

ZASTOSOWANIE SKANERA LASEROWEGO LIDAR W TECHNICIE OCHRONY ROŚLIN

Artur Godyń, Ryszard Hołownicki, Grzegorz Doruchowski, Waldemar Świechowski
Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach

Streszczenie. Celem pracy było zweryfikowanie możliwości wykorzystania dwuwymiarowego skanera laserowego LIDAR SICK LMS200 do zbierania trójwymiarowych współrzędnych liczbowych, umożliwiających opisanie przestrzennych cech drzew w sadzie jabłoniowym. Intencją zastosowania takiego skanera w technice ochrony sadów jest zebranie danych liczbowych, umożliwiających sterowanie układem wykonawczym opryskiwacza i lokalne różnicowanie dawki środka ochrony roślin w koronie drzewa. W badaniach laboratoryjnych wykazano, że zalecany w instrukcji obsługi szeregowy port komunikacyjny RS232 ogranicza przepływ danych od LIDAR'u do komputera. Podczas skanowania z prędkością $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ przy zakresie skanowania 100° i rozdzielczości kątowej 1° do komputera przekazywane było 20% danych. Taka ilość danych była wystarczająca do wizualizacji przestrzennej skanowanych drzew w programie STATISTICA 7.0. Prezentowane wyniki stanowią wstępny etap szerszych badań.

Słowa kluczowe: skanowanie laserowe, LIDAR, technika ochrony roślin, sad

Wprowadzenie

Zadania, jakie stoją przed współczesną techniką ochrony roślin, należą do dwóch zasadniczych grup. Pierwsza z nich obejmuje parametry techniczne i eksploatacyjne opryskiwaczy umożliwiające uzyskanie wystarczającego i równomiernego naniesienia środka ochrony na opryskiwane rośliny, druga dotyczy działań, które mają na celu ograniczenie znoszenia cieczy użytkowej i minimalizację, związanych z tym zjawiskiem, zagrożeń dla środowiska i osób wykonujących zabieg. Czynniki, które wpływają na jakość naniesienia, były przedmiotem wielu badań. O poziomie naniesienia decyduje m.in. przyjęta dawka środka oraz dawka cieczy, precyzja doboru parametrów roboczych opryskiwacza (prędkość, ciśnienie cieczy) oraz sposób wykonania zabiegu warunkujący wielkość strat. Na równomierność rozkładu mają wpływ parametry strumienia powietrza oraz strumienia cieczy [Doruchowski i in. 1998; Hołownicki i in. 2002; Godyń 2004; Godyń i in. 2006; Godyń i in. 2008a, 2008b]. Obecnie brak komercyjnych rozwiązań opryskiwaczy sadowniczych umożliwiających zmianę parametrów strumienia powietrza w czasie wykonywania

zabiegu. Natomiast możliwości wpływu na ilość (i jakość rozpylenia) wypryskiwanej w czasie opryskiwania cieczy są relatywnie duże [Doruchowski i in. 2009].

Jednym z ważniejszych parametrów wpływających na jakość naniesienia cieczy opryskowej są parametry opryskiwanych roślin: wymiary, kształt i gęstość. Dla tych samych parametrów roboczych opryskiwacza poziom naniesienia na drzewa o różnej gęstości (w różnych fazach wzrostu) może się zmienić nawet dwukrotnie [Godyń i in. 2005, 2006]. Intensywność przyrostu ulistnienia jest różna w różnych okresach rozwoju roślin. Tygodniowe przyrosty powierzchni ulistnienia mogą wynosić od 10% w końcu czerwca do 150% w okresie kwitnienia [Godyń i in. 2000]. Różnorodność oraz zmienność parametrów drzew sprawiają, że nie jest możliwe w praktyce ręczne dostosowanie parametrów pracy opryskiwacza do zmieniających się warunków w sadzie.

