

Dr inż. Alicja KOLASA-WIĘCEK
Katedra Ekonomii i Badań Regionalnych
Wydział Zarządzania, Politechnika Opolska

SZACOWANIE WIELKOŚCI EMISJI CH₄ Z PRODUKCJI ZWIERZĄT GOSPODARSKICH W POLSCE Z WYKORZYSTANIEM SIECI NEURONOWEJ®

Celem podjętych i przeprowadzonych badań była predykcja wielkości emisji CH₄ z sektora rolniczego w Polsce na podstawie wielkości produkcji zwierząt gospodarskich. Prognozy prowadzono z wykorzystaniem sieci Flexible Bayesian Models. Poziom istotności analizowanych parametrów rozpatrzono w oparciu o testy Kendalla i Spearmana.

Słowa kluczowe: metan, gazy cieplarniane, sieci neuronowe, Flexible Bayesian Models, prognozowanie, R-project.

WPROWADZENIE

Jedną z gałęzi gospodarowania, która znacząco wpływa na zwiększenie emisji gazów cieplarnianych, głównie CH₄ i N₂O jest rolnictwo, przed którym w XXI wieku stoją ważne wyzwania. Sektor związany z produkcją zwierząt zajmuje czołowe miejsce wśród znacząco oddziałujących na stan środowiska zarówno w skali regionalnej jak i globalnej. Produkcja zwierzęca związana jest z 70% terenów rolniczych oraz 30% powierzchni obszarów na ziemi [13]. Ekspansja produkcji jest kluczowym czynnikiem powodującym deforestację, szczególnie widoczną w krajach Ameryki Łacińskiej, gdzie ponad 70% pierwotnie zalesionych terenów zostało adoptowanych na cele rolnicze [13].

CH₄ i N₂O są to gazy o znacznie wyższym, niż CO₂ wskaźniku ocieplenia. Potencjał cieplarniany CH₄ jest 21 razy większy, niż CO₂. Rolnictwo odpowiada za emisję niemal 1/5 całkowitej światowej emisji gazów cieplarnianych. Większość emisji pochodzi z hodowli zwierząt gospodarskich. W minionych latach kraje członkowskie UE znacząco ograniczyły emisję gazów cieplarnianych, poprzez m.in. redukcję wykorzystania nawozów sztucznych, nowoczesną uprawę gruntów rolnych, efektywniejszą technikę rolniczą, a także poprzez zmniejszenie pogłowia zwierząt gospodarskich. Oczekuje się dalszej poprawy w zakresie redukcji tych niebezpiecznych gazów. Jednakże trwałe rozwiązanie problemu emisji z hodowli wymagać będzie kompleksowego podejścia do wykorzystania gruntów i hodowli.

Działania zmierzające do redukcji emisji gazów cieplarnianych muszą objąć wszystkie sektory gospodarki, w tym także rolnictwo, które jest źródłem około 52% całkowitej emisji CH₄ [12]. Stężenie CH₄ wzrosło o 150% od 1750 roku [13]. Według FAO, hodowla zwierząt odpowiada za 35-40% antropogenicznych emisji CH₄, pochodzącej głównie z hodowli przeżuwaczy, takich jak krowy i kozy i w mniejszym stopniu, zwierząt z żołądkiem jednokomorowym. Wiele ośrodków naukowych na świecie podejmuje problematykę oszacowania i kierunku rozwoju wielkości przyszłych emisji [4,5,11]. Innym znaczącym źródłem emisji CH₄ na świecie jest uprawa ryżu. W krajach, które bazują przede wszystkim na uprawie ryżu również prowadzi się prognozy w tym zakresie [6,8].

W Polsce rolnictwo emituje 25% CH₄. Szacuje się, iż globalna produkcja mięsa podwoi się z wartości 229 mln ton z lat 1990/91 do 465 mln ton w 2050 roku, a produkcja mleka - z 580 do 1043 mln ton [13].

Compassion in World Farming uważa, że w krajach rozwiniętych o wysokich dochodach występuje sytuacja nierównowazonej ekologicznie nadprodukcji i nadmiernej konsumpcji produktów zwierzęcych (mięsa, mleka i jaj) [2]. Dlatego też kraje członkowskie UE i inne rozwinięte kraje, powinny do roku 2020 zredukować produkcję oraz spożycie mięsa i mleka o 1/3 w stosunku do dzisiejszych poziomów, a do roku 2050 o co najmniej 60%.

