

SYSTEMY WIZYJNE WE WSPÓŁCZESNYM ROLNICTWIE

Streszczenie

W artykule zaprezentowano przegląd zastosowań systemów wizyjnych we współczesnym rolnictwie. Zostały one opisane w oparciu o przykładowe rozwiązania prezentowane przez producentów maszyn. Objasniono czym są systemy wizyjne i jakie zadania realizują.

Słowa kluczowe: system wizyjny, pomiar plonu, mapa terenu, kamery, rolnictwo precyzyjne, robotyzacja rolnictwa

Wstęp

Współczesne rolnictwo wkroczyło już na dobre w erę informatyzacji. Producenci maszyn prześcigają się w rozwiązaniach mających na celu usprawnienie pracy rolników lub zwiększenie wydajności wykonywanych procesów. Coraz częściej zauważalne jest stosowanie do tych celów systemów wizyjnych (wizji maszynowej), która przez długi czas była powszechnie stosowana np. w przemyśle motoryzacyjnym, farmaceutycznym, spożywczym, geodezyjnym. Dzięki rozwojowi techniki wizyjnej możliwe jest tworzenie m.in. autonomicznych robotów polowych, tworzenie aplikacji do mapowania pól, kontroli jakości produktów, zmniejszania strat wynikających z nieprecyzyjnego wykonywania zabiegów agrotechnicznych i w związku z tym pośrednio - do ochrony środowiska. W niniejszym artykule przedstawiono wybrane zastosowania systemów wizyjnych w przykładowych maszynach rolniczych.

System wizyjny - definicja

W literaturze przedmiotu [1] podano następującą definicję systemu wizyjnego: „System wizyjny to zastosowanie wizji komputerowej (ang. *computer vision*) w przemyśle. Podczas gdy wizja komputerowa jest skupiona głównie na przetwarzaniu obrazu na poziomie sprzętowym, wizja maszynowa najczęściej wymaga zastosowania dodatkowych urządzeń I/O (wejście/wyjście) oraz sieci komputerowych do przesyłania wygenerowanych informacji do pozostałych komponentów procesu przemysłowego, np. ramion robota. Wizja maszynowa jest podkategorią inżynierii, zajmującej się zagadnieniami informatyki, optyki, mechaniki i automatyki przemysłowej. Jednym z najczęstszych zastosowań wizji maszynowej jest inspekcja produktów, takich jak mikroprocesory, samochody, żywność czy środki farmaceutyczne. Systemy wizji maszynowej stosowane są coraz powszechniej do rozwiązywania problemów inspekcji przemysłowej, pozwalając na całkowitą automatyzację procesu inspekcji oraz zwiększenie jego dokładności i wydajności”.

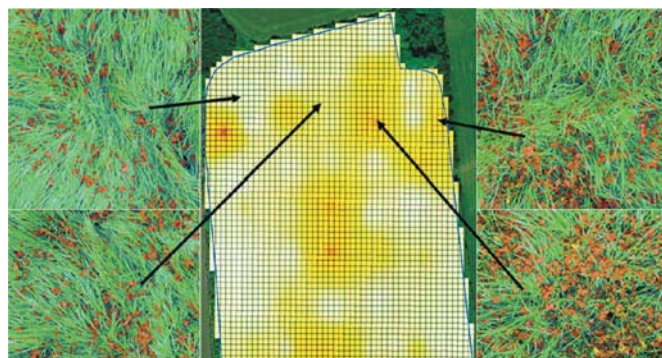
Systemy te znajdują coraz szersze zastosowanie, także w rolnictwie, co zaprezentowano w dalszej części artykułu.

CloverCam - mapowanie współczynnika stosunku koniczyny do trawy w runi pastwiskowej oraz jego optymalizacja

Pastwiska z koniczyną są ważnym źródłem paszy dla krów mlecznych. Optymalny stosunek udziału koniczyny do trawy

w runi pastwiskowej w pierwszym roku uprawy wynosi 40-50%. Ważne jest, aby utrzymać te proporcje przez cały sezon wegetacyjny. Optymalizacja współczynnika możliwa jest dzięki nawożeniu odpowiednich stref pola. Koniczyna asymiluje azot z powietrza, ale jeśli w glebie jest go wystarczająco dużo wtedy udział trawy wzrasta na niekorzyść udziału koniczyny [3]. Wykorzystując tę zależność możliwe jest wpływanie na współczynnik stosunku koniczyny do trawy.

CloverCam to nowy i inteligentny system kamer stosowany w celu określenia współczynnika udziału koniczyny i trawy w runi pastwiskowej. Kamera zamontowana na kosiarce tworzy specyficzną mapę jakości plonu (rys. 1). Wyniki są wprowadzane do programu zarządzania terenem i mogą być wykorzystywane do precyzyjnego planowania optymalnego nawożenia pastwiska [2].



Rys. 1. Mapa współczynnika udziału koniczyny w runi pastwiskowej w systemie CloverCam [2]

Fig. 1. Map of clover content in grass in the CloverCam system [2]

Tego typu pomiary wizyjne mogą być skutecznym rozwiązaniem dla rolników, którzy chcą przez zwiększenie współczynnika zawartości koniczyny w paszy dla krów, poprawić ich mleczność i zawartość składników odżywczych w mleku. Dzięki punktowemu poprawianiu współczynnika stosunku koniczyny do trawy możliwe jest również zmniejszenie kosztów wykonywanych zabiegów oraz zminimalizowanie negatywnego wpływu nawożenia na środowisko [2].

Opisane rozwiązanie zostało zaprezentowane na targach Agromek 2018 oraz otrzymało najwyższe wyróżnienie - trzy gwiazdki za pionierskie innowacje w Europie. W czasie trwania targów system CloverCam był prezentowany na autonomicznym robocie Robotti (rys. 2). Oba te rozwiązania należą do firmy AGROINTELLI.



Źródło: opracowanie własne / Source: own work

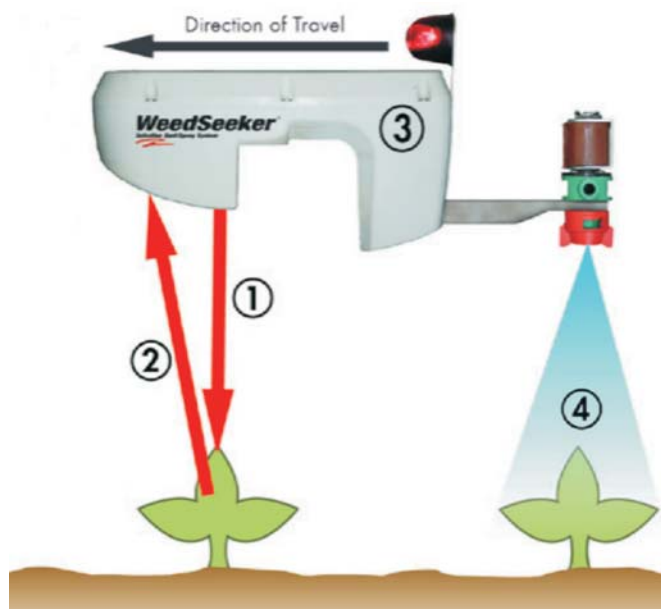
Rys. 2. System CloverCam zamontowany na autonomicznym robocie Robotti firmy AGROINTELLI podczas targów Agromek 2018

Fig. 2. The CloverCam system mounted on the autonomous Robotti robot of the AGROINTELLI company during the Agromek 2018

WeedSeeker - punktowy oprysk herbicydów

WeedSeeker to system do punkowego nanoszenia środków chwastobójczych. Pomaga efektywnie kontrolować wzrost chwastów, wykrywając ich obecność i przesyłając sygnał do dyszy o konieczności zaaplikowania środka chwastobójczego w danym punkcie pola. System ten jest skuteczny na obszarach o niewielkim zachwaszczeniu. System WeedSeeker wykorzystuje zaawansowaną optykę oraz układ przetwarzający sygnał.

Jego zasada działania polega na emitowaniu przez diody LED kombinacji widzialnego dla człowieka światła czerwonego oraz niewidzialnej podczerwieni (pkt 1 na rys. 3).



Rys. 3. System WeedSeeker [4]

Fig. 3. The WeedSeeker system [4]

Następnie światło zostaje odbite od celu i wychwycone przez detektor z przodu czujnika (pkt 2). Układ elektroniczny przetwarza otrzymany sygnał i sprawdza czy odpowiada on światłu odbijanemu przez zielone rośliny (pkt 3). Kiedy układ zidentyfikuje światło odpowiadające zielonym roślinom

odczeka do momentu, kiedy dysza rozpylająca znajdzie się nad celem. Zostanie wtedy włączony zawór elektromagnetyczny, który natryskuje środek chwastobójczy pod ciśnieniem (pkt 4). System WeedSeeker pozwala na zmniejszenie o 90% kosztów zakupu herbicydów, zmniejszenie niekorzystnych skutków znoszenia cieczy użytkowej, zmniejszenie obciążenia chemicznego w środowisku oraz oszczędność wody [4].

