

Kazimierz Jamroz, Joanna Wachnicka

Politechnika Gdańska
Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska
Katedra Inżynierii Drogowej

MAKRO MODELE PRZEBIEGU POJAZDÓW

Rękopis dostarczony, kwiecień 2013

Streszczenie: Wśród wielu miar transportowych praca przewozowa pojazdów jest bardzo często wykorzystywana na poziomie makro (dla obszaru kraju) i używana do szacowania: przewidywanej wielkości zużytego paliwa, potencjalnej liczby pojazdów, wielkości i rodzaju emitowanych spalin, a także liczby wypadków i liczby ofiar wypadków drogowych. W referacie przedstawiono makro modele pracy przewozowej pojazdów zbudowane na bazie danych z kilkudziesięciu krajów całego świata. Następnie skalibrowano otrzymany model do warunków krajowych.

Słowa kluczowe: ruch drogowy, praca przewozowa, modele prognozowania

1. WPROWADZENIE

Możliwość podróżowania uznawana jest podstawowy element jakości życia człowieka. Podróżowanie stanowi integralną część ludzkiej aktywności. Wieloletnia historia studiów transportowych potwierdza, że największy wpływ na podróżowanie mają czynniki: społeczno ekonomiczne, charakterystyki systemu transportowego i czynniki reprezentujące: kulturę, zagospodarowanie terenu, politykę kraju itp. [1]. Wzrost mobilności społeczeństw w ostatnich latach jest bardzo widoczny, wystarczy przypomnieć, że średnia droga przebyta pojazdami przez mieszkańców Europy w ciągu roku wynosiła w osiemnastym wieku 75 km, w dziewiętnastym wieku 200 km, a w dwudziestym wieku ok. 10000 km.

Wśród wielu miar transportowych można wyróżnić dwie istotne dla oceny funkcjonowania systemu transportu drogowego grupy: miary charakteryzujące jazdę pojazdów i miary charakteryzujące podróże osób.

Dane o przebiegu pojazdów (pracy przewozowej wykonanej przez pojazdy) na poziomie makro (dla obszaru kraju) używana jest przez:

- koncerny paliwowe do szacowania przewidywanej wielkości zużytego paliwa,
- firmy produkujące samochody do szacowania potencjalnej liczby pojazdów, które będzie można sprzedać w analizowanym kraju,

- organizacje ekologiczne, do szacowania wielkości i rodzaju emitowanych spalin,
- instytucje zarządzające bezpieczeństwem ruchu drogowego do szacowania liczby wypadków i liczby ofiar wypadków drogowych.

W dzisiejszej złożonej strukturze społecznej, odpowiedzialność za bezpieczeństwo przynosi się z osób indywidualnych na instytucje centralne i rząd, które mogą oddziaływać na kontrolę zachowań uczestników ruchu drogowego poprzez prawo i różne formy nadzoru i kontroli. Są to działania na poziomie strategicznym. Dla potrzeb podejmowania skutecznych i efektywnych decyzji o podejmowanych działaniach na rzecz brd niezbędne są odpowiednie narzędzia. Takimi narzędziami są modele miar bezpieczeństwa ruchu drogowego. W wielu z tych modeli jako zmienna niezależna występuje łączny przebieg pojazdów lub praca przewozowa pojazdów (nazwy te będą używane w niniejszej pracy zamiennie).

2. METODY SZACOWANIA PRACY PRZEWOZOWEJ

Miarami charakteryzującymi przejazdy pojazdów są: liczba jazd, praca przewozowa i czas przejazdu. Miarami charakteryzującymi podróże osób są: liczba podróży, droga przebyta przez podróżujących mieszkańców, czas podróży mieszkańców. Z przedstawionych miar najczęściej używa się pracę przewozową pojazdów.

Przebieg pojazdów lub praca przewozowa wykonana przez pojazdy pojazdów (*ang. vehicle millage travel WMT lub vehicle kilometer travel VKT*), jest to droga przebyta przez pojazdy w wybranym okresie czasu t i na wybranym odcinku drogi, sieci drogowej lub obszarze kraju. Może być liczona jako łączna droga przebyta przez pojazdy i wyrażana jest w pojazdokilometrach na rok.

