

WYKORZYSTANIE METOD ALTERNATYWNYCH DO SZACOWANIA WSKAŹNIKA MASOWEGO NAGROMADZENIA ODPADÓW U ODBIORCÓW WIEJSKICH

Streszczenie

Przedstawiono wyniki analiz konkurencyjności metod alternatywnych oraz teorii zbiorów przybliżonych do szacowania wskaźnika masowego nagromadzenia odpadów odbiorców wiejskich. Realizację zasadniczego celu pracy poprzedzono charakterystyką zmienności atrybutów warunkowych oraz decyzyjnych wyznaczonych dla badanych gmin wiejskich województwa małopolskiego. Z wykonanych analiz wynika, że najlepszą prognozę, dla której wartość wskaźnika MAPE wynosiła 13,9% uzyskano dla teorii zbiorów przybliżonych. Dobrą jakością prognoz charakteryzowały się również modele wektorów nośnych oraz zaawansowanych drzew regresyjnych C&RT, dla których błąd MAPE wynosił odpowiednio 15,2 i 17,5%. Nieznaczne obniżenie średniego względnego błędu prognozy do poziomu 15% uzyskano dla metody kombinowanej wyznaczonej jako średnia arytmetyczna z modeli zaawansowanych drzew regresyjnych oraz wektorów nośnych.

Słowa kluczowe: metoda szacowania wskaźnika masowego nagromadzenia odpadów, odbiorca wiejski, metody alternatywne, teoria zbiorów przybliżonych

Wprowadzenie

Nowelizacja ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach [5] zrewolucjonizowała system gospodarki odpadami. Gminy stały się właścicielami odpadów, a w związku z tym przejęły pełną kontrolę w zakresie gospodarki odpadami na swoim terenie. Tworzenie systemu gospodarki odpadami, obok kryteriów ekonomicznych, musi uwzględniać także kryteria akceptowalności społecznej i efektywności ekologicznej. Podstawą racjonalnego planowania gospodarki odpadami jest tzw. jednostkowy wskaźnik nagromadzenia odpadów, którego prawidłowy dobór jest najważniejszym zadaniem etapu planistycznego [2]. Do grup uwarunkowań mających wpływ na ilość wytwarzanych odpadów należą czynniki: ekonomiczne, społeczne i infrastrukturalne. Samo wskazanie grup elementów mających wpływ na zmianę ilości wytwarzanych odpadów jest niewystarczające, bowiem nieznana jest siła ich wzajemnego oddziaływania [3, 4]. Wybór metody pozwalającej opracować model prognozujący ilość wytwarzanych odpadów w gospodarstwie domowym, stanowiący podstawę planowania gospodarki na danym obszarze, np. gminy, powinien uwzględniać szereg cech, co do których przewiduje się ich istotny wpływ na wynik końcowy. Dlatego celem pracy było przeprowadzenie analizy porównawczej różnych metod szacowania wskaźnika masowego nagromadzenia odpadów na obszarach wiejskich.

Materiali metody

Analizy dotyczące możliwości wykorzystania wybranych metod alternatywnych do szacowania wskaźnika masowego nagromadzenia odpadów z gospodarstw wiejskich przedstawiono na przykładzie zbioru 60 losowo wybranych gmin wiejskich i obszarów wiejskich gmin miejsko-wiejskich województwa małopolskiego. Atrybuty warunkowe oraz decyzyjne wykorzystane do realizacji celu pracy wyznaczono w oparciu o dane statystyczne zawarte w Banku Danych Regionalnych GUS dla roku 2012 oraz informacje z Powszechnego Spisu Rolnego z roku 2010, które są dostępne na stronie

internetowej Głównego Urzędu Statystycznego [1]. Liczebność zbioru dobrano w taki sposób, aby zapewnić poziom ufności równy 95%. Wybrane do analizy gminy podzielono na dwa podzbiory: zbiór uczący (system informacyjny) zawierający 40 obiektów i zbiór testowy, składający się z 20 obiektów.

