

MODELOWANIE WSKAŹNIKA MOTORYZACJI NA POZIOMIE KRAJOWYM

Kazimierz Jamroz

dr hab. inż., adiunkt, Katedra Inżynierii Drogowej, Politechnika Gdańska, ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdansk, tel. +48 58 347 1147, e-mail: kjamroz@pg.gda.pl

Streszczenie. Wskaźnik motoryzacji jest jedną z najczęściej używanych miar rozwoju motoryzacji w analizowanym kraju. Poziom motoryzacji zależy od wielu czynników: ekonomicznych, społecznych, przestrzennych, transportowych. W artykule przedstawiona będzie procedura modelowania zmian wskaźnika motoryzacji w zależności od wybranych czynników na poziomie makro. Przedstawiono także prognozę wskaźnika motoryzacji dla Polski do roku 2050.

Słowa kluczowe: rozwój motoryzacji, wskaźnik motoryzacji, modelowanie

1. Wprowadzenie

System transportu wpływa na sposób funkcjonowania analizowanego obszaru (kraju, regionu, miasta), a także na wiele aspektów codziennego życia jego mieszkańców. Istotnym elementem systemu transportowego są pojazdy. Wiedza o liczbie pojazdów występujących obecnie lub przewidywanych w okresach progностycznych jest przedmiotem klasycznego podejścia do analiz transportowych, tj. przy ustalaniu polityki transportowej, w systemie planowania i projektowania sieci drogowej. Informacja o przewidywanej liczbie pojazdów w nadchodzących horyzontach czasowych (na następne 10 – 30 lat) potrzebna jest organizacjom międzynarodowym (ONZ, Bank Światowy), rządów poszczególnych krajów, firmom produkującym samochody, firmom produkującym paliwa itp.

Modelowanie liczby pojazdów prowadzi się od wielu lat. Prace nad przygotowaniem modeli prognozowania liczby pojazdów rozpoczęły się w latach 50. ubiegłego wieku, ich prekursorami byli Rudd [14] i Chandler [2] oraz Tanner [15] bazując na danych brytyjskich. Następna seria prowadzona była w latach 70., kiedy to zaczęto wykorzystywać dane z wielu krajów. Na wyróżnienie, aż do obecnego okresu zasługują prace Tannera [15], Buttona [1], Dragay'a [3], Koornstra'y [7], [8], Oppe [10], [11], Medlock [9], Fosgerau [4], Hirota [5]. Opracowane modele dotyczyły: liczby właścicieli samochodów osobowych [12], [5], właścicieli pojazdów [3], liczby samochodów osobowych i liczby wszystkich pojazdów.

W krajach rozwiniętych studia dotyczące prognozowanej liczby pojazdów są dość dobrze rozwinięte i prognozy zmian poziomu motoryzacji są modelowane szczegółowymi modelami bazującymi na danych zdezagregowanych. Natomiast

w krajach rozwijających się bazuje się na danych makro ze względu na brak danych szczegółowych, zatem stosuje się makro modele liczby pojazdów [6].

W wielu krajach opracowano narodowe modele prognozowania liczby pojazdów wykorzystując modele zmian wskaźnika motoryzacji [3], [12]. W Polsce brakuje tego typu modelu, który mógłby być stosowany powszechnie do prognozowania liczby pojazdów zarówno w krótkich, jak i długich okresach czasu. Niestety nieliczne modele opracowane na początku obecnego wieku [11], [13] dają rozbieżne wyniki prognostyczne.

Celem niniejszego artykułu jest rozpoznanie istotnych czynników wpływających na poziom motoryzacji na obszarze kraju oraz propozycja makro modelu prognostycznego liczby pojazdów w Polsce, bazującego na zbiorze danych z wielu krajów świata.