Szacuje się, że w roku 2008 wszystkie pojazdy na świecie miały przebieg ponad 20 bln pkm. Najmniejszy przebieg miały pojazdy w Islandii 1,9 mld pkm i Mongolii 2,3 mld pkm, ok. 200 mld pkm w Polsce i 680 mld pkm w Niemczech do 1,0 bln pkm w Indiach, 2,0 bln pkm w Chinach i 4,8 bln pkm w USA [2].

Praca przewozowa jest mierzona lub szacowana różnymi metodami. Niektóre bazy danych zawierają dane o pracy przewozowej, lecz dokładność oszacowania tego parametru jest różna i pozostawia wiele do życzenia. Można wyróżnić kilka metod szacowania pracy przewozowej na podstawie badań:

1. Oszacowanie pracy przewozowej w roku i , na analizowanym obszarze j , na podstawie pomiarów rocznego natężenia ruchu SDRN na jednorodnych odcinkach dróg, na podstawie zależności:

$$VKT_{i,j} = \sum_{l=1}^{rd} 365 \cdot LR_{i,j,l} \cdot AADT_{i,j,l} \quad (1)$$

2. Oszacowanie pracy przewozowej w roku i , na analizowanym obszarze j , z wykorzystaniem oszacowania średniorocznego przebiegu pojazdów VKTPV

(z wykorzystaniem wyników badań ankietowych właścicieli pojazdów różnych grup społecznych), na podstawie zależności:

$$VKT_{i,j} = \sum_{k=i}^{rp} V \cdot VKTPV_{i,j,k} \quad (2)$$

3. Oszacowanie pracy przewozowej w roku i , na analizowanym obszarze j , z wykorzystaniem oszacowania średniorocznego przebycia drogi przez kierowców pojazdów VKTPD (z wykorzystaniem wyników badań ankietowych prowadzonych wśród kierowców różnych rodzajów pojazdów), na podstawie zależności:

$$VKT_{i,j} = \sum_{k=i}^{rp} D_{i,j,k} \cdot VKTPD_{i,j,k} \quad (3)$$

Z wymienionych metod w Polsce obecnie stosowana jest metoda pierwsza, ale tylko dla dróg krajowych i wojewódzkich (tj. ok. 14 % długości wszystkich dróg). Taką możliwość daje generalny pomiar ruchu prowadzony co 5 lat na tych kategoriach dróg. Dlatego konieczne jest poszukiwanie i rozwijanie innych metod szacowania pracy przewozowej. To umożliwiają różnego rodzaju modele matematyczne umożliwiające obliczanie i prognozowanie pracy przewozowej na obszarze kraju. Najczęściej stosowane są dwie grupy modeli szacowania pracy przewozowej:

1. Modele ogólne, umożliwiające oszacowanie pracy przewozowej w roku i , na analizowanym obszarze j , na podstawie modelu matematycznego w postaci:

$$VKT_{i,j} = f(X_i) \quad (4)$$

2. Modele czynnikiowe, umożliwiające oszacowanie pracy przewozowej w roku i , na analizowanym obszarze j , na podstawie modelu matematycznego w postaci:

$$VKT_{i,j} = P \cdot VKTPC \quad (5)$$

gdzie:

$$VKTPC_{i,j} = f(X_i) \quad (6)$$

Oznaczenia:

VKT_{ij} – praca przewozowa (przebieg) pojazdów w kraju j , w roku i , (mld poj-km),

V_{ijk} – liczba pojazdów k - tego rodzaju w kraju j , w roku i , (mln poj.),

D_{ijk} – liczba kierowców k - tego rodzaju pojazdów w kraju j , w roku i , (mln poj.)

