

Politechnika Poznańska  
Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania

# PRACA DYPLOMOWA MAGISTERSKA

Konstrukcja autonomicznego robota mobilnego

Małgorzata Bartoszewicz

Promotor:  
prof. dr hab. inż. A. Milecki

# Zakres pracy

2

- ❑ Rozpoznanie w zakresie autonomicznych robotów mobilnych
- ❑ Wykonanie dokumentacji robota mobilnego oraz jego sterownika
- ❑ Opracowanie i przebadanie algorytmów sterujących robotem omijającym przeszkody

# Autonomiczne roboty mobilne

3

Urządzenia mechaniczne zdolne do:

- przemieszczania się w środowisku rzeczywistym,
- odbierania z niego bodźców,
- adaptacji do zmieniających się warunków otoczenia,
- oraz podejmowania decyzji związanych z wykonaniem powierzonych im wcześniej zadań.

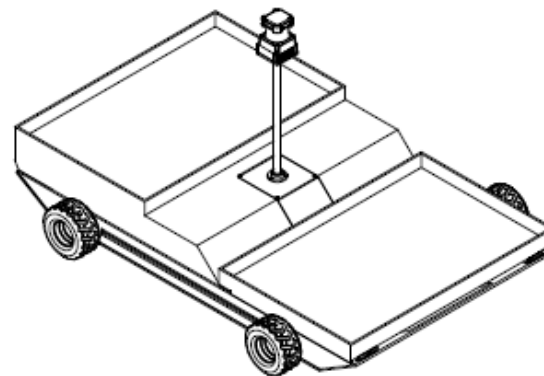
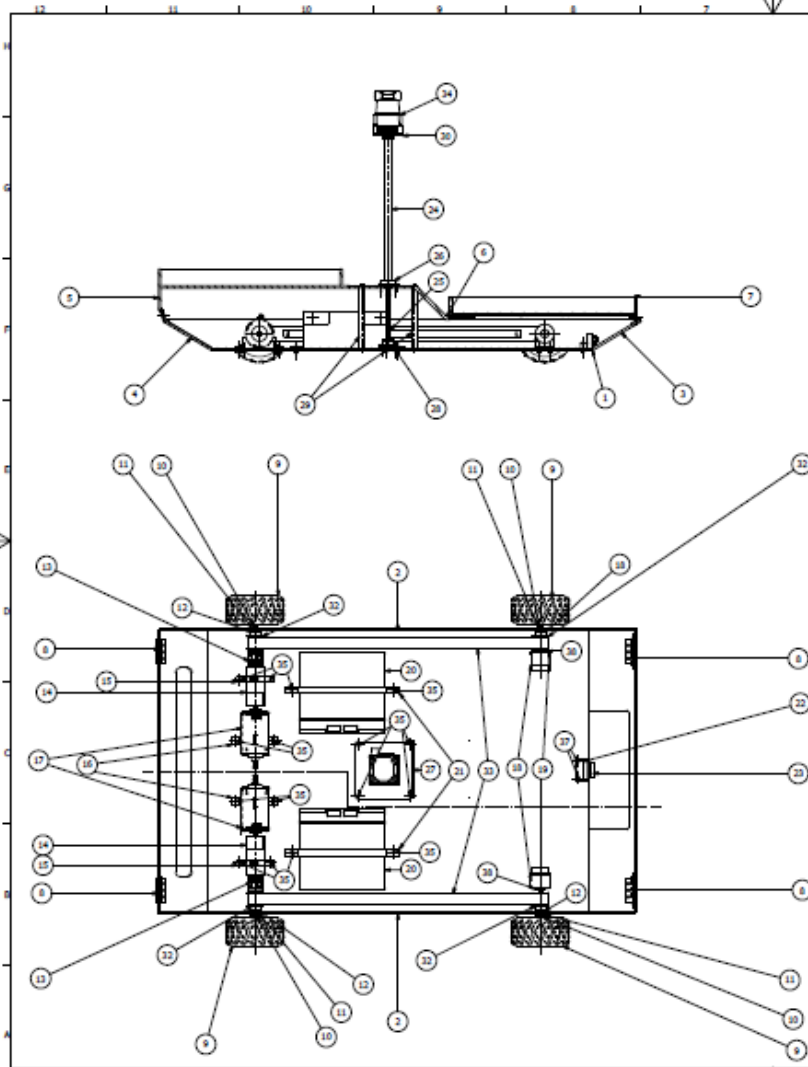


# Dokumentacja

4

UTWORZONY PRZEZ PROGRAM EDUKACYJNY FIRMY AUTODESK

UTWORZONY PRZEZ PROGRAM EDUKACYJNY FIRMY AUTODESK



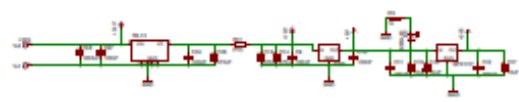
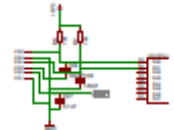

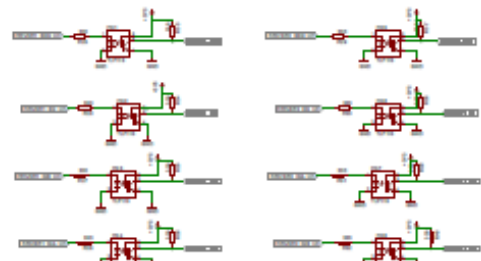
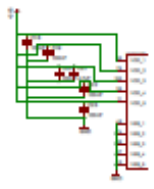
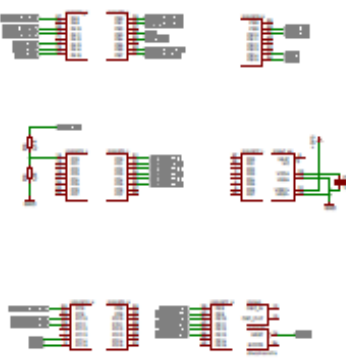
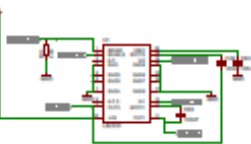

