

PRÓBA ZASTOSOWANIA SZTUCZNYCH SIECI NEURONOWYCH DO OCENY NOWOCZESNOŚCI MASZYN ROLNICZYCH

Streszczenie

Zastosowano jednokierunkowe, dwuwarstwowe sztuczne sieci neuronowe (SSN) do oceny nowoczesności ciągników rolniczych. Opracowano zespół sieci neuronowych pozwalających na dokonanie oceny poszczególnych zespołów ciągnika oraz oceny ogólnej. Oceniano oddzielnie silnik, skrzynię biegów, hydraulikę, komfort, a następnie na tej podstawie, uwzględniając masę i moc ciągnika, dokonywano oceny ogólnej. Jako przykłady wykorzystywane do opracowania modeli SSN (uczenie i testowanie) użyto testów 31 ciągników czołowych producentów. Nowoczesność ciągników oceniał niezależny zespół ekspertów. Działanie opracowanych SSN zostało pozytywnie zweryfikowane na przykładzie ciągników Ursus.

Słowa kluczowe: sztuczne sieci neuronowe, ocena nowoczesności maszyn rolniczych, ciągniki rolnicze.

Wprowadzenie

Rozwój środków technicznych wykorzystywanych w rolnictwie obserwuje się od dawna. W pierwszym okresie rozwój konstrukcji ograniczał się do zwiększenia wydajności maszyn. Z czasem, gdy rynek zaczął nasycać się wyrobami, producenci zostali zmuszeni do stopniowej poprawy konstrukcji produkowanych maszyn - poprawy warunków pracy operatorów. W ostatnim okresie coraz ważniejsze stają się aspekty bezpieczeństwa i ekologii. Zwiększająca się podaż na rynku maszyn rolniczych powoduje, że potencjalny klient ma kłopoty z wybraniem najlepszego dla niego wyrobu. Pomocą przy podjęciu decyzji o zakupie konkretnego środka technicznego może być ocena jego nowoczesności. Jak wynika z badań, oceną nowoczesności maszyn rolniczych zainteresowani są nie tylko odbiorcy, ale również producenci maszyn rolniczych [Francik 2002].

Zalety sztucznych sieci neuronowych (SSN) wskazują na możliwość ich zastosowania do tego typu oceny nowoczesności. Nauczenie SSN oceny środków technicznych zgodnej z ocenami ekspertów pozwoliłoby zastosować tak opracowane modele jako narzędzia wspomagające podejmowanie decyzji.

Celem niniejszej pracy jest próba opracowania metody oceny nowoczesności wybranej grupy maszyn rolniczych przy użyciu wielowarstwowych jednokierunkowych sztucznych sieci neuronowych.

W zakres badań wchodziło:

- opracowanie modeli SSN przeznaczonych do oceny nowoczesności ciągników rolniczych i ich zespołów,
- weryfikacja poprawności działania otrzymanych SSN.

Metodyka badań

Ocena nowoczesności ciągników rolniczych przebiegała dwuetapowo. W etapie pierwszym ocenie poddano wybrane podzespoły ciągnika i odpowiadające im cechy:

- ocena silnika: moc silnika, pojemność silnika, zużycie paliwa, zastosowanie turbosprężarki,
- ocena układu hydraulicznego: udźwig podnośnika, wydatek pompy hydraulicznej, moc silnika,
- ocena skrzyni przekładniowej: liczba biegów w przód, liczba biegów w tył,
- ocena komfortu: poziom hałasu w kabinie.

W drugim etapie, przy ogólnej ocenie ciągników, uwzględniono: ocenę silnika, ocenę układu hydraulicznego, ocenę skrzyni przekładniowej, ocenę komfortu, moc silnika i masę ciągnika.

Ograniczenie ocenianych cech, do tych wymienionych powyżej, spowodowany był niekompletnością danych technicznych w niektórych zespołach. Przyjęto skalę ocen od 1 do 5, gdzie 1 – oznaczało ocenę najgorszą, a 5 – najlepszą. Ocenę ostateczną stanowiła średnia arytmetyczna ocen według poszczególnych cech.

