

ANALIZA MOŻLIWOŚCI PROGNOZOWANIA PRZEMIESZCZEŃ GLEBY PODCZAS ORKI ZA POMOCĄ KLASYCZNYCH METOD STATYSTYCZNYCH ORAZ SZTUCZNYCH SIECI NEURONOWYCH

Gniewko Niedbała, Krzysztof Klejna

Instytut Inżynierii Rolniczej, Akademia Rolnicza w Poznaniu

Streszczenie. Erozja uprawowa, obok erozji wietrznej i wodnej, może prowadzić do degradacji gleby w szczególności na skłonach pól. Nowoczesne odkładnice stosowane obecnie w trakcie orki charakteryzują się dużymi prędkościami roboczymi, co w konsekwencji może doprowadzić do szybkiego przebiegu tego procesu. Określenie najistotniejszych warunków uprawy i parametrów pracy agregatu umożliwi dokonanie prognozy wielkości poziomego przemieszczenia gleby. W tym celu można zastosować metody statystyczne oraz metody modelowania neuronowego. Obydwie metody dały zadawalający wynik prognozy oraz wykazały największy wpływ prędkości orki na poziome przemieszczenie gleby. Wyniki uzyskane za pomocą modeli neuronowych charakteryzują się większą dokładnością prognozy oraz wyższym współczynnikiem korelacji i determinacji.

Słowa kluczowe: erozja uprawowa, sztuczne sieci neuronowe

Wykaz oznaczeń:

- r – współczynnik korelacji [-],
- R^2 – współczynnik determinacji [-],
- a – głębokość orki [cm],
- b – szerokość orki jednego korpusu płużnego [cm],
- V – prędkość orki [$m \cdot s^{-1}$],
- W – wilgotność gleby [%],
- N – nachylenie terenu [%],
- P – poziome przemieszczenie gleby [m].

Wprowadzenie

Fizyczne przemieszczanie gleby na stokach wskutek zabiegów agrotechnicznych nazywane jest erozją uprawową. Powodowana ona jest przez wszelkiego rodzaju maszyny rolnicze nie przystosowane do uprawy gleby na zboczach lub eksploatowane w niewłaściwy sposób.

Do zabiegów, które w największym stopniu wpływają na mechaniczne przemieszczanie gleby zalicza się orkę będącą podstawowym zabiegiem agrotechnicznym. Wywołuje ona szczególnie niekorzystne skutki na skłonach pól, zmniejsza się miąższość warstwy uprawnej. Prowadzi to do odsłonięcia warstwy podornej a przy granicach pól uprawnych zauważane jest niekiedy wyraźne obniżenie terenu.

Badania nad przemieszczaniem gleby w trakcie orki prowadzone były m.in. przez Martinięgo [1953], Czyżyka [1955], Baca [1950], Jankowskiego [1959], których prace ilościowo określiły przemieszczenia warstwy uprawnej pługiem na stokach. Jako, że badania powyższych autorów były prowadzone w latach 50-tych i 60-tych, stosowane były odkładnice cylindroidalne, które służyły do orki z małymi prędkościami roboczymi do $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ($9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$).

W ostatnich latach obserwuje się zainteresowanie producentów maszyn rolniczych nowoczesnymi technikami symulacji komputerowej, które służą do optymalizacji konstrukcji korpusów płużnych. Dzięki tym technikom możliwe było skonstruowanie odkładnic typu półrubowego do szybkich orek, których prędkość robocza może dochodzić nawet do $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ($14,4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). Chociaż stosowanie nowoczesnych odkładnic ma wiele zalet, to ma także wadę jaką jest ograniczona możliwość stosowania na terenach pochyłych, zwłaszcza gdy kierunek orki zgodny jest z największym spadkiem.

W świetle powyższych uwarunkowań zachodzi potrzeba wykonania prognoz przemieszczeń gleby w trakcie orki nowoczesnymi odkładnicami z uwzględnieniem ich parametrów pracy. Do tego zagadnienia można użyć klasycznych metod statystycznych oraz nowoczesnych technik modelowania neuronowego.

Cel i zakres pracy

Celem była analiza i porównanie możliwości prognozowania przemieszczeń gleby spowodowanych orką wykonaną nowoczesnym korpusem płużnym za pomocą regresji wielorakiej oraz sztucznych sieci neuronowych.

