

АДАПТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В БЕЗПІЛОТНИХ СИСТЕМАХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Запропоновано адаптивну систему керування БПЛА для обприскування посівів за змінних вітрових умов. Система базується на навчанні з підкріпленням з адаптивною функцією винагороди. Моделювання показало зниження втрат препарату до 30%.

Ключові слова: БПЛА, навчання з підкріпленням, адаптивне обприскування, точне землеробство.

Abstract

An adaptive UAV control system for crop spraying under variable wind conditions is proposed. The system is based on reinforcement learning with an adaptive reward function. Simulation results showed up to 30% reduction in chemical losses.

Keywords: UAV, reinforcement learning, adaptive spraying, precision agriculture.

Вступ

Використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у сільському господарстві значно підвищує ефективність обприскування посівів [3]. Проте змінні погодні умови, зокрема вітер, залишаються критичним фактором, що впливає на рівномірність покриття та втрати агрохімікатів.

Адаптивні технології та штучний інтелект

Запропоновано використання алгоритму Proximal Policy Optimization (PPO) із адаптивною функцією винагороди, вагові коефіцієнти якої змінюються залежно від поточної швидкості вітру. Це дозволяє агенту оптимізувати стратегію обприскування в умовах нестабільного середовища. Функція винагороди модифікована наступним чином [1][2]:

$$r_t = -a(||W_t||) \int_{\Omega} (C(x, y, t) - C_{\text{задане}}(x, y))^2 dx dy - \beta(||W_t||) \cdot \text{Втрати} \quad (1)$$

де $a(||W_t||)$, $\beta(||W_t||)$ – вагові коефіцієнти, що адаптивно змінюються в залежності від сили вітру.

$$\begin{aligned} a(||W_t||) &= a_0(1 + k_a||W_t||), \\ \beta(||W_t||) &= \beta_0(1 + k_\beta||W_t||). \end{aligned} \quad (2)$$

де β_0 , a_0 – базові вагові коефіцієнти, k_a , k_β – коефіцієнти чутливості до вітру.

Експериментальне моделювання

Експериментальне моделювання показало, що застосування адаптивної функції винагороди дозволяє знизити втрати препарату до 30% порівняно з традиційними підходами.[1-3] Теплові карти покриття підтверджують покращення рівномірності нанесення препарату навіть за сильного вітру.

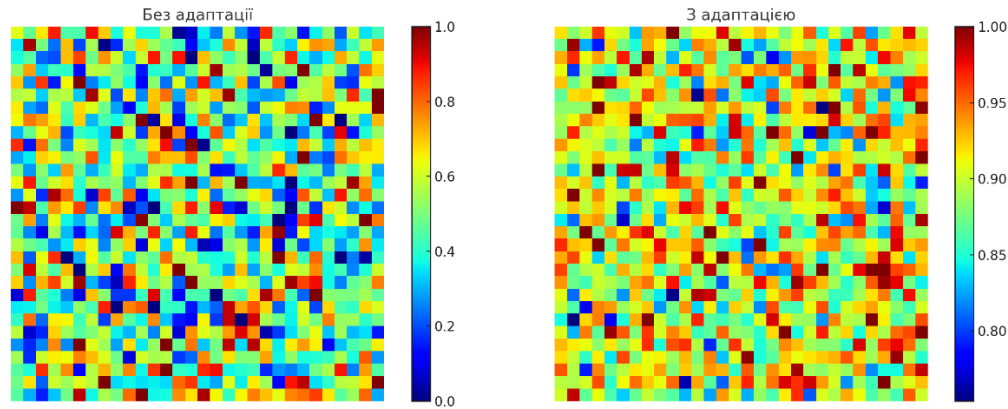


Рис. 1. Теплові карти, що демонструють рівномірність нанесення препарату на поле без використання адаптивних технологій та з їх використанням.

Висновки

Запропоновані адаптивні технології на основі навчання з підкріпленням суттєво підвищують ефективність використання БПЛА в сільському господарстві. Експериментальні дані підтверджують переваги використання адаптивної функції винагороди порівняно з традиційними методами. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на реальні польові випробування для остаточної валідації запропонованого підходу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Pretto A., Bevilacqua A., Menegatti E., Pagello E. Cooperative Robotics and Autonomous Vehicles in Precision Agriculture. *Robotics*, 2019, 8(4), 96. doi:10.3390/robotics8040096
2. Sutton R.S., Barto A.G. Reinforcement Learning: An Introduction. 2nd ed. MIT Press, 2018.
3. Zhang C., Kovacs J.M. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precision Agriculture*, 2012, 13, 693–712. doi:10.1007/s11119-012-9274-5

Родінков Юрій Миколайович – студент групи 172-23а, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: rodinkov.tkr17@gmail.com.

Савицький Антон Юрійович – канд. техн. наук, доцент кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Yurii Mykolaiovych Rodinkov – student of group 172-23a, Faculty of Information and Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine. E-mail: rodinkov.tkr17@gmail.com

Anton Yuriiovych Savitskyi – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Radioelectronic Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine.