

Marek Hryniewicz

Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa
w Warszawie

Katholieke Universiteit Leuven

Itaru Sotome, Peter Snoex, Jan Anthonis, Herman Ramon, Jos de Baerdemaeker

Katholieke Universiteit Leuven

PERSPEKTYWY ZASTOSOWANIA GŁOWICY STEREOWIZYJNEJ W ROLNICTWIE ZRÓWNOWAŻONYM DO BADANIA POWIERZCHNI OWOCÓW

Streszczenie

Przedstawiono możliwość zbudowania i zastosowania taniej głowicy stereowizyjnej (na bazie dwóch kamer internetowych) do bezkontaktowego badania owoców o powierzchniach wypukłych (na przykładzie gruszki). Zaprezentowano kolejność kroków, niezbędną do otrzymania cyfrowego odwzorowania powierzchni owocu. W połączeniu ze znaną pozycją promienia laserowego w przestrzeni, informacja z głowicy o powierzchni owocu mogłaby służyć do normalizacji tego promienia i określenia zdrowotności owocu. Byłoby to nowatorskie zastosowanie głowicy stereowizyjnej do tego celu. Podstawową zaletą głowicy byłyby jej niska cena przy zadowalających wynikach. Wraz ze zmienionym oprogramowaniem głowica może służyć do sterowania pojazdami bezzałogowymi i manipulatorami.

Słowa kluczowe: głowica stereowizyjna, wykorzystanie, badanie laboratoryjne, owoc, modelowanie, model matematyczny, metoda symulacji, algorytm

Oznaczenia

f - długość ogniskowej kamer, m

k_x - współczynnik proporcjonalności dla osi X wyznaczany podczas kalibracji, piksele/m

k_y - współczynnik proporcjonalności dla osi Y wyznaczany podczas kalibracji, piksele/m

k_z - współczynnik proporcjonalności dla osi Z wyznaczany podczas kalibracji, piksele/m

P - punkt w przestrzeni

T - rozstawienie kamer, m

X - odległość punktu P wzdłuż osi X od kamer, m

x_l - położenie punktu na obrazie lewym, piksele

x_r - położenie punktu na obrazie prawym, piksele

Y - odległość punktu P wzdłuż osi Y od kamer, m

Z - odległość punktu P wzdłuż osi Z od kamer, m

Wprowadzenie

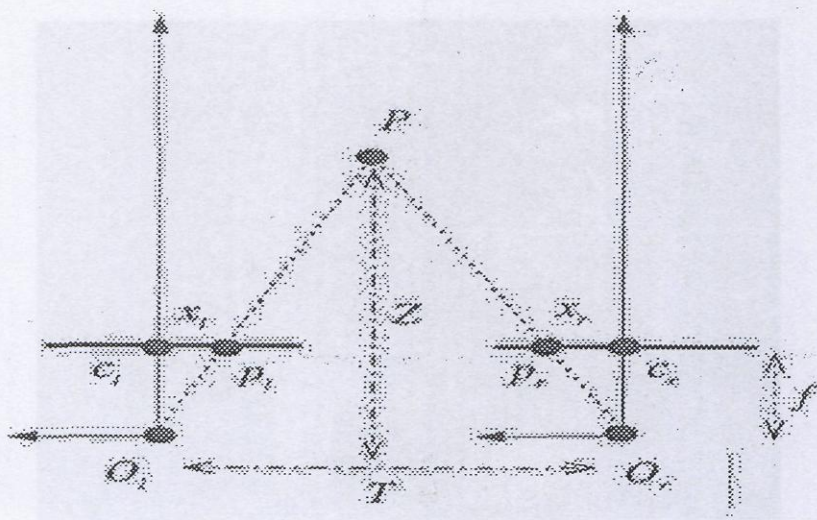
Istnieje potrzeba bezdotykowego badania zdrowotności owoców na krzaku w trakcie sezonu wegetacyjnego. Każdy dotyk owocu w trakcie sezonu wegetacyjnego jest źródłem jego uszkodzeń i chorób [Landahl i in. 2002]. Potencjał optycznych bezdotykowych metod wykrywania uszkodzeń tkanki owocu badała Xing i in. [2003]. Interesującym rozwiązaniem jest bezdotykowe badanie odpowiedzi tkanki biologicznej owocu na promieniowanie lasera. Jest ono inne, gdy tkanka jest zdrowa, inne gdy jest zarażona chorobą. Zostało to zbadane przez Cho i in. [1999], De Belie i in. [1999] oraz Tu i in. [2000].

