

## WPŁYW LICZBY ZMIENNYCH NA JAKOŚĆ DZIAŁANIA NEURONOWEGO MODELU DO IDENTYFIKACJI MECHANICZNYCH USZKODZEŃ ZIARNIAKÓW KUKURYDZY

Krzysztof Nowakowski, Piotr Boniecki

*Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu*

**Streszczenie.** Wykorzystanie sztucznych sieci neuronowych do identyfikacji mechanicznych uszkodzeń ziarniaków, prezentowanych w postaci fotografii, wymaga doboru odpowiednich cech charakterystycznych, na podstawie których zostanie przeprowadzony proces rozpoznawania. Wybór danych można zweryfikować wykorzystując narzędzie analizy wrażliwości sieci. Dzięki jego zastosowaniu można ocenić poziom istotności poszczególnych cech charakterystycznych i sprawdzić czy wszystkie wcześniej wybrane zmienne są niezbędne w procesie uczenia.

**Słowa kluczowe:** reprezentatywne dane uczące, sieci neuronowe, analiza obrazu

### Wprowadzenie

Projekt obejmował badanie wpływu różnej liczby zmiennych wejściowych neuronowego modelu do identyfikacji uszkodzeń ziarniaków. Przygotowane zostały zbiory uczące zawierające informację o stanie ziarniaka na podstawie cyfrowych fotografii ziarniaków kukurydzy. Fotografie poddano komputerowej analizie obrazu i na jej podstawie wytworzono zbiory uczące dla sztucznej sieci neuronowej. W skład informacji odczytywanych z obrazu i zapisywanych do zbiorów uczących wchodziły:

- informacja o barwie każdego piksela (zakodowana postać modelu RGB),
- informacja o kształcie (opisane za pomocą współczynników kształtu).

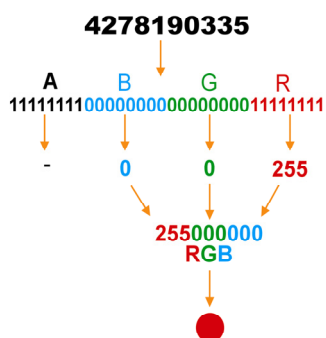
### Metodyka badawcza

Najważniejszym etapem, podczas przygotowań do realizacji tematu pracy, był wybór cech ziarniaka, za pomocą których możliwa będzie identyfikacja jego uszkodzeń przez sztuczną sieć neuronową [Nowakowski i in. 2007b]. Po zapoznaniu się z literaturą na temat uszkodzeń ziarniaków i analizie problematyki dotyczącej identyfikacji ich uszkodzeń, wytypowano zestaw reprezentatywnych zmiennych.

Pierwszy zbiór cech zawiera informację o barwie, kodowanej według modelu przestrzeni barw RGB. Bezpośredni zapis modelu RGB do zbioru uczącego niesie ze sobą ryzyko zafałszowania informacji bądź jej błędnej interpretacji. Wynika to z faktu, że

wszystkie trzy kolory składowe zapisywane są jako wartości od 0 do 255 każdy. Aby uniknąć błędów zaproponowano rozwiązanie polegające na zakodowaniu informacji o barwie zgodnie ze schematem przedstawionym poniżej (rys. 1).

Wytypowana została również grupa parametrów, za które uznano wybrane współczynniki kształtu. Z wielu znanych współczynników przyjęto te, które pomagają identyfikować kształty zbliżone do okręgu. Ma to swoje uzasadnienie w tym, że ziarniki mają kształt kulisty bądź do niego zbliżony.



Rys. 1. Schemat kodowania informacji o barwie

Fig. 1. Colour information coding scheme

Pierwszy ze współczynników kształtu  $R_S$  to bezwymiarowy współczynnik do ilościowej charakterystyki kształtu obiektów:

$$R_S = \frac{L^2}{4\pi S} \quad (1)$$

gdzie:

- $L$  – obwód obiektu,
- $S$  – pole obiektu.

Kolejny to współczynnik *Fereta*  $R_F$  nazywany również średnicami Fereta charakteryzujący wydłużenie obiektu:

$$R_S = \frac{L_N}{L_V} \quad (2)$$

gdzie:

- $L_N$  – maksymalny rozmiar obiektu w pionie,
- $L_V$  – maksymalna rozmiar obiektu w poziomie.