Każdy z obiektów był charakteryzowany przez następujące atrybuty warunkowe: gęstość zaludnienia, średnia powierzchnia użytków rolnych, wskaźnik wieku budynku, udział budynków ogrzewanych gazem ziemnym, typ gminy, udział gospodarstw czerpiących dochód z działalności rolniczej oraz wskaźnik dochodu, będące zmiennymi wejściowymi dla budowanych modeli. Wartość wskaźnika masowego nagromadzenia odpadów z gospodarstw domowych dla wszystkich modeli była zmienną wyjściową.

Z wielu dostępnych metod alternatywnych do modelowania wskaźnika masowego nagromadzenia odpadów odbiorców wiejskich wykorzystano następujące metody:

- Sztuczne Sieci Neuronowe,
- ogólny CHAID,
- wyczerpujący CHAID,
- zaawansowane drzewa regresyjne CHAID,
- wzmacniane drzewa regresyjne,
- zaawansowane drzewa regresyjne C&RT,
- wektorów nośnych,
- k-najlepszych sąsiadów,
- MARS,
- Teorii Zbiorów Przybliżonych.

Jakość dopasowania prognozowanej wielkości wskaźnika masowego nagromadzenia odpadów z gospodarstw domowych na obszarze wiejskim do jego wartości rzeczywistej oceniano wyznaczając wartość:

a) średniego względnego błędu prognozy

$$MAPE = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{|d_i - d_i^p|}{d_i} \cdot 100 [\%], \quad (1)$$

- b) udziału różnic pomiędzy rzeczywistą wartością a jego wartością prognozowana w sumarycznej jego wartości dla wszystkich badanych gmin

$$\Delta ESR = \frac{\sum_{i=1}^n |d_i - d_i^p|}{d_c} \cdot 100 \quad [\%], \quad (2)$$

gdzie:

- d_i - rzeczywista wartość wskaźnika masowego nagromadzenia odpadów z gospodarstw domowych, $[\text{kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}]$,
 d_i^p - prognozowana wartość wskaźnika masowego nagromadzenia odpadów z gospodarstw domowych, $[\text{kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}]$,
 d_c - suma wskaźników masowego nagromadzenia odpadów z gospodarstw domowych dla wszystkich gmin, $[\text{kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}]$.

Wyniki badań i ich analiza

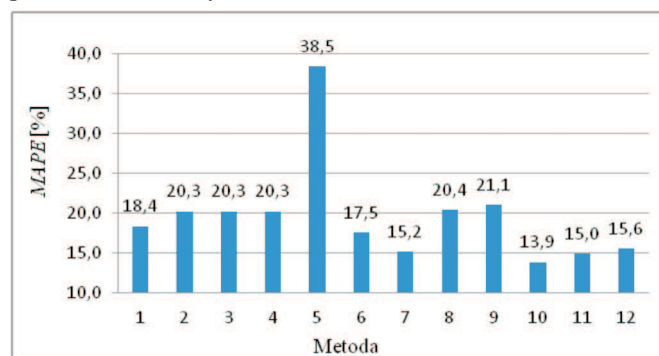
Na analizowanym obszarze znajduje się 168 gmin wiejskich i miejsko-wiejskich. Cechą charakterystyczną obszarów wiejskich województwa małopolskiego jest duża rozpiętość wskaźnika masowego nagromadzenia odpadów komunalnych zmieszanych produkowanych przez gospodarstwa domowe. Waha się on od 20 do 230 $\text{kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$. Na wartość wskaźnika nagromadzenia odpadów na obszarach wiejskich oraz na ich skład morfologiczny ma wpływ wiele czynników, z których za najważniejsze uznaje się: gęstość zaludnienia, rodzaj zabudowy, typ funkcjonalny gminy, poziom dochodu, udział użytków rolnych lub terenów leśnych w strukturze zagospodarowania terenu. Charakterystykę ww. wskaźników na badanym obszarze wiejskim województwa małopolskiego przedstawiono w tab. 1.

Wyznaczone w badaniach atrybuty charakteryzowały się dużym zakresem zmian współczynnika zmienności. Najwyższą zmiennością, przekraczającą 50% charakteryzowała się gęstość zaludnienia i wskaźnik dochodu.

