

NEURAL COMPUTER SYSTEM „RENZIAR 1.0” IN THE PROCESS OF CLASSIFICATION OF WHEAT GRAINS

Summary

Neural analysis pictures are used in many fields of science and utilitarian areas by increasing number of followers. Artificial neural networks work best in cases where one cannot use structural knowledge, be they math formulas. There is an increasing load of data that requires processing. Therefore a need for development of intelligent computers to compile such data has appeared. The very aim of this paper is to classify X-rays of wheat grains in order to create new computer applications. The aforementioned computer applications are applied in the process of analysis and classification of X-rays of wheat grains. This system has been developed and devised in Microsoft Visual Studio 2008 with NET 3.5 Framework. The interface has been set in the RENZIAR 1.0 Program, which is very specific, but not complicated, and therefore should not cause any problems to its users.

NEURONOWY SYSTEM INFORMATYCZNY „RENZIAR 1.0” W PROCESIE KLASYFIKACJI ZIAREN PSZENICY

Streszczenie

Ważnym etapem oceny jakościowej magazynowanych zbóż jest określenie ewentualnych ubytków struktury fizycznej ziarniaków, wynikających z ich stanu chorobowego. Motywem niniejszej pracy było dokonanie klasyfikacji zdjęć rentgenowskich ziaren pszenicy w celu identyfikacji negatywnych efektów żerowania potencjalnych szkodników. Efektem użytkarnym prowadzonych badań było wytworzenie oraz weryfikacja i walidacja komputerowego systemu informatycznego „RENZIAR 1.0”, wspomagającego proces wstępnej analizy zdjęć rentgenowskich, dokonywanej w celu ekstrakcji cech charakteryzujących znamiona chorobowe ziarniaków. Pozyskanie tych informacji jest niezbędne w procesie tworzenia modeli neuronowych służących do identyfikacji oraz klasyfikacji wybranych ziaren zbóż, w kontekście ich uszkodzeń spowodowanych chorobą. System ten został wytworzony w środowisku programistycznym Microsoft Visual Studio 2008, wykorzystującym Framework .NET 3,5. System informatyczny „RENZIAR 1.0” posiada przyjazny użytkownikowi interfejs, który w istotny sposób ułatwia pracę potencjalnemu użytkownikowi.

1. Wprowadzenie

Analiza rentgenowska jest szeroko wykorzystywaną techniką identyfikacyjną, przede wszystkim w medycynie, ale również w wielu dziedzinach rolnictwa, przemysłu, ochrony środowiska czy produkcji żywności. Natura i właściwości promieniowania rentgenowskiego pozwalają badać budowę wewnętrzną różnych materiałów i obiektów zarówno na poziomie makro-, jak i mikrostruktury. W celu pozyskania zdjęć rentgenowskich struktur wewnętrznych można prześwietlać nie tylko ludzkie ciało, ale także inne obiekty fizyczne, jak np. rośliny uprawne. W naukach rolniczych analizę rentgenowską z powodzeniem stosuje się m.in. w celu badania struktury roślin, pod kątem występowania różnego rodzaju uszkodzeń, spowodowanych np. przez destrukcyjne działania szkodników. Istotny jest też fakt, iż metody identyfikacyjne wykorzystujące promieniowanie rentgenowskie są technikami bezinwazyjnymi, a zatem nie ingerującymi w budowę badanego obiektu [8].

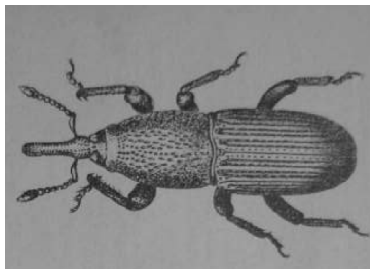
W ostatnich latach techniki rentgenowskie zaczynają efektywnie wspomagać procesy decyzyjne zachodzące w trakcie magazynowania zbóż, np. identyfikując uszkodzenia ziarniaków pszenicy spowodowane żerowaniem wołka zbożowego. W związku z powyższym, ważnym obszarem aplikacyjnym tej metody identyfikacyjnej jest wstępna analiza zdjęć rentgenowskich porażonych ziarniaków, dokonywana w celu określenia oraz ekstrakcji cech charakteryzujących znamiona chorobowe ziaren.