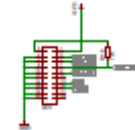
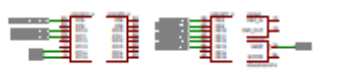
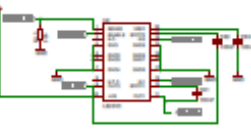


UTWORZONY PRZEZ PROGRAM EDUKACYJNY FIRMY AUTODESK

		LISTA CZĘŚCI				LISTA CZĘŚCI													
ELEMENT	ILUŚĆ	NR CZĘŚCI	OPIS	ELEMENT	ILUŚĆ	NR CZĘŚCI	OPIS												
30	2	akumulator		1	1	podstawa													
31	2	rozwinięcie akumulatora		2	2	uszczelnienie bok													
32	1	rozwinięcie sensora Sharp IR		3	1	uszczelnienie przed													
				4	1	uszczelnienie tył													
33	1	sensor Sharp IR	SHARP IR GP2Y0A21Y00F	5	1	haka tylna													
34	1	wał lasera 2		6	1	zamknięcie klapy													
35	1	wał lasera 1		7	1	haka przednia													
36	1	rozwinięcie wału		8	4	środek													
37	1	podstawka		9	4	opona													
38	1	rozwinięcie lasera		10	4	adapter opony													
39	4	podtrzymanie		11	4	wałki dociskowe													
40	1	podstawka czujnika		12	4	ślizgiki kulkowe	SF 625-06L												
41	4	kolo zębate	Shwin Technology SH	13	2	śrogielki	ROTEX GG 14 02014-044542_0203												
42	2	pas zębaty	Shwin Technology SH	14	2	przekładnia planetarna	Neugart PL60 2												
43	1	dalmierz laserowy	SECK LMS220-G1R	15	2	rozwinięcie przekładni planetarnej													
35	20	SKN 7904 - M0 x 16	Wkręt z łbem półkolistym walcowym	16	4	rozwinięcie śruby DC													
37	2	SKN 7904 - M0 x 20	Wkręt z łbem półkolistym walcowym	17	2	śruba DC Bosch	T9B 34 V, 35 W												
38	3	SKN 7905 (Z) - M3x4-2	Śruba z łbem walcowym przedłużonym i rozszerzeniem korymowym - Top Z	18	2	enkoder	MSK40												
				19	2	rozwinięcie enkodera													
41	2	SKN 7904 - M0 x 12	Wkręt z łbem półkolistym walcowym	<table border="1"> <tr> <td>temperatura</td> <td>ciężar</td> <td>ciężar</td> <td>ciężar</td> <td>ciężar</td> <td>ciężar</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> </table>				temperatura	ciężar	ciężar	ciężar	ciężar	ciężar	4	4	4	4	4	4
temperatura	ciężar	ciężar	ciężar	ciężar	ciężar														
4	4	4	4	4	4														
43	20	ISO 4032 - M0	Matryca	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Politechnika Pomorska</td> <td colspan="2">Autonomiczny robot mobilny</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Zakład Urządzeń Mechanicznych</td> <td colspan="2">Zakładnik A</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">171</td> </tr> </table>		Politechnika Pomorska		Autonomiczny robot mobilny		Zakład Urządzeń Mechanicznych		Zakładnik A				171			
Politechnika Pomorska		Autonomiczny robot mobilny																	
Zakład Urządzeń Mechanicznych		Zakładnik A																	
		171																	