Odnotowany spadek ogólnej emisji CH₄ w Polsce w stosunku do roku 1988 o ponad 30%, wynika ze zmniejszenia emisji z fermentacji jelitowej w sektorze rolnictwa o ok. 46%. Obniżenie emisji było związane ze znacznym spadkiem pogłowia zwierząt gospodarskich w tym bydła o ponad 40% i owiec o ponad 90% [9]. Innymi znaczącymi źródłami emisji CH₄ są również: sposób hodowli zwierząt, sposób postępowania z odchodami zwierzęcymi i nawozami organicznymi. Bez odpowiednich działań w polityce rolnej emisja CH₄ na świecie może wzrosnąć o 35-60% do 2030 roku [12].

CEL BADAŃ, METODYKA BADAŃ

Stawiane są różne hipotezy w zakresie wielkości hodowli zwierząt gospodarskich w nieodległej przyszłości. Ogólnie szacuje się, iż mimo, już istniejącej nadprodukcji, wzrastać będzie zapotrzebowanie na spożycie mięsa [1, 12].

Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań dotyczących prognozowania wielkości emisji CH₄ z sektora rolnego w Polsce, z uwzględnieniem wielkości produkcji zwierząt gospodarskich, z wykorzystaniem sieci neuronowej Flexible Bayesian Models.

Przygotowanie zbioru danych polegało na określeniu zmiennych wejściowych, do których zaliczono: wielkość produkcji bydła, trzody chlewnej, drobiu, ilość metanu pochodzącego z fermentacji jelitowej oraz wielkość emitowanego w Polsce CH₄. Założono 4 następujące scenariusze:

- zgodny z obserwowanymi tendencjami (stabilizacja w produkcji bydła, spadek produkcji trzody chlewnej, wzrost produkcji drobiu),
- zakładający wzrost rozpatrywanych czynników,

- zakładający spadek tych czynników,
- podwojenie hodowli zwierząt.

Do prognozowania wykorzystano dane z lat 1999-2007 pochodzące z bazy Głównego Urzędu Statystycznego [3] oraz roczników statystycznych [10]. Stosowanie tradycyjnych metod statystycznych jest uzasadnione w zależnościach liniowych między zmiennymi. Metody te jednak nie sprawdzają się, gdy relacje mają charakter nieliniowy. W takich przypadkach stosowane są sztuczne sieci neuronowe. Łączą one zestaw zmiennych wejściowych z zestawem zmiennych wyjściowych. W rozwiązywaniu problemów środowiskowych związanych z emisją zanieczyszczeń do powietrza sztuczne sieci neuronowe są wykorzystywane coraz częściej. Badania prowadzono z wykorzystaniem sztucznej sieci neuronowej Flexible Bayesian Models (FBM). Sieci FBM można bezpiecznie stosować nawet wtedy, gdy zbiór danych uczących jest ograniczony, bez obaw, które mogą towarzyszyć przypadkom z zastosowaniem tradycyjnych metod uczenia sieci neuronowych [7]. Poprzez weryfikację danych polegającą na wykorzystaniu części danych wejściowych celem przeprowadzenia prognozy „wstecz”, sprawdzono zbieżność prognozowanych danych z rzeczywistymi. Skonstruowano sieć zbudowaną z warstwy wejściowej składającej się z 5 zmiennych wejściowych, warstwy ukrytej – z 4 neuronów oraz warstwy wyjściowej utworzonej z 1 neuronu. Zbiór próbek sygnałów wejściowych serii uczącej przedstawiono w tabeli 1.