Dwa współczynniki cyrkularności  $R_{C1}$  i  $R_{C2}$ :

$$R_{C1} = 2\sqrt{\frac{S}{\pi}} \quad (3)$$

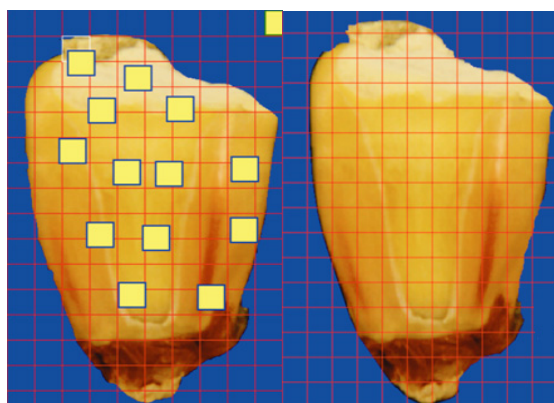
$$R_{C2} = \frac{L}{\pi} \quad (4)$$

Pierwszy z wyżej wymienionych (3) określa średnicę koła o obwodzie równym obwodowi analizowanego obiektu, drugi (4) natomiast średnicę, koła którego pole jest równe polu analizowanego obiektu [Tadeusiewicz i in. 1991]. Ostatni wybrany współczynnik kształtu to współczynnik Malinowskiej  $R_M$ :

$$R_M = \frac{L}{2\sqrt{\pi - S}} - 1 \quad (5)$$

Wszystkie wyżej wymienione informacje pochodzą z komputerowej analizy fotografii ziarniaka. Aby zachować właściwe proporcje ziarniaków i ustalić miarę odniesienia, wszystkie fotografie zostały przeskalowane do ustalonego rozmiaru 512 na 512 pikseli.

W związku ze znaczną liczbą danych z pochodzących z pojedynczej fotografii i ograniczonymi możliwościami pracy symulatora sztucznych sieci neuronowych postanowiono podzielić obrazy na segmenty (rys. 3). Takie podejście pozwoliło ograniczyć i znormalizować rozmiar wektora uczącego do 1031 i 263 zmiennych [Nowakowski 2007a]. Do każdego segmentu oprócz informacji o parametrach wymienionych powyżej dołączana jest informacja o występującym (bądź nie) uszkodzeniu. Informacja ta prezentowana jest w postaci słownej: „Uszkodzony” lub „Zdrowy”.



Rys. 2. Schemat podziału obiektu na segmenty

Fig. 2. The scheme of object partition into segments

Wstępny skład informacji wektora uczącego wyglądał następująco:

1. informacja o barwie pikseli 1024 zmienne i 256 zmiennych,
2. współczynnik cyrkularności  $R_{C1}$ ,
3. współczynnik cyrkularności  $R_{C2}$ ,

4. współczynnik Fereta  $R_F$ ,
5. bezwymiarowy współczynnik kształtu  $R_S$ ,
6. współczynnik Malinowskiej  $R_M$ ,
7. obwód obiektu  $L$ ,
8. pole powierzchni obiektu  $S$ ,
9. odpowiedź – uszkodzony lub zdrowy.

Każdy wektor uczący posiadał 1031 składowych (zmiennych). W celu identyfikacji wartości rangi poszczególnych zmiennych wejściowych sieci przeprowadzona została analiza wrażliwości wytworzonego modelu neuronowego. Daje ona pogląd na temat użyteczności poszczególnych zmiennych wejściowych. Wskazuje zmienne, które istotnej bez straty jakości sieci mogą być pominięte i zmienne kluczowe, a których nie powinno się pomijać. W celu sprawdzenia wrażliwości wygenerowanego modelu identyfikacyjnego sprawdzano istotność kolejnych parametrów wejściowych: barwy, bezwymiarowego współczynnika kształtu  $R_S$ , współczynnika Fereta  $R_F$ , współczynnika cyrkularności  $R_{C1}$ , współczynnika cyrkularności  $R_{C2}$ , współczynnika Malinowskiej  $R_M$ , obwodu ziarniaka kukurydzy, pola powierzchni obrazu ziarniaka kukurydzy. Oceny dokonywano za pomocą następujących wskaźników:

- iloraz błędu – jest to stosunek błędu jednostkowego, do błędu otrzymanego przy użyciu wszystkich cech niezależnych. Im jest on większy, tym większe jest znaczenie danej cechy w procesie identyfikacji. W przypadku, gdy przyjmie on wartość poniżej 1 dla którejś z cech, należy usunąć ją ze zbioru uczącego w celu poprawienia jego jakości,
- ranga – wskaźnik przedstawiający w sposób liczbowy cechy według malejącego błędu, ranga o wartości 1 ma najważniejsze znaczenie dla sieci [Tadeusiewicz i in. 1991].

