

System półautonomicznego sterowania tandemem kosiarek do koszenia terenów przydrożnych

Andrzej Typiak, Rafał Typiak

Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa

Zbigniew Zienowicz, Mateusz Nowakowski

HYDROMEGA sp. z o.o., ul. Konstruktorów 1, 81-336 Gdynia

Patrycja Matejek

Stowarzyszenie Robotyków SKALP, Gdański Park Naukowo-Technologiczny, ul. Trzy Lipy 3, 80-172 Gdańsk

Streszczenie: Dbanie o pas drogowy wymaga regularnego koszenia rowów i terenów przydrożnych. Jest to realizowane głównie za pomocą kosiarek montowanych na ciągnikach rolniczych. Tendencją jest wprowadzanie autonomicznych systemów koszących, jednak do tej pory pojawiło się szereg rozwiązań autonomicznych robotów koszących krótką trawę (przydomowe trawniki, pola golfowe), mało jest rozwiązań autonomicznych kosiarek do koszenia trawy wysokiej. W artykule opisano uwarunkowania determinujące prowadzenie prac nad rozwojem kosiarek do koszenia trawy. Przedstawiono propozycję półautonomicznego systemu sterowania tandemem kosiarek do koszenia terenów przydrożnych. Zaprojektowano i zbudowano w pełni funkcjonalny zestaw składający się z kosiarek: kołowej i gąsienicowej, układu zdalnego sterowania pierwszą kosiarką oraz komputera wysokiego poziomu z oprogramowaniem, zapewniającym wyznaczenie trasy przejazdu dla drugiej kosiarki. Seria testów poligonowych pozwoliła ocenić skuteczność i praktyczność proponowanego rozwiązania. Wydajność koszenia oceniano na podstawie spójności kolejnych ścieżek koszenia. Wyniki wskazują, że rozwój opracowanego systemu znacząco poprawi efektywność pracy i bezpieczeństwo pracowników.

Słowa kluczowe: koszenie, kosiarka autonomiczna, planowanie trasy, nawigacja

1. Wprowadzenie

Koszenie rowów i terenów przydrożnych jest ważnym elementem utrzymania pasa drogowego. Koszenie przydrożnej roślinności zmniejsza ryzyko pożaru, poprawia estetykę, widoczność oraz ogranicza wzrost i rozprzestrzenianie się chwastów. Firmy koszące bazują głównie na kosiarkach montowanych na ciągnikach rolniczych. Kosiarka z wysięgnikiem montowana na ciągniku (rys. 1), jest standardową konfiguracją koszenia stosowaną przez firmy koszące.

Koszenie mechaniczne, w odróżnieniu od stosowania pestycydów, jest korzystne z wielu powodów. Jest wyborem ekonomicznym do kontroli roślinności. To metoda o niewielkim wpływie na środowisko i niewielu ograniczeniach związanych z pogodą [19].

Autor korespondujący:

Andrzej Typiak, andrzej.typiak@wat.edu.pl

Artykuł recenzowany

nadesłany 08.10.2024 r., przyjęty do druku 16.01.2025 r.



Zezwala się na korzystanie z artykułu na warunkach licencji Creative Commons Uznanie autorstwa 4.0 Int.

Aby zwiększyć wydajność oraz zmniejszyć obciążenie i liczbę pracowników zaangażowanych w koszenie trawy, prowadzone są prace nad automatyzacją kosiarek. Ukierunkowane są zarówno na rozwój elementów koszących, układów napędowych, jak i układów sterowania [1]. W kontekście zrobotyzowanych kosiarek szeroko przebadane są algorytmy planowania ścieżki i lokalizowania przeszkód dla kosiarek automatycznych. Jednak dotyczy to przede wszystkim kosiarek przeznaczonych do pracy w przydomowych ogródkach lub na polach golfowych [2].



Fot. Konrad Stach

Rys. 1. Kosiarka z wysięgnikiem montowana na ciągniku [19]
Fig. 1. Mower with a boom mounted on a tractor [19]

2. Rozwój automatycznych systemów koszenia

W ostatnich latach wzrasta liczba rozwiązań zarówno kosiarek zrobotyzowanych, jak i wyposażonych w elementy autonomii [3, 4]. Istnieje jednak wiele wyzwań technicznych i systemowych związanych z opracowywaniem autonomicznych kosiarek do trawy. Jest to złożone zagadnienie, gdyż:

- warunki brzegowe i środowiskowe podczas użytkowania kosiarek są zdefiniowane w bardzo ograniczonym zakresie;
- w przypadku awarii kosiarka może spowodować znaczne szkody i obrażenia zarówno ludzi i zwierząt oraz sprzętu;
- wymagany jest złożony zestaw czujników i dedykowany system sterowania;
- jest to system bardzo drogi.