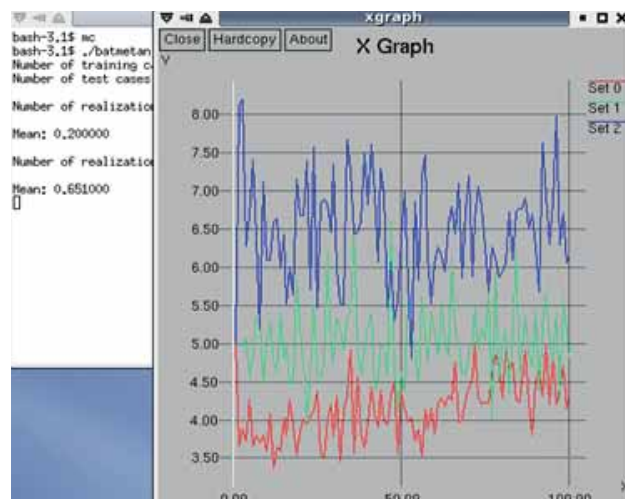
Tabela 1. Zbiór danych uczących

Lp.	Wielkość produkcji bydła V1	Wielkość produkcji trzody V2	Wielkość produkcji drobiu V3	Fermentacja jelitowa V4	Emisja CH ₄ V5
1	56,17	62,48	47,26	95,47	36,91
2	52,47	50,15	45,96	76,97	17,11
3	50,23	55,18	48,28	67,72	7,76
4	49,45	70,21	46,15	59,67	0,06
5	48,01	64,63	139,02	59,47	3,41
6	47,24	54,19	122,99	53,27	49,76
7	49,09	67,35	117,78	73,92	81,31
8	48,05	68,37	115,6	79,15	90,25
9	49,3	56,45	126,96	82,37	91,41

Źródło: Obliczenia własne autora.

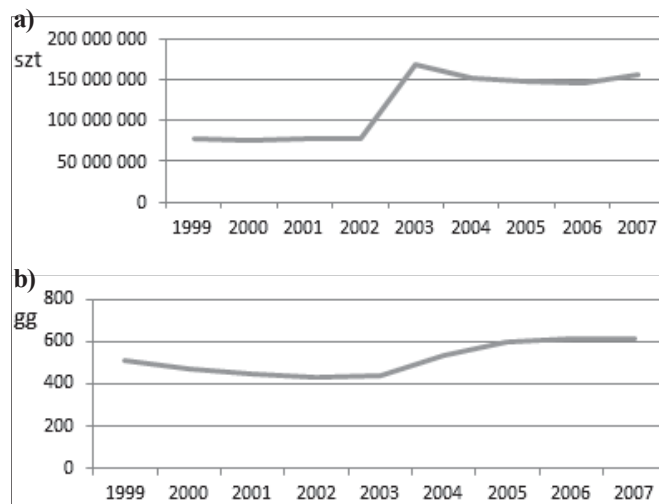
WYNIKI BADAŃ I ICH INTERPRETACJA

W oparciu o wiedzę uzyskaną poprzez podstawowe parametry uczenia się sieci FBM m.in. wskaźnik odrzutu oraz wykresy trajektorii wartości kontrolnych, można uznać, iż proces uczenia się sieci przebiegał w warunkach optymalnych. Wyniki analizy prezentuje rys. 1. Świadczą one o uzyskaniu równowagi w przepływie impulsów przez sieć, z uwagi na wartość otrzymanego współczynnika – 0,651, która mieści się w granicach zmienności 0,2-0,8.



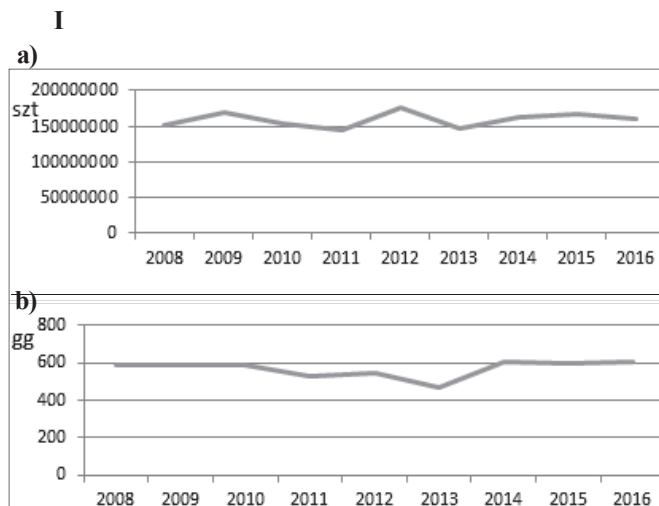
Rys. 1. Wybrane podstawowe parametry uczenia się sieci.
Źródło: obliczenia własne autora.