Pomiary przeważnie są robione przy przyjętym założeniu prostopadłości padania promienia laserowego na próbkę. W rzeczywistości powierzchnia owocu jest zakrzywiona. Już ten sam fakt zakłóca rezultaty pomiaru, gdyż zależą one od kąta padania promienia laserowego [Hryniewicz i in. 2004]. Kąt padania uzależniony jest od pozycji promienia lasera w przestrzeni i zakrzywienia powierzchni owocu w miejscu jego padania. Należy przeprowadzić normalizację otrzymanych wyników uwzględniając kąt padania lasera. O ile dość łatwo jest określić pozycję samego promienia w przestrzeni, o tyle jest bardzo trudno wyznaczyć zakrzywienie powierzchni owocu. Istnieje zatem potrzeba wyznaczenia cyfrowego odwzorowania powierzchni owocu w celu ostatecznego wyznaczenia kąta padania lasera w zetknięciu z tą powierzchnią.

Celem badań jest wyznaczenie cyfrowego odwzorowania powierzchni owoców, umożliwiającego wyznaczenie kąta padania promienia lasera na badaną powierzchnię w nieniszczącej metodzie badania tkanki biologicznej owoców.

Metoda badań - zasada działania głowicy i przeprowadzenie pomiarów

Zasada działania głowicy polega na rozwiązywaniu zadania trygonometrycznego (znalezieniu długości boków trójkąta) przez komputer. Jest ona zilustrowana na rysunku 1.



Rys. 1. Geometryczna ilustracja zasady działania głowicy

Fig. 1. Geometrical illustration of stereovision head operation principle

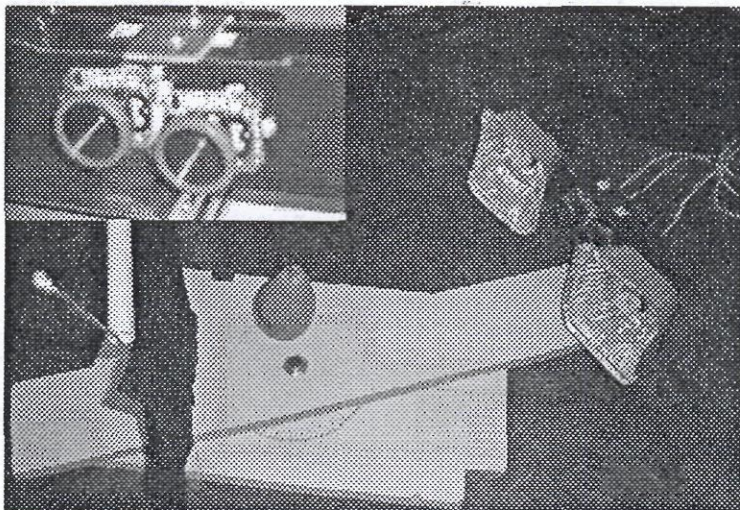
Dwie kamery są połączone ze sobą na sztywno w jednej obudowie. Znając ich rozstawienie T , długość ogniskowej f oraz położenie tego samego punktu na obrazach z tych kamer (x_l , x_r) można obliczyć odległość Z od kamer do punktu P . Odpowiednie odległości punktu w trzech wymiarach można obliczyć ze wzorów:

$$X = T * k_x * x_l / (x_l - x_r) \quad (1)$$

$$Y = T * k_y * y_l / (x_l - x_r) \quad (2)$$

$$Z = T * k_z * f / (x_l - x_r) \quad (3)$$

gdzie k_x , k_y , k_z są odpowiednio współczynnikami proporcjonalności, wyznaczanymi w procesie kalibracji urządzenia. Można w ten sposób punkt po punkcie wyznaczyć współrzędne dla całego obrazu widocznego w obu kamerach na raz. Z pomocą przychodzi tu komputer i programy napisane specjalnie do tego celu. Zbudowana głowica zaprezentowana jest na rysunku 2 w lewym górnym rogu. Widać wyraźnie dwie kamery internetowe połączone razem. Doświadczalnie zostały one ustawione w ten sposób, by mieć maksymalne wspólne pole widzenia. Z wykonanej pary zdjęć jest możliwe uzyskanie konturu owocu i jego wymiarów w przestrzeni. Niezbędne jest pewne założenie upraszczające, że kontur ten jest wynikiem przekroju owocu płaszczyzną.