Zastosowanie autonomicznych i półautonomicznych kosiarek do trawy było tematem badań koncentrujących się na skutecznym planowaniu ścieżek i kontroli działania systemu [5]. Kosiarki autonomiczne i półautonomiczne różnią się od prostych kosiarek automatycznych. W przypadku systemu półautonomicznego mamy do czynienia z pewnym stopniem autonomii, ale nadal istnieje interfejs operatora z systemem, a operator zapewnia co najmniej część kontroli i kierowania systemem (system może czasami działać autonomicznie). Półautonomię można zdefiniować jako to wszystko, co wiąże się z podejmowaniem decyzji przez maszynę (w odpowiedzi na zewnętrzne, nieoczekiwane zdarzenia) podczas pracy, w co zaangażowany jest człowiek w niektórych z tych procesów i zapewnia pewną bezpośrednią kontrolę. Mamy tutaj współdzielenie kontroli systemu między komputerem a operatorem.

System autonomiczny to taki, który może działać niezależnie, gdy zadanie zostanie zainicjowane przez użytkownika. Może to przybrać formę definiowania przez operatora warunków brzegowych, w których maszyna może operować i planowania operacji lub bezpośredniego inicjowania zadań jeśli to niezbędne. Obecnie konieczne jest zastosowanie pewnego rodzaju monitorowania na wypadek utraty kontroli nad systemem.

Logiczne zrozumienie teoretycznej zależności między systemami autonomicznymi, półautonomicznymi i zautomatyzowanymi/zdalnie sterowanymi przedstawiono na rys. 2. Zautomatyzowany system wykonuje zaprogramowany zestaw operacji [6, 7]; decyzje nie są podejmowane podczas pracy, a wszystkie operacje są zaprogramowane tak, aby wykonać z góry ustaloną serię zadań w znanym (lub założonym) układzie odniesienia.

Systemy sterowania w układzie teleoperacji działają podobnie, ale operator bezpośrednio steruje systemem i odbierając sygnały zwrotne może reagować na nieoczekiwane zdarzenia [7]. Zazwyczaj operator nie jest zaangażowany w system autonomiczny. Jednak należy podkreślić, że autonomiczne systemy koszące muszą być wyposażone w pewien rodzaj kontroli przez operatora w przypadku zaistnienia sytuacji awaryjnej [8, 9].

3. Koncepcja systemu koszenia tandemem robotów koszących

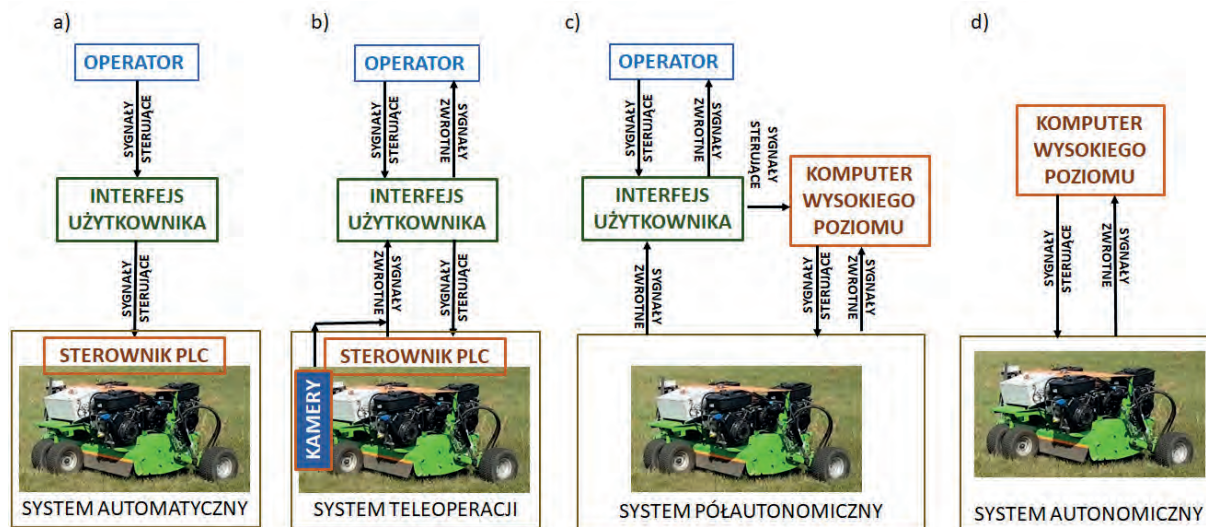
Na rys. 3 przedstawiono schemat koncepcyjny opracowanego półautonomicznego systemu koszenia. Istotną częścią projektu było opracowanie układu zdalnego sterowania, umożliwiającego sterowanie każdą z kosiarek w układzie teleoperacji, oraz układu autonomii umożliwiającego pracę kosiarek w tandemie, przy założeniu zdalnego sterowania przez operatora jedną kosiarką i autonomiczną pracą drugiej kosiarki, podążającej za kosiarką wiodącą.