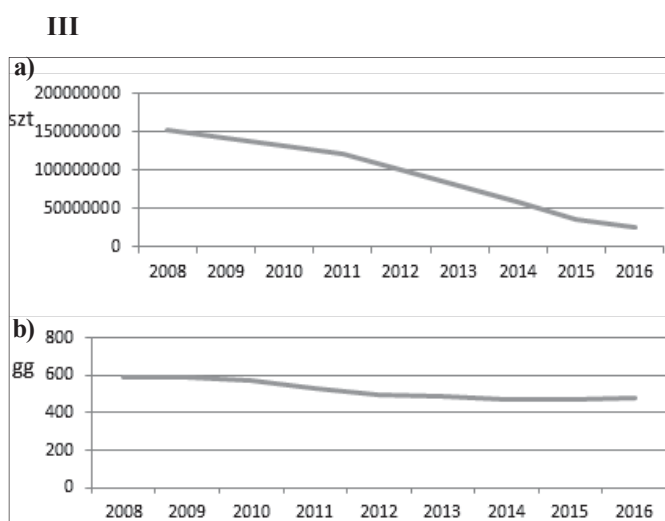
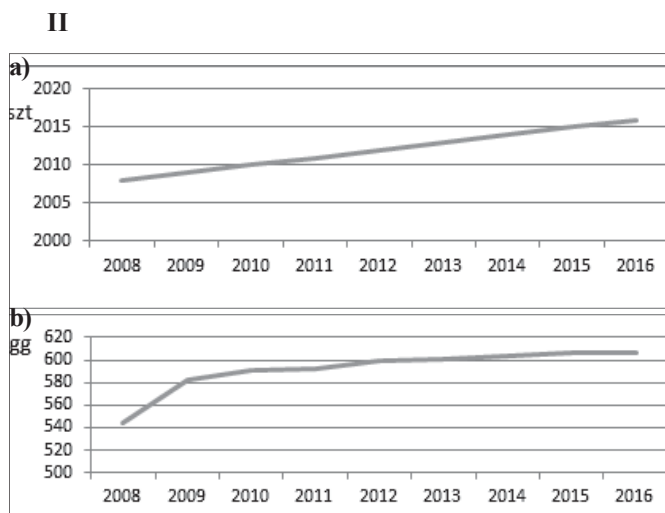
Na rysunku 2 zestawiono rzeczywiste wielkości emisji CH₄ w latach 1999-2007 względem liczby zwierząt hodowlanych.



Rys. 2. Emisja CH₄ w latach 1999-2007 w odniesieniu do wielkości produkcji zwierząt hodowlanych ogółem.
Źródło: GUS, obliczenia własne autora.

Na rysunku 3 przedstawiono emisję CH₄ dla różnych zakładanych scenariuszy wielkości hodowli zwierząt gospodarskich.





Rys. 3. Prognozowana emisja CH₄ w latach 2008-2016 w odniesieniu do wielkości produkcji zwierząt hodowlanych ogółem; a) Ogólna liczba zwierząt, b) emisja CH₄;

- I** – Utrzymujące się tendencje w liczbie zwierząt hodowlanych (z poziomu kilku ostatnich lat),
II – Ogólna liczba zwierząt wzrasta,
III – Ogólna liczba zwierząt maleje.

Źródło: obliczenia własne autora.

Prognozy wykazały, iż przy zachowaniu wielkości produkcji na poziomie obecnie obserwowanym, w najbliższych latach będzie można spodziewać się kontynuacji wielkości emisji CH₄. Wpływ na poziom emisji z hodowli zwierząt jest uwarunkowany wieloma czynnikami, m.in. sposobem hodowli zwierząt, zarządzaniem obornikiem, czy spożywaną przez zwierzęta paszą. Mimo, iż czynniki te w niniejszych badaniach nie zostały podjęte, daje się bez wątpienia zauważyć, że model podąża za wielkością produkcji zwierząt. W długiej perspektywie czasu ograniczenie w liczbie zwierząt hodowlanych z pewnością przyniosłoby oczekiwany spadek emisji z tego podsektora. Przy ocenie poziomu istotności badanych zależności wykorzystano pakiet statystyczny R-Project, za pomocą którego określono poziomy istotności testami Kendalla oraz Spearmana. Testy wykazały zbliżone wartości poziomów istotności analizowanych czynników. Najwyższe istotne statystycznie korelacje w odniesieniu do badanego parametru otrzymano dla wielkości fermentacji je-

litowej - V4 oraz wielkości produkcji bydła - V1. Pozostałe badane czynniki również w wysokim stopniu wpływają na emisję. W tabeli 2 zestawiono otrzymane wyniki.

Tabela 2. Poziomy istotności dla badanych testów względem analizowanych czynników

Poziom istotności względem czynnika V5		
Test	Kendall	Spearman
V1	0,02820	0,02732
V2	0,02912	0,03278
V3	0,05695	0,0438
V4	0,01735	0,01857

Źródło: Obliczenia własne autora.

Tylko w jednym przypadku, przy wykorzystaniu testu Kendalla dla parametru V3 otrzymano wartość przekraczającą 5%. Oznacza to, iż wielkość produkcji drobiu w najmniejszym stopniu oddziałuje na prognozowany parametr i jest w analizowanym przypadku czynnikiem najmniej istotnym statystycznie.