LR_{ijk} – długość drogi k - tego rodzaju w kraju j , w roku i , (tys. km),

P_{ijk} – liczba mieszkańców w kraju j , w roku i , (mln mk)

$AADT_{i,j,k}$ – średnio dobowe natężenie roczne na odcinku drogi l -tego rodzaju, w kraju j , w roku i , (tys. poj./rok),

$VKTPV_{i,j,k}$ – średnia droga przebyta przez pojazdy grupy k , w kraju j , w roku i , (tys. km/rok),

$VKTPD_{ij,k}$ – średnia droga przebyta przez kierowców k-tego rodzaju pojazdów, w kraju j, w roku i, (tys. km/rok),

$VKTPC_{ij,k}$ – średnia droga przebyta przez mieszkańców pojazdami k-tego rodzaju pojazdów, w kraju j, w roku i, (tys. km/rok),

W pierwszym przypadku buduje się bezpośrednie modele pracy przewozowej (przebiegu) pojazdów w zależności od zbioru czynników wpływu, natomiast w drugim przypadku modelowaniu podlega średnia droga przebyta przez mieszkańca pojazdami. W niniejszej pracy przedstawiono propozycje modeli ogólnych pracy przewozowej (przebiegu) pojazdów.

3. MODELOWANIE PRZEBIEGU POJAZDÓW

3.1. CZYNNIKI WPLYWAJĄCE NA PRZEBIEG POJAZDÓW

Do modelowania wzrostu pracy przewozowej (przebiegu) pojazdów na obszarze kraju wykorzystuje się modele symulacyjne lub modele makroskopowe. Często modele służące do krótkoterminowego prognozowania rocznej pracy przewozowej liczonej w pojazdo-kilometrach w danym kraju opierają się na strukturalnych modelach regresji z udziałem podstawowych zmiennych ekonomicznych. Biorąc pod uwagę, że długofalowy rozwój zmiennych ekonomicznych sam w sobie jest bardzo trudno przewidywalny, zatem wartość prognostyczna modeli opartych na szeregach czasowych jest ograniczona. Podejmowano próby wykorzystania funkcji essowych do prognozowania pracy przewozowej [3], [4]. Jednakże we wszystkich analizowanych modelach natrafiono na jeden podstawowy problem, weryfikacji modeli, gdyż dane o rzeczywistej pracy przewozowej są obciążone niepewnością (nie znane lub różne metody szacowania) lub brakuje danych.

Do szacowania pracy przewozowej (przebiegu) pojazdów przyjmuje się modele oparte na czterech grupach zmiennych niezależnych:

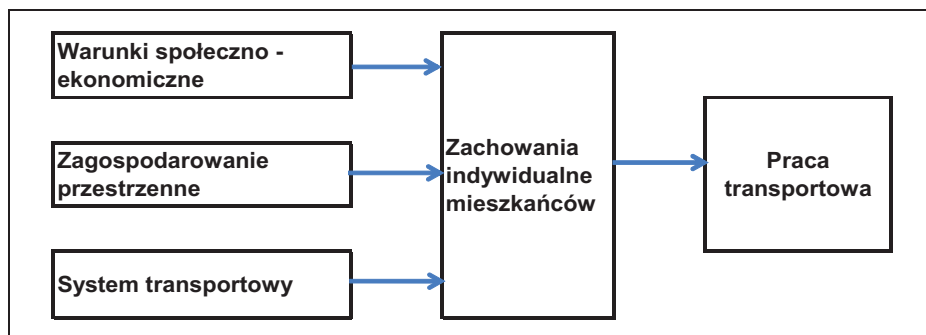
- warunki społeczno – ekonomiczne: demografia, tradycja i kultura, gospodarka, przemysł i jego struktura, handel, turystyka, klimat itd.,
- zagospodarowanie przestrzenne: koncentracja i rozmieszczenie ludności (miast, wsi), koncentracja i rozmieszczenie przemysłu, koncentracja i rozmieszczenie obszarów turystycznych, powierzchnia i rozmieszczenie gruntów ornych,
- system transportowy: dostępna flota pojazdów, infrastruktura transportu, dostępność transportu, polityka transportowa.
- zachowania indywidualne mieszkańców: ruchliwość, długość podróży, źródło i cel podróży, preferowane środki transportu.