Przyjęto założenie, że system będzie pracował w terenie i pas przydrożny z przewidywalnymi i nieprzewidywalnymi przeszkodami jest przestrzenią operacyjną dla systemu. Podstawowymi elementami tej przestrzeni operacyjnej są użytkownik i interfejs użytkownika, kosiarki, teren do koszenia (tj. mapa terenu), baza operacyjna, granice pasa przydrożnego i przeszkody. Przeszkody można podzielić na trzy kategorie:

- przewidywalne przeszkody oznaczone w przestrzeni roboczej (niezakłócające);
- przewidywalne przeszkody zakłócające (np. znaki drogowe);
- nieprzewidywalne przeszkody (np. zwierzęta).

Jednym z głównych układów systemu autonomicznego sterowania jest układ lokalizacji wyznaczający pozycję każdej kosiarki i pozwalający określić postęp w realizacji zadania koszenia. Mapa terenu może być definiowana przez użytkownika. W zależności od lokalnych warunków i geometrii koszonego obszaru, może być konieczne mapowanie terenu na początku każdego koszenia lub może być wykonane tylko raz, gdy koszony teren nie uległ zmianie. Mapa powinna zostać przekształcona w siatkę zajętości (statystyczną lub binarną) lub inne dane nadające się do odczytu maszynowego, które system może wykorzystać do planowania trasy i omijania przeszkód. Założono, że tego rodzaju system będzie zaimplementowany na komputerze pokładowym, który będzie przetwarzał potrzebne dane, uruchamiał autonomiczną część systemu, komunikował się z użytkownikiem i uruchamiał podstawowe funkcje kosiarki.

System sterowania powinien uwzględniać przeszkody, niezależnie od tego, czy są to przeszkody przewidywane (tj. zazna-



Rys. 2. Koncepcje systemów zautomatyzowanych/zdalnie sterowanych, półautonomicznych i autonomicznych
Fig. 2. Concepts of automated/remotely controlled, semi-autonomous and autonomous systems



Rys. 3. Konceptcja działania zintegrowanego z użytkownikiem półautonomicznego systemu koszenia

Fig. 3. Concept of the semi-autonomous mowing system integrated with the user

czony na mapie), czy nieprzewidziane. Nieprzewidziane przeszkody będą śledzone, przy użyciu kamery lub LiDAR. Użytkownik może być bezpośrednio zaangażowany w sterowanie kosiarką podczas omijania przeszkody. Przewidywane przeszkody są znane jeszcze przed rozpoczęciem koszenia (w postaci siatki zajętości), ponieważ zostały zlokalizowane przez system mapowania lub oznaczone przez użytkownika. Należy pamiętać, że samochody, drzewa oraz budynki mogą zakłócać działanie i komunikację systemu, blokując sygnały sterujące lub sygnały GPS. Należy tak wyznaczać obszary koszenia, aby w miarę możliwości unikać tego rodzaju przeszkód.

4. Budowa i testy systemu sterowania jazdą tandemem robotów koszących

W ramach projektu opracowano, wykonano i przetestowano dwa typy kosiarek:

- kosiarkę nożową zabudowaną na podwoziu gąsienicowym,
- kosiarkę bijakową na podwoziu kołowym z aktywnym zawieszeniem.

Celem opracowanego systemu sterowania było zrealizowanie koncepcji półautonomicznej pracy tandemu składającego się z dwóch kosiarek: prowadzącej, bijakowo-kołowej (B-K) oraz nadążnej, nożycowo-gąsienicowej (N-G). Zastosowanie systemu umożliwiło jednoczesną pracę dwóch kosiarek w celu redukcji pracy operatora. Kosiarka główna (B-K) jest zdalnie sterowana przez operatora, a kosiarka nadążna (N-G) podąża za nią w pełni autonomicznie w założonej odległości. Obie kosiarki zostały wyposażone w system monitorowania i przetwarzania danych oraz systemy bezpieczeństwa pozwalające na uniknięcie kolizji między pojazdami (rys. 4). W celu zapewnienia bezpieczeństwa całego systemu zastosowano czujniki typu LiDAR precyzyjnie wykrywające przeszkody w zakresie 270° i dystansie do 3 m [10, 11].

Algorytm rejestracji i przetwarzania danych oraz sterowania kosiarką nadążną został opracowany na podstawie analizy istniejących rozwiązań i dostosowaniu ich do indywidualnych potrzeb projektu, z uwzględnieniem zachowania najwyższej dokładności, bezpieczeństwa i niezawodności [12–16]. W celu wyznaczenia trasy, którą podąża kosiarka główna wykorzystano fuzję danych z odbiornika GNSS, czujnika IMU oraz dane odometryczne otrzymane z przetworzenia sygnałów enkoderów zamontowanych przy kołach. Ponieważ bardzo istotnym elementem systemu z punktu widzenia autonomii jest odbiornik nawigacji satelitarnej, w projekcie wykorzystano system pozycjonowania satelitarne w technologii RTK (ang. *Real Time Kinematic*), składający się ze stacji bazowej umieszczonej na terenie koszonego oraz odbiorników na pojazdach [17, 18]. Wyznaczony w czasie badań błąd określenia położenia kosiarki z użyciem tego systemu wynosi nie więcej niż 10 cm w każdym kierunku. Jego dokładność jest zapewniona przy braku zakłóceń sygnału GNSS.



Rys. 4. Widok kosiarek podczas testów, po lewej kosiarka bijakowo-kołowa (B-K), po prawej nożycowo-gąsienicowa (N-G)

Fig. 4. View of mowers during tests, on the left a wheeled flail mower (B-K), on the right a scissor-track mower (N-G)

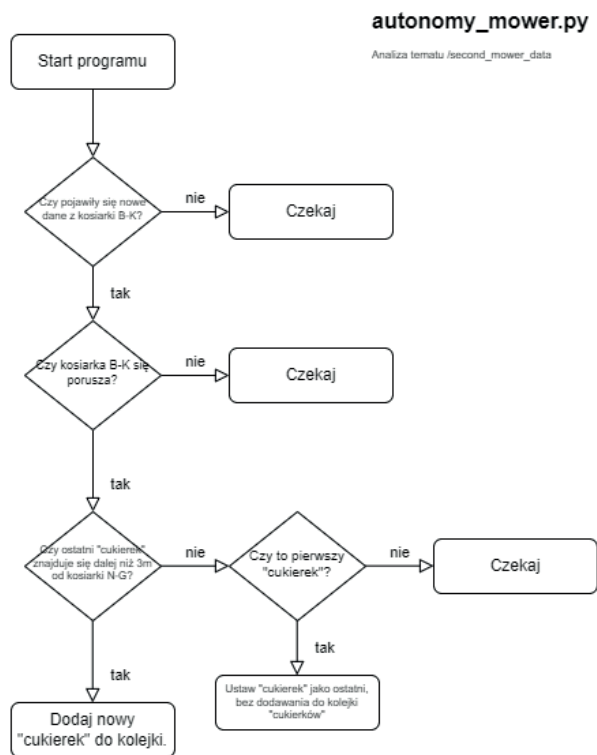
Do określenia kierunku, w którym poruszać się ma kosiarka nadążna, zastosowano mechanizm „cukierków”. Są to współrzędne, które system wyznacza jako cel, do którego kosiarka będzie starała się jechać. „Cukierki” wyznaczone są przez algorytm działający na kosiarce N-G, jednak dane do wyznaczenia współrzędnych cukierka pochodzą z odbiornika GNSS kosiarki B-K. Dlatego konieczne było zbudowanie mechanizmu komunikacji między kosiarkami. Przed dodaniem wyznaczonego „cukierka” jako następnego celu algorytm przeprowadza szereg testów aby zweryfikować poprawność wyznaczonych współrzędnych (rys. 5).

Na podstawie analizy trasy kosiarki głównej i wyznaczenia odpowiednio przesuniętej od niej ścieżki dla kosiarki nadążnej zostają wyznaczone „cukierki” cele ruchu dla kosiarki nadążnej.

Algorytm analizy danych, komunikacji oraz wyznaczania trasy zostały zaimplementowane w systemie Robot Operating System (ROS). Testy systemów zostały przeprowadzone zarówno w środowisku symulacyjnym Gazebo, jak i w warunkach rzeczywistych. W pierwszym etapie badań w celu przygotowania testów jazdy autonomicznej tandemu kosiarek został przeprowadzony szereg prób mających na celu zweryfikowanie poprawności rejestracji i analizy danych przez każdy z pojazdów. W tym celu przeprowadzono próbne jazdy każdej z kosiarek i zweryfikowano zarejestrowane podczas przejazdów dane. Analizowane były zarówno dane rejestrowane przez komputer zainstalowany na kosiarce autonomicznej, jak i dane otrzymywane w czasie rzeczywistym z kosiarki zdalnie sterowanej. Przetestowano również długotrwałe przesyłanie danych do sterownika PLC oraz pilota operatora. Przeprowadzono też testy układu odometrii. Umożliwia on wyznaczanie położenia i kierunku jazdy kosiarki kołowej na podstawie pomiaru obrotów kół. Dane te pozwoliły na śledzenie położenia i rotacji pojazdu w lokalnej ramce odniesienia, w której pojazd się poruszał.