Przeprowadzona analiza wrażliwości dla 6 sieci uczonych na podstawie dwóch różnych zbiorów uczących wykazała, że wszystkie wybrane cechy biorą udział w identyfikacji uszkodzeń mechanicznych ziarniaków kukurydzy. Żadna z wybranych cech nie osiągnęła ilorazu błędu poniżej wartości 1 co oznacza, że nie jest uwzględniana w procesie uczenia. Rangi poszczególnych cech dla różnych zbiorów uczących były do siebie zbliżone i wskazywały na znaczące różnice pomiędzy istotnością poszczególnych parametrów w zależności od rozmiaru przypadku uczącego (1031 lub 263 zmienne).

Zaobserwowaną prawidłowością było zwiększenie udziału poziomu istotności zmiennych zawierających informację o barwie uszkodzeń ziarniaków w zbiorach uczących o większej liczbie zmiennych. Ma to swoje wytłumaczenie w większej ilości informacji o barwie. Najważniejszymi zmiennymi (we wszystkich 6 modelach) okazały się zmienne przechowujące informacje o barwie. Co ciekawe, rozpiętość rang poszczególnych pikseli jest silnie zróżnicowana (rys. 3).

zb. walidacyjny	PIXEL61	PIXEL60	PIXEL55	PIXEL58	PIXEL88	OBWÓD	PIXEL24	WSP2	WSP4	PIXEL42	PIXEL119	PIXEL255	PIXEL118	PIXEL188	PIXEL169
Ranga	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Błąd	0,4198938	0,415024	0,411375	0,409773	0,398244	0,394331	0,389582	0,389442	0,382463	0,379998	0,379429	0,377628	0,377622	0,37607	0,372187
Iloraz	1,770805	1,750268	1,73488	1,728124	1,679502	1,662999	1,642972	1,642382	1,612949	1,602553	1,600154	1,59256	1,592532	1,58599	1,569611

Rys. 3. Rangi poszczególnych cech charakterystycznych  
Fig. 3. The importance of particular characteristics

Mniejsze rangi mają piksele, które znalazły się w segmentach zawierających obraz uszkodzonego ziarniaka, czyli te, które mają barwę inną niż średnia mapa kolorów dla zdrowego ziarniaka. Każdy piksel o barwie innej niż żółta (bądź jego odcień) zawiera zatem niezbędną informację dla przebiegu procesu identyfikacji. Usunięcie informacji o barwie ziarniaka pogorszyło właściwości identyfikacyjne wszystkich 6 modeli (wzrost błędu sumarycznego był czterokrotny). Z charakterystyki zmian w barwie uszkodzonego ziarniaka, w stosunku do zdrowego wynika, że informacja o tym parametrze jest wykorzystywana do identyfikacji uszkodzeń ziarniaków, polegających na odsłonięciu zarodka lub odlupaniu okrywy nasiennej.

Kolejnymi, co do poziomu istotności, rangami są współczynniki kształtu. Z 5 zaproponowanych współczynników najniższe rangi mają (rys 3):

- współczynnik Fereta (2),
- współczynnik cyrkularności (3),
- współczynnik cyrkularności (4),

Świadczyć to może o ważnej roli tych współczynników w procesie identyfikacji, szczególnie jeśli chodzi o identyfikację mechanicznych uszkodzeń w postaci ubytku części ziarniaka.

Współczynnik Fereta doskonale opisuje wydłużenie obiektu. Łatwo więc identyfikuje ziarniaki, które pozbawione fragmentu, mają ten współczynnik dużo niższy od zdrowych ziarniaków. Stąd jego niska ranga.

Dwa współczynniki cyrkularności opisują kołowość obiektu. Im kształt bliższy jest do okręgu tym współczynniki bliższe są wartości 1 [Choraś 2005]. Mechaniczne uszkodzenia w postaci ubytków silnie zakłócają te współczynniki. Powodują skokową zmianę obwodu i pola powierzchni ziarniaka uszkodzonego w stosunku do ziarniaków zdrowych. Właśnie na podstawie obwodu i pola powierzchni wyliczane są współczynniki cyrkularności (3), (4).

Nie budzi wątpliwości fakt, że niską rangą charakteryzuje się też zmienna zawierająca informację o obwodzie ziarniaka kukurydzy. Z wielkości tej również można w łatwy sposób odczytać informację o mechanicznych uszkodzeniach polegających na ubytku części ziarniaka.

Niska ranga zmiennej informującej o polu powierzchni ma swoje logiczne uzasadnienie. Każdy ubytek fragmentu ziarniaka powoduje zmianę pola powierzchni w stosunku do ziarniak zdrowego.

Zastanawiający jest jednak fakt nadania wysokiej rangi dwóm pozostałym współczynnikiem kształtu. O ile bezwymiarowy współczynnik ilościowy (1) może faktycznie nie mieć, aż tak znaczącej roli w identyfikacji uszkodzeń ze względu na swój ogólny charakter, to wysoka ranga współczynnika Malinowskiej (5) jest zastanawiająca.