Zależnie od możliwości technicznych, podejmowano różne działania mające na celu automatyczne dopasowanie parametrów roboczych opryskiwaczy do zmienności drzew. Stosowano czujniki wykrywające puste przestrzenie w koronach drzew, naprzeciw których automatycznie wyłączany był dopływ cieczy do rozpylaczy. Stosowane w takich układach sensorowych czujniki ultradźwiękowe lub optyczne umożliwiają jedynie dwuwymiarowy opis kształtu zewnętrznej powierzchni korony drzewa [Gil i in. 2007]. Rozwiązania te nie umożliwiają określenia gęstości drzew, a rozdzielczość pomiarowa zależna jest od liczby zastosowanych czujników. Dlatego podjęto prace ze skanerami laserowymi LIDAR [Walklate i in. 2002] umożliwiającymi zebranie dużej liczby danych i umożliwiającymi precyzyjne opisanie nie tylko kształtu, ale również gęstości skanowanych drzew. Dzięki technicznym możliwościom wpływu na rozkład i ilość rozpylanej cieczy możliwa jest zmienna aplikacja dostosowana do lokalnych warunków w drzewie.

LIDAR (*ang. Light Detection And Ranging*) zalicza się do aktywnych systemów teledetekcyjnych i wykorzystuje do pozyskiwania danych do obliczeń lub wizualizacji wiązkę promieniowania elektromagnetycznego. Skanery laserowe LIDAR najczęściej wykorzystują do obrazowania obiektów promieniowanie z zakresu bliskiej podczerwieni, co uniezależnia wynik pomiaru od warunków oświetleniowych [Wężyk 2006]. Działanie skanera laserowego polega na pomiarze odległości badanego obiektu od urządzenia dla każdego z emitowanych promieni laserowych oddzielnie. Mierzony i rejestrowany jest kąt, pod jakim wysyłane są promienie lasera i czas, jaki upływa od momentu wysłania światła lasera do jego powrotu do detektora po odbiciu od powierzchni celu. Przy obliczaniu odległości od skanera uwzględniana jest prędkość rozchodzenia się fali elektromagnetycznej oraz czas pokonywania tej odległości. Oprogramowanie do obsługi skanera umożliwia dobór parametrów skanowania, tj. częstotliwości generowania impulsu lasera oraz kąta uchylenia wiązki lasera. W schematycznym uproszczeniu, LIDAR składa się z nadajnika (modułu generującego światło lasera) i z detektora oraz z co najmniej jednego wirującego lustra (lub systemu luster), mającego na celu równomierne odchylenie wiązki i tym samym jej promieniste rozrzucanie (kierowanie). Nadajnik i detektor są sterowane za pomocą oprogramowania instalowanego na komputerze. W zależności od zastosowanej technologii skaner wysyła od kilku tysięcy do ponad kilkuset tysięcy impulsów na sekundę [Wężyk 2006].

Skaning laserowy może być wykonywany z powietrza lub z obiektów naziemnych (stacjonarnych lub ruchomych). Skaning laserowy z powietrza wykonywany jest jako skanowanie trójwymiarowe (3-D). Możemy podzielić go na: skaning satelitarny (*ang. Satellite Laser Scanning, SLS*) i skaning lotniczy (*ang. Airborne Laser Scanning; ALS*) [Wężyk 2006]. Skaning naziemny (*ang. Terrestrial Laser Scanning, TLS*) może być wykonywany dwu-(2-D) lub trójwymiarowo (3-D). Skaning lotniczy umożliwia uzyskanie gęstości od

1-2 punktów na 1 m² (z samolotu) do 30-40 punktów na 1 m² (z helikoptera). Przy skanowaniu naziemnym możliwa jest znacznie większa gęstość punktów pomiarowych, zależna jednak od możliwości technicznych skanera.

