

dr inż. Krzysztof KOSZELA, dr inż. Krzysztof PILARSKI, dr hab. inż. Jacek DACH,
prof. dr hab. inż. Piotr BONIECKI, dr inż. Aleksander JĘDRUŚ
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Instytut Inżynierii Rolniczej
ul. Wojska Polskiego 28; 60-637 Poznań
e-mail: koszela@up.poznan.pl; pilarski@up.poznan.pl

KONCEPCJA WYKORZYSTANIA SZTUCZNYCH SIECI NEURONOWYCH DO PROGNOZOWANIA ZAWARTOŚCI METANU W SUBSTRATACH

Streszczenie

Sztuczne sieci neuronowe wykorzystywane są z powodzeniem m.in. do analizy złożonych systemów empirycznych, w których część parametrów opisujących zachodzące zjawiska jest niemierzalna lub których precyzyjny pomiar jest trudny. W niniejszej publikacji zaprezentowano budowę i zasady działania sztucznych sieci neuronowych jako narzędzia do predykcji zawartości metanu w biogazie z bioodpadów rolniczych [3]. Prognozowanie zawartości biogazu odgrywa ważną rolę w opracowywaniu optymalnych modeli do zarządzania biogazownią. Z powodu różnorodności bazy surowcowej istotnym jest optymalne prognozowanie wydajności biogazowni. W związku z powyższym często z powodzeniem używa się modeli typu „czarna skrzynka”, które wymagają mniejszej liczby parametrów niż klasyczne modele konceptualne.

Słowa kluczowe: sztuczna inteligencja; sieci neuronowe; bioodpady; biogaz; metan; biogazownia; wydajność; prognozowanie

Obiekt badań

Biogaz to gaz pozyskany z biomasy. Jest to mieszanina metanu (CH_4) i dwutlenku węgla (CO_2), z domieszką małych ilości siarkowodoru, azotu, tlenu, wodoru oraz innych substancji, która powstaje w wyniku procesu fermentacji związków pochodzenia organicznego zachodzącej w warunkach beztlenowych. Skład biogazu zależy od rodzaju zastosowanej technologii oraz zastosowanego materiału wsadowego. Produkcja metanu zależy także m.in. od zawartości i składu suchej masy w masie bioodpadów. W celach energetycznych biogaz można pozyskać w komunalnych oczyszczalniach ścieków, w komorach fermentacyjnych osadów ściekowych oraz w biogazowniach rolniczych (rys. 1).



Rys. 1. Biogazownia rolnicza (fot. J. Dach)
Fig. 1. Agricultural biogas plant (photo J. Dach)

Jednym z istotnych aspektów biogazowni rolniczych jest jej wydajność. Do głównych czynników wpływających na ten aspekt należy zaliczyć przede wszystkim: rodzaj stosowanego substratu wsadowego, temperaturę, w której przebiega fermentacja, stopnia ich przefermentowania oraz rodzaju obróbki mechanicznej czy też czasu retencji (trwania procesu).

Biogaz rolniczy może być pozyskiwany z szerokiej bazy surowcowej. Jako surowiec energetyczny mogą być stosowane substraty pochodzenia roślinnego, zwierzęcego, ale również bioodpady powstające jako odpad produkcyjny w przemyśle.

Do jednych z najczęściej stosowanych substratów rolniczych należy zaliczyć m.in. odchody zwierzęce (gnojowica, gnojówka, obornik, pomiot kurzy), biomasę z upraw celowych (plantacji energetycznych), w tym uprawianą na glebach gorszej jakości lub na glebach zanieczyszczonych, odpady z produkcji roślinnej, jak m. in. różnego rodzaju słoma, odpady zbożowe, odpady pasz. Substraty komunalne do produkcji biogazu to m.in.: frakcja organiczna odpadów miejskich, odpady zielone pochodzące z pielęgnacji terenów zielonych, odpady ogrodnicze, odpady z placów i targowisk, odpady wytwarzane w gospodarce komunalnej (osad ściekowe). Substraty przemysłowe do produkcji biogazu to m.in. odpady z przemysłu przetwórczego, spożywczego, mleczarskiego (serwatka), cukrowniczego, mięsnego, farmaceutycznego, kosmetycznego, biochemicznego [7].

