

METODY POMIARU PLONU PASZ OBJĘTOŚCIOWYCH POŁĄCZONE Z TERENOWYM MAPOWANIEM PLONU NA POTRZEBY ROLNICTWA PRECYZYJNEGO

Streszczenie

W artykule przedstawiono kilka metod pomiaru ilości zielonki na polu wraz z przykładami uzyskanych map. Został także opisany prototypowy układ pomiarowy z wykorzystaniem czujników optycznych 3D zaproponowany przez Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych wraz z wynikami z wstępnego etapu badań polowych.

Słowa kluczowe: pomiar plonu, mapa terenu, kamery 3D, rolnictwo precyzyjne, zgrabiarka podbieraczowo-taśmowa

Wstęp

W erze automatyzacji i robotyzacji urządzeń i maszyn rolniczych, coraz częściej spotyka się elektroniczne sterowanie, komputery pokładowe, czy systemy szybkiego reagowania na występujące warunki zewnętrzne. Dzisiaj projektanci często koncentrują się na tworzeniu maszyn samowystarczalnych, które potrafią wykonywać coraz więcej czynności, bez ingerencji człowieka. Obecnie można zaobserwować szybki postęp robotyzacji prac polowych i związany z tym rozwój autonomicznych maszyn rolniczych. Pracuje nad tym wielu producentów oraz ośrodki naukowe w tym również i PIMR [1, 2, 3]. Rolnictwo precyzyjne w coraz szerszym zakresie korzysta, począwszy od prostej mapy wysiewu z systemem sterowania zabiegami agrotechnicznymi, po zaawansowane mapy pola, określone na podstawie badań gleby czy aktualnego stanu uprawy wraz z automatycznym planem nawożenia i pielęgnacji roślin.

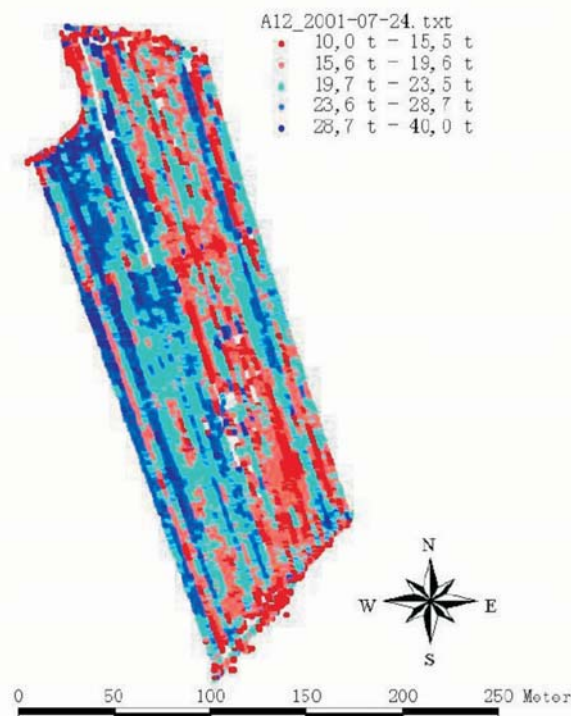
Mapa jakości pola może być tworzona na każdym z etapów wzrostu uprawy, począwszy od obróbki pola, po zbiór plonu. Wybór zależy od rodzaju roślin oraz aktualnych potrzeb użytkownika [6]. Zazwyczaj dąży się do zastosowania nieinwazyjnych pomiarów optycznych, wykonywanych z powietrza lub w czasie innego zabiegu uprawowego. Najczęściej ocenę pola oraz roślin wykonuje się w początkowych fazach wzrostu, szczególnie przy uprawach szerokokorędowych. Inaczej wygląda to przy uprawach roślin wiechlinowatych, takich jak zboża czy zielonki, w których każdy kolejny przejazd powoduje straty w uprawie. W takiej sytuacji lepszym rozwiązaniem staje się pomiar w czasie zbioru lub chwilę po nim.

Zielonki są ważnymi roślinami uprawianymi na całym świecie, gdyż zapewniają znaczną część paszy dla zwierząt, szczególnie bydła. Wdrażanie systemów rolnictwa precyzyjnego w te obszary spowoduje uzyskiwanie większej ilości plonu o wyższej jakości [5].

W Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych w Poznaniu podjęto prace projektowe nad rejestracją plonu zielonki oraz tworzeniu map ilościowych, wykorzystywanych we wdrażaniu rolnictwa precyzyjnego. Wprowadzony system będzie umożliwiał nie tylko tworzenie mapy pola, ale także automatyczne sterowanie podzespołami maszyny w czasie rzeczywistym w zależności od plonu zielonki lub innego materiału roślinnego na polu.

Pomiar plonu

W zależności od rodzaju zboża i pożądanej dokładności pomiarów wykorzystuje się różne systemy mapowania. Pierwszy z nich testowany był na kosiarkach do pomiaru plonu zielonki. Zasada działania opiera się na ważeniu taśmy podczas koszenia. Dodatkowy pomiar prędkości taśmy oraz sygnał z odbiornika GPS pozwala na wyznaczenie mapy plonów. Wstępne odwzorowanie wyników przedstawia rys. 1. Warto zwrócić uwagę na małą rozdzielczość pomiarów uwarunkowaną głównie szerokością maszyny.

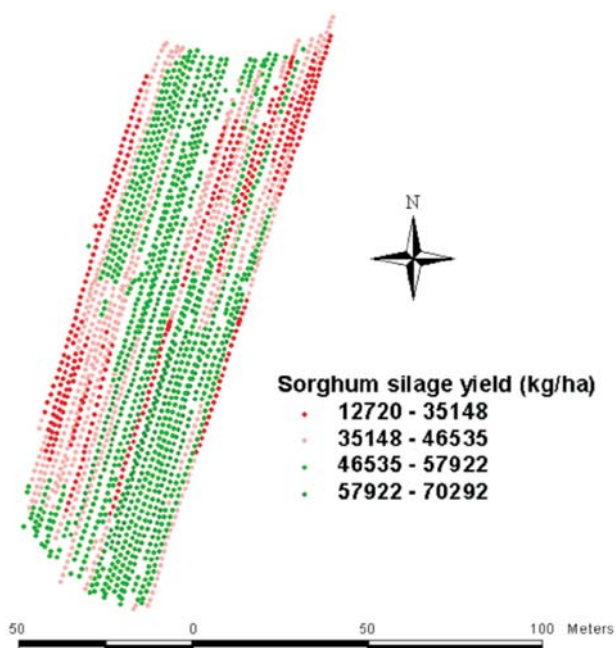


Rys. 1. Mapa plonu zielonki [4]

Fig. 1. Forage yield map [4]

Kolejną metodą jest pomiar masy przyczepy podczas zbioru skoszonego plonu z wykorzystaniem ogniwi obciążeniowych. Określanie masy zebranego na przyczepie plonu jest

dokładniejsze w stosunku do pomiaru na taśmie, gdyż istnieje możliwość późniejszego skorygowania wyników, poprzez porównanie masy pełnego i pustego zbiornika. Wstępnie utworzona mapa punktów pomiarowych przedstawiona jest na rys. 2.



Rys. 2. Mapa plonu z sorgo kiszonkowego [5]
Fig. 2. Sorghum silage yield map [5]

Obecnie na rynku znajduje się wiele systemów pomiaru plonu, opracowanych między innymi przez takie firmy jak: Claas, Amazone, Case czy John Deere. Mapa ilości plonu jest tylko jednym z czynników określających przydatność terenu dla celów rolnictwa precyzyjnego. Warto zwrócić uwagę, że każda z tak utworzonych map jest później zintegrowana z innymi maszynami, takimi jak agregaty do nawożenia bądź siewu. Przykładowe mapowanie plonu podczas zbioru uprawy opracowane przez firmę Claas przedstawiono na rys. 3.



Źródło: / Source: www.claas.pl

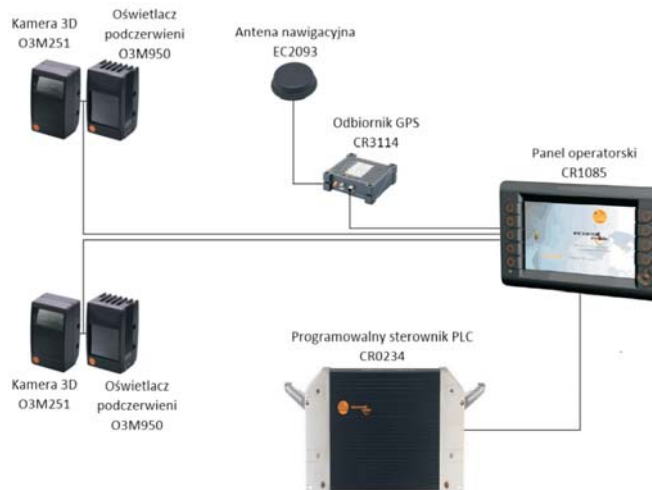
Rys. 3. Mapowanie plonu [7]
Fig. 3. Yield mapping [7]