Trudno jest przedstawić wpływ wszystkich wymienionych czynników, ale z doświadczeń wynika, że pierwszoplanową rolę pełnią czynniki społeczno – ekonomiczne. Czynniki te generują zapotrzebowanie na aktywność społeczną i gospodarczą co wywołuje podróże. Zagospodarowanie przestrzenne, a przede wszystkim rozmieszczenie funkcji także wpływa na liczbę i długość podróży. Indywidualny uczestnik ruchu wybiera środek transportu oraz

źródło i cel podróży. Natomiast rolą systemu transportowego jest realizacja zapotrzebowania na potrzeby transportowe w sposób sprawny i efektywny.

3.2. KONCEPCJA MODELU

Na rys. 1 przedstawiono ogólną koncepcję makro modelu pracy transportowej.



Rys. 1 Koncepcja makro modelu pracy transportowej [6]

Wyróżnione grupy czynników reprezentowane będą przez następujące zmienne niezależne:

- warunki społeczno ekonomiczne przez miary i zmienne demograficzne i ekonomiczno – społeczne,
- zagospodarowanie przestrzenne przez miary i zmienne geograficzne,
- system transportowy przez miary i zmienne infrastrukturalne i motoryzacyjne.

Wykorzystując model pracy przewozowej (przebiegu) pojazdów opisany równaniem (4) w niniejszej pracy zaproponowano dwuczynnikową postać modelu skorygowanego pracy przewozowej $VKT_{cor,ij}$ jako iloczyn bazowej pracy przewozowej $VKT_{base,ij}$ i współczynnika korygującego MF_j^{VKT} według wzoru (7).

$$VKT_{cor,ij} = VTK_{base,ij} \cdot MF_j^{VKT} \quad (7)$$

Model bazowy pracy przewozowej opracowano na bazie danych pochodzących z wielu krajów. Analizie poddano cztery grupy funkcji zależności pracy przewozowej od zmiennych niezależnych.

- model liniowy

$$VKT_{ij} = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_{1,ij} + \dots + \beta_p \cdot X_{p,ij} \dots + \beta_n \cdot X_{n,ij} \quad (8)$$

- model log normalny:

$$\ln(VKT_{ij}) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(X_{1,ij}) + \dots + \beta_p \cdot \ln(X_{p,ij}) \dots + \beta_n \cdot \ln(X_{n,ij}) \quad (9)$$

- model potęgowy

$$VKT_{ij} = \beta_o \cdot X_{1,ij}^{\beta_1} \cdot \dots \cdot \beta_p \cdot X_{p,ij} \cdot \dots \cdot X_{n,ij}^{\beta_n} \quad (10)$$

- model potęgowo - wykładniczy

$$VKT_{ij} = \beta_o \cdot X_{1,ij}^{\beta_1} \exp(\beta_2 \cdot X_{2,ij} + \dots \beta_p \cdot X_{p,ij} \dots + \beta_n \cdot X_{n,ij}) \quad (11)$$

3.3. MODELE BAZOWE

Badania empiryczne przeprowadzono na danych pochodzących z wielu krajów świata. Korzystając z dostępnych baz danych Eurostat, FAO, IRF, IRTAD, OECD, TI, UN, WB, WHO i wielu innych źródeł, zebrano dane empiryczne z okresu 1965 – 2010 dla 61 krajów z wszystkich kontynentów. Uzyskano dane w ten sposób podstawową grupę danych dla 1800 krajo-lat. Dane te obejmują zbiór charakterystyk: geograficznych, demograficznych, motoryzacyjne, infrastrukturalne, mobilności, ekonomiczne i społeczne oraz dane o bezpieczeństwie ruchu drogowego [2]. Analizę przeprowadzono z wykorzystaniem pakietu Statistica [7]. Na podstawie analiz wariancji oraz analiz przeprowadzonych za pomocą sieci neuronowych opracowano wstępną listę najbardziej istotnych czynników wpływających na pracę przewozową [5]. Z przeprowadzonych szczegółowych analizach wynika że najbardziej istotnymi zmiennymi niezależnymi, okazały się: liczba pojazdów V, liczba mieszkańców P, powierzchnia kraju A, długość sieci dróg twardych LPR, stopień urbanizacji, mierzony udziałem osób mieszkających w miastach PUP, sposób zagospodarowania obszaru kraju, mierzony udziałem gruntów rolnych PAL, struktura rodzajowa pojazdów PMV. Wykorzystując te zmienne dobrano parametry równań dla czterech analizowanych bazowych modeli pracy przewozowej (przebiegu) pojazdów VTK¹ - VTK⁴.

