

*Sławomir Francik*  
*Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki*  
*Akademia Rolnicza w Krakowie*

## **METODA PROGNOZOWANIA WARTOŚCI PARAMETRÓW TECHNICZNYCH NOWOCZESNYCH MASZYN ROLNICZYCH. CZĘŚĆ I. METODYKA PROGNOZOWANIA PARAMETRÓW CIĄGNIKÓW ROLNICZYCH**

### **Streszczenie**

W pracy zaproponowano metodę prognozowania wartości parametrów technicznych dla nowoczesnych ciągników rolniczych. W metodzie tej wykorzystano sztuczne sieci neuronowe. Opracowany został algorytm wyznaczania wartości poszczególnych parametrów.

**Słowa kluczowe:** parametry techniczne nowoczesnych ciągników rolniczych, sztuczne sieci neuronowe, nowoczesność maszyn rolniczych

### **Wprowadzenie**

Analiza zmian konstrukcji maszyn i ciągników rolniczych wykazuje, że są one związane ze zmianami parametrów technicznych charakteryzujących te maszyny. Jednym z pierwszych etapów projektowania systemów technicznych, jakimi są maszyny rolnicze, jest przyjęcie założeń projektowych. Założenia te dotyczą, między innymi, wartości parametrów technicznych jakimi powinna charakteryzować się nowo projektowana maszyna [Ślipek 1993]. Ustalenie tych wartości jedynie na podstawie analizy aktualnie produkowanych maszyn jest niewystarczające, ponieważ proces projektowania, konstruowania i wprowadzenia nowego modelu na rynek trwa pewien okres czasu i przyjęte założenia mogą się zdezaktualizować. Konieczne jest zatem wprowadzenie elementów prognozowania, w celu określenia wartości parametrów charakteryzujących maszynę (założeń projektowych) na poziomie gwarantującym uzyskanie nowoczesnej maszyny w momencie wprowadzenia jej na rynek.

Jednym z nowoczesnych narzędzi prognozowania są sztuczne sieci neuronowe. Stosowanie modeli neuronowych pozwala na zwiększenie dokładności prognoz w porównaniu z metodami klasycznymi, a ponadto umożliwia ciągłe doskonalenie modelu [Francik 2005b].

Podstawowym środkiem technicznym wykorzystywanym w rolnictwie jest ciągnik rolniczy. Jest on również jednym z najbardziej złożonych systemów technicznych eksploatowanych przez rolnika. Powoduje to szczególnie widoczne zmiany zarówno parametrów charakteryzujących ciągnik, jak również jego konstrukcji i wyposażenia [Francik 2005a; Lenge i Józefowicz 1998; Neunaber 1998].

### **Cel i zakres pracy**

Celem pracy było opracowanie metody pozwalającej na prognozowanie podstawowych parametrów technicznych maszyn rolniczych. Jako metodę prognozowania wybrano sztuczne sieci neuronowe. Sieci neuronowe są narzędziem pozwalającym opisać nawet bardzo skomplikowane związki pomiędzy zmiennymi wyjściowymi a przyjętymi wejściami. Modele neuronowe opracowano dla kołowych ciągników rolniczych, gdyż są one podstawowym środkiem technicznym wykorzystywanym w gospodarstwie.

Badaniami objęto dane techniczne dla 272 modeli kołowych ciągników rolniczych o mocy od 30kW do 140kW, wprowadzonych na rynek w latach 1998-2005. Były to głównie ciągniki takich firm, jak John Deere, Massey Ferguson, Case IH oraz New Holland. Jako rok wprowadzenia modelu ciągnika na rynek przyjęto rok, w którym przeprowadzano test OECD.

### **Metodyka badań - tworzenie algorytmu**

W opracowaniu modelu, wykorzystującego sztuczne sieci neuronowe, pozwalającego wyznaczać wartości parametrów technicznych charakteryzujących ciągniki rolnicze, można wyróżnić dwa etapy:

- etap I: opracowanie algorytmu wyznaczania poszczególnych parametrów;
- etap II: opracowanie modeli neuronowych pozwalających na określanie wartości parametrów nowoczesnych ciągników.

Założono, że analiza istniejących konstrukcji pod względem wartości ich parametrów technicznych pozwoli na określenie zależności między tymi wielkościami. Dodatkowo założono, że występuje zmiana w czasie tych zależności, a zatem konieczne jest wprowadzenie czasu jako zmiennej.

Na podstawie przeglądu literatury fachowej dotyczącej ciągników rolniczych (oceny porównawcze modeli ciągników różnych firm, informacje o nowych modelach wprowadzanych na rynek, tendencjach zmian konstrukcji ciągników rolniczych) [Lenge i Józefowicz 1998; Neunaber 1998], analizy testów ciągników, informacji zawartych w folderach reklamowych określone zostały najważniejsze parametry techniczne kołowego ciągnika rolniczego (tab. 1).

Następnie opracowano algorytm postępowania przy wyznaczaniu podstawowych parametrów technicznych ciągników. Algorytm podaje kolejność wyznaczania poszczególnych parametrów, oraz określa jakie zmienne powinny się znaleźć na wejściu do poszczególnych sieci neuronowych. Jest to związane z występującymi między nimi zależnościami.

*Tabela 1. Parametry techniczne ciągnika*  
*Table 1. Technical parameters of the tractor*

Oznaczenie	Parametr ciągnika	Jednostka
EP	moc silnika	kW
Ppto	moc na WOM	kW
xT	maksymalny moment	Nm
ERpm	nominalne obroty silnika	min <sup>-1</sup>
EC	pojemność skokowa	cm <sup>3</sup>
TR	wzrost momentu	%
TRpm	obroty silnika dla momentu maksymalnego	min <sup>-1</sup>
Mas	masa całkowita	kg
SpCon	jednostkowe zużycie paliwa	g/kWh
xSf	maksymalna prędkość jazdy do przodu	km/h
Nef	minimalna prędkość jazdy do przodu	km/h
Gf	liczba biegów do przodu	
DF	maksymalna siła uciągu	kN
DP	maksymalna moc uciągu	kW
HydrP	moc układu hydraulicznego	kW
LF	maksymalna siła podnoszenia TUZ z tyłu	kN
WB	rozstaw osi	mm
nTAr	minimalny rozstaw kół tylnych	mm
xTAr	maksymalny rozstaw kół tylnych	mm
nTAf	minimalny rozstaw kół przednich	mm
xTAf	maksymalny rozstaw kół przednich	mm
TurnR	promień skrętu	m
FWA	napęd na 2 lub 4 koła	
CA	obecność bądź brak kabiny	

Ustalono, że wielkościami wejściowymi dla algorytmu, takimi których wartości należy przyjąć, będą: nominalna moc ciągnika (EP), rok (R) i miesiąc (M) wprowadzenia modelu ciągnika na rynek, rodzaj zastosowanego układu napędowego na 2 lub 4 koła (FWA), obecność bądź brak kabiny (CA). Kolejność wyznaczania poszczególnych parametrów ciągnika rolniczego, wraz z przyjętymi wielkościami wejściowymi dla modeli neuronowych, przedstawiono w tabeli 2.

Następnie, wykorzystując program *Statistica Sieci Neuronowe*, opracowano sieci do wyznaczania poszczególnych parametrów. Przeanalizowano różne typy i architektury sieci neuronowych. Dokonano analizy wrażliwości dla poszczególnych modeli neuronowych, które oznaczono symbolami od F1 do F21 (tab. 2).

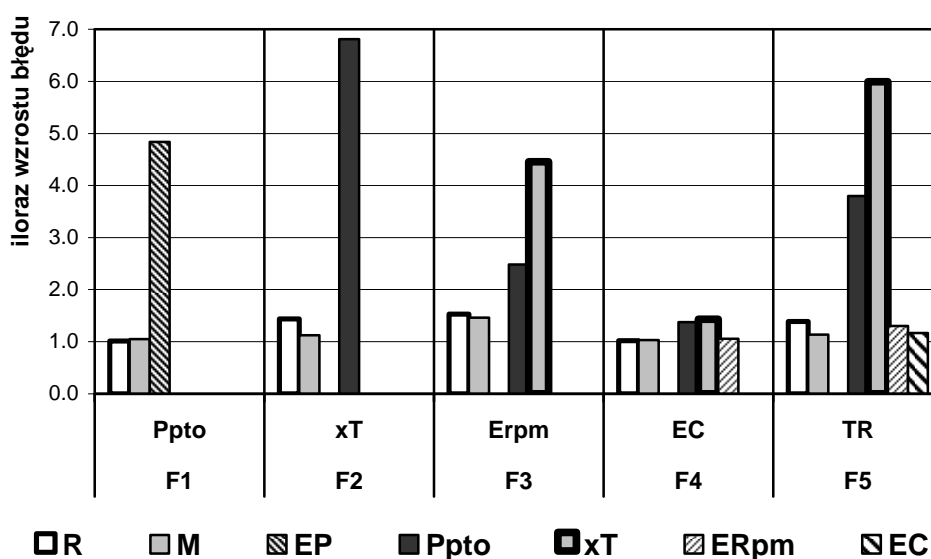
*Tabela 2. Kolejność wyznaczania parametrów (w nawiasach wielkości wejściowe dla poszczególnych modeli neuronowych)*

*Table 2. Sequence of setting out parameters (data in parentheses are the inputs for individual neural models)*

Kolejność	Modele neuronowe
1	Ppto = F1 (R, M, EP)
2	xT = F2 (R, M, Ppto)
3	ERpm = F3 (R, M, Ppto, xT)
4	EC = F4 (R, M, Ppto, xT, ERpm)
5	TR = F5 (R, M, Ppto, xT, ERpm, EC)
6	TRpm = F6 (R, M, Ppto, xT, ERpm, EC, TR)
7	Mas = F7 (R, M, Ppto, xT, EC, FWA, CA)
8	SpCon = F8 (R, M, Ppto, xT, ERpm, EC, FWA, CA, Mas) xSf = F9 (R, M, Ppto, xT, FWA, CA, Mas)
9	Gf = F10 (R, M, Ppto, xT, FWA, CA, Mas, xSf)
10	nSf = F11 (R, M, Ppto, xT, FWA, CA, Mas, xSf, Gf) DF = F12 (R, M, Ppto, xT, FWA, CA, Mas, xSf) DP = F13 (R, M, Ppto, xT, FWA, CA, Mas, xSf) HydrP = F14 (R, M, Ppto, FWA, Mas)
11	LF = F15 (R, M, Ppto, FWA, Mas, HydrP)
12	WB = F16 (R, M, Ppto, FWA, Mas, LF)
13	nTAr = F17 (R, M, Ppto, FWA, Mas, WB)
14	xTAr = F18 (R, M, Ppto, FWA, Mas, WB, nTAr)
15	nTAf = F19 (R, M, Ppto, FWA, Mas, WB, nTAr, xTAr)
16	xTAf = F20 (R, M, Ppto, FWA, Mas, WB, nTAr, xTAr, nTAf)
17	TurnR = F21 (R, M, Ppto, FWA, WB, nTAr, xTAr, nTAf, xTAf)
R i M – odpowiednio rok i miesiąc wprowadzenia modelu na rynek, pozostałe oznaczenia parametrów ciągnika jak w tab.1	

## Wyniki badań

Dla modelu F1 najważniejszą zmienną wejściową okazała się moc ciągnika (EP) – iloraz 4,8 (rys.1), a dla F2 moc na WOM (Ppto) – iloraz 6,8. Dla modeli F3 i F5 najważniejsze okazały się Ppto i XT (maksymalny moment na WOM. Dla wszystkich modeli można zaobserwować mniejszy wpływ roku i miesiąca na dokładność modelu.



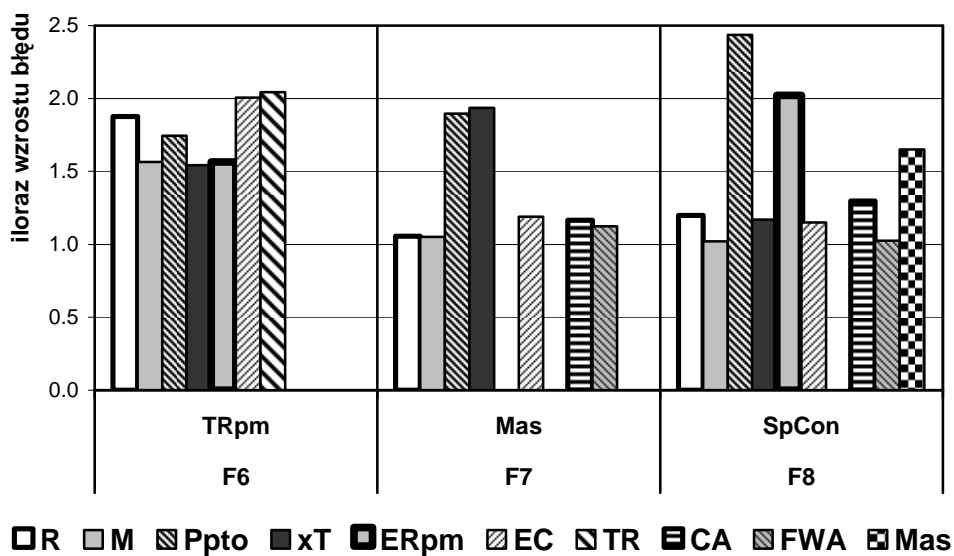
Rys. 1. Analiza wrażliwości dla modeli neuronowych od 1 do 5

Fig. 1. Sensitivity analysis for neural models from 1 to 5

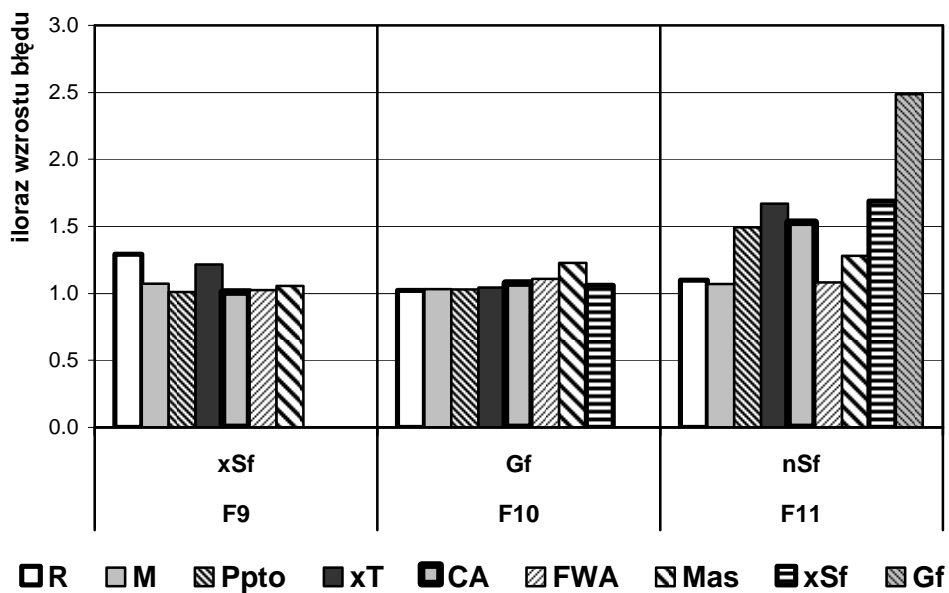
Dla modeli F6 (do wyznaczania TRrpm), F7 (Mas) i F8 (SpCon) nie ma wejścia, które tak wyraźnie dominuje nad pozostałymi (rys. 2). Dla F7 najistotniejsze są Ppto i xT (iloraz 1,89 i 1,93), a dla F8 najważniejsze okazały się Ppto (2,4) i ERpm (2,2).

Dla modeli F9 i F10 (rys. 3), iloraz wzrostu błędu wynosi od 1,0 do 1,3 – wszystkie zmienne wejściowe mają podobną wagowość. Dla modelu F11 jedynie Gf odbiega wartością ilorazu od pozostałych wejść.

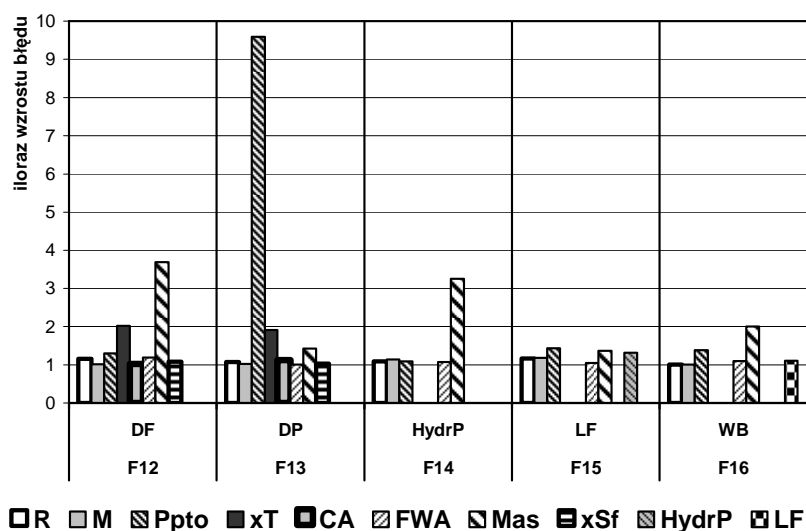
Masa ciągnika (Mas) była najważniejszym wejściem dla modeli F12, F14 i F16 (rys. 4). Natomiast dla modelu F13 najważniejsza była moc (Ppto).



Rys. 2. Analiza wrażliwości dla modeli neuronowych od 6 do 8  
 Fig. 2. Sensitivity analysis for neural models from 6 to 8

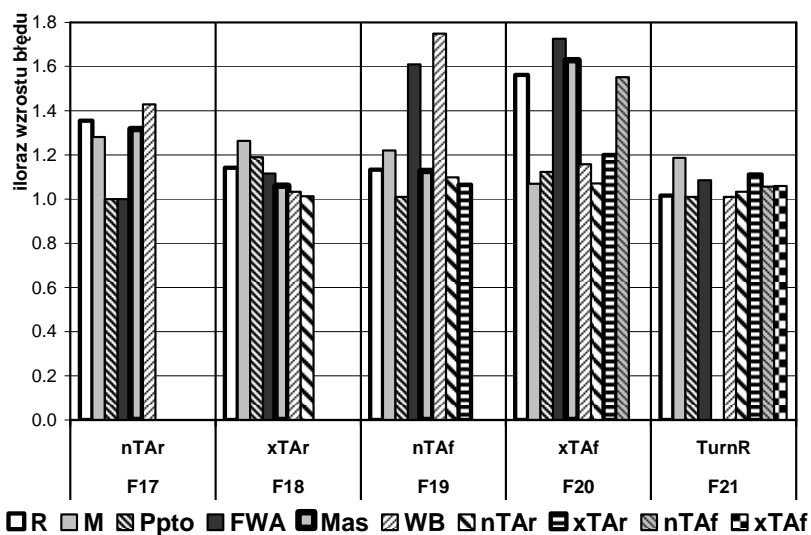


Rys. 3. Analiza wrażliwości dla modeli neuronowych od 9 do 11  
 Fig. 3. Sensitivity analysis for neural models from 9 to 11



Rys. 4. Analiza wrażliwości dla modeli neuronowych od 12 do 16  
 Fig. 4. Sensitivity analysis for neural models from 12 to 16

Dla modeli przedstawionych na rysunku 5 żadna ze zmiennych wejściowych nie ma dominującego wpływu na dokładność sieci.



Rys. 5. Analiza wrażliwości dla modeli neuronowych od 17 do 21  
 Fig. 5. Sensitivity analysis for neural models from 17 to 21

## **Wnioski**

1. Przedstawiona metoda pozwala na wyznaczenie prognoz wartości wszystkich przyjętych parametrów ciągnika (wyjść poszczególnych sieci neuronowych).
2. Przeprowadzona analiza wrażliwości wykazała, że wszystkie przyjęte w algorytmie zmienne wejściowe mają wpływ na zmienną wyjściową.

## **Bibliografia**

Francik S. 2005a. Tendencje zmian wybranych parametrów ciągników rolniczych. *Inżynieria Rolnicza* 2005, 6(66), 141-147.

Francik S. 2005b. Predicting changes of tractor parameters using artificial neural networks. II International Scientific Conference: Information Technologies and Control Engineering in Management of Production Systems. Prague 20-22 September 2005, tome I, 45-51.

Lenge R., Józefowicz J. 1998. Jaki ciągnik wybrać? *Top Agrar Extr*, 16-19.

Neunaber M. 1998. Dwa mocne konie robocze: Fendt i John Deere. *Top Agrar Extra*, 6-10.

Ślipek Z. 1993. Ocena stopnia ważności wymagań konstrukcyjnych dla maszyn rolniczych. Część I. Założenia projektowe. *Roczniki Nauk Rolniczych*, t. 79-C-4, 53-58.

## **METHOD OF FORECASTING TECHNICAL PARAMETER VALUES OF STATE-OF-THE-ART FARM MACHINES PART NO I. FORECASTING TECHNIQUE FOR FARM TRACTOR PARAMETERS**

### **Summary**

The paper proposes a method of forecasting technical parameter values for state-of-the-art farm tractors. The method uses artificial neural networks. An algorithm for setting out values of individual parameters was developed.

**Key words:** technical parameters of state-of-the-art farm tractors, artificial neural networks, farm machine advancement