2. Koncepcja modelu

Wykorzystując wyniki studiów literatury i badań własnych [6], opracowano koncepcję budowy makro modelu liczby pojazdów na poziomie krajowym. Ogólny model prognostyczny liczby pojazdów LP_{rp} (ogółem lub osobowych) opisano wzorem (1).

$$LP_{k,j,i} = LM_{j,i} \cdot WM_{k,j,i} \quad (1)$$

gdzie:

$LP_{k,j,i}$ – prognozowana liczba pojazdów k – tego rodzaju w kraju j , w roku i [mln poj./rok],

$LM_{j,i}$ – liczba mieszkańców w kraju j , w roku i [mln mk/rok],

$WM_{k,j,i}$ – prognozowany wskaźnik motoryzacji k – tego rodzaju pojazdów, w kraju j , w roku i [poj./1 tys. mk/rok].

Wskaźnik motoryzacji WM liczony jako stosunek liczby pojazdów do liczby mieszkańców jest miarą poziomu motoryzacji występującego na analizowanym obszarze. W roku 2008 wskaźnik motoryzacji pojazdów ogółem wynosił przykładowo (liczony w pojazdach/1 tys. mieszkańców): od 6 w Bangladeszu, poprzez 70 w Indiach i Chinach do 546 w Polsce, 852 w USA i 1006 w Nowej Zelandii. Świadczy to o dużym zróżnicowaniu poziomu motoryzacji w poszczególnych krajach.

Koncepcję budowy modelu wskaźników motoryzacji oparto na koncepcji zachowania systemów samoregulujących się z nasyceniem [8]. Ogólny model wskaźnika motoryzacji ma postać:

$$WM_{k,j,i} = WM_{max,k,j} \cdot f(ZN_{k,j,i}) \quad (2)$$

gdzie:

$WM_{k,j,i}$ – prognozowany wskaźnik motoryzacji k -tego rodzaju pojazdów w j -tym kraju, i -tym roku [poj/1 tys. mk/rok],

$WM_{max,k,j}$ – wskaźnik nasycenia pojazdami k -tego rodzaju pojazdów w j -tym kraju, i -tym roku [poj/1 tys mk/rok],

$ZN_{k,j,i}$ – zbiór zmiennych niezależnych, wpływających istotnie na wielkość wskaźnika motoryzacji k -tego rodzaju pojazdów w j -tym kraju, i -tym roku.

3. Modele wskaźnika motoryzacji

W modelowaniu wskaźnika motoryzacji występują trzy istotne problemy naukowe, dotyczące doboru:

- parametru skali,
- poziomu nasycenia pojazdami,
- kształtu funkcji aproksymującej.

3.1. Dobór parametru skali modelu

Najczęściej zmiany liczby pojazdów i wskaźnika motoryzacji przedstawiane są w skali czasu, ale zmienność ich jest bardzo powolna i modelowanie wymaga zebrania danych z bardzo szerokiego przedziału czasu. Dane w szerokim, wystarczającym do modelowania przedziale dostępne są tylko dla niektórych krajów [165]. Autor dysponował ograniczonym zakresem danych, ale dla wielu krajów o zróżnicowanym poziomie ryzyka. Na podstawie analizy literatury i prac własnych wytypowano trzy parametry skali: wskaźnik czasu T , jednostkowy parytet siły nabywczej JPSN i wskaźnik rozwoju społeczno – gospodarczego HDI, które charakteryzują się następującymi zaletami:

- wskaźnik czasu T umożliwia analizę zamian: jednostkowego produktu brutto JPSN i wskaźnika motoryzacji WMP w poszczególnych latach; wadą tego wskaźnika jest jego mała zmienność w okresie analizy,
- wskaźnik JPSN umożliwia prognozowanie (niezależnie od czasu) wskaźnika rozwoju społeczno - gospodarczego HDI, a także dokładne obrazowanie zmian dla stanu prognozowanego mierzonego innymi wskaźnikami, także wskaźnika motoryzacji WM; wadą wskaźnika JPSN jest skracanie skali wraz ze zmniejszaniem wartości liczbowej wskaźnika,
- wskaźnik HDI umożliwia symulację i analizę zmian stanu motoryzacji w poszczególnych stanach rozwoju społeczno – ekonomicznego kraju (niezależnie od czasu); wadą tego wskaźnika jest mocne skrócenie skali wraz ze wzrostem wartości tego wskaźnika (w przedziale HDI > 0,9 znajduje się bardzo duża liczba krajów).