Sztuczne sieci neuronowe

Budowa sztucznych sieci neuronowych została zainspirowana badaniami struktur mózgowych. Chęć stworzenia odpowiednika ludzkiego mózgu, naśladującego jego prace, doprowadziła do otrzymania bardzo wydajnego narzędzia. Sztuczna sieć neuronowa jest to zespół połączonych ze sobą neuronów przetwarzających dane. Ich głównym zadaniem jest przetwarzanie informacji podanych na wejściu sieci w wartości wyjściowe. Sztuczne komórki nerwowe agregują dane wejściowe (wykorzystując wagi przypisane każdej informacji wejściowej), a następnie wyznaczają wartości wyjściowe. Neurony wchodzące w skład sieci mogą tworzyć warstwy. Pierwsza warstwa nosi nazwę warstwy wejściowej, ostatnia warstwy nazywana jest warstwą wyjściową, natomiast wszystkie warstwy znajdujące się pomiędzy nimi określane są jako warstwy ukryte. Architektura poszczególnych sieci może być zróżnicowana. Ma na to wpływ zarówno liczba warstw składających się na daną sieć, jak również model sieci oraz sposoby powiązań pomiędzy

poszczególnymi neuronami - czyli to, czy łączony jest każdy neuron jednej warstwy z każdym neuronem warstwy następnej, czy też łączone są tylko wybrane neurony [5, 10].

Niewątpliwie sztuczne sieci neuronowe posiadają wiele zalet, które powodują, że są atrakcyjnym narzędziem prognostycznym alternatywnym dla tradycyjnie stosowanych modeli prognostycznych. Przede wszystkim w przeciwieństwie do tradycyjnych metod nie wymagają dużej liczby początkowych założeń dotyczących modelu. Jednym z istotnych aspektów sztucznych sieci neuronowych jest umiejętność uczenia się dzięki podanym przykładom oraz fakt, że są one w stanie wychwycić zależności między danymi - nawet w sytuacjach, kiedy trudno jest określić rzeczywiste relacje zachodzące pomiędzy zmiennymi. Potrafią również sprostać zadaniom w sytuacjach, gdy do dyspozycji jest duża ilość danych, albo gdy pozostała wiedza jest ograniczona lub trudna do zdobycia - szczególnie, że często dużo łatwiej jest uzyskać dane niż teoretyczne podstawy funkcjonowania systemu, który te dane generuje. Niewątpliwie dużą zaletą SSN jest ich umiejętność generalizacji. Po procesie uczenia na zaprezentowanym zbiorze, sieci potrafią prawidłowo reagować na nowe dane, nawet takie, które zawierają dużą ilość szumu informacyjnego. Dodatkowo posiadają umiejętność douczania w sytuacji, gdy dostarczy się im nowe dane. Praktyka w stosowaniu sieci neuronowych wykazała, że w wielu sytuacjach SSN są bardziej elastyczne niż tradycyjne metody statystyczne. Charakteryzują się uniwersalną możliwością aproksymacji dowolnej ciągłej funkcji do dowolnego wymaganego poziomu dokładności. Dodatkowo SSN rozwiązują problemy nieliniowe. Umożliwiają to odmienne od tradycyjnego podejścia zakładającego linowość relacji występujących pomiędzy badanymi zjawiskami. Pomimo tych wymienionych zalet zbudowanie modelu neuronowego nie jest łatwym procesem i niejednokrotnie bardzo pracochłonnym, napotykającym wiele trudności w trakcie ich tworzenia [4, 6, 9].

Sztuczne sieci neuronowe potrafią generować wartości wyjściowe na podstawie zbioru wartości wejściowych bez konieczności specyfikacji relacji zachodzących pomiędzy poszczególnymi zmiennymi. Dzięki tym cechom, modele neuronowe znalazły zastosowanie w problemach prognostycznych, szczególnie w sytuacjach, gdzie tradycyjna ekonometria napotyka trudności. Jednym z zastosowań sztucznych sieci neuronowych może też być analiza i prognozowanie szeregu czasowego. W tym celu wykorzystuje się neuronowy model szeregu czasowego, który w wielu wypadkach może być alternatywą do tradycyjnych modeli prognostycznych [3].