Rys. 2. Stanowisko badawcze z głowicą stereowizyjną i badaną gruszką (głowica stereowizyjna zbudowana z dwóch kamer internetowych w górnym lewym rogu)
Fig. 2. Research installation with stereovision head and investigated pear (head constructed from two internet cameras at upper left corner)

Możemy wtedy wykonać zdjęcia owocu, obracając głowicę o pewien kąt dookoła owocu. Otrzymamy wtedy zbiór konturów owocu. Jednocześnie znając kąty, z jakich zostały zrobione zdjęcia, możemy złożyć kontury razem i rozpiąć na nich powierzchnię. Przy znanej pozycji promienia lasera w przestrzeni zadanie znalezienia kąta padania lasera na powierzchnię zostanie wykonane.

Kolejność kroków przy zbieraniu i przetwarzaniu danych w celu znalezienia powierzchni owocu jest następująca:

- wykonanie pary zdjęć (lewego i prawego) z zapisem kąta z jakiego zostało wykonane,
- obliczenie rozmiarów konturu z wykonanych zdjęć,
- połączenie razem konturów,
- rozpięcie powierzchni na połączonych konturach.

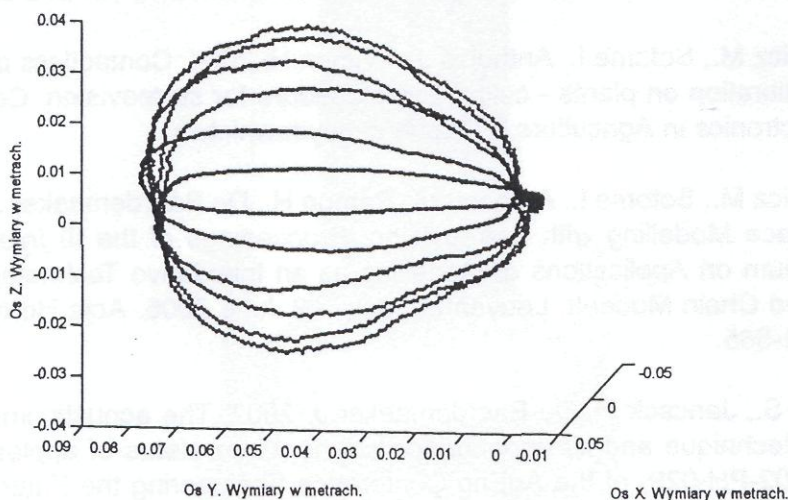
Stanowisko badawcze jest przedstawione na rysunku 2. Widać na nim głowicę stereowizyjną zamontowaną na obrotowym uchwycie, który obraca się wokół badanej gruszki.

Wyniki badań - przykład wykorzystania taniej głowicy stereowizyjnej

Znając zasady działania głowicy można pokusić się o jej skonstruowanie do celów badawczych z najtańszych elementów znajdujących się na rynku - kamer internetowych. Taki zespół dwóch kamer wymaga jednak kalibracji i napisania całego oprogramowania. Nie jest to zadanie trywialne. Wymaga sporo czasu, umiejętności i opanowania. Autorzy wykonali taką głowicę i napisali podstawowe oprogramowanie. Bliższe szczegóły można znaleźć w opracowaniu Hryniewicza i in. [2004].

Głowica taka została wykorzystana do: bezkontaktowego pomiaru średnicy owoców [Hryniewicz i in. 2004], pomiaru kąta padania lasera [Sotome i in. 2004] i trójwymiarowego modelowania powierzchni marchewki [Hryniewicz i in. 2004a].

Przeprowadzone zostały badania modelowania powierzchni gruszki na podstawie uprzednio opisanej kolejności kroków przy zbieraniu i przetwarzaniu danych do momentu połączenia razem konturów. Jak wynika z rysunku 3 cyfrowe odwzorowanie kształtu gruszki powiodło się. Kształt owocu odwzorował się prawidłowo. Ilustracja wyniku jest przedstawiona na rysunku 3. Dokładność odwzorowania wymiarów wynosi +/- 5 mm. Zostało to zbadane i przedstawione szerzej w [Hryniewicz i in. 2004]. W momencie pisania artykułu trwały prace nad rozpięciem powierzchni na połączonych konturach.