Steketee IC - pielnik automatyczny

Steketee IC (rys. 4) jest pielnikiem automatycznym wykorzystującym obrazy z kamer do obliczania pozycji roślin w rzędach. Dzięki szybkiemu rozpoznaniu obiektów możliwe jest dokładne okrzęcenie rośliny pielnikiem. Maszyna ma możliwość rozpoznawania różnego rodzaju zielonych roślin. W przypadku uprawy rzędowej roślin o innym kolorze, np. czerwonej sałaty, konieczne jest korzystanie z innej wersji oprogramowania. Modułowa konstrukcja daje możliwość pracy na szerokościach od 1,5 do 8 m.



Rys. 4. Steketee IC - pielnik automatyczny [6]

Fig. 4. Steketee IC - automatic weeder [6]

Kamery są zamontowane pod pokrywą, która z jednej strony ogranicza rozpatrywany obszar, a z drugiej strony zmniejsza negatywny wpływ światła słonecznego. Dzięki zastosowaniu wysokiej mocy oświetlenia LED możliwa jest praca przy praktycznie stałych warunkach oraz pozbycie się wpływu cienia na analizowany obraz. Takie rozwiązanie umożliwia uzyskanie dużej dokładności pracy. Na podstawie przetworzonych obrazów dokonywana jest korekcja położenia całej sekcji. Hydrauliczne przesunięcie boczne modułu zapewnia 15 cm odchylenia w lewo lub prawo rzędu. Elementy robocze pielnika są sterowane pneumatycznie, co zapewnia szybszą pracę. Opisane procesy są kontrolowane przez oprogramowanie, które na podstawie koloru, rozmiaru oraz oczekiwanej pozycji rośliny określa jej rzeczywiste położenie w rzędzie [6].

Autonomiczny robot BoniRob Amazone Bosch

Kolejnym przykładem zastosowań systemów wizyjnych w rolnictwie jest robot autonomiczny BoniRob (rys. 5). Maszyna została wyposażona w aplikację RemoteFarming, której zadaniem jest sterowanie zabiegiem zwalczania chwastów. W tym celu opracowano algorytmy przetwarzania obrazu służące do całkowicie automatycznego odchwaszczania. Innym zastosowaniem systemu wizyjnego robota jest fenotypowanie roślin [7].

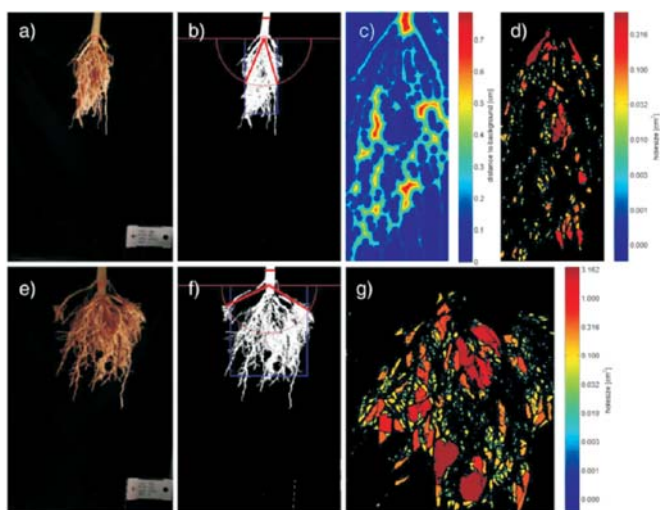
Fenotypowanie odnosi się do ilościowego opisu właściwości anatomicznych, ontogenetycznych, fizjologicznych i biochemicznych roślin. Obecnie zachodzą szybkie

zmiany w dziedzinie nieniszczącego fenotypowania opartego na analizie obrazu, które pozwala na badanie roślin z dużą wydajnością. Charakteryzuje się ogromną ilością procesów, funkcji i struktur, które zmieniają się w czasie wzrostu i rozwoju rośliny. Ich regulacja zależy od wielu dynamicznych sprzężeń zwrotnych w ciągle zmieniającym się środowisku [8]. Opisane zagadnienie jest bardzo złożone.