Jako przykłady wykorzystywane do opracowania modeli SSN (uczenie i testowanie) użyto testów 31 ciągników czołowych producentów Testy te zostały wykonane przez niemiecki miesięcznik Top Agrar przy współpracy z Niemieckim Towarzystwem Rolniczym (DLG). Ocena nowoczesności ciągników wykonywana była przez niezależny zespół ekspertów. Ciągniki podzielono na trzy grupy:

- I grupa (12 modeli ciągników o mocy 60 ÷ 66 kW): Białoruś MTZ 82, Case IH 4230, Deutz – Fahr 4.85S, Fend Farmer 308, John Deere 6200, MF 390TA, New Holland L85, Renault Ceres 95, Same Silver 90, Steyr 9086, Valmet 865, Zetor 8540 [Honer i in. 1997; Lenge, Józefowicz 1997a, 1997b; Lobert i in. 1997].
- II grupa (12 modeli ciągników o mocy 70 ÷ 77 kW): Case MX 100C i Case CX 100, Deutz – Fahr Agrottron 106 i Deutz – Fahr Agroplus

100, Fend Favorit 509C i Fend Farmer 309CA, John Deere 6410 Premium i John Deere 6410SE, MF 6160 i MF4255, oraz New Holland M.100 i New Holland 7635. Ciągniki w każdej parze różniły się znacznie osiągam i wyposażeniem [Lenge 1999a, 1999b].

- III grupa (7 modeli ciągników o mocy $140 \div 156$ kW): Case Magnum 7220, Claas Challenger 35, Deutz – Fahr Agrottron 200, Fend Favorit 920, John Deere 8200, MF 8160, New Holland G190 [Lenge 1998a, 1998b].

Podczas przeprowadzonych badań opracowane zostały oddzielne SSN przeznaczone do oceny poszczególnych zespołów i oceny ogólnej ciągników rolniczych (rys.1). Dane dla SSN muszą mieć wartości liczbowe. Założono, że przy ocenie silnika zastosowanie turbosprężarki odpowiadać będzie wartości „1”, a w przypadku jej braku – „0”.

Ponieważ wartości zmiennych wejściowych różniły się znacznie, w jednym przypadku wahały się w przedziale od 1 do 5, a w innym od 1800 do 12000, poddano je normalizacji, do przedziału (0, 1). Zabieg ten przeprowadzono w celu poprawienia wyników uczenia [Langman 1999].

Znormalizowane przykłady zostały podzielone następnie w sposób losowy na przykłady uczące (80%) i testujące (20%). W wyniku takiego podziału uzyskano 24 przykłady uczące i 7 (6 w przypadku oceny przekładni – ciągnik z przekładnią bezstopniową) przykładów testujących.

Architektura sztucznej sieci neuronowej (liczba warstw ukrytych, liczba neuronów) zależy od liczby przykładów uczących oraz liczby wejść i wyjść sieci. Ponieważ liczba wejść była różna dla każdego przypadku, maksymalną liczbę neuronów w sieci obliczono oddzielnie dla każdego przypadku [Osowski 1996].

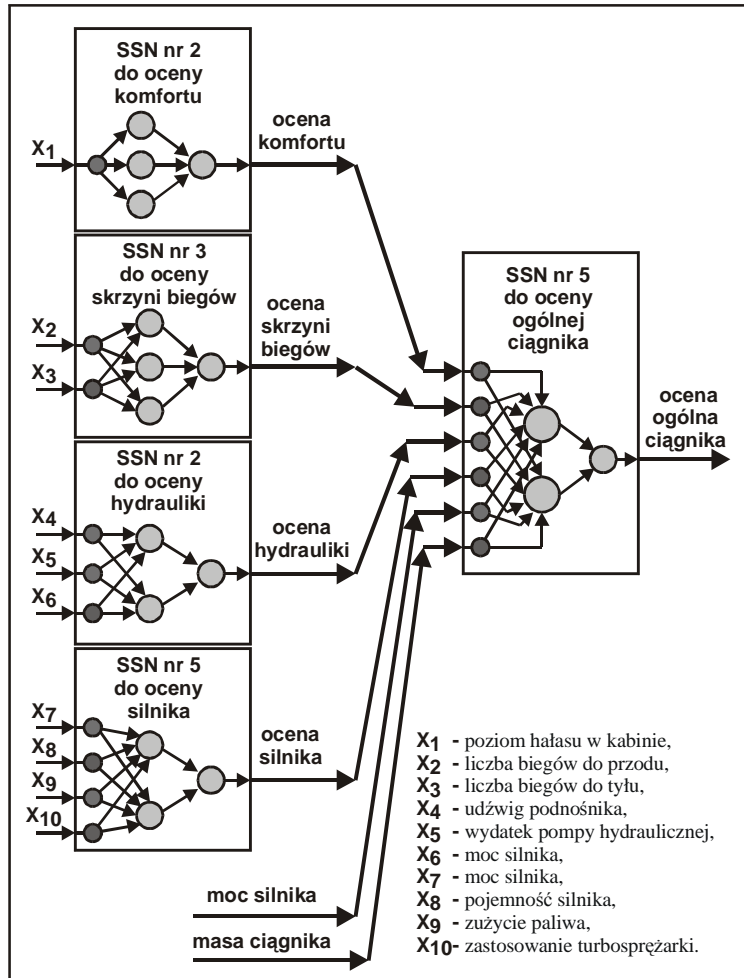
Przygotowane sztuczne sieci neuronowe, z sigmoidalnymi funkcjami przejścia, uczone były zmodyfikowaną metodą wstecznej propagacji błędu [Francik, Ślipek 2000]. Proces uczenia dla każdej architektury sieci powtarzany był pięciokrotnie. Liczbę epok uczenia ustalono na 20 tysięcy.