Na podstawie przeprowadzonych analiz przyjęto JPSN jako parametr skali (oś x).

3.2. Dobór poziomu nasycenia pojazdami

Analiza przebiegu zmian wskaźnika motoryzacji WM wskazuje, że wartości liczbowe tego wskaźnika zmierzają stycznie do prostej (asymptoty lub stycznej) równoległej do osi skali (wskaźnika JPSN) co wskazuje, że zależność ta należy do rodziny systemów z nasyceniem charakterystyk. Jednakże poszczególne kraje osiągną różne poziomy nasycenia pojazdami. Bardzo istotnym problemem badawczym do rozwiązania jest zatem określenie wielkości maksymalnej wskaźnika motoryzacji WM_{max} .

W dotychczasowej praktyce najczęściej przyjmowano maksymalny poziom nasycenia pojazdami ogółem $WMPO_{max}$ w wysokości 1000 poj/1 tys. mk/rok [13], a samochodami osobowymi $WMSO_{max}$ na poziomie 500 do 650 so/1 tys. mk/rok [4], [11]. Natomiast Dragay [3] poziom nasycenia pojazdami w danym kraju uzależnił od poziomu nasycenia pojazdami w USA ($WMP_{max}^{USA} = 850$ poj/1 tys. mk/rok oraz $WMSO_{max}^{USA} = 620$ poj./1 tys. mk/rok), który to poziom modyfikował współczynnikami zależnymi od gęstości ludności oraz stopnia urbanizacji, uzyskując maksymalne wielkości WMP_{max} : 850 w USA, ok. 800 we Francji, Indonezji i w Chinach oraz prawie 700 poj/1 tys. mk/rok w Indiach [3].

Autor zaproponował własną metodę szacowania poziomu nasycenia pojazdami w poszczególnych krajach. Strukturę opracowanego przez autora modelu wykładniczego, maksymalnego nasycenia pojazdami opisano wzorem (3).

$$WM_{max,k,j} = \frac{WM_{baz,k} \cdot WRM_{k,j}}{\exp(\beta_1 \cdot \ln(GLM_{max,j})^{\beta_2} + \beta_3 \cdot \ln(PO_j) + \beta_4 \cdot \ln(ULM_{max,j}))} \quad (3)$$

gdzie:

$WM_{max,k,j}$ – prognozowany wskaźnik nasycenia motoryzacją k -tego rodzaju pojazdów w j -tym kraju [poj./1tys. mk],

$WM_{baz,k}$ – bazowy wskaźnik nasycenia motoryzacją pojazdów k -tego rodzaju pojazdów [poj./1tys. mk],

$WRM_{k,j}$ – wskaźnik warunków rozwoju motoryzacji k -tego rodzaju pojazdów, w j -tym kraju,

GLM_{baz} – maksymalna gęstość zaludnienia w j -tym kraju (do roku 2050) [mk/100 km²],