Materialy i metody

W ramach projektu zostaną przeprowadzone badania w celu rozwiązania zagadnienia dotyczącego opracowania modelu neuronowego do predykcji ilości biometanu produkowanego z substratów w trakcie fermentacji oraz doboru najbardziej efektywnych współzależności parametrów wpływających na jego produkcję. Proponowana metoda oparta będzie o sztuczne sieci neuronowe jako instrument predykcyjny wraz z zastosowaniem szeregu czasowych. Planowane jest opracowanie również modeli ekonometrycznych mających na celu przedstawienie zależności wpływających na opłacalność budowy biogazowni.

Zakłada się, iż możliwe jest wytworzenie modelu neuronowego, który w szybki i skuteczny sposób będzie dokonywał predykcji ilości metanu produkowanego z substratów z uwzględnieniem zależności pomiędzy czynnikami. Wytworzony model neuronowy stanie się częścią systemu informatycznego wspomagającego decyzję podczas procesu doboru

odpowiednich substratów ze względu na ich dostępność oraz określających moc elektryczną i cieplną danej biogazowni [1, 2, 8].

W trakcie badań należy uzyskać odpowiedzi na następujące pytania:

1. Czy modele neuronowe są właściwym narzędziem do predykcji?
2. Która topologia sieci umożliwi efektywną i poprawną predykcję zawartości metanu w różnorodnych substratach?
3. Jaki algorytm uczenia sieci jest najbardziej skuteczny dla wybranej topologii sztucznej sieci neuronowej?
4. Jaki z parametrów procesu fermentacji danych substratów mają wpływ na zawartość metanu [6]?

Cel i zakres pracy

Cel pracy zrealizowany będzie w oparciu o prowadzone już badania własne w Instytucie Inżynierii Rolniczej UP w Poznaniu. Na podstawie tych badań zgromadzono bazę danych kilkunastu substratów.

Celem prowadzonych badań jest rozpoznanie systemu empirycznego obejmującego ocenę poszczególnych substratów i prognozowanie zawartości w nich metanu oraz opracowanie i budowa tego modelu. Wytworzony model zostanie skonfrontowany z klasycznymi metodami prognozowania.

Realizacja badań będzie składała się z następujących etapów:

- Określenie prognozowanej zmiennej.
- Gromadzenie zbioru danych lub szeregów liczbowych związanych z prognozowanym zjawiskiem.
- Wstępne przetwarzanie danych (*preprocessing*).
- Wybór odpowiedniej architektury sieci.
- Wybór odpowiedniego algorytmu uczenia.
- Przeprowadzenie procesu uczenia wybranych modeli neuronowych.
- Walidacja wybranego modelu neuronowego.
- Zastosowanie sieci do predykcji.

Podsumowanie

Podczas badań zostaną poddane analizie szeroko dostępne substraty, jak również czynniki procesowe mające wpływ na zawartość metanu w wytwarzanym biogazie, który jest najważniejszym czynnikiem mającym wpływ na efektywność ekonomiczną pracy biogazowni. Wskazany obszar badawczy ma ogromne znaczenie w aspekcie najbliższej przyszłości, gdyż w Polsce jest w wstępnej fazie rozwoju i budowy biogazowni, jako alternatywnego źródła pozyskiwania energii. Aktualnie wiedza w zakresie doboru odpowiednich substratów i innych czynników mających wpływ na opłacalność przedsięwzięcia w aspekcie bardzo zmiennych czynników makro- i mikroekonomicznych jest niewystarczająca, czego dowodem było bankructwo blisko ¼ niemieckich biogazowni w latach 2007-2009 z uwagi na bardzo słabe wskaźniki eksploatacyjne instalacji. Sytuacja ta wymaga zastosowania zawansowanych technologii informatycznych umożliwiających automatyzację procesu przetwarzania danych dla potrzeb skutecznego prognozowania efektywności procesu i podejmowania decyzji. Można stwierdzić, że na obecnym etapie rozwoju technologii informatycznych komputery doskonale radzą sobie z danymi i informacjami. Natomiast wciąż pozostaje wyzwaniem opanowanie metod, które pozwolą na zautomatyzowane generowanie i pozyskiwanie wiedzy z posiadanych zasobów danych i informacji. Przejście w hierarchii pojęć z poziomu informacji do poziomu wiedzy

wymaga zachowania inteligentnego. To właśnie inteligentne zestawienie danych i informacji pozwala na stworzenie wzorców i reguł odzwierciedlających wiedzę i sukces. Rozwój techniki komputerowej, a przede wszystkim systemów przetwarzania danych, umożliwił implementację skomplikowanych metod matematycznych, wśród których dużą rolę odgrywają, sprawdzone już na rynkach rozwiniętych, modele neuronowe, należące do grupy metod sztucznej inteligencji.

Literatura

- [1] Adamski M., Pilarski K., Dach J.: Możliwości wykorzystania wywaru gorzelnianego jako substratu w biogazowni rolniczej. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2009, vol. 54(3): 10-15.
- [2] Dach J., Zbytek Z., Pilarski K., Adamski M.: Badania efektywności wykorzystania odpadów z produkcji biopaliw jako substratu w biogazowni. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna*, 2009, nr 6: 7-9.
- [3] Hu, M.Y., Patowo B.E., Zhang G.: Forecasting with artificial neural network. The state of art. *International Journal of Forecasting*, 1998, nr 14.
- [4] Kavdir I., Guyer D. E.: Apple sorting using artificial neural networks and spectral imaging. ASAE Meeting 2000, Presentation Paper Number: 2000, Vol. 45(6).
- [5] Korbicz J., Obuchowicz A., Uciski D.: Sztuczne sieci neuronowe. Podstawy i zastosowania. Warszawa: Akad. Oficyna Wyd. RM, 1994.
- [6] Koszela K., Boniecki P., Weres J.: Ocena efektywności neuronowego prognozowania w oparciu o wybrane metody na przykładzie dystrybucji produktów rolniczych. *Inżynieria Rolnicza*, 2005, 2(62).
- [7] Oniszk-Popławska A., Zwosik M., Wiśniewski G.: Produkcja i wykorzystanie biogazu rolniczego. Gdańsk-Warszawa, 2003.
- [8] Pilarski K., Dach J., Mioduszevska N.: Porównanie wydajności produkcji metanu z gnojowicy świńskiej i bydłowej z dodatkiem gliceryny rafinowanej. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2010, vol. 55(2): 78-81.
- [9] Tadeusiewicz R.: Sieci neuronowe. Warszawa: Akad. Oficyna Wyd. RM, 1993.
- [10] Zaborowicz M., Koszela K., Boniecki P.: Koncepcja wykorzystania sztucznych sieci neuronowych w procesie oceny jakości pomidorów. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2011, vol. 56(1).

THE CONCEPT OF USAGE OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR FORECASTING THE METHANE CONTENT IN THE SUBSTRATES

Summary

The artificial neural networks have been successfully used for analyzing of the complex systems, where some parameters describing the occurring phenomena are non-measurable or the precise measurement is very difficult. This publication presents the construction and functioning rules of the artificial neural networks as a tool for prediction of methane content in the biogas from agricultural bio-waste. Forecasting of the biogas content plays extremely important role in development of the optimal models for biogas plant management. Due to the resource base diversity the optimal prediction of biogas plant efficiency is very important. Therefore, the "black box" models which require less parameters than classic conceptual ones are very often successfully used.

Key words: artificial intelligence; neural networks; biological waste; biogas; methane; biogasworks; productivity; forecasting



Podręcznik pt. **MASZINY ROLNICZE** adresowany jest do szerokiego grona pracowników dydaktycznych i słuchaczy uczelni przyrodniczych oraz użytkowników maszyn rolniczych. Zawarto w nim podstawowe informacje z przedmiotu "Technika rolnicza i eksploatacja maszyn rolniczych" wykładanego na ww. Uczelniach. Problematyka wykładów tego przedmiotu obejmuje charakterystykę szerokiego i niezwykle różnorodnego asortymentu maszyn i urządzeń technicznych. Wyczerpujące omówienie czy opisanie całości materiału jest niemożliwe. Z tych też względów w podręczniku przedstawiono ściśle wyselekcjonowane partie materiału - informacje podstawowe oraz te, które są dziełem autorów lub powstały przy znaczącym ich udziale. Stąd też, pomimo że podręcznik ma charakter pozycji dydaktycznej, nosi znamiona pracy monograficznej. Materiał uzupełniający stanowi literatura zamieszczona na końcu każdego z rozdziałów.

Wydawca:

Branżowy Ośrodek Informacji Naukowej, Ekonomicznej i Normalizacyjnej
Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych

60-963 Poznań, ul. Starołęcka 31

tel. 061 87-12-200; fax 061 879-32-62;

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