Opisywanie cech drzew za pomocą skanerów laserowych stosowane jest m.in. w leśnictwie. Dane pozyskiwane są za pomocą lotniczych lub naziemnych skanerów laserowych 3-D [Goodwin i in. 2006; Wężyk 2006; Lee i in. 2007]. Zabrane dane liczbowe pozwalają nie tylko na pomiar cech drzew mierzonych w terenie innymi metodami (pierśnica, wysokość, położenie drzewa), ale także wielu innych (wysokość podstawy korony, długość i jej zasięg, zbieżystość oraz nachylenie pnia, grubość pnia na dowolnej wysokości) [Tompalski 2009].

Cel i zakres pracy

Dwuwymiarowe skanery laserowe SICK LMS 200 (Laser Measurement Systems) wykorzystywane są m.in. do określania objętości i pozycji oraz klasyfikacji obiektów [Anonim 2006]. Charakteryzują się one niższą ceną w porównaniu ze skanerami laserowymi 3-D. Celem pracy było zbadanie możliwości wykorzystania dwuwymiarowego skanera laserowego LIDAR SICK LMS200 do zbierania danych liczbowych umożliwiających opisanie przestrzennych cech drzew (kształt, gęstość) w sadzie jabłoniowym, które mogą być analizowane i wykorzystane w kolejnych etapach badań do sterowania parametrami roboczymi opryskiwacza sadowniczego.

Metody badań

Badania prowadzono w laboratorium Zakładu Agrotechnologii oraz w Sadzie Doświadczalnym Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach. Do badań wykorzystano skaner laserowy LIDAR model SICK LMS200 umożliwiający skanowanie dwuwymiarowe (2-D).

Skaner laserowy SICK LMS200

Skanery laserowe SICK LMS200 emitują promienie rozchodzące się promieniście w jednej płaszczyźnie, a tym samym dokonują skanowania dwuwymiarowego (2-D) (rys. 1). Wykorzystują pulsacyjny promień laserowy o długości fali 905 nm (bliska podczerwień). Możliwe jest stosowanie rozdzielczości kątowej: 1°, 0,5° lub 0,25° oraz zakresu skanowania 180° lub 100°. Ważniejsze dane techniczne skanera LIDAR LMS200 zawiera tabela 1.

Oprogramowanie skanera

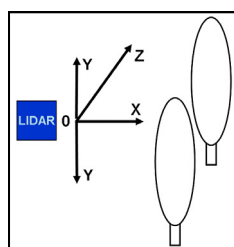
Oprogramowanie specjalistyczne Lidarscan v.1.1 opracowane na Uniwersytecie w Lleidzie (Hiszpania) umożliwia wybór parametrów roboczych skanera i sposobu eksportu danych. Główne dobierane parametry to: zakres skanowania i rozdzielczość kątowa, sposób wyznaczania czasu skanowania (ręczne uruchamianie i zatrzymanie, ustawiany czas skanowania, ustawiana liczba skanów). Dane ze skanera mogą być eksportowane w różnych formatach m.in.: txt, cad.

Tabela 1. Dane techniczne skanera laserowego LIDAR SICK LMS200

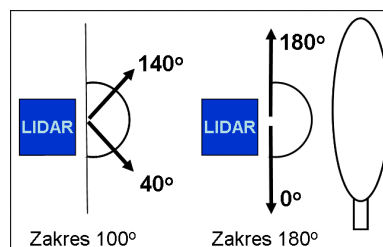
Table 1. Technical data of LIDAR SICK LMS200 laser scanner