Motywu podjętych badań było dokonanie klasyfikacji zdjęć rentgenowskich ziaren pszenicy w celu identyfikacji ich stanu chorobowego, wywołanego żerowaniem wołka zbożowego. Efektem użytkarnym projektu było wytworzenie oraz przetestowanie komputerowego systemu informatycznego „RENZIAR 1.0”, wspomagającego proces wstępnej analizy zdjęć rentgenowskich, dokonywanej w celu ekstrakcji cech reprezentatywnych, charakteryzujących znamiona chorobowe ziarniaków. Analiza przetworzonych przez wytworzoną aplikację zdjęć rentgenowskich, w których wyodrębnione zostały poszczególne ziarna, pozwala użytkownikowi na wykrycie szkodników w ziarnach pszenicy w oparciu o informację graficzną, zakodowaną w postaci rentgenowskich obrazów cyfrowych. Wytworzony system informatyczny ma charakter rozwojowy i pomyślany jest jako instrument wspomagający procesy decyzyjne, zachodzące w ogólnie rozumianej produkcji rolniczej.

2. Choroby i szkodniki pszenicy

Wśród roślin spożywczych największe znaczenie mają zboża. Ich pożądane cechy, jak wartość odżywcza, łatwość transportowania oraz zdolność do efektywnego i długoterminowego przechowywania powoduje, że wiele z nich stało się uprawami pierwszorzędnymi. Zboża dominują wśród roślin alimentacyjnych, zajmując (w zależności od danego rejonu świata) 60-75% ziemi uprawnej i dostarczając ok. 50% białka spożywanego przez ludzi. Również ich

udział w produkcji pasz dla zwierząt jest znaczący i wykazuje rosnącą dynamikę. Najpopularniejszym gatunkiem uprawianych zbóż stała się pszenica, która jest coraz bardziej plenna [5]. Często jednak w plonie powstają znaczące ubytki spowodowane na ogół chorobami, które są m.in. wynikiem żerowania różnego rodzaju szkodników. Spośród roślin zbożowych właśnie pszenica jest najbardziej narażona na destrukcyjne działania szkodników, w szczególności zintensyfikowane w fazie jej magazynowania. Jednym z najgroźniejszych szkodników magazynowych jest wołek zbożowy (rys. 1) [7].



Rys. 1. Wołek zbożowy: *Sitophilus granarius* L. [7]
Fig. 1. Grain weevil: *Sitophilus granarius* L. [7]

Wołek zbożowy występuje we wszystkich strefach klimatycznych. Swoj cykl rozwoju przystosował do warunków panujących w zakurzonych spichrzach i magazynach zbożowych. Wylęga się z jaj, które samice składają w wygryzionych kanalikach w ziarnach zbóż, i rozwija się we wnętrzu ziarniaków. Miejsce złożenia jaja jest niewidoczne gołym okiem, gdyż samica zalepia je lepka, szybkoschnąca substancją. Wykryć je można dopiero po zabarwieniu ziarna nadmanganianem potasu lub kwaśną fuksyną. Samica składa najczęściej jaj w temperaturze 26°C w ziarno o wilgotności powyżej 14%. Rozwój embrionalny trwa ok. 4 dni. Larwa rozwija się wewnątrz ziarna wygryzając kulistą komorę. W czasie swego rozwoju przechodzi 4 linienia. Następnie zmienia się w protonimfę o wydłużonym kształcie, później w poczwarkę. Stadium poczwarki w sprzyjających warunkach trwa 9 dni. Po przepoczwarczeniu się chrząszcz pozostaje wewnątrz ziarna. Po kilku dniach wygryza w osłonce ziarna okrągły otwór i wydostaje się na zewnątrz [7]. Długość cyklu rozwoju tego szkodnika waha się od 35 do 200 dni, w zależności od temperatury – im cieplej, tym cykl jest krótszy.