UTWORZONY PRZEZ PROGRAM EDUKACYJNY FIRMY AUTODESK

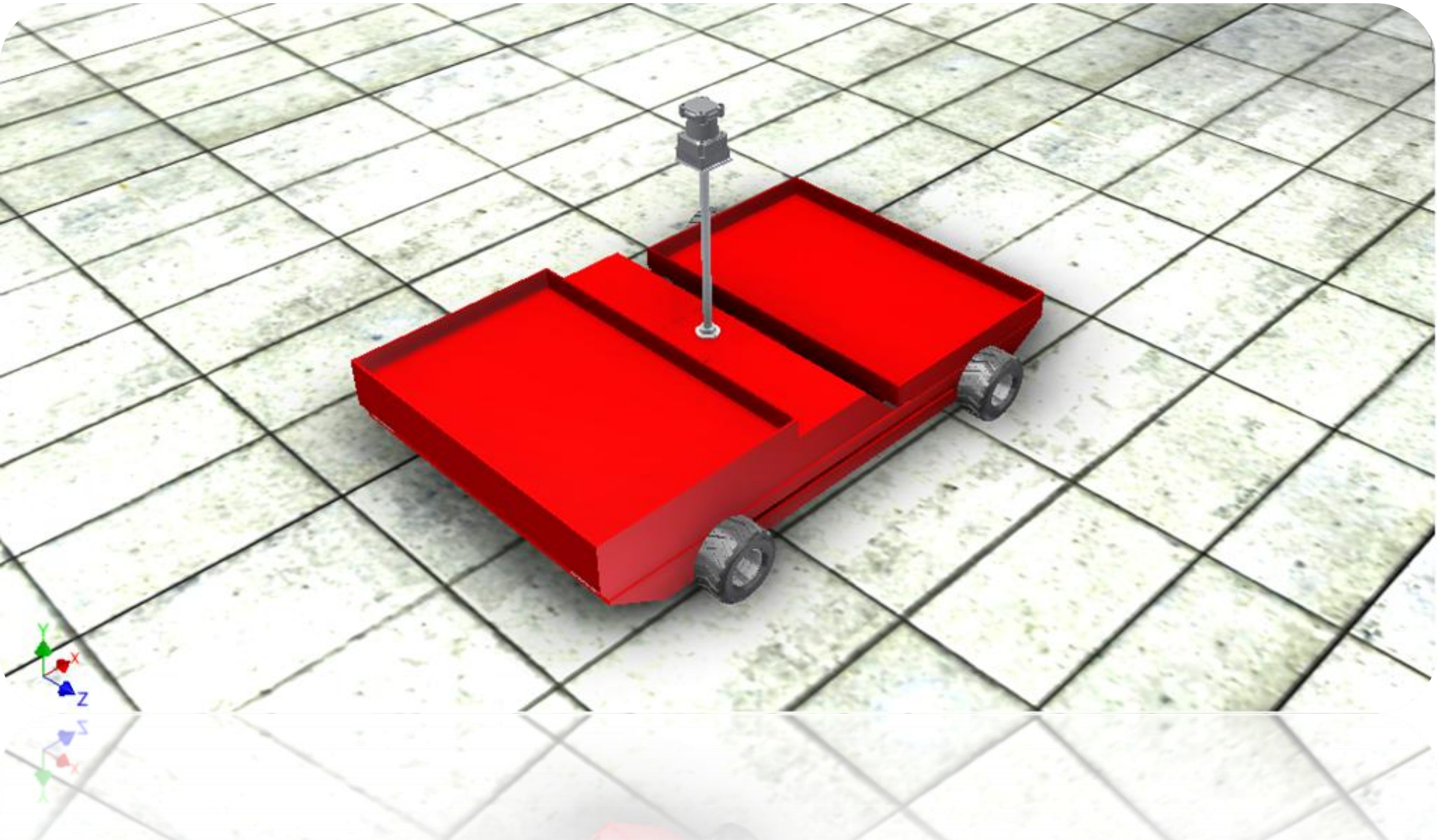
# Dokumentacja

5

<p>Stabilizacja napiecia</p> 	<p>Przyciski</p> 	<p>Zlaczne KK SHARP IR</p> 	<p>Optoizolacja driverow DC</p> 							
<p>Zasilanie uC</p> 	<p>STM32</p> 		<p>Driver DC1</p> 	<p>Zlaczne DC1 &amp; DC2</p> 						
<p>JTAG</p> 	<p>Zlaczne Enkoder 1 Enkoder2</p> 		<p>Driver DC2</p> 							
<p>Zlaczne RS422</p> 	<p>Zlaczne Enkoder 1 Enkoder2</p> 		<table border="1"> <tr> <td data-bbox="1275 1110 1464 1189"> <p>Zwrotek M. Bartoszewicz</p> </td> <td data-bbox="1464 1110 1653 1189"> <p>Zwrotek A. Milecki</p> </td> <td data-bbox="1653 1110 1835 1189"> <p>Data 19.06.2013</p> </td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="1275 1189 1561 1320"> <p>Politechnika Poznanska Zaklad Urzadzen Mechatronicznych</p> </td> <td data-bbox="1561 1189 1835 1320"> <p>Sterownik robota Zalacznik B</p> </td> </tr> </table>		<p>Zwrotek M. Bartoszewicz</p>	<p>Zwrotek A. Milecki</p>	<p>Data 19.06.2013</p>	<p>Politechnika Poznanska Zaklad Urzadzen Mechatronicznych</p>		<p>Sterownik robota Zalacznik B</p>
<p>Zwrotek M. Bartoszewicz</p>	<p>Zwrotek A. Milecki</p>	<p>Data 19.06.2013</p>								
<p>Politechnika Poznanska Zaklad Urzadzen Mechatronicznych</p>		<p>Sterownik robota Zalacznik B</p>								

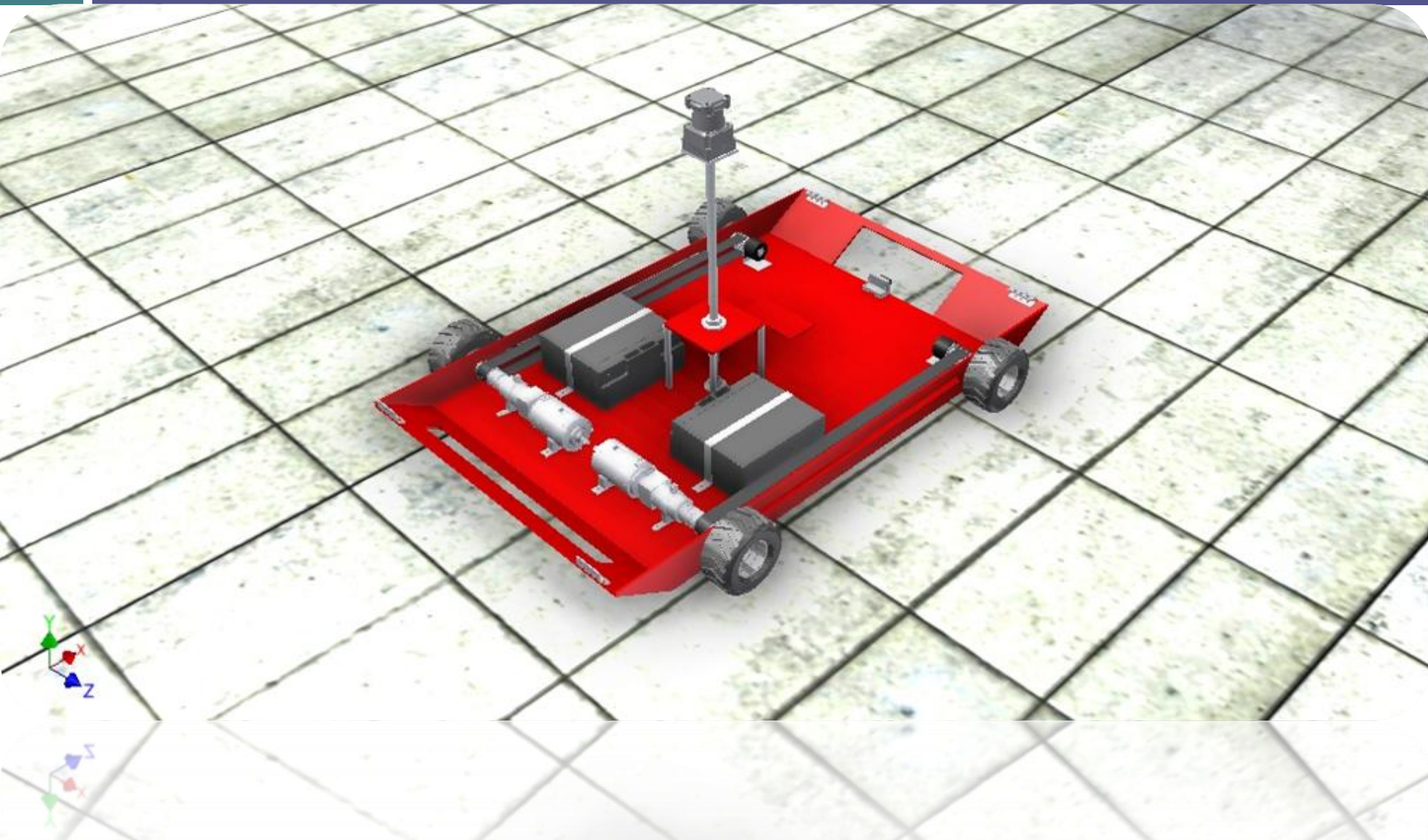
# Model 3D robota

6



# Model 3D robota

7



# Czujniki

Skonstruowany robot wykorzystuje następujące czujniki do zbierania informacji o swoim stanie oraz o otoczeniu:

- dalmierz laserowy LMS221-S19 firmy SICK,
- czujnik podczerwieni SHARP IR o zasięgu 10-80 cm,
- dwa enkodery inkrementalne MHK40 do pomiaru prędkości kół.

Nawigacja w robocie opiera się na odczytach czujników odometrycznych (enkoderów) oraz aktywnego czujnika zasięgu (dalmierza laserowego).



# Czujniki

9



MHK40



SHARP IR GP2Y0A21YK0F



LMS291

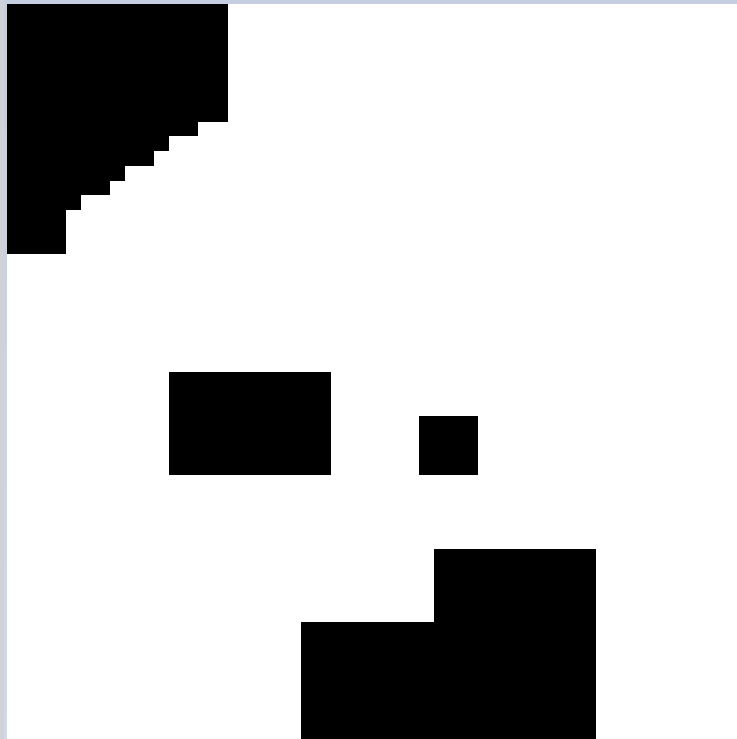
Dalmierz umożliwia tworzenie lokalnej mapy otoczenia i ustalenie pozycji robota poprzez dopasowanie mapy lokalnej do globalnej (z określonym prawdopodobieństwem). Połączenie metod dopasowania mapy i odometrii umożliwia dokładniejszą lokalizację, niż z zastosowaniem samych enkoderów.

Czujnik podczerwieni SHARP IR jest czujnikiem bliskiego zasięgu o wyjściu analogowym. Jeśli wykryje on przeszkodę, robot natychmiast się zatrzymuje.

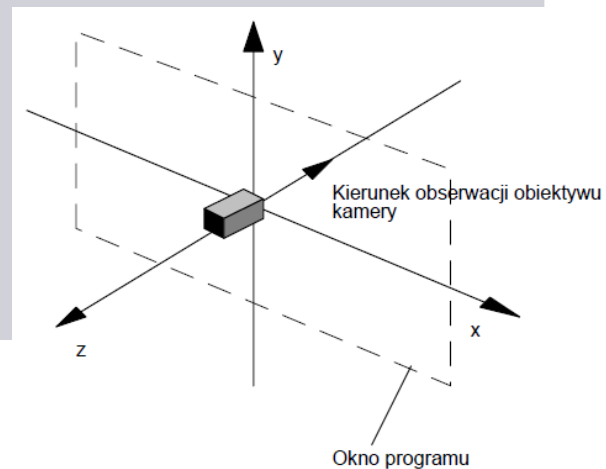
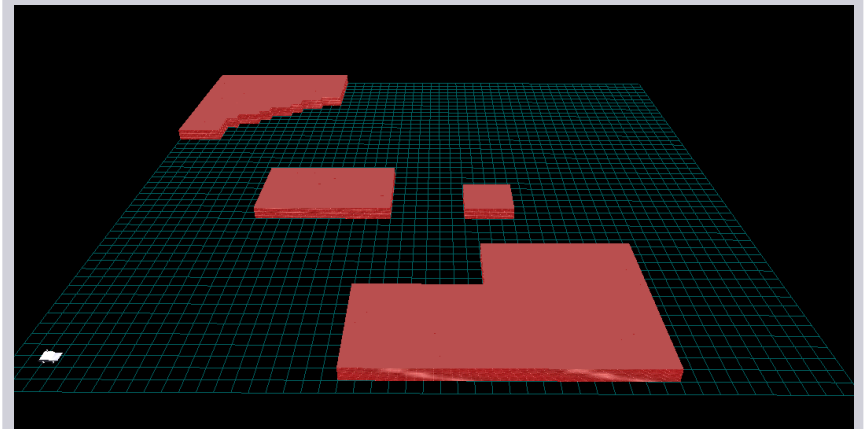
# Reprezentacja mapy otoczenia

10

## Mapa rastrowa



## Reprezentacja graficzna w symulacji



# Zastosowany algorytm

11

Najbardziej znanym i rozpowszechnionym algorytmem wyszukiwania najkrótszych ścieżek w grafie z jednym źródłem jest algorytm Dijkstry.