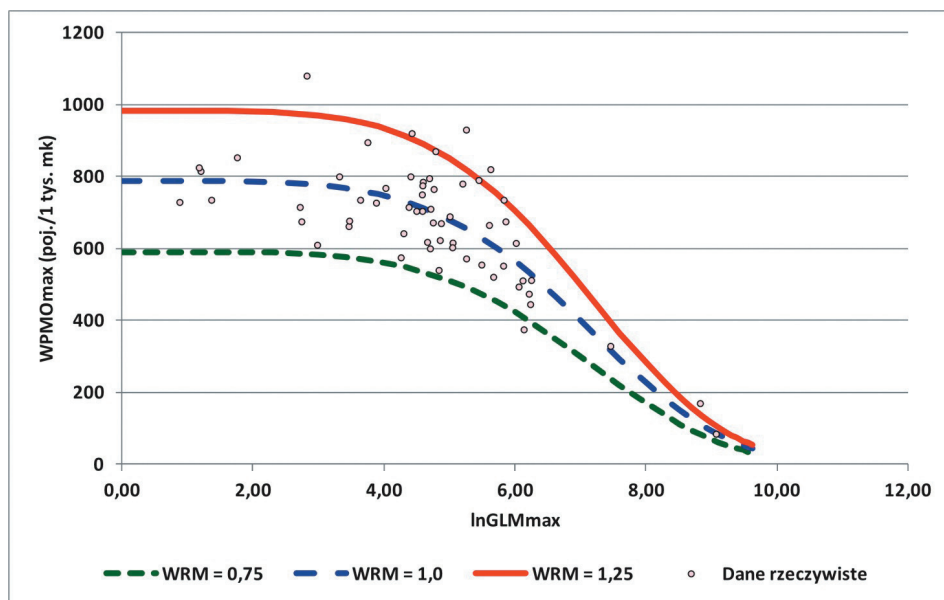
ULM_{max} – maksymalny stopień urbanizacji, wyrażony liczbą mieszkańców mieszkających w miastach w j -tym kraju (do roku 2050) [%],

PO_j – powierzchnia kraju j , [km²],

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

Współczynniki równania dobrano za pomocą programu STATISTICA [16], używając dla danych istniejących z kilkudziesięciu krajów świata, $R_{sk}^2 = 0,58 - 0,99$ w zależności od liczby zmiennych niezależnych użytych w modelu. Najbardziej istotnymi zmiennymi niezależnymi wpływającymi na poziom nasycenia motoryzacją w danym kraju i jego zmiany są zmienne ilościowe: maksymalna gęstości zaludnienia GLM_{max} , powierzchnia kraju PO , maksymalny stopień urbanizacji

kraju ULM_{max} , a także zbiór indywidualnych czynników sprzyjających rozwojowi motoryzacji w danym kraju, wyrażonym jakościowo za pomocą tzw. wskaźnika rozwoju motoryzacji WRM jako zmiennej jakościowej reprezentującej strategię funkcjonowania systemu transportowego kraju. Przykład przebiegu otrzymanych funkcji przedstawiony na rys. 1.



Rys. 1. Wykres zależności wartości liczbowych maksymalnego wskaźnika motoryzacji pojazdów ogółem $WPMO_{max}$ w zależności od gęstości maksymalnej mieszkańców GLM_{max} i wskaźnika rozwoju motoryzacji WRM

Zasadniczy wpływ na poziom nasycenia motoryzacją ma przede wszystkim gęstość zaludnienia, wraz z jej wzrostem zmniejsza się wskaźnik motoryzacji. Duży wpływ na poziom wskaźnika motoryzacji ma także powierzchnia kraju, im większa powierzchnia kraju tym niższy wskaźnik motoryzacji w szczególności samochodów osobowych. Można to wytłumaczyć faktem, że w przypadku rozległych krajów wzrasta wykorzystanie innych środków transportu (kolej, transport powietrzny). Mniejszy wpływ na poziom wskaźnika motoryzacji ma stopień urbanizacji kraju, jednak można stwierdzić, że wraz ze wzrostem poziomu urbanizacji rośnie nieznacznie wskaźnik motoryzacji szczególnie samochodów osobowych. Istotnym jest także zbiór czynników reprezentujących politykę transportową kraju, poziom rozwoju innych systemów transportu, zachowania transportowe mieszkańców itp. wyrażony wskaźnikiem rozwoju motoryzacji WRM (rys.1).