Rys. 5. Robot BoniRob Amazone Bosch [7]
Fig. 5. Robot BoniRob Amazone Bosch [7]

W artykule skupiono się na systemach wizyjnych, dlatego bez wglębiania się w szczegóły zaprezentowano przykładowe wyniki fenotypowania przy użyciu przetwarzania obrazu (rys. 6).



Rys. 6. Przykładowe obrazy fenotypowania systemów korzeniowych roślin: a), e) oryginalne obrazy; b), f) obszar regionów zainteresowania i kąt otwarcia systemu korzeniowego (czerwone linie); c) wizualizacja grubości korzeni; d), g) całkowite rozmiary z rozgałęzieniami korzeni [8]
Fig. 6. Sample images of root crop phenotyping: a), e) original images; b), f) area of interest regions and angle of the root system (red lines); c) visualization of root thickness; d), g) total sizes with root branches [8]

Aplikacja fenotypująca robota BoniRob składa się ze specjalnej kurtyny świetlnej o wysokiej rozdzielczości obrazowania, czujnika triangulacyjnego (czujnik bezkontaktowego pomiaru przemieszczenia i pozycji) oraz cyfrowego aparatu fotograficznego. Dane z czujników są wykorzystywane do interpretacji cech morfologicznych roślin [7]. Mogą zostać użyte do zbierania informacji o stanie roślin oraz do mapowania pola.

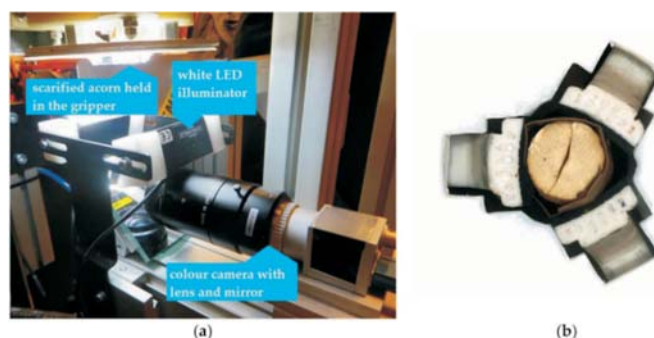
Tego typu konstrukcje są również rozwijane w Polsce. W Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych we współpracy z Politechniką Warszawską oraz Przedsiębiorstwem Wielobranżowym PROMAR powstał autonomiczny robot Agrorob (rys. 7). Został on zaprojektowany do siewu i pielęgnacji upraw szerzorządowych przy użyciu siewnika precyzyjnego, aktywnego pielniaka oraz możliwości wykonywania oprysków. Wspomniana autonomia robota polega na sprzężeniu części wizyjnej z sygnałem GPS w celu sterowania trakcją i realizacją wymienionych zabiegów.



Źródło: opracowanie własne / Source: own work
Rys. 7. Autonomiczny robot Agrorob
Fig. 7. Autonomous robot Agrorob

Automat do skaryfikacji oraz oceny zdrowotności nasion dębu

Dąb szypułkowy jest jednym z najczęściej uprawianych drzew w szkółkach leśnych w Polsce. W celu przygotowania sadzonek w pojemnikach należy z nasion dębu usunąć ich górną część podczas skaryfikacji mechanicznej i ocenić ich przydatność do siewu. Obecnie odbywa się to głównie ręcznie i przez ocenę wizualną. Niska skuteczność tej metody skłoniła do poszukiwania nowych rozwiązań. Jednym z nich jest zautomatyzowane urządzenie, które składa się z modułu opartego na wizji maszynowej (rys. 8), a które pozwala w spo-



Rys. 8. Detektor zmian w nasionach dębu oparty na wizji maszynowej: a) widok chwytaka nad modułem kamery; b) próbny przekrój nasiona dębu umieszczonego w chwytaku zarejestrowany przez kamerę [9]
Fig. 8. Detector of changes in acorns based on a machine-vision system: a) view of the gripper above the camera module; b) a sample cross-section of an acorn fixed by the gripper, as recorded by a camera [9]

sób automatyczny i powtarzalny przeprowadzić skaryfikację i selekcję żołądki pod kątem ich przydatności do siewu.

Urządzenie zostało zaprojektowane przez Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych w Poznaniu, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie i Akademię Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie, a jego zasada działania została szerzej opisana w opracowaniu autorskim [9].

