

JABVIS - APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ELEMENTS IN DEALING WITH SELECTED VARIETIES OF APPLES

Summary

The paper seeks to establish the application, which will recognize the variety of apples and only on the basis of their appearance that is mainly the color and shape. The number and diversity of existing varieties and the possibility of deformation of each fruit makes it advisable to apply the methods of artificial intelligence. In JabVis used neural modeling, which is to include such, and the results achieved seem to be good predictors of future research.

JABVIS - APLIKACJA Z ELEMENTAMI SZTUCZNEJ INTELIGENCJI, ROZPOZNAJĄCA WYBRANE ODMIANY JABŁEK

Streszczenie

W pracy podjęto próbę wytworzenia aplikacji, która potrafi rozpoznać wybrane odmiany jabłek tylko i wyłącznie na podstawie ich wyglądu zewnętrznego, czyli głównie koloru i kształtu. Ilość i różnorodność występujących odmian oraz możliwość deformacji poszczególnych owoców sprawia, że celowe okazuje się zastosowanie metod sztucznej inteligencji. W programie JabVis posłużono się modelowaniem neuronowym, które do takowych się zalicza, a osiągnięte wyniki wydają się być obiecujące, szczególnie w kontekście w przyszłych badaniach.

1. Wstęp

Sztuczna inteligencja, w coraz większym stopniu, wkracza w nasze życie. Swoją popularność zawdzięcza możliwości automatyzacji procesów, które wymagają wiedzy i doświadczenia, którymi do tej pory dysponował jedynie człowiek. Dążenie do stworzenia mechanicznego bądź programowego odpowiednika ludzkiego mózgu sprawiło, że maszyny są obecnie w stanie wykonywać pewne określone rodzaje zadań, którym do tej pory nie były w stanie poddać. Zastosowanie metod sztucznej inteligencji otwiera nowe horyzonty m.in. w zakresie komputerowego przetwarzania danych oraz modelowania złożonych procesów. Rolnictwo jest jedną z wielu dziedzin, w której celowe wydaje się stosowanie modeli stochastycznych. Postęp technologiczny i obniżanie kosztów produkcji wymusza stosowanie nowych, efektywniejszych rozwiązań. Postanowiono zatem przyczynić się do rozwoju technologii informatycznych w zakresie wspomagania procesów produkcji w rolnictwie, tworząc oprogramowanie *JabVis*. Jest to aplikacja określająca odmiany jabłek na podstawie wyglądu zewnętrznego w postaci obrazów cyfrowych, nie ingerując w ich strukturę wewnętrzną. Innymi słowy wykorzystane są te cechy obiektów, którymi kieruje się człowiek wykorzystujący w procesie identyfikacji swoją percepcję wzrokową. Celowo pominięte są takie cechy jak smak, miąższość, wielkość i kształt szypułki, które również są pomocne w określaniu odmiany. Postanowiono jednak sprawdzić, czy znaczne zredukowanie ilości zmiennych wejściowych nie spowoduje znacznego wzrostu błędu klasyfikacji.

2. Metodyka badawcza

Badania jakie zostały przeprowadzone podczas tworzenia aplikacji sprowadzały się do wykonania serii zdjęć jabłek w namiocie bezcieniowym. Zostały wybrane trzy odmiany różniące się średnią wielkością owoców i wybarwieniem. Ligol – o największych owocach, Melrose oraz Gol-

den Delicius – jako najmniejsze, przedstawione na fotografiach poniżej.



Rys. 1. Odmiany jabłek: Ligol, Melrose oraz Golden Delicius [6]

Fig. 1. Variety of apples: Ligol, Melrose and Golden Delicius [6]



Rys. 2. Stanowisko fotograficzne [źródło: Kicuła M., Jakubek A.: praca magisterska 2008]

Fig. 2 Position photo [source: Kicuła M., Jacob A.: thesis 2008]