3.3. Dobór kształtu funkcji aproksymującej wskaźnik WM

Przebiegi rzeczywistych zmienności wskaźnika motoryzacji WM wskazują na esowaty przebieg funkcji aproksymującej dane rzeczywiste, tzn. po początkowym okresie wzrostu krzywej zależności następuje jej przegięcie, a potem następuje pro-

ces stopniowego wygaszania przyrostu. Z analizy literatury [8, 11], Ogut [12] wynika, że dobrze tę zależność modelują: funkcja potęgowa, funkcja logistyczna i funkcja Gompertza. Zatem do dalszych analiz przyjęto te funkcje. Różnią się one kształtem (np. wypukłość, punkty przegięcia, krzywizna), dlatego można te charakterystyki wykorzystać do doboru funkcji.

Model potęgowy (WM-1). Struktura uzyskanego modelu (dla dostępnych danych reprezentujących zmienne niezależne) opisana jest wzorem (4).

$$WM_{k,j,i} = WM_{max,k,j} \cdot (1 + JPSN_{j,i}^{\beta_2} \cdot HDI_{j,i}^{\beta_3} \cdot (\ln GLM_{j,i})^{\beta_4} \cdot (\ln ULM_{j,i})^{\beta_5} \cdot UGR_{j,i}^{\beta_6} \cdot WB_{j,i}^{\beta_7})^{\beta_0} \quad (4)$$

Model logistyczny (WM-2). Struktura uzyskanego modelu (dla dostępnych danych reprezentujących zmienne niezależne) opisana jest wzorem (5).

$$WM_{k,j,i} = \frac{WM_{max,k,j}}{(1 + \beta_0 \cdot \exp(\beta_2 \cdot JPSN_{j,i} + \beta_3 \cdot HDI_{j,i} + \beta_4 \cdot \ln(GLM_{j,i})) + \beta_5 \cdot \ln(ULM_{j,i}) + \beta_6 \cdot UGR_{j,i}))} \quad (5)$$

Model Gompertza (WM-3). Struktura uzyskanego modelu (dla dostępnych danych reprezentujących zmienne niezależne) opisana jest wzorem (6).

$$WM_{k,j,i} = WM_{max,k,j} \cdot \exp(\beta_0 \cdot \exp(\beta_2 \cdot JPSN_{j,i} + \beta_3 \cdot HDI_{j,i} + \beta_4 \cdot \ln(GLM_{j,i})) + \beta_5 \cdot \ln(ULM_{j,i}) + \beta_6 \cdot UGR_{j,i})) \quad (6)$$

gdzie:

$WM_{k,j,i}$ – prognozowany wskaźnik motoryzacji k -tego rodzaju pojazdów w j -tym kraju, i -tym roku [poj/1 tys. mk/rok],

$WM_{max,k,j}$ – prognozowany wskaźnik nasycenia motoryzacją k -tego rodzaju pojazdów w j -tym kraju [poj./1tys. mk],

$JPSN_{max,k,j}$ – jednostkowy produkt narodowy brutto w j -tym kraju [tys ID/ mk/rok],

$HDI_{j,i}$ – wskaźnik rozwoju społeczno – ekonomicznego w j -tym kraju, i -tym roku,

$GLM_{j,i}$ – gęstość zaludnienia w j -tym kraju, i -tym roku [mk/100 km²],

$ULM_{j,i}$ – stopień urbanizacji, wyrażony liczbą mieszkańców mieszkających w miastach w j -tym kraju, i -tym roku [%],