PODSUMOWANIE

W pracy zaprezentowano wyniki weryfikacji wykorzystania sztucznych sieci neuronowych Flexible Bayesian Models do predykcji wielkości emisji CH₄ z produkcji zwierząt gospodarskich. Otrzymane wyniki w dużej mierze potwierdzają możliwość wykorzystania aplikacyjnych narzędzi statystycznych oraz sieci Flexible Bayesian Models w prognozowaniu emisji CH₄ w sektorze rolniczym. Poziomy istotności ogólnie wskazują na bliskie korelacje wskazanych czynników z badanym parametrem. Jak stwierdzono, istotnym faktem oddziałującym na obniżenie emisji, byłoby stopniowe ograniczenie ilości hodowanych zwierząt z jednoczesną analizą wpływu sposobu ich hodowli i karmienia.

LITERATURA

- [1] **COMPASSION IN WORLD FARMING. 2006.** *Global Warming: climate change and farm Animal welfare*. ISBN 978-83-61608-12-7, Surrey. www.ciwf.org.uk/includes/documents/cm_docs/2008/g/global_warning_summary.pdf
- [2] **GLOBALNE OSTRZEŻENIE: ZMIANY KLIMATYCZNE A DOBROSTAN ZWIERZĄT HODOLANYCH. 2009.** Raport stowarzyszenia Compassion in World Farming. Przełożył Jerzy Paweł Listwan, Klub Gaja, ISBN 978-83-61608-12-7.
- [3] **GŁÓWNY URZĄD STATYSTYCZNY. 2011.** www.stat.gov.pl.
- [4] **JARVIS S. C., PAIN B. F. Greenhouse Gas Emissions from Intensive livestock Systems: Their Estimation and Technologies for Reduction.** *Climatic Change*, vol. 17, no 1, 27-38. <http://www.springerlink.com/content/n01t-53vj465g2l71/fulltext.pdf>
- [5] **KLIMONT Z., BRINK C., 2004,** *Modelling of Emissions of Air Pollutants and Greenhouse Gases from Agricultural Sources in Europe*. Interim Report IR-04-048, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg.

- [6] LI CH., FROLKING S., XIAO X., MOORE III B., BOLES S., QIU J., HUANG Y., SALAS W., SASS R., 2005. *Modeling impacts of farming management alternatives on CO₂, CH₄, and N₂O emissions: A case study for water management of rice agriculture of China*. Global Biogeochemical Cycles, vol. 19, GB3010, 10 PP., doi:10.1029/2004GB002341.
- [7] NEAL R.; 1996. *Bayesian Learning for Neural Networks*. Springer-Verlag, New York, ISBN 0387947248.
- [8] PATHAK H., LI C., WASSMANN R. 2005. *Greenhouse gas emissions from Indian rice fields: calibration and upscaling using the DNDC model*. Biogeosciences, 2, 113-123.
- [9] POLITYKA KLIMATYCZNA POLSKI. 2003. *Strategie redukcji emisji gazów cieplarnianych w Polsce do roku 2020*. Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- [10] ROCZNIK STATYSTYCZNY. 2009. ISSN 0867-3217, *Ochrona Środowiska, Informacje i opracowania statystyczne*. GUS Warszawa,
- [11] SHIH J.-S., BURTRAW D., PALMER K., SHIKAMAKI J. 2008. *Air Emissions of Ammonia and Methane from Livestock Operations: Valuation and Policy Options*. Air & Waste Management Association, ISSN:1047-3289, Washington.
- [12] SMITH P., BERTAGLIA M., 2007. *Greenhouse gas mitigation in agriculture*. Encyclopedia of Earth, Cutler J. Cleveland, Washington. www.eoearth.org/article/Greenhouse_gas_mitigation_in_agriculture.
- [13] STEINFELD, H.; GERBER, P., WASSENAAR, T. ET AL. 2006. *Livestock Long Shadow Environmental Issues and Options*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, ISBN 978-92-5-105571-7, Rome.

ESTIMATING EMISSIONS OF CH₄ FROM THE MANUFACTURE OF LIVESTOCK IN POLAND USING NEURAL NETWORKS

SUMMARY

The aim of the study was the prediction of CH₄ emissions from the agricultural sector in Poland on the basis of livestock production. Projections were carried out using the Bayesian Flexible Models network. The level of significance of the analyzed parameters were considered based on the Kendall and Spearman tests.