

## PROBLEMY WYKORZYSTANIA SIECI NEURONOWEJ DO IDENTYFIKACJI PROCESU SKRAWANIA SKAŁ NOŻAMI OBROTOWYMI

### A PROBLEM OF THE NEURAL NETWORK UTILIZATION FOR IDENTIFICATION OF ROCK CUTTING PROCESS BY ROTATING BITS

*W opracowaniu przedstawiono wykorzystanie sieci neuronowej do identyfikacji przebiegu procesu skrawania skał za pomocą stożkowych noży obrotowych. Zaprezentowano modele sieci neuronowej użyte w badaniach.*

*Utilization of the neural network for identification of rock cutting process realized by conical rotating bits, was given in the paper. Models of neuron network used in tests were presented.*

#### 1. Wprowadzenie

Znaczne zużycie stożkowych noży obrotowych, szczególnie w przypadku skrawania skał twardych wymusza podjęcie problemu optymalizacji doboru samego narzędzia jak też poszukiwania aktywnych metod monitorowania pracy całej głowicy. Zagadnienia te znajdują także swe odzwierciedlenie w pracach nad zwiększeniem trwałości, zapewnieniem optymalnych parametrów konstrukcyjnych oraz roboczych noży obrotowych.

Modele charakteryzujące proces skrawania skał oparte przede wszystkim o analizę statystyczną [1], są uciążliwe w praktycznym zastosowaniu do badania efektów urabiania, zwłaszcza dla parametrów, których wpływ nie był szczegółowo przebadany.

#### 2. Budowa modelu sieciowego

Sztuczne sieci neuronowe pozwalają na rozwiązywanie m.in. zagadnień regresyjnych (sieci GRNN) oraz klasyfikacyjnych (np. sieci RBF, MLP) [9].

Pozytywne wykorzystanie sztucznych sieci neuronowych (SSN) w wielu dziedzinach nauki i techniki, skłania do wykorzystania ich także do identyfikacji procesu urabiania skał nożami stożkowymi.

Jakość modelu rozwiązywanego zagadnienia zależy przede wszystkim od architektury sieci, w tym m.in. od typu sieci, sposobu jej uczenia, metody obliczania błędu, ilości warstw sieci i zawartych w niej neuronów oraz prezentowanych danych wejściowych i wyjściowych.

W sieci neuronowej podobnie jak w przypadku analizy statystycznej na podstawie danych wejściowych i wyników pomiarów, budowany jest model zależności zachodzących w nim procesów. W analizie statystycznej w przeciwieństwie do sieci neuronowej zakładana jest postać funkcji odwzorowującej zachodzące relacje - w przypadku sieci neuronowej nie musimy znać charakteru zachodzących procesów ani opisującej je funkcji.

#### 3. Zastosowanie sieci neuronowych w badaniach

W niniejszym opracowaniu, przeprowadzono analizę możliwości wykorzystania sieci neuronowej w badaniach kształtowania się obciążenia stożkowych noży obrotowych, aby określić jej przydatność oraz wpływ powiązanych parametrów wejściowych sieci na zgodność wyników badań z pomiarami rzeczywistymi.

Z literatury wynika, że wykorzystanie sztucznych sieci neuronowych było dotąd podejmowane w dziedzinach zbliżonych do omawianego zagadnienia np. dla procesów skrawania metali i modelowania zależności zachodzących pomiędzy ostrzem skrawającym a obrabianym materiałem. Prace te miały na celu np. minimalizację zużycia ostrza noża tokarskiego lub optymalizację doboru narzędzia i parametrów obróbki, w zależności od rodzaju materiału i jego przeznaczenia oraz modelowanie zjawisk zachodzących w procesie skrawania, mających wpływ na ten proces [2], [3], [4] i [5].

W elementarnych procesach skrawania metali oraz urabiania skał zachodzą pewne podobieństwa. Jednak skrawanie stali ma na celu między innymi uzyskanie określonej dokładności, natomiast urabianie skał ma za zadanie głównie osiągnięcie największej wydajności.