$UGR_{j,i}$ – udział gruntów ornych w j -tym kraju, i -tym roku [%],

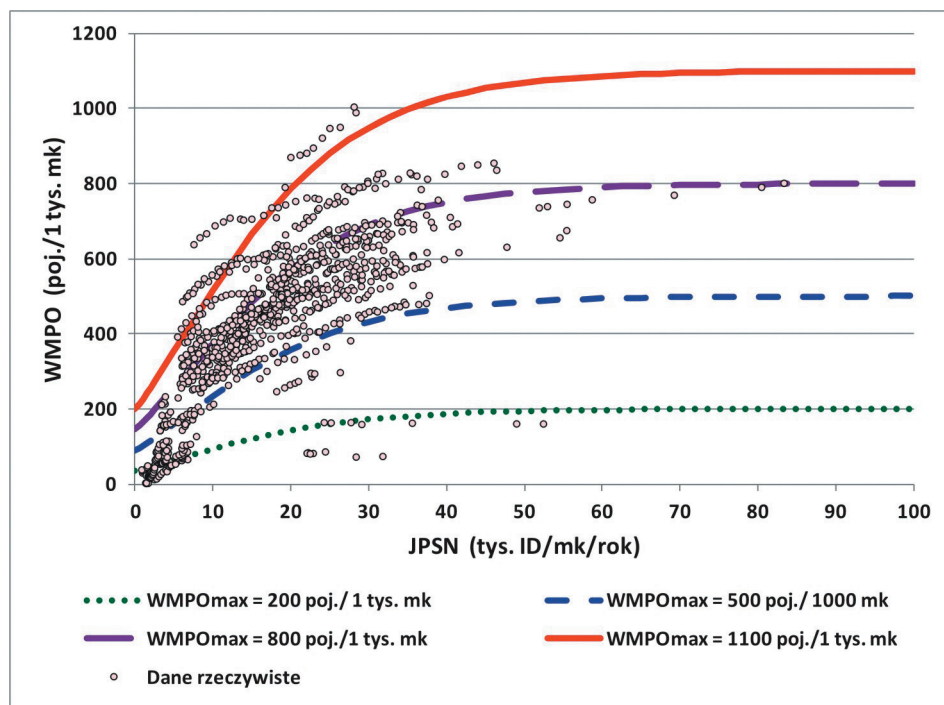
$WB_{j,i}$ – wskaźnik bezrobocia w j -tym kraju, i -tym roku [%],

$\beta_{0,k}, \beta_{1,k}, \dots, \beta_{n,k}$ – współczynniki równania.

Współczynniki równania dobrano za pomocą programu STATISTICA [16], uzyskując dla danych istniejących $R_{sk}^2 = 0,83 - 0,94$ w zależności od rodzaju modelu i liczby zmiennych niezależnych użytych w modelu. Najbardziej istotnymi zmiennymi niezależnymi wpływającymi na poziom wskaźnika motoryzacji w danym kraju i jego zmiany są: poziom nasycenia pojazdami WM_{max} i jednostkowy

produkt narodowy brutto mieszkańców JPSN. Istotnymi czynnikami wpływającymi na poziom wskaźnika motoryzacji są także: wskaźnik rozwoju społeczno – motoryzacyjnego HDI, gęstość zaludnienia GLM, udział ludności mieszkającej w miastach ULM, udział gruntów rolnych UGR i wskaźnik bezrobocia WB. Ponadto stwierdzono, że przebieg zmian wskaźnika motoryzacji dla samochodów osobowych jest podobny do przebiegu zmian wskaźnika motoryzacji pojazdów ogółem. Przedstawione modele umożliwiają prognozowanie wskaźnika motoryzacji dla różnych poziomów nasycenia pojazdami (od bardzo małego np. Hong Kong do bardzo dużego np. Nowa Zelandia) i różnych strategii transportowych.

Przykład przebiegu otrzymanych funkcji modelujących wskaźnik motoryzacji pojazdów ogółem WMPO przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Wykres zależności wartości wskaźnika motoryzacji ogółem WMPO obliczonego za pomocą modelu z funkcją Gomperta

Każdy z opracowanych modeli umożliwia opis zmian wskaźnika motoryzacji wybranej grupy krajów, a ponadto modele te charakteryzują się tym że:

- dla $JPSN < 5$ tys. ID, następuje dość wolny przyrost wskaźnika motoryzacji, w tym zakresie dobrze dane rzeczywiste opisują modele potęgowe,
- dla $JPSN 5 - 20$ tys. ID, następuje bardzo szybki przyrost wskaźnika motoryzacji, w tym zakresie dobrze dane rzeczywiste opisują wszystkie analizowane modele,
- dla $JPSN > 20$ tys. ID, następuje coraz wolniejszy przyrost wskaźnika motoryzacji, w tym zakresie model Gomperta bardzo szybko, a model logi-

styczny nieco wolniej osiągają asymptotę (WM_{\max}), natomiast model potęgowej powoli zmierza do wartości maksymalnej (WM_{\max}).