Podsumowanie

Przetwarzanie obrazów oraz systemy wizyjne są bardzo szerokim zagadnieniem. Przedstawione przykłady rozwiązań prezentują jedynie niewielką część możliwości wykorzystania wizji maszynowej we współczesnym rolnictwie. Zauważalny jest trend coraz szerszego ich stosowania, szczególnie w dziedzinach ochrony i pielęgnacji roślin. Można spodziewać się dalszego rozwoju tego typu urządzeń oraz coraz ciekawszych rozwiązań technicznych.

Bibliografia

- [1] <http://www.asimo.pl/teoria/wizja-maszynowa.php>.
- [2] <http://www.agrointelli.com/clovercam.html>.
- [3] <http://www.agrointelli.com/cloversense.html#cloversense>.
- [4] Ciechanowski M., Szulc T., Rogacki R., Wojciechowski J., Zawada M., Smela A., Szczepaniak J.: Metody pomiaru plonu pasz objętościowych połączone z terenowym mapowaniem plonu na potrzeby rolnictwa precyzyjnego. *Technika Ogrodnicza Rolnicza Leśna*, 2018, 6, 6-8.
- [5] <https://www.mcintoshandson.com.au/weedseeker>.
- [6] <https://www.steketee.com-IC>.
- [7] <https://info.amazone.de-BoniRob>.
- [8] Walter A.: Plant phenotyping: from bean weighing to image analysis. *Plant Methods*, 2015.
- [9] Tadeusiewicz R., Tylek P., Adamczyk F., Kielbasa P., Jabłoński M., Bubliski Z., Grabska-Chrzastkowska J., Kaliniewicz Z., Walczyk J., Szczepaniak J., Juliszewski T., Szaroleta M.: Assessment of Selected Parameters of the Automatic Scarification Device as an Example of a Device for Sustainable Forest Management. *Sustainability*, 2017, 9(12).

VISION SYSTEMS IN MODERN AGRICULTURE


Summary

The paper presents an overview of the use of vision systems in modern agriculture. They have been described on the basis of exemplary solutions presented by machine manufacturers. There was explain what the vision systems are and what tasks they perform.

Keywords: vision system, yield measurement, terrain map, cameras, precision agriculture, agricultural robotics

AUTOMAT DO SKARYFIKACJI ŻOŁĘDZI WRAZ Z IDENTYFIKACJĄ ZMIAN CHOROBYCH

Florian Adamczyk, Paweł Frąckowiak,
Miroslaw Jabłoński, Tadeusz Juliszewski, Paweł Kielbasa,
Adam Piliat, Michał Szaroleta, Jan Szczepaniak,
Ryszard Tadeusiewicz, Paweł Tylek, Józef Walczyk



PRZEMYSŁOWY INSTYTUT MASZYN ROLNICZYCH
POZNAŃ 2018

ISBN 978-83-950733-0-4

Monografia powstała na bazie prac badawczych i konstrukcyjnych prowadzonych w ramach realizacji projektu z III konkursu Programu Narodowego Centrum Badań Stosowanych z roku 2015.

Zaprojektowano i wytworzono model automatu do skaryfikacji żołądki wraz z komputerowym systemem wizyjnym przeznaczonym do identyfikacją zmian chorobowych i sortowania żołądki. Prace wykonał zespół realizatorów z Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie, Przemysłowego Instytutu Maszyn Rolniczych w Poznaniu, Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie oraz firmy P.W. PROMAR Sp. z o.o. w Poznaniu. Automat spełnia założenia badawcze, posiada potencjał aplikacyjny i w przypadku jego wdrożenia do produkcji pozwoli na rozwiązanie, uciążliwej dla szkółek kontenerowych, ręcznej skaryfikacji żołądki oraz ich wizualnej oceny.

Zaproponowana ocena wizualna w automacie oparta jest o opracowany odpowiedni algorytm komputerowej analizy i rozpoznawania obrazów, który został wstępnie zoptymalizowany metodami uczenia maszynowego, ale może być modyfikowany w zależności od postawionych kryteriów oceny. Komputerowo prowadzona analiza i klasyfikacja jest w pełni powtarzalna.

Automat służy do przygotowania materiału siewnego dla szkółek kontenerowych, ale możliwe są też inne jego zastosowanie, na przykład do oceny żywotności żołądki w Stacjach Oceny Nasion Lasów Państwowych. Automat jest pierwszym tego typu urządzeniem nie tylko w Polsce, ale również na świecie. Jest on chroniony patentem Urzędu Patentowego Rzeczypospolitej Polskiej P.414969.

Wydawnictwo: PIMR Poznań, 2018