Po weryfikacji systemu rejestracji danych każdej z kosiarek oraz testów komunikacji przeprowadzono testy weryfikujące poprawność działania modułu wyznaczania „cukierków”, czyli punktów-celów do tworzenia trasy kosiarki nadążnej. Na rys. 6 przedstawiono wyniki testów wyznaczenia „cukierków” dla kosiarki nadążnej. Kolorem żółtym zaznaczono trasę przejazdu kosiarki kołowej, kolorem zielonym pozycję kosiarki gąsienicowej (nieruchoma podczas testu), kolorem czerwonym zaznaczono położenie wszystkich wyznaczonych „cukierków”, kolorem fioletowym zaznaczono „cukierki”, które zostały zakwalifikowane przez algorytm jako cele dla nawigacji kosiarki gąsienicowej.

Przeprowadzone testy terenowe pozwoliły na dobranie parametrów układu sterowania, aby trasa kosiarki nadążnej była wyznaczona z jak największym odwzorowaniem trasy kosiarki prowadzącej przy jednoczesnym odpowiednim pokryciu terenu koszonego przez przejazdy kosiarek. Wyzwaniem było dobranie tak parametrów, aby kosiarki jak najlepiej radziły sobie pod-



Rys. 5. Schemat blokowy wyznaczania „cukierków”

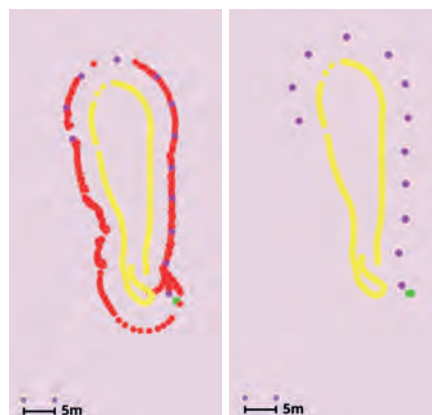
Fig. 5. Block diagram for determining “candies”

czas manewrów zawracania, nie wjeżdżały w swoje wzajemne trasy i aby nie dochodziło do kolizji między pojazdami podczas manewrowania.

Na rys. 7 przedstawiono wyniki testów jazdy kosiarek w tandemie. Kolor żółty – punkty GPS kosiarki prowadzącej, sterowanej przez operatora, kolor czerwony – punkty trasy dla jazdy autonomicznej wyznaczone w systemie kosiarki nadążnej, kolor fioletowy – wyselekcjonowane punkty trasy dla autonomicznej jazdy kosiarki nadążnej, kolor zielony – dane GPS przejazdu autonomicznej kosiarki nadążnej, bez ingerencji operatora.

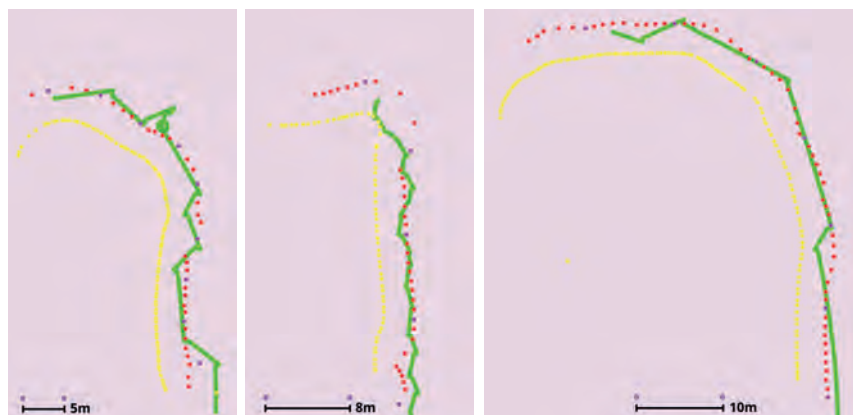
5. Podsumowanie

Koszenie terenów przydrożnych to złożone zadanie wykonywane na słabo rozpoznany terenie. W artykule zaprezentowano nowatorskie rozwiązanie tandemu kosiarek sterowanych zdalnie przez jednego operatora. Opracowany zestaw kosiarek umożliwia zespołowe koszenie trawy w rzeczywistym środowisku.