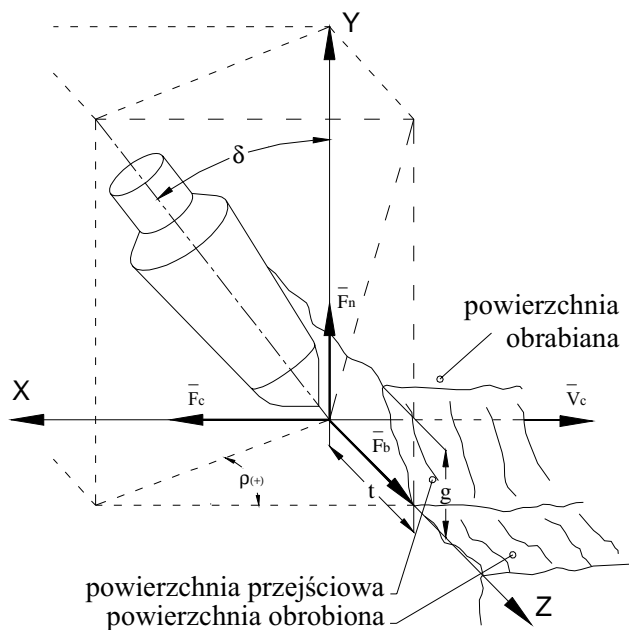
W oparciu o wiadomości literaturowe nt. zastosowania sieci neuronowych oraz analizy procesu skrawania można wnioskować, że właściwym jest zastosowanie modelu sieci neuronowej w badaniu obciążenia ostrza skrawającego w oparciu o dane wejściowe i wyjściowe zastosowane w analizie statystycznej [6]. Parametry te stanowią podstawę do poszukiwania właściwej architektury sieci i jej cech zarówno ze względu na uzyskiwaną w dotychczasowych badaniach dużą zgodność wyników, jak i na możliwość pozyskania i wykorzystania istniejących baz danych pomiarowych. Takie podejście pozwoli określić również jakość modelu sieci neuronowej w stosunku do modelu opracowanego na bazie analizy statystycznej.

W związku z powyższym do dalszych rozważań przyjęto wielkości wejściowe i wyjściowe zgodnie z rys. 1.

Wytypowano parametry służące do uczenia sieci przy założeniu, że w przyjętym modelu prezentacji określonych danych wejściowych będzie towarzyszyła jedna oczekiwana wielkość wyjściowa. Założono, że ciągi uczące będą budowane na podstawie wyników pomiarów dla kombinacji tych parametrów. Na podstawie wstępnych wyników symulacji można określić jakość przyjętego modelu oraz metody jego uczenia.

W wyniku wstępnych prób uczenia podczas poszukiwania optymalnego modelu sieci, został otrzymany pewien błąd odtworzenia przewidywanych wielkości wyjściowych w odniesieniu do rzeczywistych wyników pomiarów. Wielkość błędu określona została na podstawie zbiorów testowych nie biorących udziału w uczeniu sieci.

Poszukiwanie modelu sieci oparte jest o wcześniej wykonane badania laboratoryjne. Dalsze prace obejmujące badania modelowe obciążenia noża stożkowego będą wykonane w oparciu o badania laboratoryjne własne.



Rys. 1. Oznaczenia kątów obrotowego noża stożkowego oraz składowych siły całkowitej [6]

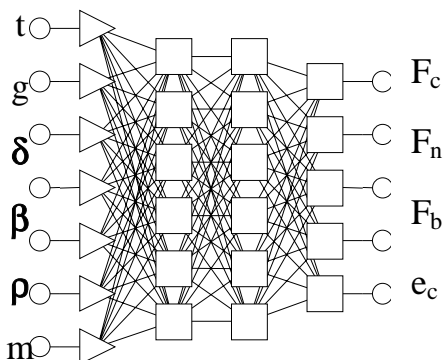
**Przyjęte zmienne wielkości wejściowe:**

parametry technologiczne pracy ostrza  
 t – podziałka skrawania,  
 g – głębokość skrawania,  
 m – masa 1 mb skrawu,  
 parametry geometryczne ostrza:  
 β - kąt ostrza,  
 δ - kąt ustawienia,  
 ρ - kąt obrotu,.

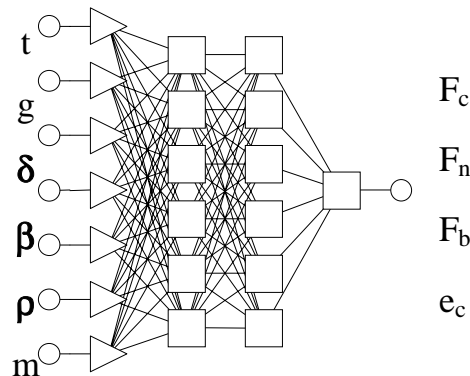
**Przyjęte stałe wielkości wejściowe:**

rodzaj skrawanej skał,  
 vc – prędkość skrawania,  
 stan ostrza.  
**Wielkości wyjściowe:**  
 Fc – siła skrawania,  
 Fn – składowa normalna,  
 Fb – składowa boczna,  
 ec – jednostkowa energia skrawania

Zastosowanie wielkości wejściowych i wyjściowych w modelu sieci neuronowej przedstawiono na rys. 2. Taki model sieci neuronowej charakteryzuje się złożonym procesem uczenia (np. metoda wstecznej propagacji błędów) a wielkość zbioru uczącego może być w takich przypadkach niewystarczająca aby można mówić o reprezentatywności wyników. W związku z tym doprowadzono do dekompozycji sieci celem uproszczenia jej modelu oraz możliwości użycia szybszej i sprawniejszej metody uczenia, co przedstawiono na rys. 3. W jej wyniku otrzymuje się osobną sieć dla każdej wielkości wyjściowej.



Rys. 2. Proponowany model sieci neuronowej do badania procesu skrawania skał nożem stożkowym

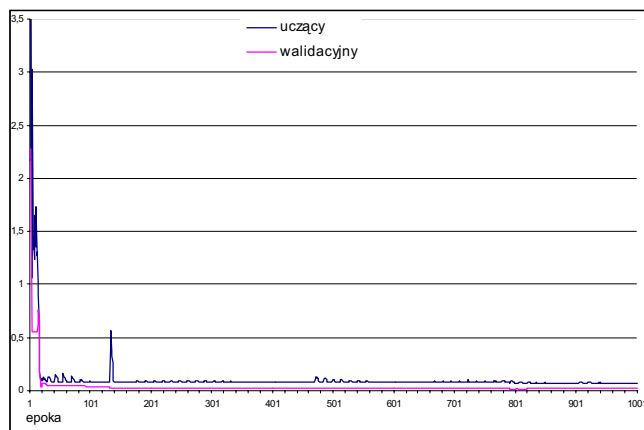


Rys. 3. Dekompozycja modelu sieci neuronowej

Sieć z jedną wartością wyjściową jest prostsza w uczeniu, zarówno ze względu na prędkość uczenia jak i dokładności symulacji. Dla odpowiedniej wielkości wyjściowej możemy stosować odpowiedni model sieci, indywidualnie dobierać metodę uczenia jak i ilość epok uczenia.

Proponowany model sieci neuronowej można uczyć prostszymi metodami np. *Levenberga-Marquardta* lub *gradientów sprzężonych* [8]. W wyniku prowadzonych z wykorzystaniem programu *STATISTICA Neural Networks 4.0Pl* analiz, przyjęto model *sieci perceptronowej wielowarstwowej* posiadającej sześć neuronów w warstwie wejściowej odpowiadających wielkościom  $t, g, m, \sigma, \beta, \rho$ , określoną ilość neuronów w jednej lub dwóch warstwach ukrytych oraz jeden w warstwie wyjściowej reprezentujący odpowiednio wielkości  $F_c, F_n, F_b, e_c$ .

Sprawą niezwykle istotną dla pracy sieci, jest np. ilość warstw ukrytych, ilość neuronów w warstwie, czy ilość epok. W efekcie poszukiwania właściwej architektury sieci wygenerowano model, którego błąd uczenia zawierał się w granicach 4÷8% (rys.4) w odniesieniu do wyników rzeczywistych wartości  $F_c$ . W zaprezentowanym przypadku sieć uczono w przedziale 1000 epok metodą *Levenberga-Marquardta*. Podobny błąd uczenia wykazuje ten model sieci uczony metodą *gradientów sprzężonych*, jednak zbiór uczący często zatrzymywał się w minimum lokalnym. Wprowadzenie do zbioru wielkości wejściowych, masy zeszkrawanego materiału obniżyło błąd uczenia sieci do ok. 2÷3%



Rys. 4. Wykres błędu uczenia metodą *Levenberga-Marquardta* sieci perceptronowej wielowarstwowej z jedną 9-neuronową warstwą ukrytą

Model otrzymany m.in. na podstawie wyników badań laboratoryjnych skrawania określonego rodzaju skały może być rozbieżny z modelem, który jest opracowany w oparciu o skrawanie skały o innych właściwościach. Sprawą istotną dla prowadzonej analizy, jest więc pozyskanie odpowiednio zasobnych baz danych pomiarowych.

#### 4. Wnioski końcowe i kierunki dalszych prac

Dotychczasowe wyniki prowadzonych analiz, wskazują na możliwość skutecznego zastosowania sieci neuronowych jako efektywnego sposobu prognozowania obciążenia noża stożkowego w procesie urabiania. Efektywne zastosowanie sztucznej sieci neuronowej do badań obciążeń noży zależy przede wszystkim od prawidłowo zidentyfikowanych wielkości fizycznych biorących udział w procesie skrawania oraz odpowiedniej architektury sieci i metody jej uczenia.

Przyjęty do badań model sieci neuronowej odwzorowujący przebieg procesu skrawania skał ze średnim błędem odtworzenia  $4\pm 8\%$  świadczy o zasadności prowadzonych prac, jednak badanie skrawania innego rodzaju skały za pomocą omawianego modelu może wykazać większy błąd uczenia, stąd też niezbędne jest prowadzenie dalszych prac.

#### 5. Literatura

- [1] Jonak J.: *Wpływ parametrów noży stożkowych na efekty urabiania skał*. Archiwum Górnictwa. 1998 nr 43.
- [2] Twardowski P.: *Skuteczność różnych modeli diagnostycznych określających stan ostrza skrawającego*. V Międzynarodowe Sympozjum OsiN'97-Krynica, 1997.
- [3] Ciskał M.: *Próba prognozowania sił skrawania podczas frezowania płaszczyzn przy użyciu symulacji sztucznych sieci neuronowych*. V Międzynarodowe Sympozjum OsiN'97-Krynica, 1997.
- [4] Józwik J.: *Modelowanie zjawisk cieplnych zachodzących w strefie skrawania z zastosowaniem sieci neuronowych*. Ogólnopolska Konferencja Studenckich Kół Naukowych i Młodych Pracowników Nauki. Białystok. 1999.
- [5] Gawlik J., Karbowski K.: *Prognozowanie stanu ostrza skrawającego z zastosowaniem sieci neuronowej*. Mechanik nr 4. 1997.
- [6] Jonak J.: *Teoretyczne podstawy urabiania skał stożkowymi nożami obrotowymi*. Wydawnictwa Uczelniane Pol. Lub. 1998.
- [7] Tadeusiewicz R.: *Sieci Neuronowe*. Akademicka Oficyna Wydawnicza. Warszawa 1993.
- [8] STATISTICA Neural Networks PL. *Wprowadzenie do sieci neuronowych*. StatSoft 2001.
- [9] Tadeusiewicz R.: *Problemy wyboru właściwej architektury sieci neuronowej*. Informatyka w technologii materiałów. Kwartalnik AGH Nr1, t.1 Kraków 2001.

\*\*\*\*\*

*Niniejszą pracę wykonano w ramach realizacji Projektu Badawczego nr 8 T12A 021 21  
finansowanego przez Komitet Badań Naukowych*

\*\*\*\*\*