

METODA OCENY NOWOCZESNOŚCI TECHNICZNO-KONSTRUKCYJNEJ CIĄGNIKÓW ROLNICZYCH WYKORZYSTUJĄCA SZTUCZNE SIECI NEURONOWE. CZ. III: PRZYKŁADY ZASTOSOWANIA METODY

Sławomir Francik

Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. W pracy przedstawiono wykorzystanie zbudowanych modeli neuronowych do oceny nowoczesności techniczno-konstrukcyjnej (NTK) przykładowych modeli ciągników rolniczych. Ocenie poddano 35 modeli ciągników Case, John Deere, Massey Ferguson i New Holland wprowadzonych do produkcji w latach 1999 do 2007. Ocenione zostały grupy cech charakteryzujące ciągnik rolniczy, a następnie przeprowadzona została ocena końcowa całego ciągnika. Błąd średniokwadratowy oceny końcowej wyniósł zaledwie 0,83 roku, a ocen poszczególnych grup zmieniał się w zakresie od 1,12 roku do 2,38 roku.

Słowa kluczowe: ocena nowoczesności, ciągnik rolniczy, sztuczne sieci neuronowe

Wstęp

Niniejsza publikacja jest ostatnią z cyklu [Francik 2009, Francik 2010] poświęconego badaniom nad opracowaniem metody oceny nowoczesności techniczno-konstrukcyjnej (NTK) wykorzystującej sztuczne sieci neuronowe (SSN) i zakładającej uwzględnienie zmienności w czasie wzorca nowoczesnego ciągnika rolniczego. Wzorzec tworzony jest dla danego roku, uwzględnia parametry charakteryzujące ciągnik i odzwierciedla średni poziom nowoczesności modeli wprowadzonych do produkcji w danym roku.

W wyniku zastosowania sieci neuronowych do oceny poziomu nowoczesności danego modelu ciągnika otrzymuje się teoretyczny rok, w którym ten model powinien być wprowadzony do produkcji (wartości parametrów odpowiadają wzorcowi). Miarą oceny NTK jest różnica między teoretycznym i rzeczywistym rokiem wprowadzenia danego modelu do produkcji. Wartość dodatnia tej różnicy wskazuje, że poziom nowoczesności ocenianego modelu jest wyższy niż średni (ocena poziomu nowoczesności danego modelu jest pozytywna).

Cel pracy

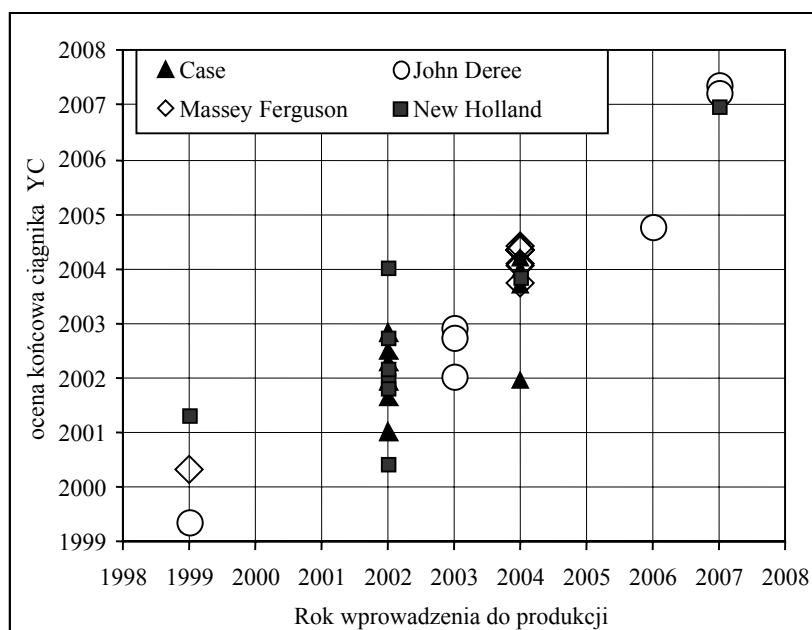
Celem pracy było wykorzystanie zbudowanych modeli neuronowych do oceny nowoczesności techniczno-konstrukcyjnej (NTK) przykładowych modeli ciągników rolniczych.