Rys. 6. Wyznaczanie „cukierków” dla kosiarki nadążnej

Fig. 6. Determining “candies” for a following mower



Rys. 7. Testy jazdy kosiarek w tandemie (opis w tekście)

Fig. 7. Tandem mowers driving tests (description in text)

W przypadku półautonomicznego systemu koszenia zintegrowanego z użytkownikiem jego operatorzy powinni mieć na uwadze, że przestrzeganie zasad bezpiecznego użytkownika będzie miało kluczowe znaczenie zarówno dla rozwoju systemu koszenia, jak i jego wdrożenia. Należy pamiętać, że wiele technologii, które będą niezbędne do pomyślnego wdrożenia półautonomicznego systemu koszenia, jest niedojrzałych, a ich niezawodność we wszystkich przypadkach jest nieznana. Dalsze wykorzystanie robotyki w agrotechnologii ma ogromny potencjał na przyszłość, ale częściowo będzie on zależał od uniknięcia negatywnych doświadczeń lub zagrożeń dla użytkowników. Ponieważ system ten jest półautonomiczny, użytkownik nadal będzie zaangażowany w podejmowanie niektórych kluczowych decyzji operacyjnych, co może być dobrym przykładem interakcji człowiek–robot, który może służyć zwiększeniu lub zmniejszeniu zaufania użytkowników do systemów robotycznych. Staranne modelowanie i dokumentowanie problemu i rozwiązania może pomóc we wczesnym wykryciu problemów i zmniejszeniu ryzyka związanego z systemem/zawodnością, co może skłaniać użytkownika do współpracy człowieka z robotem w przyszłości.

Podczas dalszych prac nad systemem konieczne będzie wyznaczenie wydajności kosiarek dla różnych rodzajów układów napędowych. W przeciwieństwie do wielu systemów zrobotyzowanych, możliwe, a być może nawet pożądane, jest użycie małego silnika spalinowego jako źródła zasilania dla tego rodzaju systemu. Porównanie z systemem zasilanym bateryjnie ma zasadnicze znaczenie w przyszłych badaniach.

Bibliografia

1. Daniyan I., Balogunb V., Adeodun A., Oladapod B., Peter J.K., Mpofu K., *Development and performance evaluation of a robot for lawn mowing*, “Procedia Manufacturing”, Vol. 49, 2020, 42–48, DOI: 10.1016/j.promfg.2020.06.009.
2. Nishimura Y., Yamaguchi T., *Grass Cutting Robot for Inclined Surfaces in Hilly and Mountainous Areas*, “Sensors”, Vol. 23, No. 1, 2023, DOI: 10.3390/s23010528.
3. Tribelhorn B., Dodds Z., *Evaluating the Roomba: A low-cost, ubiquitous platform for robotics research and education*, [In:] Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Roma, Italy, 10–14 April 2007, 1393–1399, DOI: 10.1109/ROBOT.2007.363179.
4. Aponte-Roa D.A., Collazo X., Goenaga M., Espinoza A., Vazquez K., *Development and Evaluation of a Remote Controlled Electric Lawn Mower*, [In:] Proceedings of the 2019 IEEE 9th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC), Las Vegas, NV, USA, 7–9 January 2019, DOI: 10.1109/CCWC.2019.8666455.