Źródło światła	Podczerwień (905 nm)
Klasa lasera	1 (EN/IEC 60825-1), bezpieczny dla oczu
Zasięg operacyjny	0÷80 m
Maks. zasięg przy 10% współczynnika odbicia	10 m
Zasada pomiaru odległości	Pomiar czasu między wysłaniem a odebraniem sygnału promienia laserowego
Częstotliwość skanowania	75 Hz (wirujące lustro 4,5 tys. obr·min ⁻¹)
Zakres skanowania 2D	180° lub 100°
Rozdzielczość kątowa	0,25°; 0,5°; 1° – 401÷101 pkt na 1 skan
Komunikacja	Port szeregowy RS232 o szybkości transferu danych: 9,6; 19,2 i 38,4 kbit·s ⁻¹
Średni czas bezawaryjnej pracy (MTBF)	80 000 godz.
Czas reakcji	≥ 13 ms
Dokładność pomiaru odległości	±15 mm
Zasilanie	≤ 24 V DC ±15%
Zapotrzebowanie mocy	30 W
Waga	4,5 kg
Wymiary (mm)	156 x 155 x 210
Odporność na wstrząsy i wibracje	IEC 68
Warunki pracy	Temp. 0÷50°C, wilg. względna <90%

Źródło: Instrukcja... 2006



Źródło: opracowanie własne



Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Współrzędne punktów odbicia promieni lasera: X, Y – skanowanie 2-D; X, Y, Z – skanowanie 3-D

Fig 1. Coordinates of measured points: X, Y – 2-D scanning; X, Y, Z – 3-D scanning

Rys. 2. Zakresy skanowania skanera SICK LMS200

Fig. 2. Ranges of scanning of LIDAR SICK LMS200

Testy laboratoryjne

W laboratorium podłączono skaner do komputera PC za pomocą złącza RS232 i wykonywano dziesięciosekundowe skany otoczenia. Skanowanie wykonywano przy wszystkich kombinacjach zakresu skanowania, rozdzielczości kątowej i prędkości transferu danych. Następnie obliczono ilość zarejestrowanych impulsów w celu porównania ich do teoretycznej wartości, wynikającej z częstotliwości skanowania i rozdzielczości kątowej.

Skanowanie w sadzie

Podczas skanowania drzew w sadzie skaner laserowy LIDAR SICK LMS200 montowano w taki sposób, że skanowanie rozpoczynano od dołu ku górze (dla zakresu 180°) lub dla zakresu 100° od promienia skierowanego pod kątem 40° do 140°, gdzie przy 0° promień był skierowany pionowo w dół (rys. 2). Jednostronne skanowanie drzew o wymiarach nieprzekraczających 3,8×2,0 m (wysokość × szerokość) wykonano w sadzie jabłoniowym w fazie pełni ulistnienia (rys. 3). W czasie pomiarów połowych do TUZ ciągnika zamontowano specjalny nośnik wyposażonym w poziome półki oraz w maszt. Do masztu, na wysokości 1,9 m od powierzchni ziemi, zamontowano skaner LIDAR LMS 200, kierując go w prawą stronę w stosunku do kierunku jazdy ciągnika (rys. 4).



Źródło: opracowanie własne



Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Skanowany sad
Fig. 3. Scanned orchard

Rys. 4. Nośnik ze skanerem LIDAR
Fig. 4. LIDAR scanner support

Wysokość zamontowania skanera odpowiadała 40-50% maksymalnej wysokości skanowanych drzew. Skaner zasilano z dwóch akumulatorów 12V. Skanowanie prowadzono dla zakresu skanowania 100°, rozdzielczości kątowej 1° i szybkości transferu danych 38,4 kbit·s⁻¹ oraz prędkości jazdy ciągnika ze skanerem 1,0 m·s⁻¹. Dzięki zastosowanemu

oprogramowaniu Lidarscan v.1.1, podczas przemieszczania skanera w kierunku prostopadłym do płaszczyzny skanowania, możliwe było wprowadzenie trzeciej współrzędnej (oś Z, rys. 1) i określanie położenia punktów w przestrzeni trójwymiarowej.

Omówienie i analiza wyników badań

Pomiary laboratoryjne

Ilość danych zebranych podczas prób laboratoryjnych wskazywała na ograniczenia w transferze danych w porównaniu do teoretycznej liczby możliwych do uzyskania wartości (tab. 2 i 3). W zależności od parametrów skanowania i szybkości transferu danych ze skanera do komputera przekazywane było od 1,73 do 20,13% danych, które teoretycznie mogły być zebrane. Do pomiarów polowych wybrano parametry o najmniejszym ograniczeniu przepływu danych (tab. 3). W kolejnych etapach prac analizowana będzie potrzeba posługiwania się większą ilością danych, którą można uzyskać stosując transfer danych za pośrednictwem złącza RS432 (500 kbit·s⁻¹).