Największą jednorodność wykazywał wskaźnik wieku budynków wyznaczony dla poszczególnych gmin. Dla niewielkiej liczności próby i tak dużej zmienności opracowanie efektywnych modeli klasycznych okazało się bardzo utrudnione. Podjęto więc próbę opracowania modeli prognostycznych wykorzystując modele alternatywne. Ponieważ modele alternatywne generowały stosunkowo wysokie błędy względem teorii zbiorów przybliżonych, postanowiono sprawdzić, czy budowa prognoz kombinowanych w oparciu o wartość średnią wyznaczoną dla dwóch lub trzech najlepszych modeli alternatywnych spowoduje zmniejszenie błędu prognozy.

Wskaźniki oceny jakości modeli prognostycznych wyznaczone dla zbioru testowego wyznaczono dla następujących metod: 1 - Sztuczne Sieci Neuronowe, 2 - ogólny CHAID, 3 - wyczerpujący CHAID, 4 - zaawansowane drzewa regresyjne CHAID, 5 - wzmacniane drzewa regresyjne, 6 - zaawansowane drzewa regresyjne C&RT, 7 - wektorów nośnych, 8 - k -najlepszych sąsiadów, 9 - MARS, 10 - Teorii Zbiorów Przybliżonych, 11 - kombinowana I, 12 - kombinowana II.

Wartości wskaźników oceniających jakość modeli prognostycznych wyznaczonych dla zbioru testowego przedstawiono na rysunku 1 oraz 2.



Źródło: opracowanie własne /Source: Own work

Rys. 1. Wartość średniego względnego błędu prognozy
 Fig. 1. Value of the average relative error of the forecast

Tab. 1. Charakterystyka zmienności atrybutów warunkowych i decyzyjnego

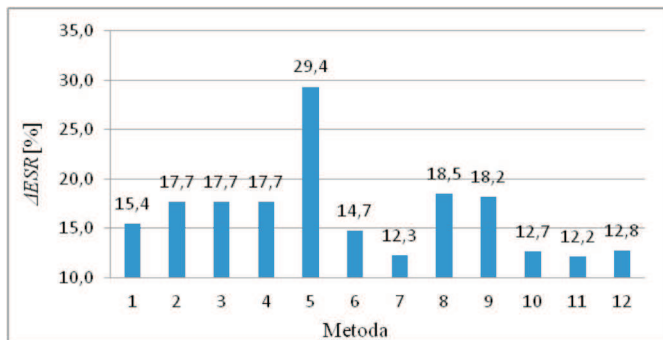
Table 1. Characteristics of the changeability of conditional attributes and decision-making

Miary zmienności /położenia	Atrybut warunkowy							Atrybut decyzyjny
	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7	d
Średnia	133,9	3,4	0,6	0,2	2,3	0,5	339,1	71,9
Mediana	122,0	3,0	0,6	0,2	3,0	0,5	279,0	70,4
Minimum	25,0	1,5	0,4	0,0	1,0	0,1	149,0	25,6
Maksimum	405,0	7,8	0,7	0,8	3,0	0,8	1043,0	131,3
Wsp. zmienności	58,4	45,7	13,0	84,0	34,3	33,8	58,7	42,5
Skośność	2,0	1,0	0,2	0,6	-0,7	-0,6	1,9	0,3
Kurtoza	5,0	0,4	-0,1	-0,1	-1,1	-0,4	3,7	-1,0

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS / Source: own study on the basis of data of the statistical office

Wskaźnikami tymi są:

- c_1 - gęstość zaludnienia, $\text{os} \cdot (\text{km}^2)^{-1}$,
 c_2 - średnia powierzchnia użytków rolnych, ha,
 c_3 - wskaźnik wieku budynku (wyznaczony jako średnia ważona liczby budynków z różnych przedziałów wiekowych, tj. przed 1944, 1945-1970, 1971-1988, 1989-2002, 2003-2012),
 c_4 - udział budynków ogrzewanych gazem ziemnym,
 c_5 - typ gminy (rolniczy, turystyczny, podmiejski),
 c_6 - udział gospodarstw czerpiących dochód z działalności rolniczej,
 c_7 - wskaźnik dochodu (dochody własne gmin udziały w podatkach stanowiących dochody budżetu państwa, podatek dochodowy od osób fizycznych), $\text{zł} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$,
 d - wskaźnik masowego nagromadzenia odpadów z gospodarstw domowych, $\text{kg} \cdot (\text{os} \cdot \text{rok})^{-1}$.