5. Hicks R.W., Hall E.L., *A Survey of robot lawn mowers*. Intelligent Robots and Computer Vision XIX: Algorithms, Techniques, and Active Vision; Casasent, D.P., Ed.; SPIE: Bellingham, WA, USA, 2000, DOI: 10.1117/12.403770.
6. Sahin H., Givenc L., *Household robotics: Autonomous devices for vacuuming and lawn mowing* [Applications of control], "IEEE Control System Magazine", Vol. 27, No. 2, 2007, 20–96, DOI: 10.1109/MCS.2007.338262.
7. Patterson A., Yuan Y., Norris W., *Development of User-Integrated Semi-Autonomous Lawn Mowing Systems: A Systems Engineering Perspective and Proposed Architecture*, "AgriEngineering", Vol. 1, No. 3, 2019, 453–474, DOI: 10.3390/agriengineering1030033.
8. Norris W.R., Patterson A.E., *Short Discussion Essay Automation Autonomy and Semi-Autonomy A Brief Definition Relative to Robotics and Machine Systems*, 2019, [www.researchgate.net/publication/334414845].
9. Höffmann M., Patel S., Büskens Ch., *Optimal Coverage Path Planning for Agricultural Vehicles with Curvature Constraints*, "Agriculture", Vol. 13, No. 11, 2023, DOI: 10.3390/agriculture13112112.
10. Peng Y., Qu D., Zhong Y., Xie S., Luo J., Gu J., *The obstacle detection and obstacle avoidance algorithm based on 2-D lidar*, 2015 IEEE International Conference on Information and Automation, Lijiang, China, 2015, 1648–1653, DOI: 10.1109/ICInfA.2015.7279550.
11. Ghorpade D., Thakare A.D., Doiphode S., *Obstacle Detection and Avoidance Algorithm for Autonomous Mobile Robot using 2D LiDAR*, 2017 International Conference on Computing, Communication, Control and Automation (ICCUBEA), Pune, India, 2017, DOI: 10.1109/ICCUBEA.2017.8463846.
12. Hague T., Marchant J.A., Tillett N.D., *Ground based sensing systems for autonomous agricultural vehicles*, "Computers and Electronics in Agriculture", Vol. 25, No. 1–2, 2000, 11–28, DOI: 10.1016/S0168-1699(99)00053-8.
13. Kaczmarek A., Rohm W., Klingbeil L., Tchórzewski J., *Experimental 2D extended Kalman filter sensor fusion for low-cost GNSS/IMU/Odometers precise positioning system*, "Measurement", Vol. 193, 2022, DOI: 10.1016/j.measurement.2022.110963.
14. Susnea I., Minzu V., Vasiliu G., *Simple, real-time obstacle avoidance algorithm for mobile robots*, Proceedings of the 8th WSEAS International Conference on Computational Intelligence Man-Machine Systems and Cybernetics (CIMMACS '09), 2009, 24–29, DOI: 10.5555/1736097.1736102.
15. Larsen T.D., Hansen K.L., Andersen N.A., Ravn O., *Design of Kalman filters for mobile robots; evaluation of the kinematic and odometric approach*, Proceedings of the 1999 IEEE International Conference on Control Applications (Cat. No. 99CH36328), Kohala Coast, HI, USA, Vol. 2, 1999, 1021–1026, DOI: 10.1109/CCA.1999.801027.
16. Ben-Ari M., Mondada F., *Robotic Motion and Odometry*, [In:] "Elements of Robotics", Springer, Cham, 2018, DOI: 10.1007/978-3-319-62533-1_5.
17. Rovira-Más F., Chatterjee I., Sáiz-Rubio V., *The role of GNSS in the navigation strategies of cost-effective agricultural robots*, "Computers and Electronics in Agriculture", Vol. 112, 2015, 172–183, DOI: 10.1016/j.compag.2014.12.017.
18. Ferreira A., Matias B., Almeida J., Silva E., *Real-time GNSS precise positioning: RTKLIB for ROS*, "International Journal of Advanced Robotic Systems", Vol. 17, No. 3, 2020, DOI: 10.1177/1729881420904526.
19. <http://zdpk.krakow.pl/zdpk2/blog/2022/05/23/trwaja-roboty-zwiazane-z-koszeniem-traw-w-pasie-drogowym/>

Inne źródła

A System of Semi-Autonomous Tandem Mowers for Mowing Roadside Area

Abstract: Maintaining the road requires regular mowing of ditches and roadside areas. This is mainly done using mowers mounted on agricultural tractors. The trend is to introduce autonomous mowing systems, but so far a number of autonomous solutions for mowing short grass (home lawns, golf courses), and there are few autonomous mower solutions for mowing tall grass on the market. The first part of the article describes the conditions determining work on the development of lawn mowers. Then, a proposal for a semi-autonomous control system for tandem mowers for mowing roadside areas was presented. As part of its construction, a fully functional set was designed and built, consisting of two mowers: wheeled and tracked, a remote control system for the first mower, and a high-level computer with implemented software ensuring autonomous mowing with the second mower under active operator supervision. A series of field tests conducted allowed us to assess the effectiveness and practicality of the proposed solution. Mowing efficiency was assessed by the consistency of subsequent mowing paths. The obtained results indicate that the development of the developed system will significantly improve mowing efficiency and increase employee safety.