Wyboru najlepszej SSN dokonano na podstawie minimalnej wartości (dla przykładów testujących) miernika błędu (mBw), będącego sumą wartości bezwzględnej średniej arytmetycznej błędu względnego procentowego i odchylenia standardowego błędu względnego procentowego [Ślipek, Francik 2000].

Weryfikacji otrzymanych modeli SSN dokonano na podstawie oceny nowoczesności dwóch grup ciągników produkowanych w ZPC Ursus:

- ciągniki o mocy 64 ÷ 71 kW: 1004, 1014, 1034, 1044,
- ciągniki o mocy 110 ÷ 125 kW: 1604, 1614, 1634, 1734.

Ciągniki umieszczone w każdej grupie były kolejną modernizacją wcześniejszego modelu.



Rys. 1. Schemat wykorzystania SSN do oceny nowoczesności kołowych ciągników rolniczych

Fig. 1. Diagram of the ANN application to evaluating technological advancement of wheeled agricultural tractors

Wyniki badań

W wyniku przeprowadzonych obliczeń stwierdzono, że sieć we wszystkich przypadkach może mieć maksymalnie dwie warstwy. Liczba neuronów w pierwszej warstwie (ukrytej) może wynosić w przypadku oceny ogólnej, oceny silnika i oceny hydrauliki – dwa neurony, w przypadku oceny przekładni – dwa lub trzy neurony, a w przypadku oceny komfortu w kabinie – dwa, trzy lub cztery neurony. W warstwie wyjściowej w każdym przypadku znajdował się jeden neuron.