$$VKT_{base,ij}^1 = \beta_o + \beta_1 \cdot V_{ij} + \beta_2 \cdot P_{ij} + \beta_3 \cdot LPR_{ij} + \beta_4 \cdot A_{ij} \quad (12)$$

$$VKT_{base,ij}^2 = \beta_o + \beta_1 \cdot \ln(V_{ij}) + \beta_2 \cdot \ln(P_{ij}) + \beta_3 \cdot \ln(LPR_{ij}) + \beta_4 \cdot \ln(A_{ij}) + \beta_5 \cdot \ln(PUP) + \beta_7 \cdot \ln(PMV) \quad (13)$$

$$VKT_{base,ij}^3 = \beta_o \cdot V_{ij}^{\beta_1} \cdot P_{ij}^{\beta_2} \cdot LPR_{ij}^{\beta_3} \cdot A_{ij}^{\beta_4} \cdot PUP_{ij}^{\beta_5} \cdot PAL_{ij}^{\beta_6} \quad (14)$$

$$VKT_{base,ij}^4 = \beta_o \cdot V_{ij}^{\beta_1} \cdot P_{ij}^{\beta_2} \cdot \exp(\beta_3 \cdot LPR_{ij} + \beta_4 \cdot A_{ij} + \beta_5 \cdot PUP_{ij} + \beta_6 \cdot PAL_{ij}) \quad (15)$$

Oznaczenia:

VKT_{ij} – praca przewozowa (przebieg) pojazdów w kraju j, w roku i, [mld poj-km]

V_{ij} – liczba pojazdów ogółem w kraju j, w roku i, [mln poj.]

P_{ij} – liczba mieszkańców w kraju j, w roku i, [mln os.],

LPR_{ij} – długość dróg twardych w kraju j, w roku i, [tys. km],

A_{ij} – powierzchnia kraju j, w roku i, [tys. km²],

PUP_{ij} – udział mieszkańców mieszkających w miastach w kraju j , w roku i , [%],

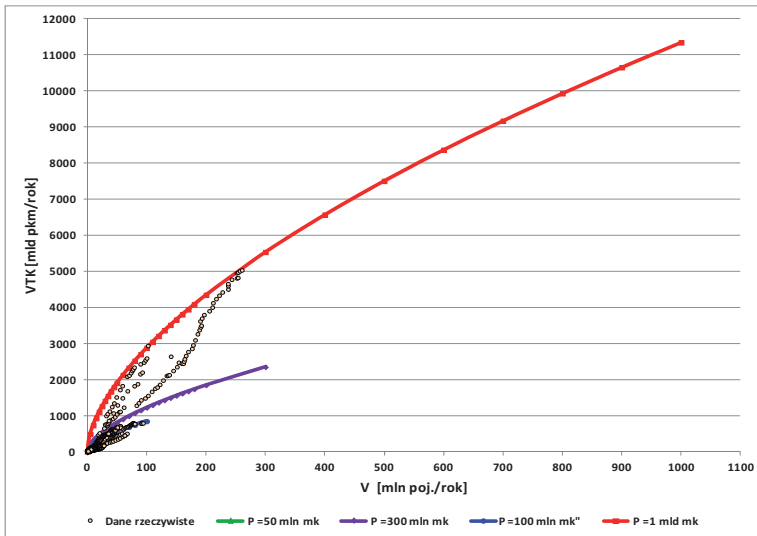
PAL_{ij} – udział gruntów ornych w miastach w kraju j , w roku i , [%],

PMV_{ij} – udział pojazdów z motorowych w kraju j , w roku i , [%],

$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$ - współczynniki równania.