Zdjęcia były wykonywane w taki sposób, aby można było porównywać bezwzględną wielkość owoców. Określając wielkość przedmiotu człowiek kieruje się swoim własnym doświadczeniem i nabytą wiedzą. Dodatkowo pomaga nam w tym narząd wzroku porównując nowy przedmiot do takiego, którego wielkość jest mu znana. Oczywiście pod uwagę należy wziąć jeszcze jedną zmienną, mianowicie odległość od tych przedmiotów, ponieważ perspektywa w znaczący sposób wpływa na rozmiar postrzeganego obiektu. W taki sposób możemy stwierdzić czy coś jest duże, małe czy średniej wielkości. Na fotografii trudniej jest określić wielkość obiektu. Wynika to z nieznaności perspektywy i dokładnych odległości. Tym bardziej, gdy zdjęcie wykonywane jest na jednolitym tle, bez żadnych dodatkowych elementów, które mogłyby w tym pomóc. Jedynym rozwiązaniem jest ustalenie jednej stałej odległości wykonywania zdjęć przy stałej ogniskowej obiektywu. Dzięki temu bez przeszkód można porównywać rozmiary jabłek na fotografiach, ponieważ zachowane są naturalne proporcje. Sytuację taką można zaobserwować na powyższych fotografiach. W innym przypadku zmienna wielkość owoców na fotografii nie miałaby żadnego związku z ich rzeczywistą wielkością.

Kolejnym problemem było uzyskanie odpowiedniej ekspozycji, przy jednoczesnym zminimalizowaniu refleksów, mogących powodować zakłócenia w odczycie kolorów. Dobrym rozwiązaniem okazało się zastosowanie trzech źródeł światła o barwie światła 5500 K oraz mocy 63 Wat każdy, łącznie z dyfuzorami w postaci białych parasoli fotograficznych. Na poniższej fotografii przedstawiono sposób rozmieszczenia oświetlenia oraz sposób ustawienia aparatu fotograficznego. Fotografie wykonywane były w dobrych warunkach oświetleniowych, zminimalizowano lub całkowicie zlikwidowano cienie utrudniające powodujące zlewanie się obiektu z otoczeniem. Znacznie ułatwiło to określenie krawędzi jabłka. Perspektywa umieszczenia aparatu gwarantowała przedstawienie jak największej płaszczyzny owocu, zakrywając jednocześnie charakterystyczne miejsce, jakim jest szypułka. Jej kolor mógłby w znaczącym stopniu wpływać na zmianę próbkowanych kolorów. Fotografie wykonywane były kompaktowym aparatem fotograficznym nastawionym manualnie na następującą konfigurację parametrów:

Czas naświetlania: 1/1000 sek.

Wartość przysłony: F11

Rozdzielczość obrazu: 1M

Łącznie wykonano 630 zdjęć, po 210 każdej odmiany.

3. Tworzenie programu

Program *JabVis* powstał na platformie programistycznej *Microsoft Visual Studio 2005*, która wykorzystuje Framework.Net w wersji 2.0. Napisany został w języku programistycznym wysokiego poziomu, jakim jest C#. Podczas tworzenia programu autorzy kierowali się ściśle określonymi wymaganiami funkcjonalnymi i niefunkcjonalnymi systemu.

Wymagania funkcjonalne systemu:

1. wczytanie obrazu,
2. przekształcenie w obraz monochromatyczny,
3. sprawdzenie tła obrazu,
4. binaryzacja,
5. obliczanie pola (zliczanie pikseli),
6. wykrywanie krawędzi,
7. obliczanie obwodu,
8. obliczanie współczynników kształtu,

9. zapis współrzędnych punktów określających krawędź,
10. sczytywanie kolorów,
11. kodowanie kolorów,
12. rozpoznanie odmiany,
13. dodanie danych do zapisu,
14. zapis danych do pliku.