Ten groźny szkodnik nie tylko niszczy i zanieczyszcza zboże oraz produkty zbożowe, ale również ułatwia żerowanie wielu innym owadom, które są wtórnymi szkodnikami ziarna. Jest trudny do zwalczania, ponieważ jest niewrażliwy na działania niskich temperatur, odporny na brak pokarmu i na działanie wody oraz substancji chemicznych [4]. Wołek zbożowy jest przystosowany wyłącznie do życia w składowanym ziarnie we wszystkich typach magazynów (silosy, magazyny płaskie, składy gospodarcze). W Polsce jest szkodnikiem bardzo pospolitym. Rocznie rozwijają się aż dwa pokolenia. Tylko stała kontrola i systematyczne przeprowadzanie dezynsekcji magazynów zbożowych pozwala utrzymać jego populację na stosunkowo niskim poziomie. Zaniedbanie zabiegów profilaktycznych może doprowadzić do masowego rozwoju tego szkodnika [7].

Ziarno, które zostało zasiedlone przez larwę wołka zbożowego traci zdolność kiełkowania oraz nie nadaje się już do siewu (rys. 2). W miejscu, w którym nastąpiło skupienie populacji wołka zbożowego, temperatura masy ziarna jest

o 10°C wyższa niż w miejscach niezasiedlonych. Przy sprzyjających warunkach wołek zbożowy żyje ok. 9 miesięcy, a samice składają w tym czasie ok. 200 jaj [11].



Rys. 2. Ziarno uszkodzone przez wołka zbożowego [6]
Fig. 2. Grain damaged by a grain weevil [6]

Żerowanie szkodników takich jak wołek zbożowy powoduje niszczenie, zawilgocenie i nagrzewanie ziarna oraz zabrudzenie produktów zbożowych odchodami i wylinkami [3] (rys. 3). Powoduje to szkody zarówno ilościowe (rocznie ok. 5% strat plonów), jak również jakościowe. W bardzo dużym stopniu ogranicza to wierność plonowania roślin uprawnych. W efekcie żerowania szkodników następuje spadek opłacalności produkcji i hamowanie wzrostu jej intensywności. Straty te można ocenić jako:

- niżkę plonów spowodowaną przez agrofaga wówczas, gdy zabieg ochronny nie był przeprowadzony,
- niżkę plonów oraz spadek opłacalności produkcji spowodowane przez agrofaga, pomimo jego zwalczania.



Rys. 3. Wołek zbożowy na ziarnie pszenicy [3]
Fig. 3. Grain weevil on a grain of wheat [3]

3. Opis wytworzonego systemu informatycznego

System informatyczny „RENZIAR 1.0” stanowi oryginalne narzędzie, efektywnie wspomagające proces identyfikacyjny, którego zadaniem jest:

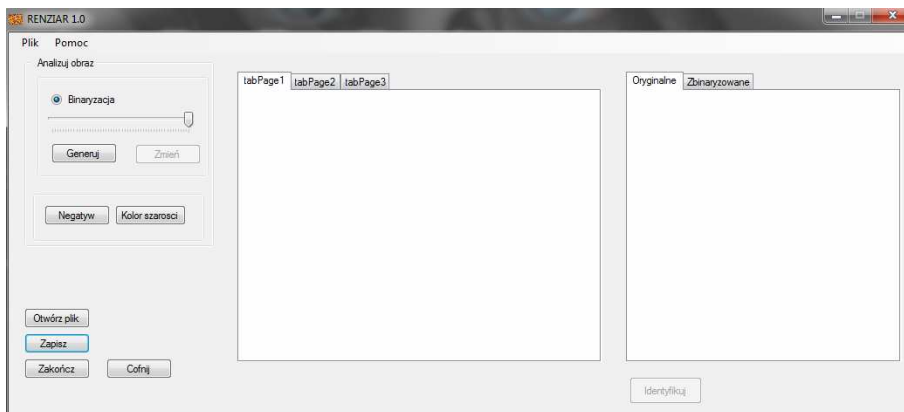
- uzyskanie z obrazu cyfrowego zarysu kształtu ziarna pszenicy,
- podzielenie zdjęcia rentgenowskiego na pojedyncze ziarna,
- zapisanie do pliku, w celu dalszej analizy.

Aplikacja została wytworzona na platformie programistycznej *Microsoft Visual Studio 2008*, która wykorzystuje *Framework .NET* w wersji 3,5. Dodatkowo został dołączony moduł „Identyfikacja” stanowiący implementację wygenerowanego w języku C (z wykorzystaniem komercyjnego pakietu *Statistica v.8.0*) identyfikacyjnego modelu neuronowego typu MLP (*MultiLayer Perceptron*), który następnie przekonwertowano do języka C# [10]. Użytkownik nie musi instalować aplikacji, ponieważ jest ona dostępna w formie pliku .exe. W celu włączenia i rozpoczęcia pracy z systemem

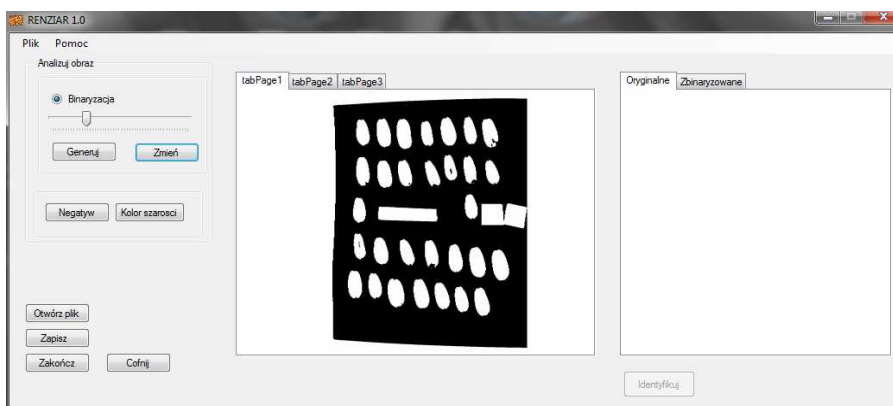
„RENZIAR 1.0” należy uruchomić plik z nazwą „RENZIAR 1.0”. Po dwukrotnym kliknięciu na ikonę pliku, pojawia się interfejs użytkownika (rys. 4).

Aby rozpocząć pracę z aplikacją, należy dodać obraz, który będzie analizowany. Należy wcisnąć przycisk „Otwórz plik”. Na środku programu pojawi się wczytany obraz. Następnie należy dokonać binaryzacji obrazu, w celu uzyskania czarnego tła. Można to uzyskać przesuwając suwak w lewo i wciskając przycisk „Zmień”. W efekcie otrzymuje się zdjęcie zbinaryzowane (rys. 5).

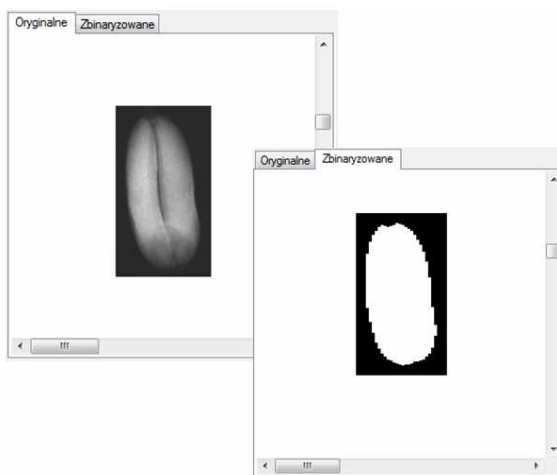
Gdy otrzymany obraz jest zadowalający, należy kontynuować przetwarzanie zdjęcia, wciskając przycisk „Generuj”. Dzięki temu, zdjęcie rentgenowskie zostanie podzielone na poszczególne ziarna. Jest to niezbędny element przetwarzania, gdyż założeniem niniejszej pracy było stworzenie możliwości analizy pojedynczego ziarna. Po naciśnięciu przycisku „Generuj”, w prawym oknie ukaze się zdjęcie rentgenowskie w dwóch postaciach: oryginalnej oraz zbinaryzowanej. Wówczas można uzyskać podgląd na wyszczególniony ziarniak pszenicy (rys. 6).