Tabela 2. Liczba oznaczonych punktów podczas 10-sekundowego skanowania dla różnych zakresów i częstotliwości skanowania przy różnych szybkościach transferu danych

Table 2. The number of points marked during 10-second scanning for different scanning angles and angular resolutions and different data transfer rates

Transfer danych [kbit·s ⁻¹]	Zakres skanowania / rozdzielczość kątowa [°]				
	100/ 1	100/ 0,5	100/ 0,25	180/ 1	180/ 0,5
9600	4646	4623	5213	4706	5054
19200	8585	8643	10025	9231	9386
38400	15251	15276	19240	17195	17328

Źródło: obliczenia własne

Tabela 3. Procent danych [%] transferowanych przez port szeregowy RS232 w porównaniu do maksymalnej wartości teoretycznej – różne szybkości transferu danych, zakresy i częstotliwości skanowania

Table 3. The portion of data transferred by serial port RS232 as a percentage of theoretical maximum value – different scanning angles, angular resolutions and data transfer rates

Transfer danych [kbit·s ⁻¹]	Zakres skanowania / rozdzielczość kątowa [°]				
	100/ 1	100/ 0,5	100/ 0,25	180/ 1	180/ 0,5
Teoretyczna liczba opisanych punktów	7575	15075	30075	13575	27075
9600	6,13	3,07	1,73	3,47	1,87
19200	11,33	5,73	3,33	6,80	3,47
38400	20,13	10,13	6,40	12,67	6,40

Źródło: obliczenia własne

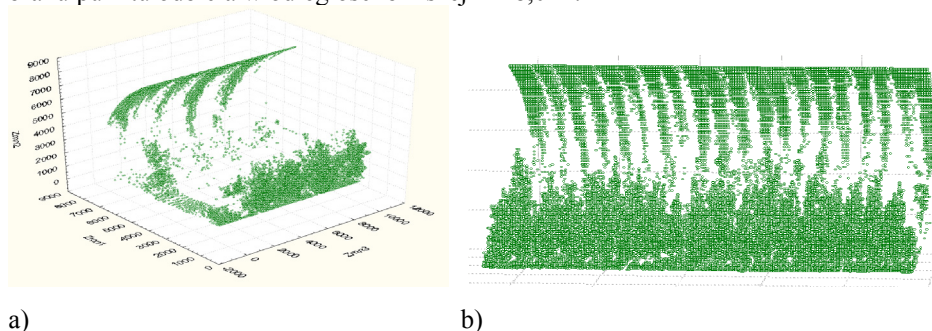
Skanowanie w sadzie

Wyniki skanowania uzyskane w sadzie eksportowano z programu Lidarscan v.1.1 w formie matrycy danych w pliku o formacie tekstowym (*.txt). Przy takiej formie eksportu danych podane są wartości kątów promieni lasera (tu: od 40° do 140°) i odległości od punktów odbicia promieni skanera. W kolejnych wierszach pierwsza liczba oznacza czas od rozpoczęcia skanowania (sekundy) a kolejne liczby to odległość od punktu odbicia (mm). Dane w takiej formie trudno jest przetwarzać za pomocą prostych formuł, dlatego oceniono je jako mało przydatne do dalszych prac.

W kolejnym kroku wykorzystano oprogramowanie Lidarscan v. 1.1 do eksportu danych w formie współrzędnych kartezjańskich (XYZ) w odniesieniu do pozycji skanera. Współrzędne te zawarte były w trzech kolumnach pliku tekstowego, gdzie kolumna pierwsza zawierała wartości współrzędnej X (odległość w poziomie), kolumna druga – współrzędna Y – wysokość punktu w stosunku do pozycji skanera oraz kolumna trzecia – współrzędna Z – odległość mierzona wzdłuż linii rzędu drzew od punktu, w którym rozpoczęto skanowanie.

Następnie dane XYZ z pliku tekstowego zaimportowano do pliku EXCEL 2003 w celu dokonania wstępnej analizy oraz korekty danych. Wprowadzono poprawkę uwzględniającą wysokość zamocowania skanera umożliwiającą zwymiarowanie pozycji wszystkich punktów w odniesieniu do powierzchni ziemi. Ze względu na ograniczenia programu EXCEL możliwe było zaimportowanie kolumn danych zawierających nie więcej niż 65000 wartości. Dla danych zawartych w tabeli 2 dawało to możliwość importu wyników skanowania prowadzonego przez 33-140 sekund. Dlatego w kolejnych próbach polowych, dla których wykonywana będzie analiza danych w programie EXCEL, skanowania nie będą wykonywane dłużej niż przez 30 sekund. Program EXCEL wykorzystywany będzie również do segmentowej analizy gęstości punktów odbicia.

Skorygowane dane z programu EXCEL importowano do programu statystycznego STATISTICA 7.0., w którym wykonano trójwymiarowe wykresy rozrzutu (rys. 5 a, b). Na wykresach tych uwidocznione są współrzędne punktów, w których następowało odbicie promienia lasera od elementów drzew (liście i pędy) oraz współrzędne wirtualnej, zakrzywionej powierzchni wyznaczonej w odległości 8,0 m od skanera. Powierzchnia ta jest wyznaczona przez punkty generowane przez oprogramowanie Lidarscan v. 1.1 w przypadku braku punktu odbicia w odległości bliższej niż 8,0 m.



Rys. 5 a, b. Chmura punktów wizualizowana w programie STATISTICA 7.0
 Fig. 5 a, b. Cloud of points visualized in STATISTICA 7,0 statistical software

Podsumowanie

Dwuwymiarowy skaner laserowy SICK LMS200 umożliwia zbieranie danych liczbowych, które mogą zostać wykorzystane do trójwymiarowego obrazowania skanowanych drzew. Wstępna wizualna analiza wskazuje, że ilość punktów uwidocznionych na wykresie odwzorowuje zróżnicowanie przestrzenne koron drzew. Wyniki pomiarów laboratoryjnych wskazują na ograniczony przepływ danych od skanera do komputera, wynikający z parametrów złącza szeregowego RS232 i ilości danych generowanych przez skaner. Przeprowadzone pomiary umożliwiają sformułowanie zadań do następnych etapów badań. W celu zastosowania danych pochodzących ze skanowania laserowego LIDAR SICK LMS200 do sterowania parametrami roboczymi opryskiwacza sadowniczego prowadzone będą następujące badania:

- weryfikacja potrzeby zwiększenia ilości danych dostępnych do analizy,
- opracowanie algorytmu służącego do generowania instrukcji dla układu wykonawczego (zawór - rozpylacz/e).

