

МЕТОДИКА І АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ РОБОТИЗОВАНОЇ ГАЗОНОКОСАРКИ

UDC 004.89

V. Stetsko; M. Priymak, Dr., Prof.; R. Zharovskyi, PhD.

METHODOLOGY AND ALGORITHM FOR CALCULATING THE TRAJECTORY OF A ROBOTIC LAWN MOWER

Побудова оптимальної траєкторії автономної газонокосарки є ключовою проблемою робототехнічних систем обслуговування територій. Аналіз сучасних підходів показує, що для малогабаритних роботів найбільш практичними є методи, засновані на локальному позиціонуванні та геометричному описі робочої зони [1]. Для забезпечення рівномірного скошування необхідно точно визначати координати периметра, обчислювати кути повороту та формувати внутрішні лінії проходу.

Алгоритм роботи розробленої системи управління наступний [2]:

1. Визначається периметр ділянки, на якій планується скошування газонної трави;
2. Під час руху робота система позиціонування відстежує координати точок по периметру із необхідним кроком;
3. Система позиціонування фіксує координати в програмі у вигляді масиву даних.

Першим етапом визначається периметр ділянки у ручному режимі за допомогою телеметрії. Система позиціонування формує масив координат

$$P = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)\},$$

що описує замкнений контур ділянки (рис.1).

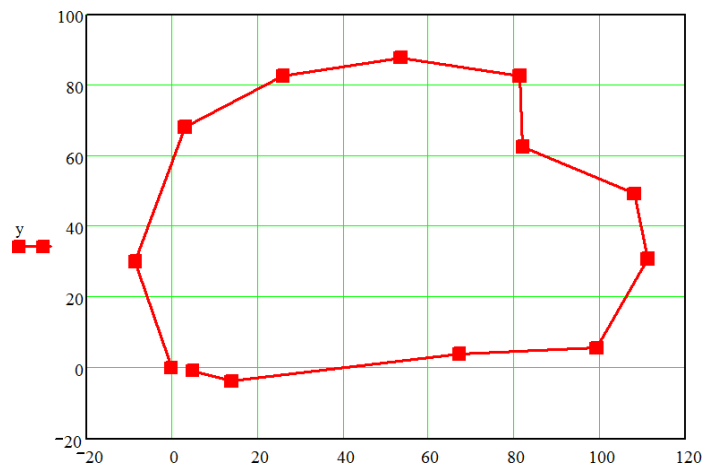


Рисунок 1. Графік координат периметра зовнішнього контуру ділянки

Для розрахунку кута повороту будемо використовувати формулу для обчислення косинуса кута між двома векторами на площині. Потім необхідно здійснити розрахунок напрямку повороту, для цього необхідно визначити визначник матриці різниць між координатами [3].

Наступним етапом є визначення центру фігури утвореної наведеної на рис. 1. Це необхідно зробити для подальшого рівномірного заповнення всієї площі поля для скошування з врахуванням ширини захоплення газонокосарки.

В результаті отримано значення координат точок траєкторії руху в вигляді матриці значень (рис. 2).

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Xtrack =	0	-8.4	3.1	25.9	53.4	81.2	82	108.2	111.4	99.3	67.3	14	5
	1	13.4	7.1	15.7	32.8	53.4	74.3	74.9	94.5	96.9	87.9	63.9	23.9
	2	26.8	22.6	28.3	39.7	53.4	67.4	67.8	80.9	82.5	76.4	60.4	33.8
	3	40.1	38	40.9	46.6	53.5	60.5	60.6	67.2	68	65	57	43.6

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ytrack =	0	0	30	68.1	82.7	87.9	82.7	62.7	49.4	30.8	5.5	4	-4
	1	10.4	32.9	61.5	72.4	76.3	72.4	57.4	47.4	33.5	14.5	13.4	7.4
	2	20.8	35.8	54.8	62.1	64.7	62.1	52.1	45.5	36.2	23.5	22.8	18.8
	3	31.2	38.7	48.2	51.9	53.2	51.9	46.9	43.5	38.9	32.6	32.2	30.2

Рисунок 2. Матриці координат точок траєкторії руху

У результаті формується графік (рис. 3), на якому видно набір паралельних траєкторій різного радіуса. Частина траєкторій має нерівномірні відстані між лініями, що призводить до часткового повторного проходження.

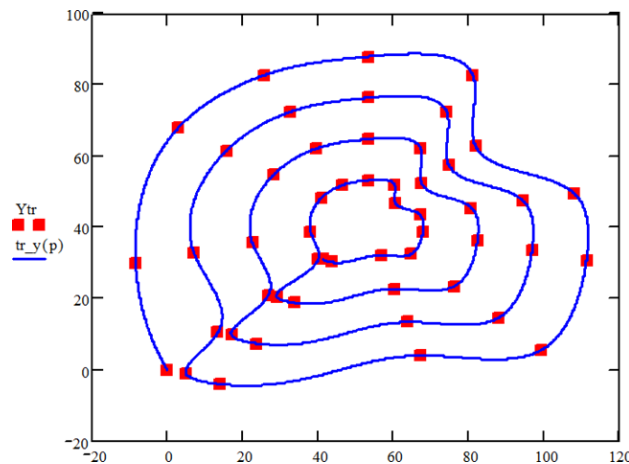


Рисунок 3. Графік з опорними точками траєкторії руху газонокосарки

Оцінку продуктивності можна зробити після порівняння загальної площі фігури поля та площі, яка обробилася б під час руху газонокосарки без перекриття, але з урахуванням довжини пройденого шляху. В нашому випадку значення коефіцієнту ефективності було 0.784. Такий показник був отриманий оскільки частково було подвійне проходження в верхній правій частині. Збільшити даний показник можна шляхом корекції центру ділянки або зміною траєкторії руху.

Література

1. Chandra R., Sawitri D. R. Control Design and Implementation of Autonomous Robotic Lawnmower Trajectory Tracking Using Feedback Linearization Methodologies. IJIGSP. 2024. Vol. 16, no. 1, p. 1–13.
2. Vieri M., Sarri D., Graziani M. Tracking Long-Distance Systematic Trajectories of Different Patterns to Improve the Quality of Autonomous Mowing. Agronomy. 2025. Vol. 15, no. 1, p. 2473. URL: www.mdpi.com (дата звернення: 10.12.2025).
3. Zhang X., Tian M., Jiang Z. Application of Path Planning and Tracking Control Technology in Mowing Robots. Agriculture. 2024. Vol. 14, no. 1, p. 129.