Aby zastosować algorytm Dijkstry do obliczenia trasy z ominięciem przeszkód, konieczna jest zamiana w programie reprezentacji otoczenia robota z rastrowej na grafową.

Tworzony graf jest tablicą jednoelementową alokowaną dynamicznie, podobnie jak wczytywana mapa rastrowa. Każdemu pikselowi na mapie zostaje przypisany wierzchołek grafu.

# Zastosowany algorytm

12

Trasa wyznaczona algorytmem Dijkstry, mimo iż optymalna z punktu widzenia założeń początkowych (zakłada się połączenie wierzchołka jedynie z wierzchołkami przyległymi), może w rzeczywistości zostać poddana dalszemu uproszczeniu.

Kolejnym etapem ustalania trasy jest opracowanie trasy optymalnej metodą rzutowania promieni (*ray casting*) na podstawie istniejącej już ścieżki.

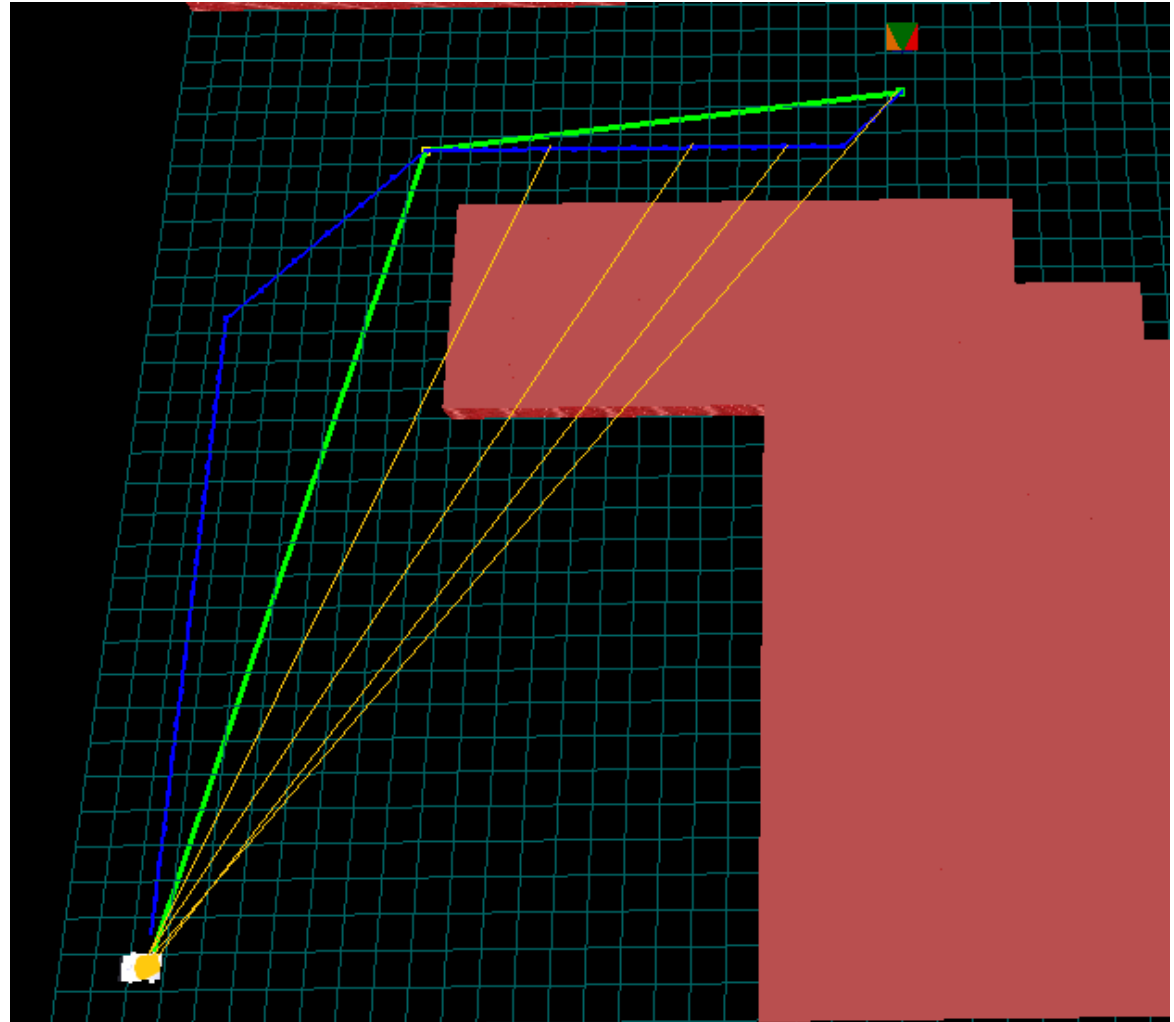
# Zastosowany algorytm

13

Trasa niebieska –  
wyznaczona  
algorytmem Dijkstry

Trasa zielona –  
wyznaczona po  
rzutowaniu promieni

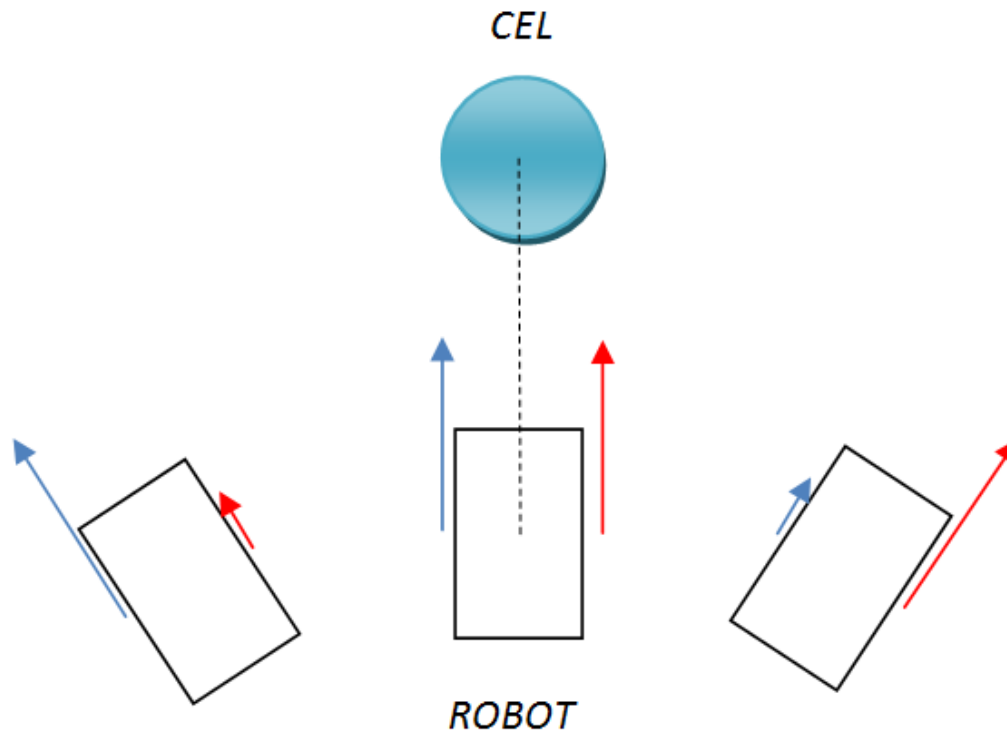
Żółte linie –  
przykładowe  
rzutowane promienie



# Podążanie trasą

14

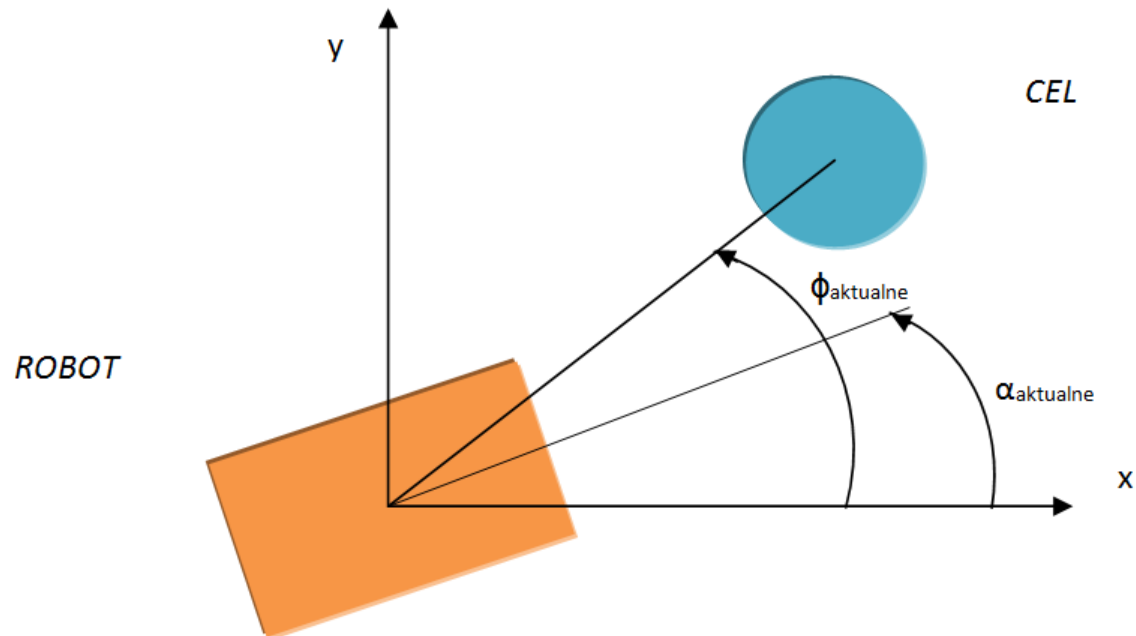
W trakcie symulacji z prawej i lewej strony robota pokazują się paski informujące o aktualnej prędkości kół.



# Podążanie trasą

15

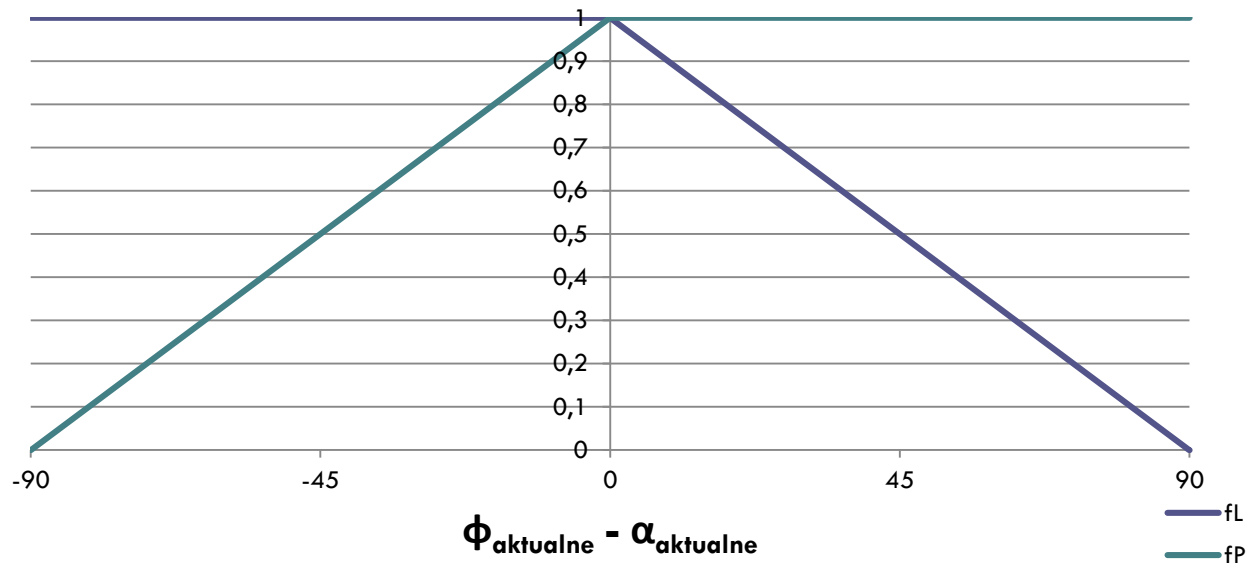
W trakcie jazdy robot sprawdza zarówno swój aktualny kąt  $\alpha$ , jak i aktualny kąt do celu  $\phi$ , a następnie na podstawie różnicy między nimi dostosowuje współczynniki  $f_P$  i  $f_L$  prędkości kół prawego i lewego.