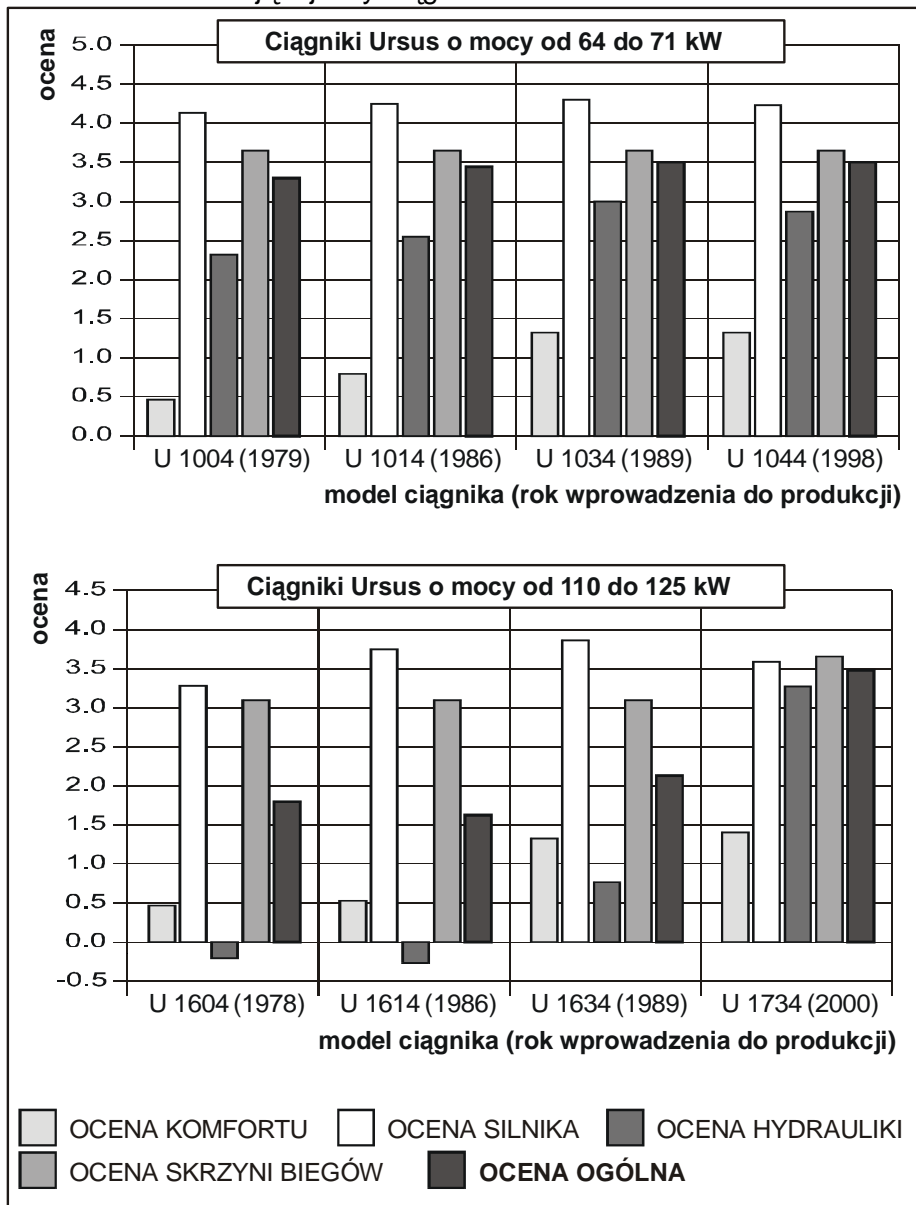
Najlepszymi SSN okazały się:

- do oceny komfortu – sieć neuronowa o architekturze 1:1–3–1:1 (1 zmienna wejściowa: 1 wejście do sieci – 3 neurony w warstwie ukrytej – 1 neuron wyjściowy: 1 zmienna wyjściowa) nr 2,
- do oceny przekładni – sieć o architekturze 2:2–3–1:1 (2 zmienne wejściowe: 2 wejścia do sieci – 3 neurony w warstwie ukrytej – 1 neuron wyjściowy: 1 zmienna wyjściowa) nr 3,
- do oceny hydrauliki – sieć o architekturze 3:3–2–1:1 (3 zmienne wejściowe: 3 wejścia do sieci – 2 neurony w warstwie ukrytej – 1 neuron wyjściowy: 1 zmienna wyjściowa) nr 2,
- do oceny silnika – sieć o architekturze 4:4–2–1:1 (4 zmienne wejściowe: 4 wejścia do sieci – 2 neurony w warstwie ukrytej – 1 neuron wyjściowy: 1 zmienna wyjściowa) nr 5,
- do oceny ogólnej – sieć o architekturze 6:6–2–1:1 (6 zmiennych wejściowych: 6 wejść do sieci – 2 neurony w warstwie ukrytej – 1 neuron wyjściowy: 1 zmienna wyjściowa) nr 5.

Na podstawie analizy wyników oceny nowoczesności ciągników URSUS można stwierdzić, że sztuczne sieci neuronowe prawidłowo oceniały nowoczesność (rys. 2.). Jedyne przy ocenie silnika można zaobserwować pogorszenie ocen dla nowszych ciągników. SSN przy ocenie skrzyni przekładniowej zachowywała się poprawnie. W grupie ciągników największych widać wzrost oceny dla najnowszej konstrukcji, która posiada skrzynię biegów o zwiększonej liczbie biegów w porównaniu z poprzednikami.

Poprawę otrzymywanych ocen wraz z upływem czasu najlepiej widać w ocenie komfortu. Szczególnie duży wzrost oceny można zauważyć po 1989 r, kiedy w ciągnikach URSUS wprowadzono nowe rodzaje kabin. Równie dobre efekty uzyskano przy ocenie układu hydraulicznego. Co prawda w grupie ciągników o mocy 64-71 kW najnowsza konstrukcja uzyskała ocenę nieco niższą od poprzedniej, ale spowodowane było to tym, że w ciągniku tym zwiększono moc silnika bez zmian w układzie hydraulicznym. Niepra-

widłowości w działaniu SSN do oceny silnika miało bezpośredni wpływ na działanie SSN oceniającej cały ciągnik.