Dla realizacji powyższego celu przeprowadzono:

- Pomiaru poziomego przemieszczenia gleby spowodowanego orką na spadkach terenu, wykonaną nowoczesnym korpusem płużnym firmy Lemken.
- Budowę modeli regresyjnych i neuronowych dla poziomego przemieszczenia gleby oraz analizę i porównanie charakterystycznych parametrów zbudowanych modeli.

Zakres pracy obejmuje trzy główne etapy.

W pierwszym etapie dokonano pomiarów poziomego przemieszczenia gleby uwarunkowanego przez 4 różne czynniki:

1. prędkość orki w zakresie od 6 do $12 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$,
2. wilgotność gleby w zakresie od 7 do 19%,
3. nachylenie terenu do 11%,
4. kierunek orki względem spadku terenu jadąc w dół spadku równoległe do nachylenia.

W drugim etapie został zbudowany model regresyjny i neuronowy, w oparciu o dane pozyskane w etapie pierwszym. Zostały wykreślone powierzchnie odpowiedzi dla sieci neuronowych oraz została zbudowana formuła empiryczna określająca model regresyjny. Do budowy powyższych modeli zostało użyte oprogramowanie Statistica v7.1. W kolejnym kroku wykonano analizę i porównanie współczynnika korelacji i współczynnika determinacji zbudowanych modeli oraz omówiono ich właściwości prognostyczne.

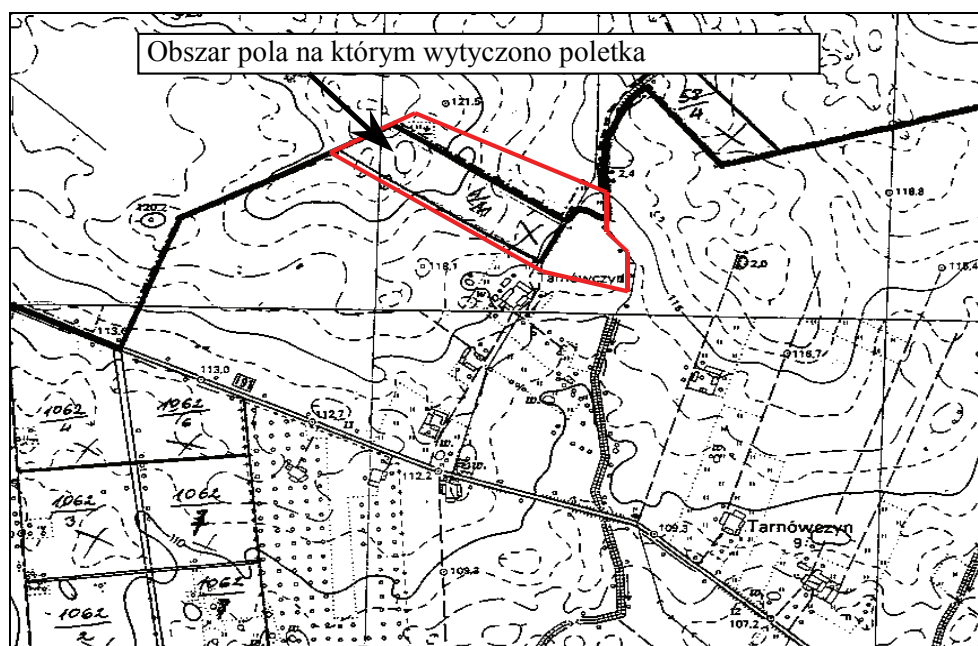
Metodyka

Badania poziomego przemieszczenia gleby zostały wykonane we wsi Tarnówczyn położonej na terenie gminy Krajenka k. Piły. Przeważają tam głównie gleby średnie klasy bonitacyjnej IVa i IVb. Do badań, na polu o powierzchni 9,5 ha wydzielono poletka doświadczalne o wymiarach 20x10 m. Poletka te zostały wytyczone na pięciu różnych klasach spadku terenu: N1= 0-3%, N2=3-5%, N3=5-7%, N4=7-9%, N5=9-11% (rys. 1).

Badania prowadzono przy pięciu prędkościach jazdy: $V1=1,66 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $V2=2,08 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $V3=2,50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $V4=2,92 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $V5=3,33 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Wykonano także badania dla pięciu poziomów wilgotności gleby: W1=7%, W2=10%, W3=13%, W4=16%, W5=19%.

W badaniach użyto ciągnika Ursus C-360-3P oraz ramy pługa dwuskibowego U021/1 na którym zamontowano korpus płużny firmy Lemken z odkładnicą półrubową, którego podstawowe parametry konstrukcyjno-eksploatacyjne zamieszczono w tab.1.

Regulację pługa wykonano w taki sposób, aby średnia głębokość orki wynosiła 25 cm, a szerokość skiby 30 cm. Po jednej i drugiej stronie poletka pomiarowego wzdłuż wyoranej uprzednio bruzdy umieszczono elementy – paliki wyznaczające kierunek do niej prostopadły.



Rys. 1. Miejsce usytuowania pola doświadczalnego

Fig. 1. The place of the location experimental field

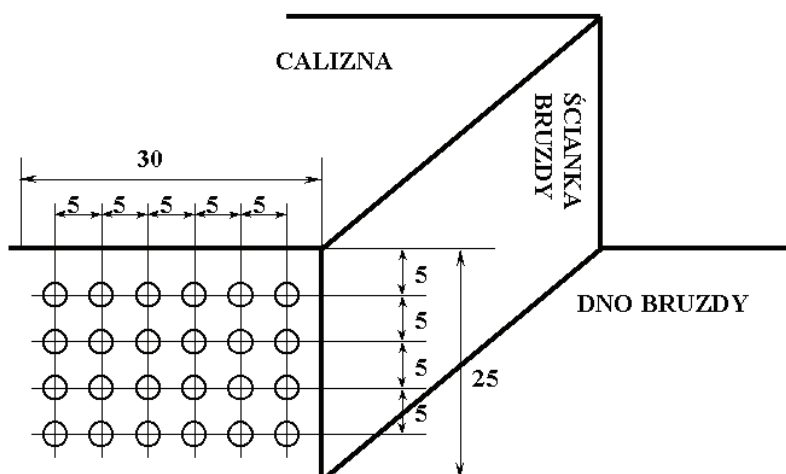
Tabela. 1. Parametry konstrukcyjno-eksploatacyjne badanego korpusu
 Table 1. The parameters of the studied trunk

Parametr	Wartość
Typ odkładnicy	półśrubowa
Konstrukcyjna głębokość orki [a]	do 35 cm
Konstrukcyjna szerokość orki [b]	38 cm
Zakres prędkości roboczych orki [v_r]	6 – 12 km·h ⁻¹
Kąt ustawienia skrzydła odkładnicy [θ_s]	41°
Wysokość krawędzi piersi odkładnicy [h]	36 cm
Kąt wzniosu lemiesza [α]	25°
Kąt skrawania lemiesza [γ]	25°
Kąt ustawienia lemiesza [θ_0]	40°
Stromość odkładnicy [L/H]	0,77

Źródło: Obliczenia własne autorów

Na wyznaczonych przez paliki liniach wbijano w caliznę przyrząd wykonujący 6 otworów co 5 cm o średnicy 12 mm na głębokości 20 cm.

W otworach tych za pomocą wyskalowanego metalowego pręta umieszczano wskaźniki wykonane z różnokolorowego tworzywa sztucznego. Wskaźniki te w każdym otworze umieszczone zostały na głębokości 20, 15, 10 i 5 cm (rys. 2).



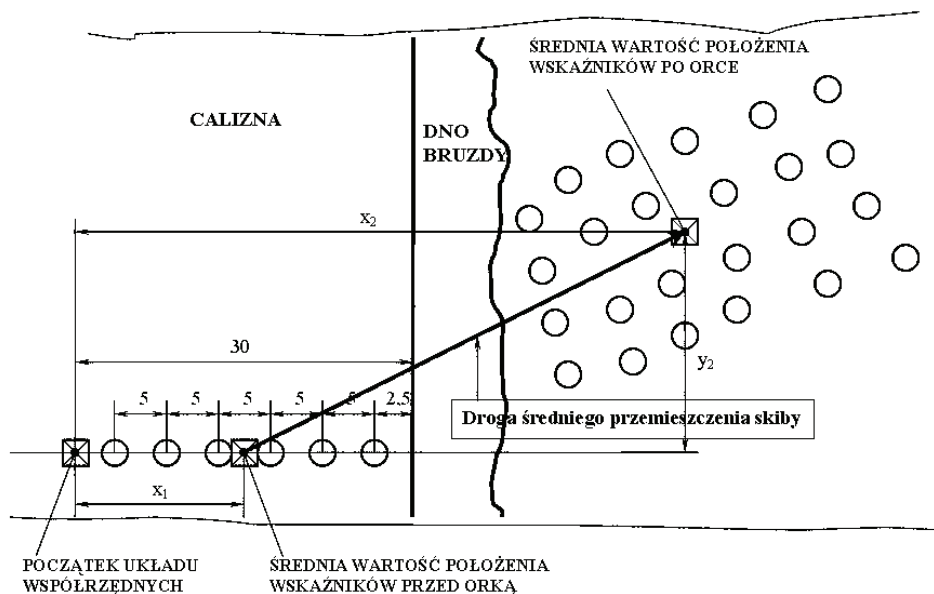
Rys. 2. Schemat rozmieszczenia wskaźników w glebie przed orką w przekroju pionowym skiby (wyniki podano w centymetrach)