# Podążanie trasą

16

Wartość współczynników  $f_L$  i  $f_P$  w zależności od różnicy aktualnych kątów do celu i robota



Ponadto, na podstawie odległości pozostałej do osiągnięcia celu (węzła trasy), robot uwzględnia współczynnik  $f_C$ .

Gdy odległość jest mniejsza niż 10 m, współczynnik zaczyna maleć, do wartości 0.2 w węzle trasy. Gdy robot zawraca  $f_C = 0.5$ .



# Podążanie trasą

17

- Uaktualnienie prędkości kół następuje na podstawie wzorów:

$$vL = fC \cdot fL \cdot vMax$$

$$vP = fC \cdot fP \cdot vMax$$

- Prędkość wypadkowa robota jest zaś równa:

$$v = \frac{vL + vP}{2}$$

- Kąt robota uaktualniany jest na podstawie obliczanej najpierw prędkości kątowej  $\omega$ :

$$\omega = \frac{vL - vP}{2b}$$

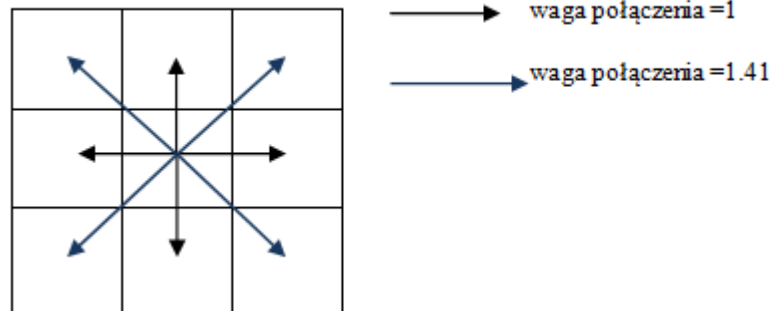
# Badanie algorytmu omijania przeszkód

18

Wpływ na przebieg ścieżki wyznaczonej za pomocą algorytmu Dijkstry ma przypisanie odpowiednich wag dla połączeń z każdym z sąsiadów.

Jeżeli bardzo istotne byłoby nieprzemieszczanie się robota po ścieżkach biegnących ukośnie, należałoby zmienić wagi połączeń np. na 1 dla połączenia z sąsiadami górnym, dolnym i bocznymi oraz przykładowo 5 dla pozostałych.

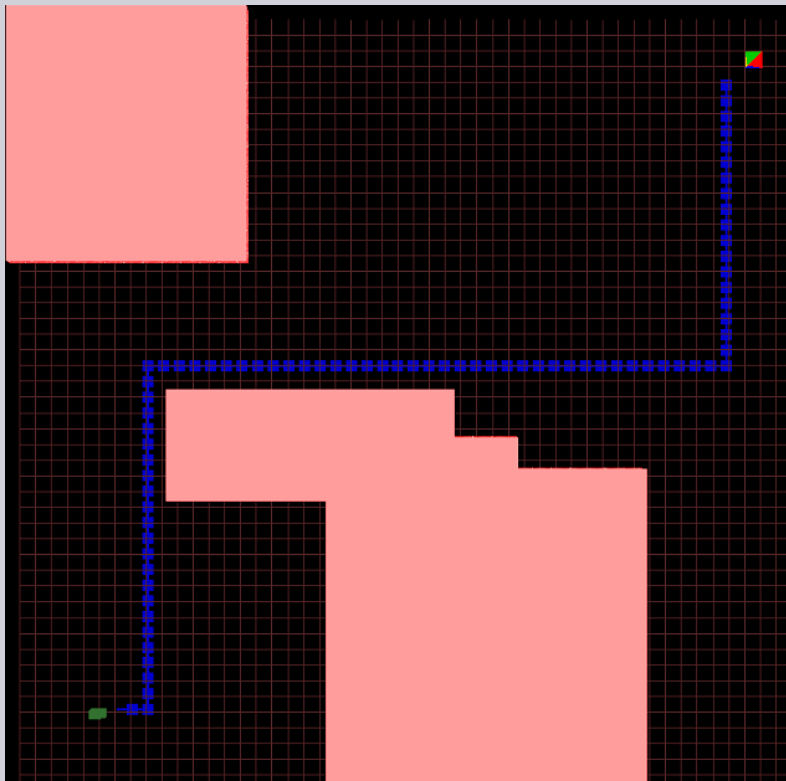
Z tytułu braku dodatkowych ograniczeń wybrane wagi to 1 dla połączeń z sąsiadami górnym, dolnym i bocznymi, oraz 1.41 dla pozostałych, ponieważ odpowiadają one geometrycznej relacji długości przebytych dróg między środkami kwadratów mapy wybranych sąsiadów.