Dla bardzo zróżnicowanych danych, przy ograniczonym dostępie do zmiennych niezależnych, nie udało się dobrać dokładnej funkcji aproksymującej dane (najmniejszy błąd średniokwadratowy wynosi 27,5 %). Jednakże, na podstawie przeprowadzonej analizy stwierdzono, że z czterech analizowanych modeli, najlepiej opisuje zebrane dane model potęgowo – wykładniczy ($n = 1760$, $p < 0,0001$, $r_{sk}^2 = 0,989$, BSK = 27,5 %). Dla tego modelu przedstawiono wykres zależności wielkości pracy przewozowej (przebiegu) pojazdów VTK od liczby pojazdów V i liczby mieszkańców P i wartościach średnich dla pozostałych parametrów (rys. 2), na tle danych rzeczywistych uzyskanych dla analizowanych 61 krajów.

Z analizy uzyskanych danych wynika, że wielkość pracy przewozowej bardzo silnie zależy od liczby pojazdów i liczby mieszkańców. Największą pracę przewozową wykonują obecnie pojazdy w USA (ponad 5 bln poj-km rocznie), następnie w Indiach i w Chinach prawie 3 bln poj-km rocznie). Biorąc pod uwagę, że w tych ostatnich krajach wskaźniki motoryzacji są znacznie mniejsze niż w USA to w Indiach i Chinach tkwi największy potencjał rozwojowy motoryzacji i przyrostu pracy przewozowej (przebiegu) pojazdów.



Rys. 2. Wykres zależności pracy przewozowej VTK oszacowanej za pomocą modelu potęgowo - wykładniczego w zależności od liczby pojazdów V i liczby mieszkańców P

4. APLIKACJA MODELU DO WARUNKÓW KRAJOWYCH

Aplikację modelu bazowego pracy przewozowej (przebiegu) pojazdów do warunków krajowych przedstawiono na przykładzie Polski. Korzystając z danych o pracy przewozowej i pozostałych zmiennych niezależnych z lat 1960 - 2012, opracowano funkcję opisującą współczynnik korekcyjny MF_{PL}^{VKT} dopasowujący bazowy model VKT_{base} do warunków polskich. W rezultacie uzyskano model opisany równaniem (11), którego parametry dobrane za pomocą programu STATISTICA [7] ($n = 52$, $p < 0,0016$, $r_{sk}^2 = 0,991$, $BSK = 2,6\%$).

$$MF_{i,PL}^{VKT} = \exp(\gamma_1 \cdot GDP_{i,PL} + \gamma_2 \cdot PUP_{i,PL} + \gamma_3 \cdot PAL_{i,PL} + \gamma_4 \cdot LPR_{i,PL} + \gamma_0) \quad (16)$$

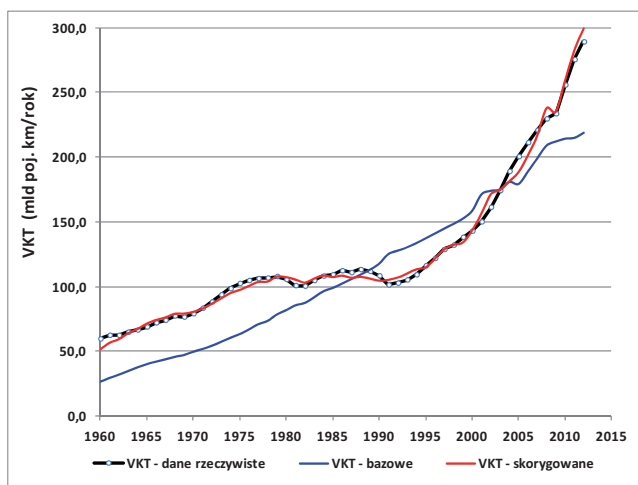
Oznaczenia:

MF_{PL}^{PP} – współczynnik korekcyjny, dopasowujący bazowy model pracy przewozowej pojazdów do warunków polskich, w roku i ,

$GDP_{i,PL}$ – produkt narodowy brutto w Polsce, w roku i , (mld ID/rok)

$\gamma_0, \gamma_1, \dots, \gamma_n$ - współczynniki równania.