Do określania poziomu NTK wykorzystano siedem sztucznych sieci neuronowych umożliwiających ocenę poszczególnych grup cech (dotyczących: silnika *YS*, wałka odbioru mocy *YW*, uciągu *YU*, napędu *YN*, wielkości ciągnika *YM*, trójpunktowego układu zawieszenia *YT*, innych cech *YR*), oraz jedna sieć neuronowa do oceny końcowej (*YC*) całego ciągnika [Francik 2010]. Są to 3 i 4 warstwowe jednokierunkowe sieci typu Perceptron o różnej liczbie neuronów w warstwach ukrytych. Ocenę przeprowadzono dla modeli ciągników, których parametry nie były wykorzystane do tworzenia sieci neuronowych – wzorce ze zbioru testowego [Francik 2010]:

- 11 modeli ciągników Case wprowadzonych do produkcji w latach 1999–2004,
 - 7 modeli ciągników John Deere wprowadzonych do produkcji w latach 1999–2007,
 - 8 modeli ciągników Massey Ferguson wprowadzonych do produkcji w latach 1999–2004,
 - 9 modeli ciągników New Holland wprowadzonych do produkcji w latach 1999–2007.
- Moc silnika przebadanych ciągników mieściła się w zakresie od 47,9 kW do 154,2 kW.

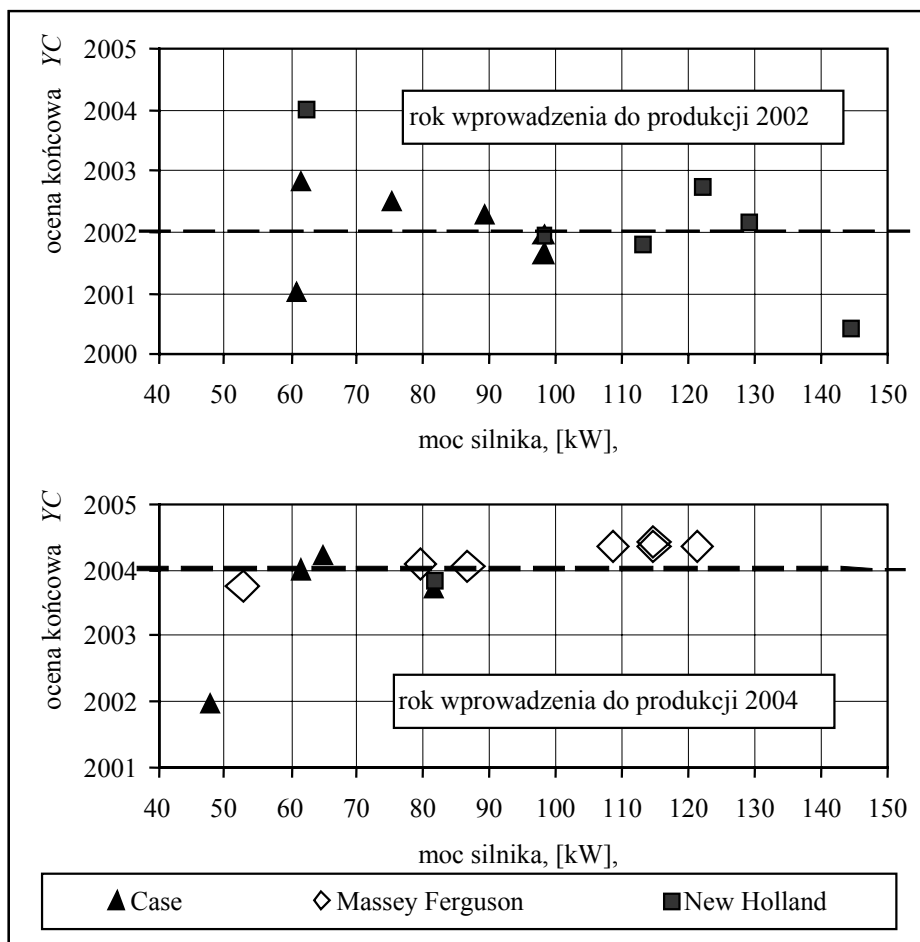
Wyniki badań

Błąd średniokwadratowy E_{RMS} dla oceny końcowej *YC* nowoczesności techniczno-konstrukcyjnej ciągnika wynosi 0,83 roku, dla badanych ciągników. Odchylenia ocen *YC* od rzeczywistego roku wprowadzenia modeli ciągników do produkcji zmieniały się od –2,0 do 2,3 roku. Oceny końcowe NTK przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Ocena końcowa *YC* ciągników
Fig. 1. Final evaluation (*YC*) of tractors

Najwięcej ocenianych modeli ciągników wprowadzonych było do produkcji w 2002 i 2004 roku (po 12). Można zauważyć (rys. 2), że większą zgodność oceny uzyskały modele wprowadzone później do produkcji (w roku 2004), oraz modele o mocy silnika od około 65 kW do 130 kW.

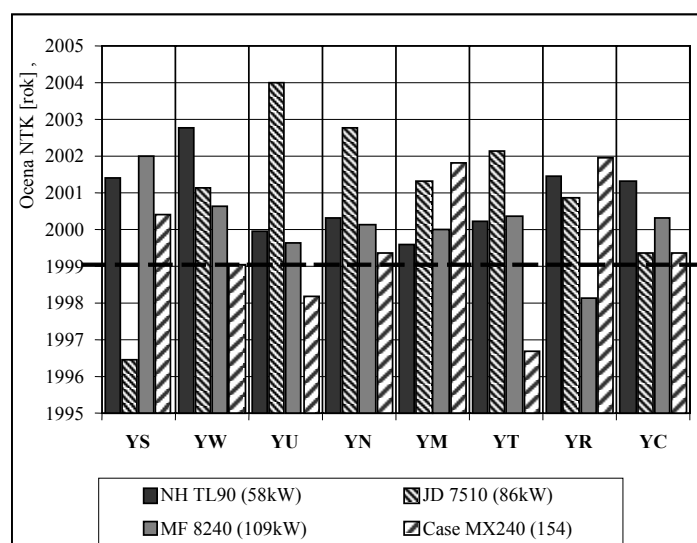


Rys. 2. Porównanie ocen YC modeli ciągników wprowadzonych do produkcji w 2002 i 2004 roku
 Fig. 2. Comparison of YC evaluations for tractor models launched into production in 2002 and 2004

Błędy E_{RMS} dla ocen poszczególnych grup cech zmieniały się w zakresie 1,12 do 2,38 roku: ocena silnika (YS) $E_{RMS}=1,12$ roku, ocena WOM (YW) $E_{RMS}=2,38$ roku, ocena uciążu (YU) $E_{RMS}=1,89$ roku, ocena przeniesienia napędu (YN) $E_{RMS}=1,54$ roku, ocena wiel-

kości ciągnika (YM) $E_{RMS}=1,47$ roku, ocena trójpunktowego układu zawieszenia (YT) $E_{RMS}=1,59$ roku, ocena innych cech (YR) $E_{RMS}=2,18$ roku.

Analizując wyniki ocen NTK dla modeli ciągników wprowadzonych do produkcji w 1999 roku można stwierdzić, że najwyższą ocenę końcową (YC) uzyskał ciągnik New Holland TL90, o mocy silnika 58 kW (rys. 3). Uzyskane przez ten model oceny, zarówno końcowa YC jak i poszczególnych grup cech, były wyższe od rzeczywistego roku rozpoczęcia produkcji. Najwyższą ocenę silnika (YS) uzyskał ciągnik MF8240, a najniższą JD7510, który dostał najwyższe oceny za parametry związane z uciążeniem, przeniesieniem napędu i trójpunktowym układem zawieszenia.

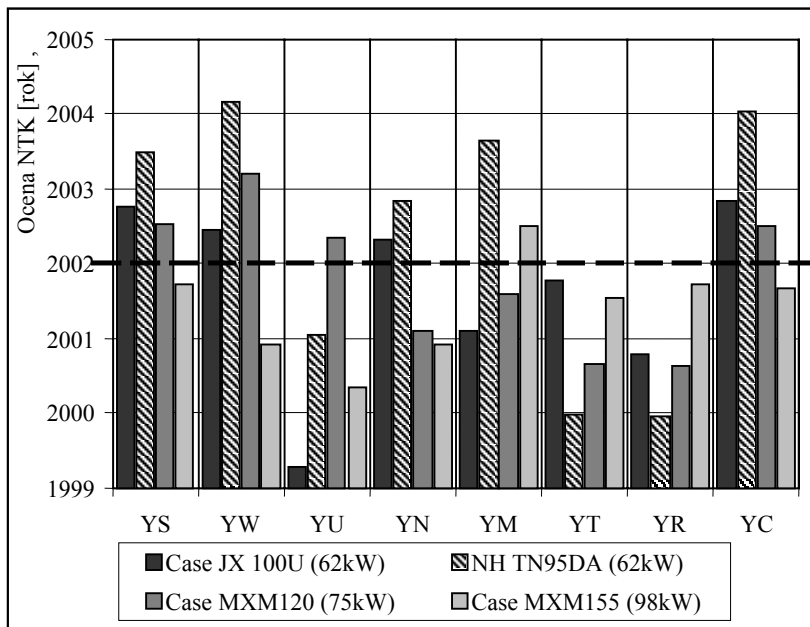


Rys. 3. Ocena NTK ciągników wprowadzonych do produkcji w 1999 roku

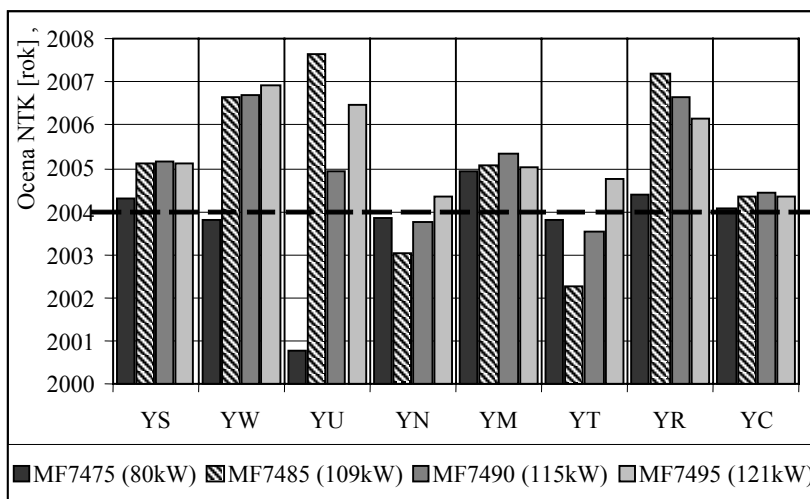
Fig. 3. TCM assessment for tractors launched into production in 1999

Przykładowe oceny ciągników wprowadzonych do produkcji w 2002 roku (rys. 4) wykonano dla modeli z włączonym napędem na wszystkie koła. Najwyższe oceny końcowe uzyskały ciągniki New Holland TN95DA i Case JX100U, dla których wartości parametrów były zmierzone z balastem. Ciągniki te uzyskały wysokie oceny grup cech dotyczących silnika (YS), wałka odbioru mocy (YW) i przeniesienia napędu (YN), natomiast niskie oceny grup dotyczących uciążenia (YU), trójpunktowego układu zawieszenia (YT) i innych cech (YR).

