę obliczeniową – jak ta zastosowana w modelu bazowym – czyli pełną procedurę obliczeniową dla modelu popytu oraz rozkładu ruchu na sieć.

Prognozy opracowano dla następujących horyzontów czasowych:

- 2025 – wariant domykający stan infrastruktury transportowej,
- 2030 – wariant prognostyczny zgodny z projektami dokumentów strategicznych.

Zgodnie z założeniem wariant na rok 2025 został zbudowany jako referencyjny scenariusz prognostyczny, zakładający rozwój infrastruktury w zakresie inwestycji przesądzonych. Będzie on stanowił podstawę do sporządzania prognoz kierunkowych, w których będzie można definiować i sprawdzać dowolne konfiguracje inwestycji infrastrukturalnych.

Opracowując prognozy na lata 2025 oraz 2030, założono m.in. aktualizację zmiennych objaśniających, zmianę wartości czasu w horyzontach prognostycznych oraz rozwój infrastruktury.

W odniesieniu do niektórych zmiennych objaśniających, takich jak liczba ludności czy PKB, opracowano kilka wariantów możliwych trendów rozwoju: pesymistyczny, realistyczny i optymistyczny.

Docelowo planuje się również opracowanie modeli prognostycznych na lata 2040 i 2050, definiując je jako odległe horyzonty czasowe niezbędne do prognozowania efektywności inwestycji.

Podejście do prognoz zmiennych objaśniających

Na wyniki modelu wpływają takie zmienne objaśniające jak, m.in.: demografia, PKB, udział osób zmotoryzowanych. W ramach przyjętych ogólnych założeń przyjęto, iż model będzie reagował na zmiany zachowania pasażerów w szczególności na:

- zmiany na sieci (nowa/zmodernizowana infrastruktura i wynikające z niej zmiany parametrów, usług transportu publicznego),
- zmiany społeczno-gospodarcze.

W odniesieniu do zmiennych objaśniających wykorzystano wskaźniki opracowane we współpracy z ekspertami w trzech różnych wariantach:

- pesymistyczny,
- realistyczny (pośredni),
- optymistyczny.

Zmienne przygotowano na lata 2025, 2030, 2040 oraz 2050. Przy opracowywaniu prognoz wykorzystano dane przygotowane przez inne podmioty, takie jak np. GUS, będące podstawą i standardem w tego typu analizach.

Każda zmienna została przypisana do najniższego poziomu agregacji modelu ZMR, to jest rejonu komunikacyjnego, a w ich skład wchodziły:

- demografia,
- liczba miejsc pracy,
- wskaźnik PKB (z uwzględnieniem spadku spowodowanego pandemią COVID-19),
- liczba uczniów w szkołach,
- liczba studentów,
- liczba miejsc pracy w usługach i pozostałych miejscach pracy,
- wskaźnik motoryzacji.

Komponent towarowy modelu ZMR

W odniesieniu do komponentu towarowego zidentyfikowano, iż dostęp do danych w tym zakresie jest jeszcze bardziej ograniczony niż w przypadku modelu pasażerskiego. Z uwagi na tajemnicę przedsiębiorstwa oraz tajemnicę statystyczną nie ma możliwości dostępu do danych na tyle zdezagregowanych, aby w możliwie przybliżony sposób odwzorować ruch towarów.

Model towarowy ZMR został oparty na modelu ruchu towarów zrealizowanym w ramach opracowania [5]. Model towarowy ZMR został zintegrowany z modelem pasażerskim ZMR w zakresie sieci. Modele posiadają tożsamą sieć bazową oraz prognostyczną.

Mając na uwadze sezonowość procesów transportowych w ruchu towarowym, analiza została przeprowadzona w ujęciu rocznym. Oznacza to, że zarówno wielkości opisujące drogowe przewozy towarowe, jak i wielkości opisujące przewozy towarowe kolejowe oraz przewozy transportem wodnym śródlądowym odnoszą się do całego roku. Przewozy towarowe przedstawione są w tonach w ujęciu rocznym.

Rejonami transportowymi w modelu towarowym ZMR są obszarowo powiaty. Za dodatkową kategorię rejonów komunikacyjnych uznano porty morskie (generatory ruchu zewnętrznego) oraz porty śródlądowe, umożliwiające wykonywanie transportu kombinowanego. Model towarowy ZMR uwzględnia przewozy transportem drogowym, kolejowym oraz wodnym.

W odniesieniu do sieci dróg wodnych śródlądowych do właściwej parametryzacji przyjęto klasyfikację dróg wodnych zgodną z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 7 maja 2002 roku w sprawie klasyfikacji śródlądowych dróg wodnych. Wprowadzono i określono parametry wszystkich dróg wodnych należących do Odrzańskiej Drogi Wodnej, Drogi Wodnej rzeki Wisły, a także odcinków dróg wodnych, których funkcjonowanie jest lub może być bezpośrednio związane z funkcjonowaniem ODW lub DW, w szczególności połączenie Odra-Wisła w ciągu szlaku E70. Wprowadzono i sparametryzowano również przewidywane połączenia planowanymi szlakami wodnymi: w tym Kanał Śląski i połączenie Warszawa-Brześć.