Rys. 2. Wyniki oceny nowoczesności ciągników Ursus
 Fig. 2. The results of evaluating technological modernity of the Ursus tractors

Wnioski

1. Jednokierunkowe wielowarstwowe sztuczne sieci neuronowe mogą posłużyć jako narzędzie do oceny nowoczesności zarówno poszczególnych podzespołów, jak i oceny ogólnej ciągników rolniczych. Odpowiednio nauczone SSN mogą wspomagać ekspertów, a nawet ich wyłączać w ocenach nowoczesności maszyn rolniczych.
2. W przypadku oceny nowoczesności ciągników, których parametry techniczne znacznie różniły się od ciągników biorących udział w procesie uczenia SSN, uzyskano niezadowalające wyniki. Może to być spowodowane niewystarczającą liczbą przykładów uczących lub zbyt małą liczbą cech uwzględnianych przy ocenie.
3. W celu zwiększenia zdolności generalizacji SSN, a więc poprawności ich działania, należy:
 - zwiększyć liczbę przykładów uczących,
 - uwzględnić więcej cech w trakcie oceny nowoczesności,
 - zróżnicować przykłady uczące - umieścić w zbiorze uczącym reprezentantów całej dostępnej oferty (maszyny o różnych mocach, różnej wydajności, różnym wyposażeniu),
 - zastąpić cechy niemierzalne (oceniane subiektywnie przez obsługującego) cechami mierzalnymi.

Bibliografia

Francik S. 2002. Cechy nowoczesności maszyn rolniczych na podstawie badań ankietowych. *Inż. Rolnicza*, 6 (39): 381-388

Francik S., Ślipek Z. 2000. Dokładność prognozy technicznej w zależności od architektury SSN. *Prace .PIMR*, 2: 64-65

Honer G., Lenge R., Józefowicz J. 1997. Długi okres między przeglądami. *Top Agrar Polska*, 2: s.56

Langman J. 1999. Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych w inżynierii rolniczej. *Inżynieria Rolnicza*, 1(7): 153-158

Lenge R. 1998a. Test ciągników: 200 KM pod maską (cz.I). *Top Agrar Polska*, 1: 36-43

Lenge R. 1998b. Test ciągników o mocy 200 KM (cz.II). *Top Agrar Polska*, 2: 78-88

Lenge R. 1999a. Co wybrać – komfort czy dobrą cenę? *Top Agrar Polska*, 2: 94-111

Lenge R. 1999b. Sześć par ciągników w podwójnym teście. *Top Agrar Polska*, 1: 58-68

Lenge R., Józefowicz J. 1997a. Jak ciągniki pracowały w polu? *Top Agrar Polska*, 2: 50-53

Lenge R., Józefowicz J. 1997b. Test ciągników o mocy 80-90 KM. *Top Agrar Polska*, 1: 28-30

Lobert M., Lenge R., Józefowicz J. 1997. Czterech liderów i duży peleton. *Top Agrar Polska*, 1: 32-39

Osowski S. 1996. *Sieci neuronowe w ujęciu algorytmicznym*. WNT, Warszawa

Ślipek Z., Francik S. 2001. Prognozowanie zmian techniczno-eksploatacyjnych parametrów maszyn rolniczych przy użyciu sztucznych sieci neuronowych. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie nr 385, ser. Technika Rolnicza*, 17: 29-35

AN ATTEMPT TO APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK TO EVALUATING TECHNOLOGICAL ADVANCEMENT OF AGRICULTURAL MACHINES

Summary

One-directional, two-layer artificial neural networks were applied to evaluating the technological modernity of agricultural tractors. A set of neural networks was developed which enabled evaluating of particular tractors assemblies in details as well as a general evaluation of the whole machine. The engine, gear box, hydraulic system, ergonomic features were assessed separately, next on such a basis and considering the tractor weight and power, general evaluation was completed. Tests of 31 brand-named tractors were used as the examples to developing the ANN models (teaching and testing). The tractors' technological progression was evaluated by a team of independent experts. Functioning of developed ANN's has been positively verified on an example of the Ursus tractors.

Key words: artificial neural networks, technological advancement of wheeled agricultural tractors

Recenzent – Piotr Boniecki