Rys. 3. Graficzne przedstawienie połączonych konturów w przestrzeni
Fig. 3. Grafical representation of conjugated contours in 3D

Wnioski

1. Wyniki badań nad badaniem kształtu powierzchni gruszki są zachęcające do dalszego rozwinięcia tej metody i przygotowania wstępnego przedprototypu urządzenia do bezdotykowego badania powierzchni owoców z pomocą promienia lasera.
2. Zaproponowana metoda ma ograniczone zastosowanie do owoców o kształcie wypukłym takich jak: gruszki, niektóre gatunki pomidorów, pomarańcze czy cytryny.
3. Dopracowania wymagać będzie odwzorowanie powierzchni jabłek. Głowica poza pomiarami wraz ze zmienionym odpowiednim oprogramowaniem mogłaby służyć do sterowania ruchem pojazdu bezzałogowego i manipulatora jak to zostało wykonane w pojazdach marsjańskich. Przyczyniłoby się to do przełomu w badaniach nad zastosowaniem stereowizji w rolnictwie zrównoważonym i dalszego jego upowszechnienia.

Bibliografia

Cho Y., Han Y. 1999. Nondestructive Characterization of Apple Firmness by Quantitation of Laser Scatter. *J. Texture Stud.*, 30:625-637

De Belie N., Tu K., Jancsok P., De Baerdemaeker J. 1999. Preliminary Study on the Influence of Turgor Pressure on Body Reflectance of Red Laser Light as a Ripeness Indicator for Apples. *Postharvest Biol. Tech.*, 16: 279-284

Hryniewicz M., Sotome I., Anthonis J., Ramon H. 2004. Contactless device for fruits calibration on plants - calibration procedure for stereovision. *Computers and Electronics in Agriculture*. Złożone do wydawnictwa

Hryniewicz M., Sotome I., Anthonis J., Ramon H., De Baerdemaeker J. 2004a. 3D Surface Modelling with Stereovision. *Proceedings of the III International Symposium on Applications of Modelling as an Innovative Technology in the Agri-Food Chain Model-It. Leuven 29 May - 2 June 2005. Acta Horticulturae*, 674: 561-565

Landahl S., Jancsok P., De Baerdemaeker J. 2002. The acoustic impulse-response technique and its dependence on the water status of apples. *Proceedings (02-PH-029) of the AgEng Conference Engineering the Future. Budapest 30 July-4 August 2002*

Sotome I., Hryniewicz M., Anthonis J., Ramon H., De Baerdemaeker J. 2004. Laser Scattering and Surface Model in Fruit Quality Research. Proceedings of the III International Symposium on Applications of Modelling as an Innovative Technology in the Agri-Food Chain Model-It. Leuven 29 May - 2 June 2005. Acta Horticulturae, 674: 605-611

Tu K., Jancsok P., Nicolai B., De Baerdemaeker J. 2000. Use of Laser-Scattering Imaging to Study Tomato-Fruit Quality in Relation to Acoustic and Compression Measurements. Int. J. Food Sci. Tech., 35: 503-510

Xing J., Landahl S., Lammertyn J., Vrinds E., De Baerdemaeker J. 2003. Effects of Bruise Type on Discrimination of Bruised and Non-Bruised 'Golden Delicious' Apple by VIS/NIR Spectroscopy. Postharvest Biol. Tech., 30: 249-258

PERSPECTIVE OF STEREOVISION HEAD IMPLEMENTATION IN SUSTAINABLE AGRICULTURE FOR FRUIT SURFACE INVESTIGATION

Summary

The possibility of building and implementation of cheap stereovision head has been presented. The head was constructed from two internet cameras. It could contactlessly investigate convex fruits (for example pear). The steps sequence for creation of 3D pear shape was presented. An information from the head about fruit shape with fusion of laser ray position could normalize the ray, and give an information about fruit health. It would be new stereovision implementation for fruit health state investigation. The head advantage would be low price with acceptable results. The head could steer unmanned vehicles and manipulators with improved software.

Key words: stereovision head, utilization, laboratory research, fruit, modeling, mathematical model, simulation method, algorithm

Recenzent: Jan Pabis