Na rysunku 3 przedstawiono porównanie dokładności oszacowania wielkości pracy przewozowej w Polsce w latach 1960 - 2012 za pomocą modelu bazowego VKT_{base} i modelu skorygowanego VKT_{cor} . Z przedstawionego wykresu wynika, że poza okresem stagnacji (lata 1975 - 1991) praca przewozowa pojazdów systematycznie wzrasta. Model opisany funkcją bazową VKT_{base} odbiega od danych rzeczywistych, natomiast model skorygowany VKT_{cor} dość dobrze aproksymuje dane rzeczywiste w analizowanym okresie, błąd średniokwadratowy wynosi dla całego okresu tylko 2,6 %. Istotnymi czynnikami korygującymi funkcję bazową w przypadku Polski okazały się zmiany: produktu narodowego brutto, udziału ludności mieszkającej w miastach PUP, udział gruntów ornych PAL i długość dróg twardych LDT.

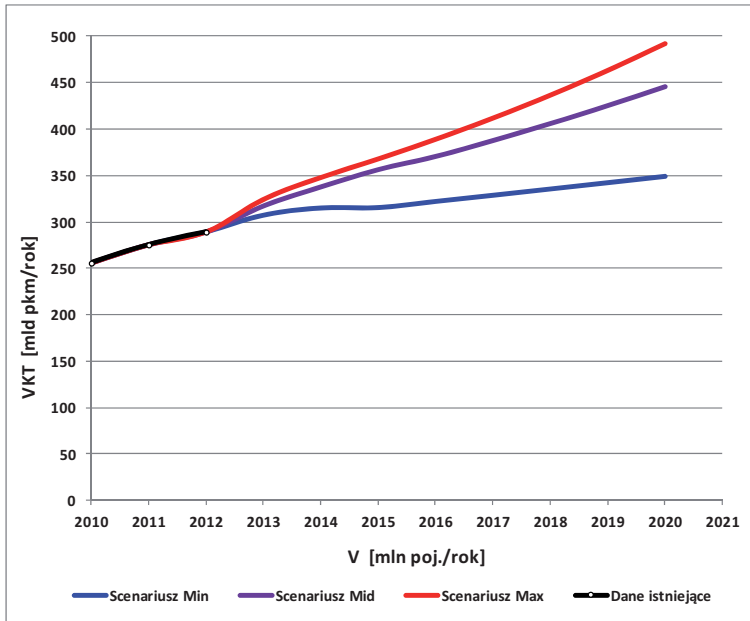


Rys. 3. Porównanie pracy przewozowej pojazdów w Polsce w latach 1960 – 2012 oszacowanej modelem bazowym (VKT_{base}) i skorygowanym (VKT_{cor})

Podjęto próbę zastosowania tak zbudowanego modelu, opisanego wzorami (7), (15) i (16) jako modelu prognostycznego pracy przewozowej (przebiegu) pojazdów do roku 2020 w Polsce. Przyjęto trzy scenariusze rozwoju demograficznego i gospodarczego kraju scenariuszy różniących się: liczbą ludności, poziomem produktu narodowego:

- scenariusz min, reprezentuje słaby rozwój społeczno - ekonomiczny (GDP = 930 mld ID w roku 2020) i mocno zmniejszającą się liczbę mieszkańców do 36,0 mln mk w roku 2020.
- scenariusz mid, reprezentuje średni rozwój społeczno - ekonomiczny (GDP = 1050 mld ID w roku 2020) i średnio zmniejszającą się liczbę mieszkańców do 37,8 mln mk w roku 2020.
- scenariusz max, reprezentuje wysoki rozwój społeczno - ekonomiczny (GDP = 1120 mld ID w roku 2020)) i słabo zmniejszającą się liczbę mieszkańców do 38,0 mln mk w roku 2020.

Dla tych scenariuszy, korzystając z własnych modeli wielopoziomowych [5] opracowano prognozy zmian poszczególnych zmiennych niezależnych wykorzystywanych we wzorach (15) i (16). W wyniku tych obliczeń uzyskano oszacowanie wielkości pracy przewozowej w latach 2012 – 2020 dla przyjętych scenariuszy. Zaprezentowane na rys. 4 wyniki wskazują, że przewidywany dalszy rozwój społeczno – gospodarczy Polski i wynikające z tego zmiany pozostałych zmiennych niezależnych spowodują systematyczny wzrost pracy przewozowej w Polsce.