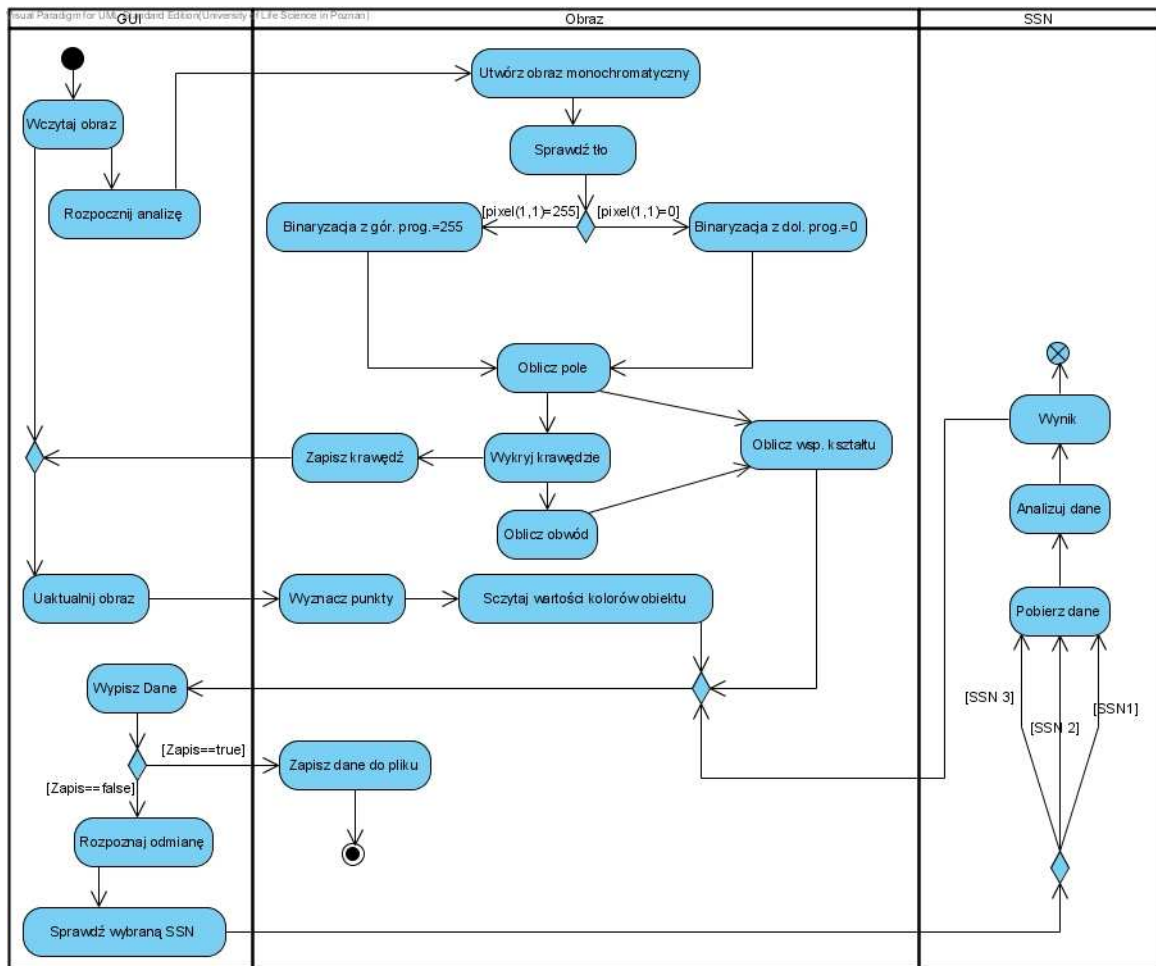
Wymagania niefunkcjonalne systemu:

1. *Dotyczące aplikacji:*
 - a. analiza obrazów obiektów pod kątem przedstawienia ich cech,
 - b. przezroczysty i intuicyjny interfejs użytkownika,
 - c. możliwość zapisu wartości cech obrazu do pliku formatu CSV.
2. *Dotyczące wprowadzanych obrazów:*
 - a. rozdzielczość wczytywanego obrazu w stosunku szerokości do wysokości 4:3,
 - b. obrazy w formacie bitmapy,
 - c. jednolite tło, na którym znajduje się obiekt.