Współczynnik ten zbudowany został w oparciu o dwa współczynniki cyrkularności (3), (4). Znaczącą rolę w obliczaniu tego współczynnika odgrywa informacja o polu powierzchni sfotografowanego ziarniaka. Jednym faktem tłumaczącym tak wysoką pozycję tej zmiennej niezależnej może być różnica rang zmiennych zawierających informacje o obwodzie i polu powierzchni ziarniaka. Obwód, który przy obliczaniu tego współczynnika ma mniejsze znaczenie miał średnio rangę dla wszystkich zbiorów uczących na poziomie 6.

Zaś pole otrzymywało rangę na poziomie 65. Taka różnica w istotności cech składających się na współczynnik (5) może tłumaczyć wysoką rangę tego współczynnika.

Z przedstawionej powyżej analizy można wywnioskować, że w przypadku uszkodzeń mechanicznych, w zależności od ich charakteru, różne cechy mają zróżnicowany wpływ na jakość identyfikacji.

W przypadku uszkodzeń polegających na ubytku części ziarniaka identyfikacja przebiega przy wykorzystaniu przede wszystkim informacji z danych o współczynnikach kształtu (2), (3) i (4) oraz polu powierzchni i obwodzie.

Do identyfikacji uszkodzeń polegających na odsłonięciu zarodka lub utracie części okrywy nasiennej, wykorzystywane są głównie dane o barwie ziarniaka, a w szczególności informacja z pikseli zawartych na powierzchni uszkodzenia.

Przeprowadzona analiza wrażliwości pozwala również stwierdzić, że większy udział procentowy w ogólnej liczbie uszkodzeń mechanicznych ziarniaków mają te, które polegają na odsłonięciu zarodka ziarniaka lub utracie części okrywy nasiennej. Dowodem na powyższe stwierdzenie jest wyższa ranga parametrów wykorzystywanych przy identyfikacji tego rodzaju uszkodzeń. Zmniejszanie liczby parametrów podczas procesu uczenia zwiększało poziom błędów o 60 do 300%. Przy czym największy wzrost błędu widoczny był przy pomijaniu informacji o barwie ziarniaka (300%).

## Podsumowanie

Z przedstawionej powyżej analizy można wywnioskować, że w przypadku uszkodzeń mechanicznych, w zależności od ich charakteru, różne cechy mają różny wpływ na jakość identyfikacji.

W przypadku uszkodzeń polegających na ubytku części ziarniaka, identyfikacja przebiega z wykorzystaniem informacji zawartych w danych graficznych, opisanych za pomocą wybranych współczynników kształtu oraz pola powierzchni i obwodu.

Do identyfikacji uszkodzeń polegających na odsłonięciu zarodka lub utracie części okrywy nasiennej, wykorzystywane są głównie dane o barwie ziarniaka, a w szczególności informacje pochodzące z pikseli przedstawiających powierzchnię uszkodzenia.

## Bibliografia

- Choraś R. S.** 2005. Komputerowa wizja. Metody interpretacji i identyfikacji obiektów - Wydawnictwo EXIT. Warszawa. s. 10-30.
- Nowakowski K.** 2007. Metody pozyskiwania zbiorów uczących dla neuronowego modelu identyfikującego uszkodzenia ziarniaków. Technika rolnicza, ogrodnicza i leśna. PIMR Poznań. s. 6-7.
- Nowakowski K., Boniecki P., Weres J., Mueller W.** 2007. Wybór reprezentatywnej struktury zbiorów uczących dla potrzeb neuronowych modeli identyfikacyjnych wykorzystywanych w inżynierii rolniczej – Inżyniera Rolnicza. Nr 6(94). Kraków s. 183-188.
- Tadeusiewicz R., Flasiński M.** 1991. Rozpoznawanie obrazów – PWN. Warszawa. s. 4-50.

## **THE IMPACT OF THE NUMBER OF VARIABLES ON THE OPERATION QUALITY OF NEURON MODEL FOR IDENTIFYING MECHANICAL DAMAGE OF CORN SEEDS**

**Abstract.** Using of artificial neuron networks for identifying mechanical damage of seeds presented on photographs requires selection of proper characteristics, which can be the basis for identification process. Data choice can be verified by using the instrument of network sensitivity analysis. Thanks to its use the significance level of particular characteristics can be evaluated, and it may be verified if all selected variables are essential in the learning process.

**Key words:** representative teaching data, neuron network, image analysis

**Adres do korespondencji:**

Krzysztof Nowakowski; e-mail: [krzysztof.nowakowski@au.poznan.pl](mailto:krzysztof.nowakowski@au.poznan.pl)  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
ul. Wojska Polskiego 50  
60-627 Poznań