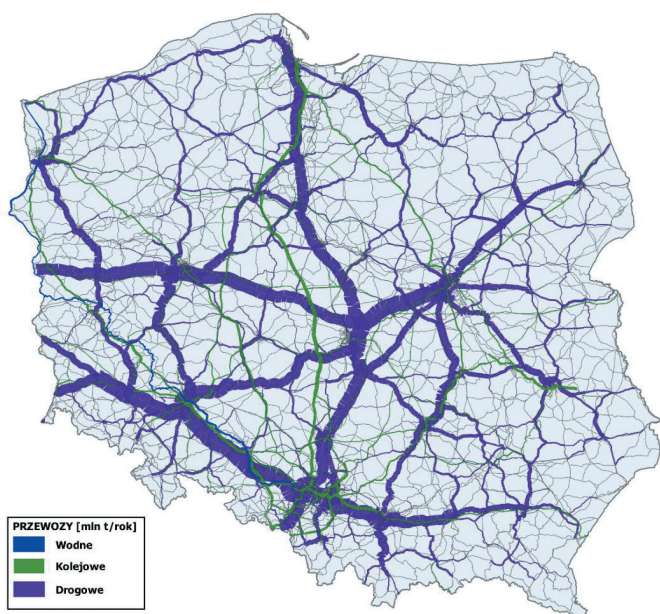
Dla każdego systemu transportowego wprowadzono następujący podział towarów na grupy ładunkowe wyrażone w tonach:

- ładunek masowy stały – produkty górnictwa i kopalnictwa,
- ładunek masowy płynny – ropa naftowa i pochodne,
- ładunek drobnicowy,
- kontenery – TEU lub tony (dane TD-E i SEPE wyróżniają przewozy kontenerowe),
- gabaryty – towary o rozmiarach przekraczających dopuszczalną skrajnię.

Modele prognostyczne zostały opracowane dla horyzontów: 2025, 2030. W modelach prognostycznych uwzględniono generatory ruchu, których realizacja do 2023 roku jest przesądzona. Należy zaznaczyć, że pod uwagę były brane głównie te inwestycje, które mają szansę wpływać na przewozy realizowane drogami wodnymi w przyszłości.

Dodatkowo w prognozach uwzględniono skumulowane wskaźniki wzrostu ruchu przewozów towarów dla wszystkich pięciu grup ładunków.

Na rysunku 10 przedstawiono przewozy w roku 2019 dla poszczególnych gałęzi transportu.



Rys. 10. Przewozy ładunków dla poszczególnych gałęzi transportu (2019)

Źródło: opracowanie własne

Podsumowanie

Docelowo, w ramach prac nad ZMR, planowana jest dalsza rozbudowa komponentu towarowego w ramach istniejącej struktury modelu czterostopniowego, jako równoległy moduł generujący potrzebę przewozu ładunków i przypisania ich do właściwych środków przewozowych. Zatem podejście to będzie zbliżone do modeli czterostopniowych wykorzystywanych w przewozach pasażerskich i wymaga dostępu do rozbudowanej bazy danych wejściowych.

Założono, iż w procesie budowy komponentu towarowego, należy skupić się na transporcie drogowym, kolejowym i śródlądowym. Odmienną sytuację stanowią porty morskie – w tym przypadku należy rozbudować model popytu o przewozy ładunków, generowane przez porty, i traktować to jako potencjał (produkcje i atrakcję) rozdzielany następnie na środki przewozowe (transport drogowy, kolejowy i śródlądowy). Transport lotniczy mógłby być potraktowany analogicznie.

W ramach dalszych prac nad rozwojem modelu towarowego zostanie podjęta próba stworzenia modelu popytu w oparciu o dostępne zmienne objaśniające związane z ruchem towarów np. typ i liczba podmiotów gospodarczych w danym rejonie.

Dodatkowo jednym ze źródeł danych mogą być wyniki projektu Gospostrateg³.

Literatura

1. Kaczorek M., Klikowski M., Konarski A., Lenart S., Mikulski B., Mokrzański M., Pyzik M., *Kolejowy Model Towarowy – Model Ruchu na potrzeby PKP Polskich Linii Kolejowych S.A.*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2018, nr 6.
2. Konarski A., Klikowski M., Mikulski B., Mokrzański M., Pyzik M., *Model Ruchu na potrzeby PKP Polskich Linii Kolejowych S.A. – komponent pasażerski*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2018, nr 6.
3. *Zasady prognozowania ruchu drogowego z uwzględnieniem innych środków transportu*. Projekt INNOP3 zrealizowany na zlecenie Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad oraz Centrum Unijnych projektów Transportowych przez Instytut Dróg i Mostów w Politechnice Warszawskiej i Politechnikę Krakowską, Warszawa 2017–2018.
4. *Badanie pilotażowe zachowań komunikacyjnych ludności w Polsce*, Centrum Badań i Edukacji Statystycznej GUS, Jachranka 2015.
5. *Analiza sektora transportu wodnego śródlądowego w zakresie wynikającym z modernizacji Odrzańskiej Drogi Wodnej oraz Drogi Wodnej rzeki Wisły*. Projekt zrealizowany na zlecenie Ministerstwa Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej, WYG International Sp. z o.o., Warszawa 2017.

³ Projekt TranStat: *Inteligentny system produkcji statystyk transportu drogowego i morskiego z wykorzystaniem wielkich wolumenów danych na rzecz kształtowania polityki transportowej kraju* realizowany przez GUS, Akademię Morską i Politechnikę Krakowską.