Źródło: opracowanie własne /Source: Own work

Rys. 2. Udział różnic pomiędzy rzeczywistą wartością wskaźnika masowego nagromadzenia odpadów a jego wartością prognozowaną w sumarycznej jego wartości dla wszystkich badanych gmin

Fig. 2. Share of differences between the actual value of index mass accumulation of waste and forecast value in summary values of objects for all examined communities

Z wykonanych analiz wynika, że najniższą wartość średniego względnego błędu prognozy wskaźnika masowego nagromadzenia odpadów dla odbiorców wiejskich o wartości 13,9% uzyskano dla teorii zbiorów przybliżonych. Spośród metod alternatywnych najlepsze prognozy uzyskano dla modeli zaawansowanych drzew regresyjnych C&RT oraz wektorów nośnych. Nieznaczne obniżenie średniego względnego błędu prognozy (MAPE) do poziomu 15% uzyskano dla metody kombinowanej wyznaczonej jako średnia arytmetyczna z modeli zaawansowanych drzew regresyjnych oraz wektorów nośnych.

Analizując udział różnic pomiędzy rzeczywistą wartością wskaźnika masowego nagromadzenia odpadów a jego wartością prognozowaną w sumarycznej jego wartości dla wszystkich badanych gmin (ΔESR) zauważono, że nadal najlepsze prognozy uzyskujemy wykorzystując metody wektorów nośnych, zaawansowanych drzew regresyjnych C&RT oraz teorii zbiorów przybliżonych. Najniższe wartości wskaźnika ΔESR uzyskano dla metody wektorów nośnych oraz teorii zbiorów przybliżonych i wynosiły one odpowiednio 12,3 i 12,7%.

Bibliografia

- [1] Główny Urząd Statystyczny. Bank Danych Lokalnych. http://stat.gov.pl/bdl/app/strona.html?p_name=indeks
- [2] Kempa E.S.: Gospodarka odpadami miejskimi. Warszawa: Arkady, 1983.
- [3] Szul T., Knaga J., Nęcka K.: Application of rough set theory for establishing the rate of mass accumulation of waste in the households in rural areas. Ecological Chemistry and Engineering, 2014, w druku.
- [4] Tałałaj I.A.: Wpływ wybranych czynników społeczno-ekonomicznych na zmiany ilości odpadów komunalnych w województwie podlaskim. Inżynieria Ekologiczna, 2011, Nr 25.
- [5] Ustawa o utrzymaniu czystości i porządku w gminach Dz.U. z 2013 r. poz. 228.

USE OF ALTERNATIVE METHODS FOR ESTIMATING INDEX OF MASS ACCUMULATION OF WASTE AT RURAL RECIPIENTS

Summary

The results of analysis of competitiveness of alternative methods and rough set theory to estimate the rate of mass accumulation of waste at rural customers. Achievement of the fundamental purpose of the work was preceded by the characteristic variation of conditional and decision attributes designated for surveyed rural communities of Małopolska province. The conducted analysis shows that the best estimate for the value of the MAPE index amounted to 13.9% and was obtained for the rough set theory. Day of admission, a good quality of the forecasts characterized models of support vectors and advanced regression trees C & RT for which the MAPE error was respectively 15.2% and 17.5%. A slight reduction in the average relative forecast error to the level of 15% was obtained for the combined method defined as the arithmetic average of the models of advanced regression trees and support vectors.

Key words: a method of estimating the mass ratio of waste accumulation, the rural recipient, alternative methods, rough set theory



ISBN 978-83-927505-2-9

KOSZTY PRACY MASZYN LEŚNYCH

Książka adresowana jest przede wszystkim do prywatnych przedsiębiorców Leśnych, Służb Leśnych i pracowników technicznych w Nadleśnictwach, Dyrekcjach Regionalnych oraz Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych i ma na celu przedstawienie sposobu wyliczenia kosztów usług maszynowych wykonywanych w lasach.

Wydawca: Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych
60-963 Poznań, ul. Starolecka 31
tel. 061 87-12-200; fax 061 879-32-62;

e-mail: office@pimr.poznan.pl; Internet: <http://www.pimr.poznan.pl>