Rys. 4. Interfejs użytkownika
Fig. 4. User interface



Rys. 5. Widok zdjęcia zbinaryzowanego
Fig. 5. View of the binary photograph



Rys. 6. Widok pojedynczego ziarna pszenicy: oryginalnego i zbinaryzowanego
Fig. 6. View of a single grain of wheat: original and after binary

Klikając na wyodrębnione zdjęcie ukazuje się kolejne okno (rys. 6). W celu dokonania neuronowej identyfikacji stanu chorobowego ziarna pszenicy należy wcisnąć przycisk „Identyfikacja”. Rezultat analizy ukazuje się w oknie „Wynik”. Jest efektem neuronowej klasyfikacji zrealizowanej przez wygenerowaną sieć neuronową typu MLP i dokonanej w oparciu o wybrane współczynniki kształtu, wykorzystywane w klasycznych metodach analizy obrazu. Są nimi:

- Współczynnik *Fereta*:

$$R_F = \frac{L_h}{L_v}, \quad (1)$$

gdzie:

L_h – maksymalna średnica obiektu w poziomie,

L_v – maksymalna średnica obiektu w pionie.

- Współczynnik cyrkularności R_{C1} (wyznacza on średnicę koła o obwodzie równym obwodowi analizowanego obiektu):

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

gdzie:

S – pole powierzchni obiektu.

- Współczynnik cyrkularności R_{C2} (wyznacza średnicę koła, którego pole powierzchni równe jest polu analizowanego obiektu):

$$R_{C2} = \frac{L}{\pi} \quad (3)$$

gdzie:

L – obwód obiektu.

- Współczynnik *Malinowskiej*:

$$R_M = \frac{L}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot S}} - 1 \quad (4)$$

gdzie:

L – obwód obiektu,

S – pole powierzchni obiektu.

- Pole S .
- Obwód L .

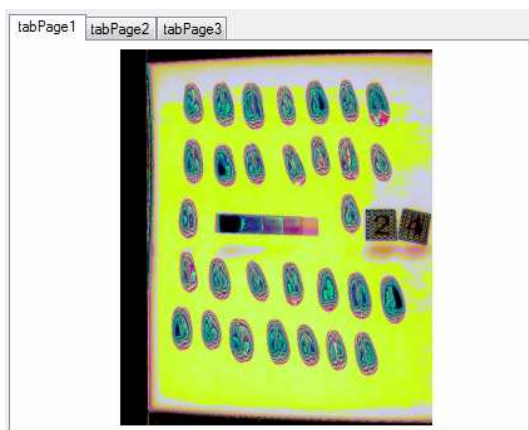
Okno neuronowej identyfikacji stanu chorobowego ziarna pszenicy przedstawiono na rys. 7.

Ostatnim aspektem działania aplikacji jest możliwość zapisu do pliku pojedynczego obrazu ziarna w formacie .JPG. Dodatkową opcją dla użytkownika jest możliwość uzyskania z wcześniej wczytanego zdjęcia, obrazu w postaci negatywu (rys. 8) lub też obrazu w kolorach szarości (rys. 9).