Keywords: mowing, autonomous mower, route planning, navigation

dr hab. inż. Andrzej Typiak

andrzej.typiak@wat.edu.pl
ORCID: 0000-0003-1992-015X



Profesor na Wydziale Inżynierii Mechanicznej Wojskowej Akademii Technicznej. Wykładowca na kierunkach studiów: Energetyka, Maszyny inżynieryjno-budowlane i drogowe, Maszyny inżynieryjne, oraz Inżynieria systemów bezzałogowych. Autor wielu publikacji z obszaru zdalnego i autonomicznego sterowania maszynami inżynieryjnymi i pojazdami. Kierował czterema projektami badawczymi z tego obszaru. Prowadzi badania w obszarze sterowania maszyn inżynieryjnych i pojazdów w układzie teleoperacji, rozpoznania otoczenia na podstawie obrazów wizyjnych, lokalizowania obiektów i budowy mapy na podstawie pomiarów skanerami laserowymi oraz interfejsów do współpracy operator-maszyna.

dr inż. Rafał Typiak

rafal.typiak@wat.edu.pl
ORCID: 0000-0003-1380-9979



Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej na kierunku Automatyka i Robotyka w 2008 r. Od końca 2008 r. pracownik Wojskowej Akademii Technicznej. W 2017 r. otrzymał stopień doktora za pracę „Wpływ konfiguracji układu akwizycji na sterowanie bezzałogową maszyną roboczą”. Aktualnie naukowo działa w obszarze automatyzacji i autonomizacji bezzałogowych platform lądowych. Specjalizuje się w opracowywaniu, wdrażaniu i testowaniu rozwiązań elektronicznych i programistycznych dla manipulatorów zrobotyzowanych i bezzałogowych pojazdów naziemnych (UGV). Ma doświadczenie w zakresie projektowania konstrukcji mechanicznych oraz opracowywania hydrostatycznych układów napędowych.

dr inż. Zbigniew Zienowicz

zienowicz@hydromega.com.pl
ORCID: 0009-0007-6200-0654



Absolwent Wydziału Budowy Maszyn Politechniki Gdańskiej, stopień naukowy doktora w dyscyplinie budowy i eksploatacji maszyn w specjalności napęd i sterowanie hydrauliczne. Od 1988 r. był prezesem Zarządu firmy Hydromega Sp. z o.o. w Gdyni, zajmującej się projektowaniem i produkcją układów hydraulicznych siłowej. Od października 2023 r. przewodniczący Rady Nadzorczej firmy Hydromega, członek Rady Konsultacyjnej przy Dziekanie Wydziału Mechanicznego Politechniki Gdańskiej, członek Rady Programowej Inteligentnych Specjalizacji Pomorza 1 „Technologie offshore i portowo-logistyczne” oraz Rady Rozwoju Obszaru Gospodarczego Pomorskiej Specjalnej Strefy Ekonomicznej i Rady Naukowej Pomorskiego Parku Naukowo-Technologicznego w Gdyni. Jest zwolennikiem i propagatorem budowania konkurencyjności polskiej gospodarki w oparciu o komercjalizację i wdrożenia krajowego dorobku w obszarze prowadzonych prac B+R. Od lat angażuje się w akcje charytatywne na rzecz lokalnej społeczności.

mgr inż. Mateusz Nowakowski

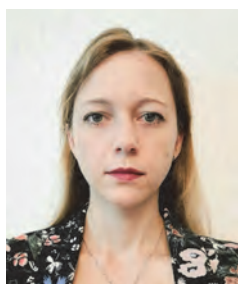
mateusz.nowakowski@hydromega.com.pl
ORCID: 0009-0009-5692-4783



Absolwent Politechniki Lubelskiej na kierunkach Mechaniki i Budowy Maszyn spec. Technologia maszyn oraz Zarządzanie i Inżynieria Produkcji. Od 2023 r. zatrudniony na stanowisku starszego konstruktora B+R w spółce Hydromega. Obszar badawczy obejmuje innowacyjne projekty B+R w konstrukcji maszyn w różnych gałęziach przemysłu elektromaszynowego. Prowadzi prace konstrukcyjne, analityczne i badawcze maszyn samobieżnych pojazdów o różnej charakterystyce podwozia. Rezultaty prac prezentuje na konferencjach naukowych. W przeszłości brał udział w badaniach przemysłowych i pracach rozwojowych w jednostkach naukowych Sieci Badawczej Łukasiewicz.

mgr inż. Patrycja Matejek

patrycja.matejek@srskalp.pl
ORCID: 0009-0000-9997-2747



Absolwentka Wydziału Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej, gdzie uzyskała tytuł magistra inżyniera na kierunku Inżynierii Biomedycznej w 2017 r. Członkini zarządu Stowarzyszenia Robotyków SKALP. Doświadczenie zawodowe zdobywała w zespołach badawczo-rozwojowych zajmujących się autonomicznymi pojazdami oraz urządzeniami medycznymi. W swojej pracy koncentruje się na promocji nowoczesnych technologii, edukacji w tym zakresie oraz zarządzaniu zespołami badawczymi. Specjalizuje się w projektowaniu systemów analizy i przetwarzania danych oraz algorytmami sterowania, w tym z wykorzystaniem ROS.