Bibliografia

- Doruchowski G., Hołownicki R., Godyń A.** (1998): Effect of spray emission system and air - jet setting on deposit and loss of spray in apple orchard. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, Vol. V, No. 3-4, 145-156.
- Doruchowski G., Świechowski Hołownicki R., Godyń A.** (2009): Environmentally-Dependent Application System (EDAS) for safer spray application in fruit growing. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* (2009) ISAFRUIT Special Issue, 107-112.
- Gil E., Escolà A., Rosell J.R., Planas S., Val L.** (2007): Variable Rate Application of Plant Protection Products in Vineyard Using Ultrasonic Sensors. *Crop Prot.* 2007, 26, 1287-1297.
- Godyń A.** (2004): Dystrybucja cieczy opryskowej w sadzie jabłoniowym przy trzech systemach emisji powietrza. Praca doktorska, Instytut sadownictwa i Kwiaciarstwa, Skierniewice, 1-114.
- Godyń A., Doruchowski G., Hołownicki R., Świechowski W.** (2005): Spray Distribution in Apple Orchard as Affected by the Primary and the Secondary Deposition. *Annual Review of Agricultural Engineering*, Vol 4/1, Year 4, 169-178.
- Godyń A., Hołownicki R., Doruchowski G., Świechowski W.** (2006): Rozkład cieczy użytkowej w drzewach podczas opryskiwania sadu jabłoniowego. *Inżynieria Rolnicza*, 2 (77), 331-338.
- Godyń A., Hołownicki R., Doruchowski G., Świechowski W.** (2008a): Ocena rozkładu cieczy opryskowej w sadzie jabłoniowym wykonana za pomocą papieru wodno czułego. *Inżynieria Rolnicza*, 4(102), 299-306.
- Godyń A., Hołownicki R., Doruchowski G., Świechowski W.** (2008b): Opryskiwacz dwuwentylatorowy do ochrony sadów - badania laboratoryjne i polowe. *Inżynieria Rolnicza*, 10(108), 63-72.
- Godyń A., Świechowski W., Hołownicki R., Doruchowski G.** (2000): Wpływ stopnia ulistnienia na pokrycie liści jabłoni w czasie opryskiwania. *Rocz. AR Poznań CCCXXIII, Ogrod.* 31, cz.II, 39-43.
- Goodwin N.R., Coops N.C., Culvenor D.S.** (2006): Assessment of Forest Structure with Airborne LiDAR and the Effects of Platform Altitude. *Remot. Sens. Environ.*, 103, 140-152.
- Hołownicki R., Doruchowski G., Godyń A., Świechowski W.** (2002): The effect of air jet velocity on spray deposit in apple orchard. *Aspects of Applied Biology*, 66, 277-284.
- Lee A.C., Lucas R.M.** (2007): A LiDAR-Derived Canopy Density Model for Tree Stem and Crown Mapping in Australian Forests. *Remot. Sens. Environ.*, 111, 493-518.

- Tompalski P.** (2009): Naziemny skaning laserowy w inwentaryzacji zieleni miejskiej na przykładzie Plant w Krakowie. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 20, 2009, 421-431.
- Walklate P.J., Cross J.V., Richardson G.M., Murray R.A., Baker D.E.** (2002): Comparison of different spray volume deposition models using LIDAR measurements of apple orchards. *Bio-systems Engineering*, 82(3), 253-267.
- Wężyk P.** (2006): Wprowadzenie do Technologii Skaningu Laserowego w Leśnictwie. *Roczniki Geomatyki*, Vol IV (4), 119-132.
- Instrukcja ... (2006): Instrukcja skanera laserowego LMS 200. SICK AG Waldkirch.

PUTTING LIDAR SCANNING INTO PLANT PROTECTION SPRAYING TECHNIQUE

Abstract. A possibility of using the 2-D LIDAR SICK LMS200 laser scanner for collecting three-dimensional numerical coordinates enabling to describe spatial features of trees was being verified in an apple orchard. In the plant protection technique of the orchards such a scanner could be used for controlling of the spray discharge and local diversifying the dose of the plant protection product in the crown of the tree. In the laboratory it has been proved that serial port RS232 limits the data flow from LIDAR to PC. For scanning with driving speed $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, scanning range 100° and angular resolution 1° only 20% of the theoretical data generated by the laser scanner were transferred to the PC. That amount of the data was enough for spatial visualization of the trees in STATGRAPHIC 7.0 statistical software. Presented results make a first step in the series of trials.

Key words: laser scanning, LIDAR, spraying technique, orchard

Adres do korespondencji:

Artur Godyń; e-mail: Artur.Godyn@inhort.pl
Instytut Ogrodnictwa
ul. Konstytucji 3 Maja 1/3
96-100 Skierniewice