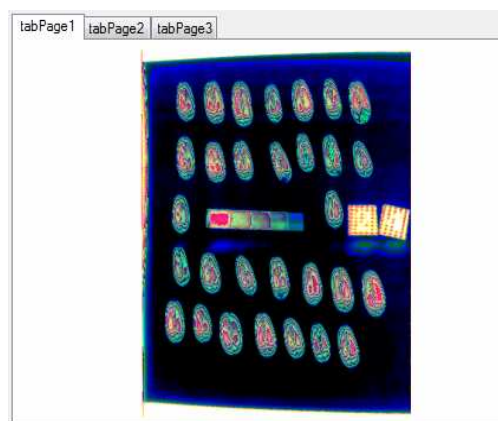
Rys. 7. Okno „Identyfikacja”

Fig. 7. Window „Identification”



Rys. 8. Obraz w postaci negatywu

Fig. 8. Image type: negative



Rys. 9. Obraz w kolorach szarości

Fig. 9. Image taken in grey colour

4. Podsumowanie oraz wnioski

W pracy przedstawiony został autorski system informacyjny „REZNIAR 1.0”. Jego zadaniem jest wstępna analiza zdjęć rentgenowskich oraz neuronowa klasyfikacja ziaren pszenicy, ze względu na wewnętrzną destrukcję wywołaną ich stanem chorobowym. Prawdopodobieństwo wystąpienia wołka zbożowego w ziarnie jest stosunkowo duże, dlatego też chcąc uniknąć rozprzestrzeniania się szkodnika, warto stosować różnego rodzaju zabezpieczenia profilaktyczne. Jednym z nich może być program „RENZIAR 1.0”, którego stosowanie umożliwia pośrednie stwierdzenie, czy w losowo wybranych próbkach zdjęć rentgenowskich ziarniaków pszenicy taki pasożyt występuje.

W konkluzji można sformułować następujące wnioski:

1. Informacja o strukturze ziarniaków pszenicy, zakodowana w postaci cyfrowych zdjęć rentgenowskich, może stanowić podstawę do estymacji stanu chorobowego ziarna, spowodowanego żerowaniem wołka zbożowego.
2. Neuronowy model typu MLP, jest właściwym narzędziem klasyfikacyjnym, umożliwiającym efektywną identyfikację uszkodzeń wewnętrznych porażonych ziarniaków, dokonaną na podstawie ich zdjęć rentgenowskich.
3. Wytworzony system komputerowy „REZNIAR 1.0” jest przyjaznym użytkownikowi narzędziem informatycznym, które oprócz walorów użytkowych może stanowić wsparcie procesów dydaktycznych z zakresu wykorzystania metod sztucznej inteligencji oraz metod analizy obrazu w praktyce rolniczej.

5. Literatura

- [1] Boniecki P.: Elementy modelowania neuronowego w rolnictwie. Poznań: Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego, 2008.
- [2] Boniecki P., Koszela K., Przybylak A.: Klasyfikacja wybranych odmian jabłek oraz suszu marchwi z wykorzystaniem sieci neuronowych typu *Kohonen*. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2010, Vol. 55(1), s. 11-16.
- [3] Bunalski B., Nowacji J.: Szkodniki roślin uprawnych. Poznań: Wydawnictwo Medix Plus, 1996.
- [4] Dyjeciński J.: Szkodniki artykułów spożywczych. Wykrywanie, rozpoznawanie i zwalczanie. Warszawa: Wydawnictwo WPLiS, 1967.
- [5] Falkowski J., Kostrowicki J.: Geografia rolnictwa świata. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2005.
- [6] Gołębiowska Z.: Szkodniki domu i spichrza. Warszawa: Państwowy Instytut Wydawnictw Rolniczych, 1950.
- [7] Gołębiowska Z., Nawrot J.: Szkodniki magazynowe. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, 1976.
- [8] Jezierski G.: Promieniowanie rentgenowskie - obecne zastosowanie. Dozór Techniczny, 2010, nr 3/2010, s. 54-58.
- [9] Świerczyński K., Olejarski P.: Wykorzystanie wybranych topologii sztucznych sieci neuronowych w procesie identyfikacji wołka zbożowego w ziarnie zbóż. Postępy w Ochronie Roślin, 2008, nr 48(3).
- [10] Świerczyński K.: Identyfikacja wołka zbożowego w magazynowanym ziarnie pszenicy z zastosowaniem modelowania neuronowego. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu. Praca doktorska, Poznań, 2010.
- [11] Olejarski P.: Zboże wysokiej jakości. Agro Serwis, wydanie 2.06.2005.