4. Prognoza wskaźnika motoryzacji dla Polski

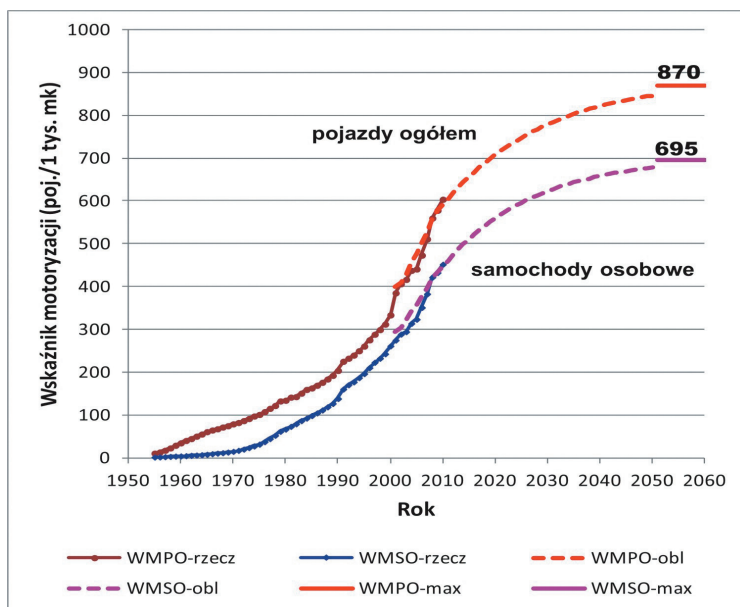
Przyjmując model WM-3 opisany funkcją Gompertza, opracowano prognozę wskaźnika motoryzacji dla Polski do roku 2050. Do budowy tego modelu przyjęto scenariusz minimalnego rozwoju społeczno - ekonomicznego. Prognozę liczby ludności LM i udziału ludności mieszkającej w miastach ULM przyjęto na bazie prognoz ONZ i WHO. Prognozę JPSN, HDI i UGR przyjęto na bazie własnych modeli [6].

Na podstawie przeprowadzonych analiz oszacowano stopień nasycenia pojazdami, który może wynieść w przypadku:

- pojazdów ogółem – 870 poj/1 tys. mk,
- samochodów osobowych – 695 poj/1 tys. mk.

Na rysunku 3 przedstawiono wyniki uzyskanej prognozy. Analizując otrzymane wyniki, można stwierdzić, że:

- Polska należy do grupy krajów o bardzo wysokim stopniu rozwoju motoryzacji, czego wynikiem są spodziewane bardzo duże wskaźniki motoryzacji,
- model Gompertza dobrze odwzorowuje zmiany przebiegu wskaźnika motoryzacji, zatem najbliższe lata powinny przynieść przyhamowanie wzrostu wskaźnika motoryzacji, a w następnych kilkudziesięciu latach ustabilizowanie jego wielkości.



Rys. 3. Prognoza wskaźnika motoryzacji pojazdów ogółem i samochodów osobowych dla Polski do roku 2050

5. Wnioski

Przedstawione w artykule wyniki studiów literatury i prac własnych wskazują, że:

1. Poziom motoryzacji wzrasta gwałtownie w początkowym okresie wzrostu gospodarczego analizowanego kraju ($JPSN < 20$ tys. ID/mk) i zależy od wielkości produktu narodowego brutto przypadającego na jednego mieszkańca.
2. Po przekroczeniu średniej wartości $JPSN$, wskaźnik motoryzacji wzrasta coraz wolniej i zmierza do poziomu nasycenia, który zależy od gęstości zaludnienia GLM, powierzchni kraju PO i stopnia urbanizacji mierzonej udziałem liczby mieszkańców mieszkających w miastach ULM.
3. Zmiany wskaźnika motoryzacji dobrze modelują: funkcja potęgowa, funkcja logistyczna i funkcja Gompertza, które uzależniają jego wielkości od poziomu nasycenia motoryzacją w danym kraju WRM, jednostkowego produktu narodowego brutto $JPSN$, wskaźnika rozwoju społeczno – ekonomicznego HDI, gęstości zaludnienia GLM, udziału ludności mieszkającej w miastach ULM, udział gruntów rolnych UGR i wskaźnika bezrobocia WB.
4. Zaproponowany model umożliwia oszacowanie docelowego wskaźnika motoryzacji dla Polski. W przypadku minimalnego scenariusza rozwoju społeczno – gospodarczego ekonomicznego kraju można się spodziewać bardzo wysokiego poziomu nasycenia pojazdami: 870 poj. ogółem /1 tys. mk i 695 sam. os. na 1 tys. mk.
5. Spodziewane w Polsce znacznie wyższe wskaźniki motoryzacji, niż w wielu krajach europejskich, a także dobre warunki sprzyjające rozwojowi motoryzacji, powinny skłonić decydentów zarządzających systemem transportowym kraju do zwrócenia większej uwagi na rozwój innych alternatywnych gałęzi transportu.

Biorąc to pod uwagę, należy prowadzić dalsze prace badawcze, w celu uszczegółowienia zaproponowanych modeli wskaźników motoryzacji dla Polski, a także przeprowadzić ich implementacje dla obszarów województw, powiatów i miast.

Literatura

- [1] Button K.J., Ngoe N., Hine J., Modelling Vehicle Ownership and Use Low Income Countries. *Journal of Transport, Economic and Policy*, No XXVII, 1993.
- [2] Chandler K.N., Traffic Trends. Road Research Laboratory RN 3174, 1958.
- [3] Dargay J., Gatley D., Sommer M., Vehicle Ownership and Income Growth, Worldwide: 1960-2030. Institute for Transport Studies, University of Leeds 2007, Leeds, England
- [4] Fosgerau M., Dynamic time series models for Danish car ownership and use. Danish Transport Research Institute 2008.

-
- [5] Hirota K., Passenger Car Ownership Estimation toward 2030 in Japan -BAU Scenario with Socio-Economic Factors. *Studies in Regional Science*, Vol.37, No.1, 2007, 25-39.
- [6] Jamroz K., *Metoda zarządzania ryzykiem w inżynierii drogowej*. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2011.
- [7] Koornstra M.J., *Changing Choices. Psychological Relativity Theory*. Leiden University Press, 2007.
- [8] 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.
- [9] Medlock K.B., Soligo R., Car Ownership and Economic Development with Foresacts to the Year 2015. *Journal of Transport Economisc and Policy*, Voluem36, Part 2, pp. 163 - 188.
- [10] Oppe S., Koornstra M., Traffic and traffic safety in Central European Countries. 17th International Study Week on Traffic Engineering and Safety, Warsaw 1992.
- [11] Oppe S., Traffic safety developments in Poland. SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam, The Netherland 2001.
- [12] Ogut K.S., S-Curve Models to Determine the Car Ownership in Turkey. *ARI The Bulletin of the Istanbul Technical University* Vol. 54, No 2, 2004.
- [13] Radkowski S., *Podstawy bezpiecznej techniki*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003.
- [14] Rudd E., *The Relationship between the National Income and Vehicle Registrations*. Road Research Laboratory, RN 1518, 1951.
- [15] Tanner J.C., *An Analysis of Increase in Motor vehicles in Great Britain and the United State*. Road Research Laboratory, Department of the Environment RN 3340, 1958.
- [16] StatSoft, *Statistica - przewodnik*. StatSoft Inc. Kraków 2008.