Przykładową ocenę ciągników wprowadzonych do produkcji w 2004 roku przedstawiono dla ciągników Massey Ferguson, które miały włączony napęd na wszystkie koła podczas badań testacyjnych. Uzyskane przez te ciągniki oceny końcowe są zbliżone i tylko nieznacznie wyższe od średniej oceny (Rys.5). Ocenione modele ciągników uzyskały najbardziej zróżnicowane oceny dla grupy cech związanej z uciążeniem (YU). Najwyższe oceny YU uzyskały ciągniki MF7485 i MF7495 (parametry mierzone z balastem), a najniższą ciągnik MF7475 (parametry mierzone bez balastu).

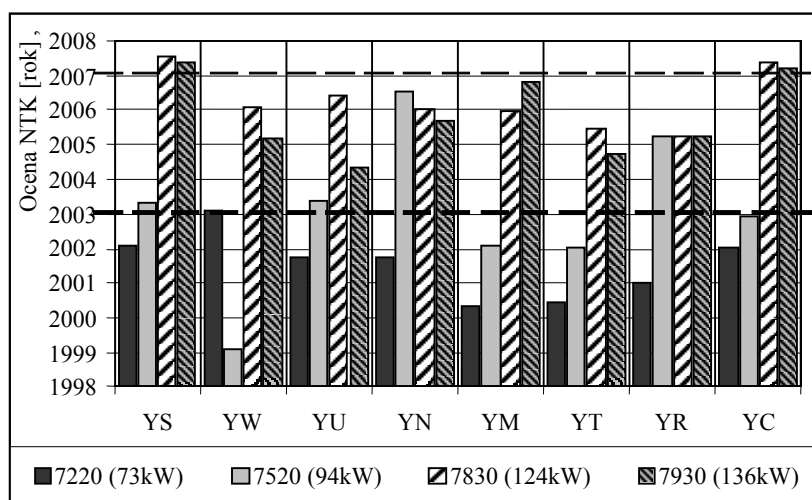


Rys. 4. Ocena NTK ciągników wprowadzonych do produkcji w 2002 roku
 Fig. 4. TCM assessment for tractors launched into production in 2002



Rys. 5. Ocena NTK ciągników Massey Ferguson wprowadzonych do produkcji w 2004 roku
 Fig. 5. TCM assessment for Massey Ferguson tractors launched into production in 2004

Na rysunku 6 przedstawiono ocenę ciągników John Deere, których produkcja rozpoczęła się w 2003 roku (modele JD7220 i JD7520) i 2007 roku (modele JD7830 i JD7930). Ciągniki te podczas testów nie były obciążone balastem i miały włączony napęd na wszystkie koła. Oceny końcowe *YC* były zgodne ze średnimi ocenami dla danego roku, jedynie ciągnik JD7220, o mocy silnika 73 kW, został oceniony poniżej średniej. Również oceny poszczególnych grup cech dla tego modelu (oprócz oceny WOM) były niższe niż średnie. Dla modeli z 2007 roku (JD7830 i JD7930) jedynie ocena silnika *YS* była nieznacznie wyższa niż rzeczywisty rok wprowadzenia do produkcji.



Rys. 6. Ocena NTK ciągników John Deere
Fig. 6. TCM assessment for John Deere tractors

Oceny nowoczesności dla poszczególnych grup cech, uzyskane przez badane modele ciągników, różniły się od roku rozpoczęcia produkcji w różnym stopniu: ocena silnika (*YS*) od $-2,6$ do $+3,0$ roku, ocena WOM (*YW*) od $-6,2$ do $+3,8$ roku, ocena uciągu (*YU*) $-3,2$ do $+5,0$ roku, ocena napędu (*YN*) $-2,9$ do $+3,8$ roku, ocena wielkości ciągnika (*YM*) $-3,3$ do $+2,8$ roku, ocena trójpunktowego układu zawieszenia (*YT*) $-3,3$ do $+3,2$ roku, ocena innych cech (*YR*) $-6,4$ do $+3,2$ roku.

Podsumowanie i wnioski

Analiza przeprowadzonych w ramach niniejszej pracy badań pozwala sformułować kilka wniosków:

1. Błąd średniokwadratowy oceny końcowej dla badanych 35 modeli ciągników wyniósł zaledwie 0,83 roku. Dla ocen poszczególnych grup cech błąd ten był większy, i wynosił od 1,12 roku (ocena silnika) do 2,38 roku (ocena wałka odbioru mocy).

2. Oceny końcowe uzyskiwane przez różne modele ciągników (wyznaczone za pomocą SSN rok) różnią się, zarówno w sensie pozytywnym (ocena nowoczesności wyższa od przeciętnej), jak i w sensie negatywnym (ocena niższa od przeciętnej). Przy czym najbardziej zróżnicowane oceny końcowe uzyskały ciągniki New Holland (od +2,3 roku do -1,5 roku), a najgorszą ocenę końcową uzyskał ciągnik Massey Ferguson (-2,0 r.).
3. Różnice ocen poszczególnych grup cech charakteryzujących ciągnik rolniczy były większe niż różnice oceny końcowej.

Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że opracowana metoda oceny nowoczesności techniczno-konstrukcyjnej, wykorzystująca sztuczne sieci neuronowe, umożliwia ocenę modeli ciągników różniących się zarówno mocą silnika, wielkością ciągnika, czy innymi parametrami, a także rokiem wprowadzenia danego modelu na rynek. Zastosowany nowatorski system oceny NTK pozwala zarówno oceniać jeden model ciągnika, jak również przeprowadzać ocenę porównawczą wielu modeli. Możliwa jest zarówno ocena całego ciągnika jak również poszczególnych grup cech charakteryzujących zespoły, czy cechy ciągnika.

Zaletą opracowanej metody oceny jest jej modułowa struktura, niezależność sieci neuronowych służących do oceny poszczególnych grup cech. Konstrukcja taka umożliwia, w razie potrzeby, uwzględnienie w ocenie dodatkowych cech (parametrów) poprzez uwzględnienie nowych sieci neuronowych lub modyfikację istniejących, bez ingerencji w pozostałe już utworzone modele SSN. Konieczne byłoby w tym przypadku uwzględnienie wprowadzonych zmian w sieci neuronowej służącej do oceny końcowej ciągnika (zmiana wejść i ponowne uczenie).

Bibliografia

- Francik S.** 2009. Metoda oceny nowoczesności techniczno-konstrukcyjnej ciągników rolniczych wykorzystująca Sztuczne Sieci Neuronowe. Cz. I: Założenia metody. Inżynieria Rolnicza. Nr 9(118). Kraków. s. 41- 47.
- Francik S.** 2010. Metoda oceny nowoczesności techniczno-konstrukcyjnej ciągników rolniczych wykorzystująca Sztuczne Sieci Neuronowe. Cz. II: Modele neuronowe do oceny nowoczesności ciągników rolniczych. Inżynieria Rolnicza Nr 3(121). s. 29-36.

METHOD ALLOWING TO ASSESS TECHNICAL AND CONSTRUCTIONAL MODERNITY OF FARM TRACTORS WITH THE USE OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS. PART III: METHOD APPLICATION EXAMPLES

Abstract. The work presents application of developed neural models in order to assess technical and constructional modernity (TCM) of sample farm tractor models. The assessment was carried out for 35 models of Case, John Deere, Massey Ferguson and New Holland tractors launched into production between 1999 and 2007. Groups of properties characteristic for farm tractor were assessed, followed by final evaluation of the whole tractor. Mean square error for final evaluation was only 0.83 years, and in case of assessments for individual groups it ranged from 1.12 to 2.38 years.

Key words: modernity assessment, farm tractor, artificial neural networks

Adres do korespondencji:

Sławomir Francik; e-mail: sfrancik@ur.krakow.pl
Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 120
30-149 Kraków