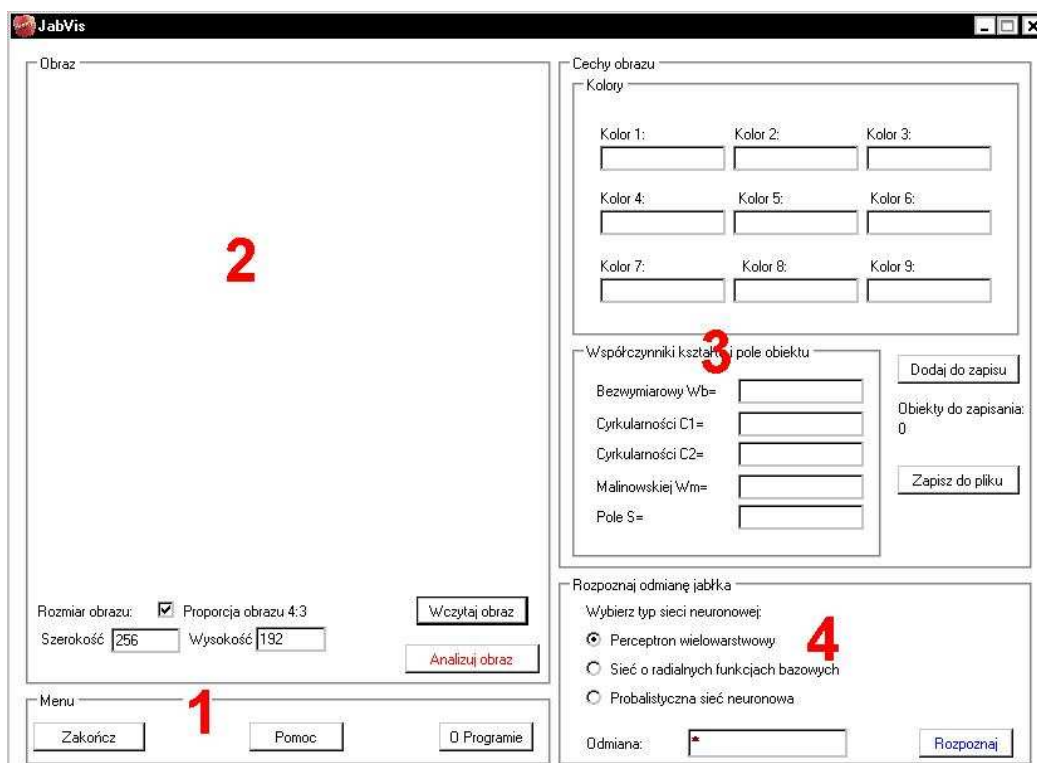
Poniżej przedstawiony jest diagram czynności obrazujący schemat przepływu kontroli w programie. Związany jest z dynamicznymi aspektami działania systemu. Podzielony jest na trzy tory, które wskazują umiejscowienie wykonywanych czynności. W pierwszym z nich, zatytułowanym GUI znajduje się stan początkowy, od którego startujemy inicjując program. Po wczytaniu obrazu i rozpoczęciu analizy, sterowanie dalej przekazywane jest do sekcji „Obraz”, w której zachodzą wszystkie czynności związane z przetwarzaniem obrazu i sczytywaniu wartości określonych wcześniej zmiennych. Po ich przedstawieniu w polach wyników mamy możliwość zapisu do pliku bądź bezpośredniego przekazania sterowania dalej do sekcji „SSN”, w której to następuje analiza wartości zmiennych wejściowych za pomocą jednej z trzech alternatywnych sieci neuronowych. Po prezentacji wyniku przeprowadzonej analizy obrazu następuje zakończenie przepływu kontroli.

4. Opis interfejsu

Interfejs programu *JabVis* jest intuicyjny i wygodny dla użytkownika. Składa się z czterech bloków ułożonych według kolejności wykonywania operacji. Pierwszy blok tematyczny zatytułowany „Menu” jest prosty i zawiera tylko trzy funkcje, a mianowicie: zamykania programu, wyświetlanie okienka informacyjnego oraz wyświetlanie pomocy. Blok „Obraz” służy do wczytywania i wyświetlania analizowanego zdjęcia. Istnieje możliwość podania własnej rozdzielczości wyświetlania obrazu, ale pamiętać należy, że rozdzielczość okna wynosi 400×400 pikseli. Wpisanie większych wartości spowoduje wyświetlenie tylko części obrazu. Zaznaczenie natomiast opcji „Proporcja obrazu 4:3” spowoduje przeskalowanie zdjęcia do podanej rozdzielczości (biorąc szerokość jako podstawę obliczeń) w powyższej proporcji. Mając wczytany obraz przyciskiem „Analizuj obraz” powodujemy zaznaczenie krawędzi obiektu oraz wyświetlenie w trzeciej sekcji interfejsu wartości współczynników kształtu oraz dziewięciu próbek koloru. Współczynnik bezwymiarowy, cyrkularności C1, cyrkularności C2, Malinowskiej oraz wielkości pola obiektu to wartości opisujące kształt. Ostatnia wartość, czyli „Pole S” wyrażone jest w pikselach i jest ściśle związana z rozmiarem obrazu, dlatego zaleca się wczytywanie zdjęć z domyślnie ustawioną rozdzielczością 256×192 pikseli. Mając wymienionych powyżej czternaście zmiennych można je jednorazowo zapisać do pliku. Istnieje także możliwość dodania do pamięci kilka lub kilkanaście pomiarów i zapisania ich do jednego pliku .csv.