System pomiaru optycznego

W Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych opracowano system pomiaru zielonki, analizujący wielkość plonu podczas procesu zgrabiania go w wały. Jest to innowacyjna metoda na skalę światową, która pozwala na określenie ilości plonu na podstawie zmierzonej objętości

chwilowej oraz automatyczne sterowanie podzespołami maszyny (np. Zmiana prędkości posuwu przenośników taśmowych). Układ składa się z dwóch zestawów kamer optycznych 3D z oświetlaczami, odbiornika GPS oraz panelu operatorskiego. System pomiarowy może działać samoistnie, ale ma także możliwość komunikowania się ze sterownikiem maszyny po magistrali CAN oraz zapisu pomiarów na nośniku USB.

Na rys. 4 przedstawiono ideowy schemat systemu pomiarowego.



Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Rys. 4. Schemat układu pomiarowego
Fig. 4. Diagram of the measurement system

Czujniki optyczne zostały zamocowane w zewnętrznych częściach maszyny na sztywnych elementach konstrukcyjnych (rys. 5). Prostopadły kierunek pomiaru względem poruszającego się materiału roślinnego na przenośniku gwarantował większą dokładność wskazań oraz prostą metodę obliczeniową. Wartości aktualnych wskazań czujnika w osi prostopadłej obliczane zostały względem ustawionej wcześniej płaszczyzny odniesienia. Podczas badań wykonywano pomiary z częstotliwością 50 Hz, co pozwoliło na uzyskanie rozdzielczości 0,08-0,10 m przy prędkości taśmy rzędu 4-5 m·s⁻¹.



Źródło: opracowanie własne / Source: own work

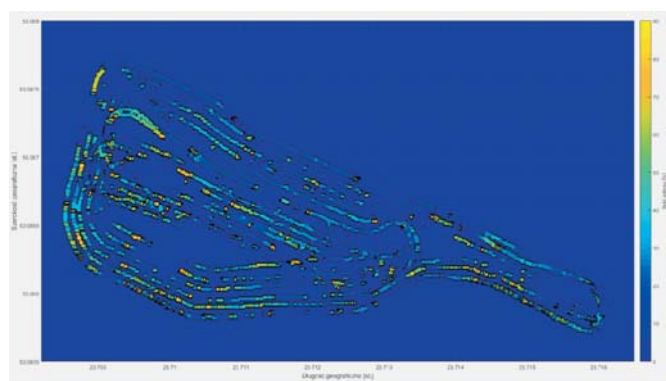
Rys. 5. Miejsce mocowania czujników optycznych 3D
Fig. 5. Place of fixing 3D optical sensors

Badania funkcjonalne prototypu pozwoliły na weryfikację przyjętych założeń oraz sprawdzenie układu pod względem odporności na zakłócenia (praca w mocno zapyłonym środowisku, unoszące się swobodnie kawałki zielonki, czy

zmienne oświetlenie). Występujące zakłócenia poprzez odpowiedni dobór parametrów oraz filtrację pomiarów, we wbudowanym oprogramowaniu kamer, nie wpływały negatywnie na uzyskiwane wartości wielkości pokosu. Przeprowadzone badania potwierdziły poprawność działania układu w typowych warunkach eksploatacji.

Wyniki pomiarów

Wyniki pomiarów zostały opracowane w środowisku Matlab. Używając dostępnych w programie narzędzi przygotowano wykresy obrazujące ilość zgrabianego materiału roślinnego. Wstępną wersję mapy plonu przedstawiono na rys. 6. Widoczna jest tam ścieżka toru jazdy maszyny wraz z chwilowymi procentowymi wskazaniem objętości zielonki na przenośniku. Na podstawie uzyskanych wyników możliwe jest również uzyskanie informacji o całkowitej ilości pokosu. Daje to możliwość prowadzenia statystyki porównującej poszczególne lata zbiorów oraz korzyści ekonomiczne. Łatwiejsze szacowanie posiadanej ilości paszy dla zwierząt, oszacowanie czasu potrzebnego do zebrania pokosu przyczepą zbierającą lub podjęcie decyzji o liczbie zaangażowanych do tego maszyn i operatorów. Dane o lokalizacji maszyny oraz informacje z układów monitorujących masę zgrabianej zielonki będą mogły być wykorzystane do utworzenia map cyfrowych o zasobności łąki i wykorzystane w rolnictwie precyzyjnym. Wykonana cyfrowa mapa plonów umożliwi przyszłe planowanie nawożenia lub innych zabiegów agrotechnicznych.



Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Rys. 6. Mapa plonu zielonki
Fig. 6. Forage yield map

Podsumowanie

Przedstawione koncepcje pomiaru zielonki pozwalają na określenie plonu w prosty sposób podczas typowych zabiegów

agrotechnicznych koszenia lub zbioru. Opracowana w Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych metoda, to zupełnie nowe podejście. Istniejące na rynku rozwiązania zgrabiarek nie były do tej pory wyposażane w tego typu systemy monitoringu. Zastosowany pomiar optyczny objętości pokosu na przenośnikach jest metodą dokładną oraz niezawodną, co zostało potwierdzone w trakcie badań funkcjonalnych [literatura]. Dzięki systemowi rolnik otrzymuje informacje, np. w której części pola plon jest najmniejszy. Pozwala to na podjęcie odpowiednich kroków w celu poprawy równomierności plonów, np. dodatkowo nawożąc lub nawadniając teren. Dodatkowym atutem zaproponowanego rozwiązania jest integracja systemu monitoringu z układem sterowania maszyną. Pozwala to na automatyczne dostosowanie pracy układów wykonawczych, do panujących warunków na polu, pozwalając operatorowi na większe skupienie się na samym prowadzeniu ciągnika.

Bibliografia

- [1] Jasiński M., Mączak J., Szulim P., Radkowski S., Rokicki K., Szczepaniak J., Rogacki R., Wojciechowski J.: Testing the systems of the autonomous agricultural robot. *International Scientific Journal Industry 4.0*, 2018, Year III, Issue 3, 134-137.
- [2] Jasiński Marcin, Mączak Jędrzej, Radkowski Stanisław, Korczak Sebastian, Rogacki Roman, Mac Jarosław, Szczepaniak Jan: Autonomous Agricultural Robot Conception of Inertial Navigation System. Edited by: Szewczyk R., Zieliński C., Kalicyńska M.: *Challenges in Automation, Robotics and Measurement Techniques. Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2016, Vol. 440, 669-679.
- [3] Szczepaniak J., Grzechowiak R., Wojciechowski J., Maleszka M., Radkowski S., Mączak J., Jasiński M.: Field tests of an autonomous field robot for wide-row cultivation. *International Scientific Journal "Mechanization in Agriculture"*, 2018, Year LXIV, Issue 3, 72-75.
- [4] Tiemo Schwenke: Development and field test of a yield measurement system in a mower conditioner. *LandTechnik Weihenstephan*, 2002, 06.
- [5] Lee W. S., Schueller J. K., Burks T. F.: Wagon-Based Silage Yield Mapping System. *Agricultural Engineering International*, 2005, 08.
- [6] Talarczyk W., Łowiński Ł.: Uprawa pasowa, nawożenie zlokalizowane i siew według zasad rolnictwa precyzyjnego. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna*, 2018, 1, 8-10.
- [7] www.claas.pl, EASY - Efektywne systemy rolnictwa precyzyjnego.

METHODS OF MEASURING ROUGHAGES YIELDING CONNECTED WITH TERRAIN YIELD MAPPING FOR THE NEED OF PRECISION AGRICULTURE

Summary

The article presents several methods of measuring the amount of crop in the field with examples of obtained maps. A prototype measuring system was also described using 3D optical sensors proposed by Industrial Institute of Agricultural Engineering together with results from the preliminary stage of field research.

Keywords: yield measurement, terrain map, 3D cameras, precision agriculture, pick-up and belt rake

Źródło finansowania: Artykuł powstał w ramach realizacji projektu POIR.04.01.04-00-0048/15 z dnia 09.06.2016 r., realizowany w ramach Działania 4.1 „Badania naukowe i prace rozwojowe”, Poddziałanie 4.1.4 „Projekty aplikacyjne”, współfinansowany jest ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020.