Rys. 4. Prognoza pracy przewozowej pojazdów w Polsce do roku 2020 według trzech scenariuszy rozwoju społeczno - ekonomicznego kraju

Korzystając z przeprowadzonych prognoz można spodziewać się wzrostu pracy przewozowej pojazdów w roku 2020 w granicach od 350 do 490 mld poj-km na rok. Są to bardzo duże wielkości powodujące, że średni przebieg jazd pojazdami może wynieść od 9,5 do 13,0 tys. km/mk/rok, tj. prawie nie wiele mniej niż w USA. Oznacza to, że w Polsce mamy do czynienia z pro - samochodowym scenariuszem rozwoju systemu transportowego, albo zaprezentowany model nie może być stosowany do długookresowego prognozowania pracy przewozowej. Konieczne jest zatem dalsze rozwijanie modeli pracy przewozowej w Polsce.

5. PODSUMOWANIE

Praca przewozowa pojazdów może być modelowana na poziomie kraju wieloma metodami, w których jako zmienne niezależne wykorzystuje się: warunki społeczno – ekonomiczne kraju, zagospodarowanie przestrzenne, system transportowy i zachowania indywidualne mieszkańców.

Zaproponowany model potęgowo – wykładniczy uzależnia jej wielkość pracy przewozowej pojazdów od: ogólnej liczby pojazdów, liczby mieszkańców, długości sieci drogowej (dróg twardych), powierzchni kraju, stopnia urbanizacji i sposobu zagospodarowania kraju.

Zaproponowany skorygowany model pracy przewozowej składający się modelu bazowego opartego opisanego funkcją potęgowo – wykładniczą i współczynnika korygującego, opisanego funkcją wykładniczą, dość dobrze aproksymuje wielkość pracy przewozowej w analizowanym okresie 1960 - 2012. Niestety opracowany model w ograniczonym zakresie nadaje się do prognozowania długookresowego. Zatem należy poszukiwać dalszych funkcji lepiej opisujących analizowane dane rzeczywiste. Możliwość taka istnieje poprzez zastosowanie wieloczynnikowych modeli złożonych, które będą przedmiotem następných publikacji.

Bibliografia

1. Polzin S.E.: The Case for Moderate Growth in Vehicle Miles of Travel: A Critical Juncture in US Travel Behaviour Trends. Centre for Urban Transportation Research, University of South Florida, Tampa USA, 2006
2. Jamroz K.: Metoda zarządzania ryzykiem w inżynierii drogowej. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej. Gdańsk 2011.
3. Oppe S.: Traffic safety developments in Poland. Report No D-2001-8, SWOV Institute for Road Safety Research, The Netherlands, Leidschendam, 2001.
4. Koornstra M.: Prediction of traffic fatalities and prospects for mobility becoming sustainable - safe. Sadhana Vol. 32, Part 4, August 2007, pp. 365 -395, Printed in India
5. Jamroz K.: Identyfikacja czynników wpływających na śmiertelność wypadków drogowych. Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe. 3/2013.
6. Jamroz K.: Prognozowanie pracy przewozowej pojazdów dla potrzeb zarządzania bezpieczeństwem ruchu drogowego. Zeszyty Naukowe SITK Kraków, Nr 2/2010.
7. STATISTICA. StatSoft Inc. Kraków 2008.

MACRO MODELS OF VEHICLE KILOMETER TRAVELLED

Summary: Among many transport measures, vehicle kilometer travelled (VKT) of vehicles is often used at the macro level (the area of the country) and used for the estimation: the estimated amount of fuel consumed, the potential number of vehicles, the amount and type of emissions, as well as the number of accidents and fatalities. The paper presents macro models of vehicles kilometer travelled built on the basis of data from dozens of countries around the world. Then, the model is calibrated to national conditions.

Keywords: traffic, vehicles kilometer travelled, models