Rys. 3. Diagram czynności programu JabVis [źródło: Kicuła M., Jakubek A.: praca magisterska 2008]
 Fig. 3. Activity Diagram of JabVis [source: Kicuła M., Jacob A.: thesis 2008]



Rys. 4. Interfejs programu JabVis [źródło: Kicuła M., Jakubek A.: praca magisterska 2008]
 Fig. 4 Interface JabVis [source: Kicuła M., Jacob A.: thesis 2008]

Ułatwia to pracę przy tworzeniu zbiorów uczących dla sieci neuronowych. Ostatni blok interfejsu programu służy do analizowania uzyskanych danych i określenia odmiany jabłka. Do wyboru są trzy rodzaje zaimplementowanych modeli neuronowych: perceptron wielowarstwowy, sieć o radialnych funkcjach bazowych oraz sieć probabilistyczna. Po naciśnięciu przycisku „Rozpoznaj” dokonuje się proces analizy obrazu na podstawie pobranych wcześniej danych i w polu „Odmiana” prezentowany jest wynik.

5. Sztuczna inteligencja w aplikacji *JabVis*

Sztuczna inteligencja jest dziedziną wiedzy, która postawiła sobie za cel i przedmiot badań maszyny, które potrafiłyby rozwiązywać zadania, przy rozwiązaniu których człowiek korzysta ze swojej inteligencji, [2]. W 1943 r. Warren McCulloch i Walter Pitts opracowali matematyczny model neuronu, czym zapoczątkowali rozwój jednej z gałęzi sztucznej inteligencji, a mianowicie sztucznych sieci neuronowych. Do dziś nie jest możliwe dokładne odwzorowanie działania ludzkiego mózgu, ale cały czas powstają modele neuronowe, które w coraz większym stopniu przypominają w działaniu swój niedościgniony wzór. Mogą występować w postaci sprzętowej jako tzw. procesory neuro-morficzne lub częściej w postaci symulatorów działających na komputerach klasy PC. Jednym z bardziej popularnych zastosowań modelowania neuronowego jest rozpoznawanie i analiza obrazu. Od kilku lat z powodzeniem stosowana jest także w rolnictwie. Złożoność procesów i dynamika zmian czynników zewnętrznych wymaga zastosowania technologii, która jest w stanie wnioskować i na bieżąco przeciwdziałać negatywnym trendom, mogącym zaburzyć prawidłowy przebieg procesu. Duże możliwości stoją przed neuronową analizą obrazu w zakresie rozpoznawania chorób i szkodników roślin, segregacji płodów rolnych czy też diagnozą uszkodzeń maszyn w parkach maszynowych. Także w sadownictwie, jako jednej z gałęzi rolnictwa, można znaleźć wiele zastosowań dla technik optymalizacji procesów metodami opartymi na sztucznej inteligencji.

Modele neuronowe zastosowane w aplikacji wytworzono w oparciu o pakiet *Statistica 7.0*, przez co wybór ich topologii został ograniczony jedynie do sieci jednokierunkowych. Są one zdecydowanie częściej wykorzystywane w optymalizacji niż sieci rekurencyjne, co prawda mają bardziej rozbudowaną strukturę neuronów, ale jednokierunkowy przepływ sygnału sprawia, że są łatwiejsze w implementacji oraz stabilniejsze i szybsze w działaniu. W programie *JabVis* zostały zaimplementowane trzy najbardziej popularne struktury klasyfikujące, a mianowicie perceptron wielowarstwowy, sieć o radialnych funkcjach bazowych oraz sieć probabilistyczna. Strukturalnie są bardzo podobne do siebie, mają trzy lub cztery warstwy neuronów, a na wyjściu oraz wejściu umieszczone są neurony z liniową funkcją aktywacji, różnią się natomiast w sposobie określenia przestrzeni odpowiedzi. MLP (ang. *Multi Layer Perceptron* – perceptron wielowarstwowy) jest siecią, która znajduje najszersze zastosowanie. Przy wystarczająco dużej ilości neuronów ukrytych jest w stanie z powodzeniem rozwiązywać problemy nieliniowe. RBF (ang. *Radial Basis Function* – sieć o radialnych funkcjach bazowych) posiada zawsze trzy warstwy neuronów. Zastosowanie radialnej funkcji aktywacji w drugiej warstwie, zmienia powierzchnię odpowiedzi, co pozwala zmniejszyć liczbę neuronów przy zachowaniu takiej samej „mocy obliczeniowej”. W