Fig. 2. The pattern of the distribution of coefficients in soil before ploughing in the perpendicular section of the slice (the results were passed in centimetres)

Po rozmieszczeniu wskaźników w glebie wykonano w pięciu powtórzeniach przejazdu robocze z ustalonymi parametrami orki. Lokalizację wskaźników po orce zaczęto od wykopania pionowej ścianki na całej szerokości odrzuconej w przejeździe przez korpus gleby, w miejscu linii wyznaczonej przez drewniane paliki. Szerokość rozrzuconej skiby oznaczono dwoma wyskalowanymi palikami, które ułatwiały zdejmowanie kolejno od góry warstwy gleby i wyszukiwanie w niej wskaźników. Przyrząd do odseparowywania gleby pozwalał na oznaczenie miejsca przesunięcia się wskaźnika po orce.

W celu wyznaczenia średniego przemieszczenia gleby, należy obliczyć średnią ze współrzędnych szerokości (x) i odległości (y) wskaźników umieszczonych w glebie przed i po wykonaniu przejazdu roboczego. Następnie w celu obliczenia drogi średniego przemieszczenia gleby należy odjąć od wartości końcowej, tj. po orce, wartość początkową tj. przed orką (rys. 3).

Budowa modelu regresyjnego została wykonana przy użyciu modułu „regresja wieloraka” w programie Statistica v. 7.1. Jako cechy niezależne wprowadzono: nachylenie terenu, wilgotność gleby oraz prędkość wykonywania zabiegu orki.



Rys. 3. Droga średniego przemieszczenia skiby (widok z góry)
 Fig. 3. The road average dislocation of the furrow-slice (view from the top)

Natomiast cechą zależną było poziome przemieszczenie gleby. W tym kroku została wykreślona formuła empiryczna dla badanego zjawiska na podstawie wyników obliczeń z wykorzystaniem wyrazu wolnego oraz współczynników regresji.

W kolejnym kroku została zbudowana sztuczna sieć neuronowa. Wybrana sieć typu MLP z dwoma warstwami ukrytymi, trzema wejściami oraz jednym wyjściem. Wynikiem tak zbudowanej sieci była prezentacja powierzchni odpowiedzi badanych cech oraz wykonanie analizy wrażliwości sieci. Wykonano także porównanie podstawowych parametrów modeli tj. współczynnika korelacji r oraz współczynniki determinacji R^2 .

Wyniki badań

Na podstawie badań polowych została zbudowana formuła empiryczna opisująca poziome przemieszczenie gleby. Badane cechy niezależne zostały określone na poziomie istotności $\alpha = 0,01$. Współczynnik korelacji wyniósł $r = 0,98$, natomiast współczynnik determinacji modelu wyniósł $R^2 = 0,97$. Dla tak uzyskanych wyników formuła empiryczna przyjęła następującą postać:

$$P = 0,4722 + 0,0043 \cdot N - 0,0025 \cdot W + 0,0826 \cdot V \quad (1)$$

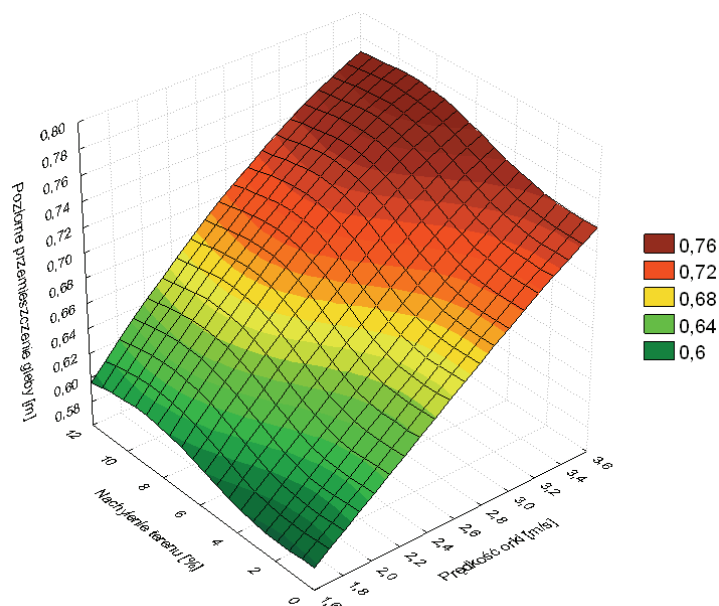
Budowa modelu w oparciu o sztuczne sieci neuronowe wykazała podobne wartości współczynnika korelacji i determinacji, które wyniosły odpowiednio $r = 0,99$ i $R^2 = 0,98$. Iloraz odchylenia standardowego wyniósł 0,1 co jest wartością charakteryzującą dobrze zbudowany model. Struktura uzyskanej sieci MLP przyjęła postać 3:3-9-8-1:1. Oznacza to, że sieć miała dwie warstwy ukryte, gdzie w pierwszej znalazło się 9 neuronów, natomiast w drugiej 8 neuronów. W kolejnym kroku na podstawie analizy wrażliwości (tab. 2) sieci wykreślono powierzchnie odpowiedzi, obrazujące wpływ cech niezależnych na cechę zależną w postaci poziomego przemieszczenia gleby.

Tabela 2. Analiza wrażliwości sieci
Table 2. The analysis of the sensibility of the net

	Nachylenie terenu [N]	Wilgotność gleby [W]	Prędkość orki [V]
Iloraz	2,97	2,5	9,45
Ranga	2	3	1

Źródło: Obliczenia własne autorów

Powierzchnia odpowiedzi (rys. 4) obrazuje prognozowany przebieg dwóch cech zależnych, prędkości orki (ranga 1) oraz nachylenia terenu (ranga 2) na poziome przemieszczenie gleby.



Ryc. 4. Powierzchnia odpowiedzi dla prędkości orki i nachylenia terenu

Fig. 4. The surface of answer for ploughing speed and inclination of the terrain

Wnioski

1. Przedstawione metody klasyczne i neuronowe mogą służyć do prognozowania poziomego przemieszczenia gleby.
2. Najlepsze rezultaty prognoz krótkoterminowych otrzymuje się za pomocą sieci typu MLP.
3. W wyniku analizy wrażliwości sieci można wskazać czynniki w największym stopniu wpływające na badane zjawisko. W pierwszej kolejności jest to prędkość orki, w drugiej stopień nachylenia terenu, natomiast w trzeciej wilgotność gleby.

Bibliografia

- Jankowski A.** 1959. Orka na zboczach z punktu widzenia walki z erozją gleb. Roczniki Nauk Rolniczych. Tom 73-F-4. Seria F, Melioracji i Użytków Zielonych. ISSN 0080-3707.
- Czyżyk W.** 1955. Przemieszczenie gleby na zboczu pod działaniem orki. Roczniki Nauk Rolniczych. Tom 71-F-1. Seria F, Melioracji i Użytków Zielonych. ISSN 0080-3707.
- Martini Z.** 1953. Badania przemieszczeń gleby przy orce na zboczach. Roczniki Nauk Rolniczych. Tom 66. Seria F, Melioracji i Użytków Zielonych. ISSN 0080-3707.
- Bac S.** 1950. Wpływ pracy pługa na przemieszczanie gleb. Roczniki Nauk Rolniczych. Tom 54. ISSN 0080-3707.

THE ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF PREDICTIONS OF SOIL DISLOCATIONS DURING PLOUGHING USING STANDARD STATISTICAL METHODS AS WELL AS ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Summary. Tillage erosion as well as wind and water erosion can lead to the degradation of the soil especially on the inclinations of the fields. Modern mouldboards used nowadays during ploughing are marked by high working speeds which can also accelerate the process of the soil degradation. Determining the most relevant conditions for crops as well as the parameters of the plough work with enable us to predict the size of the horizontal soil dislocations. In order to this, we can either use statistical or neural modelling methods. Both methods gave satisfying predictions results and also showed the huge influence of the ploughing speed on the horizontal soil dislocation. The results obtained from the neural modelling, are marked by higher precision and have a higher correlation and determination coefficient.

Key words: tillage erosion, artificial neural networks

Adres do korespondencji:

Gniewko Niedbała; e-mail: gniewko@au.poznan.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Akademia Rolnicza w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 50
60-627 Poznań