perceptronie wielowarstwowym separacja przestrzeni sygnałów wejściowych oparta jest na hiperpłaszczyznach, natomiast w sieci RBF na hypersferach, realizujących klasyfikację jądrową. Ostatnie rozwiązanie pozwala modelować złożone problemy nieliniowe, komplikuje jednak proces uczenia sieci. W sieci probabilistycznej trening polega z kolei na wpisaniu w wagi poszczególnych neuronów warstwy ukrytej, konkretnych przypadków ze zbioru uczącego. Wymaga to zastosowania tylu neuronów ile jest przypadków, co znacznie rozbudowuje model. Zastosowanie trzech neuronów wyjściowych (po jednym na każdą klasę obiektów) oraz wyjść normalizujących otrzymany wynik do przedziału $<0;1>$ powoduje odczyt otrzymanego wyniku jako prawdopodobieństwa przynależności do danej klasy.

Zastosowanie wyżej wymienionych rodzajów modeli neuronowych miało na celu zbadanie, jaka topologia sieci najlepiej poradzi sobie z rozwiązaniem przedstawionego problemu. Porównując błędy uzyskane podczas testowania stwierdzić można, że najlepsze wyniki osiągnął perceptron z czterowarstwową strukturą neuronów.

Tab. 1. Zestawienie błędów testowych sieci [6]
Tab. 1 Summary of test error network [6]

Topologia	MLP	PNN	RBF
Błąd testowy	12,7	12,9	14,5

6. Wnioski

Wygenerowane na podstawie danych ze zbioru uczącego sieci neuronowe, okazały się dobrymi klasyfikatorami rozpoznającymi wybrane wcześniej odmiany jabłek. Przeprowadzona analiza wrażliwości wygenerowanych modeli neuronowych na poszczególne sygnały na wejściu wykazała iż, najważniejszą zmienną wejściową jest „pole” określające wielkość owocu, a następnie zmienne określające wybarwienie. Aplikacja *JabVis*, która wytworzona została w oparciu o *Framework .NET 2.0*, cechuje się stabilnością działania, odpornością na błędy, prostotą obsługi oraz spełnia wszystkie wymagania postawione przez autorów. Możliwość obsługi plików z rozszerzeniem CSV (ang. *Comma Separated Values* - wartości oddzielone przecinkiem) pozwala tworzyć zbiory przypadków uczących dla różnych obiektów produkcji rolniczej przedstawionych w formie graficznej, co może świadczyć o jego uniwersalności. Dodatkowo struktura kodu programu daje możliwość łatwej rozbudowy o dodatkowe moduły poszerzające jego funkcjonalność.

7. Literatura

- [1] Boniecki P.: Elementy modelowania neuronowego w rolnictwie. WUP Poznań, 2008.
- [2] Kasperski M. J.: Sztuczna inteligencja. Wyd. Helion, 2003.
- [3] Tadeusiewicz R., Korohoda P.: Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów. Wyd. FPT, 1997.
- [4] Tadeusiewicz R., Korohoda P.: Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów. Wyd. FPT 1997.
- [5] Werblin F.S. & Roska B.: Parallel Visual Processing: A Tutorial of Retinal Function. Int. J. Bifurcation and Chaos, 2004, 14: 83-85
- [6] Kicuła M., Jakubek A.: Neuronowa analiza obrazu w aspekcie wykorzystania jej w wybranych zagadnieniach inżynierii rolniczej. Praca magisterska realizowana w Instytucie Inżynierii Rolniczej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, 2008.