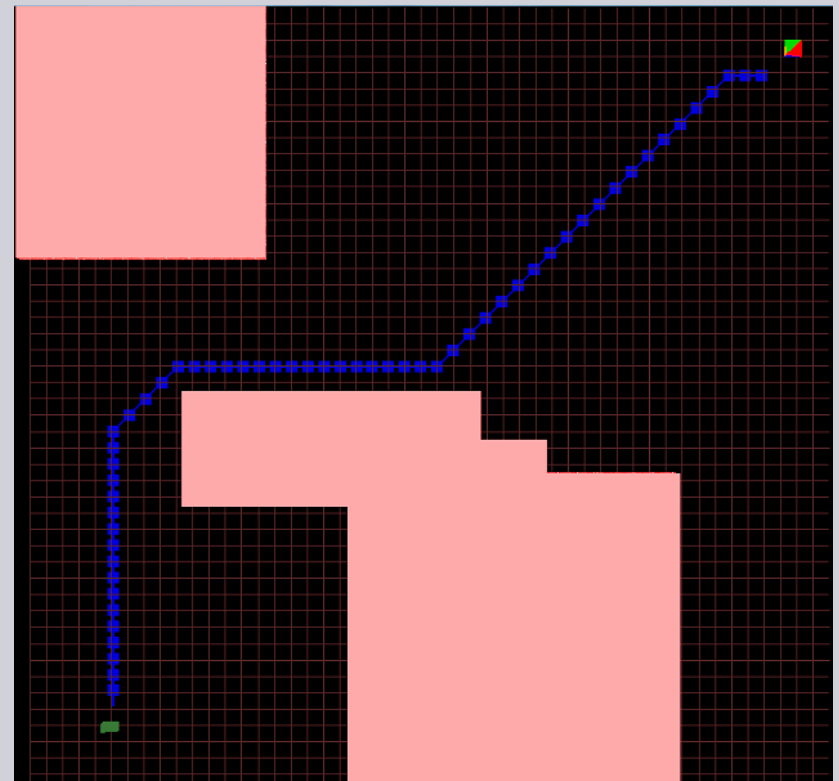
# Badanie algorytmu omijania przeszkód

19

Waga połączeń po skosie 5



Waga połączeń po skosie 1.41



# Badanie algorytmu omijania przeszkód

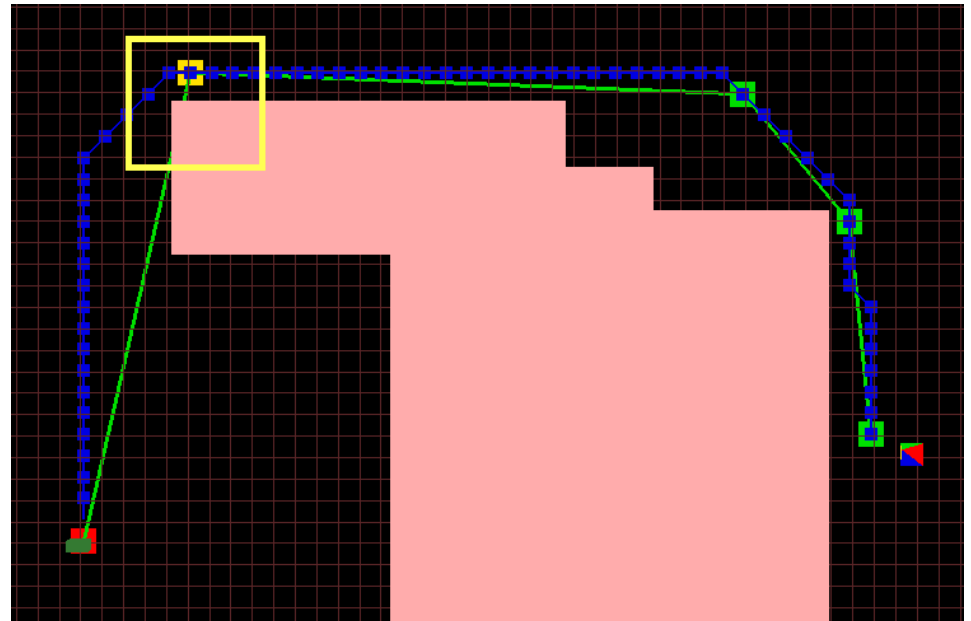
20

Sposób przeprowadzania ścieżki optymalnej

*Przypadek 1: Warunkiem przerwania promienia jest obecność przeszkody na wczytanej mapie.*

Problem pojawia się, kiedy rzutowany promień będzie przebiegał przez wierzchołek przeszkody.

Kolejny węzeł po przekątnej jest teoretycznie wolny od przeszkód. W rzeczywistości pojazd nie przejedzie jednak tą trasą, bo uderzyłby w przeszkodę.





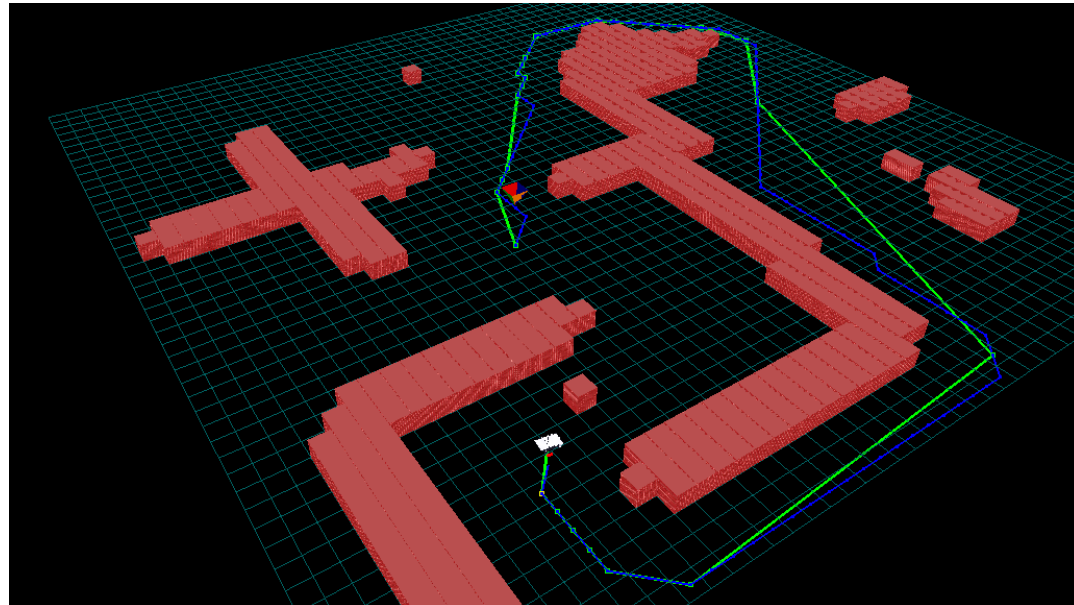




# Badanie algorytmu omijania przeszkód

24

Ponieważ nowa przeszkoda traktowana jest tak samo jak wszystkie, które były na mapie wcześniej, nowa trasa nie może przebiegać w odległości mniejszej niż 2 pola od niej. Przez to może się zdarzyć, że robot zmuszony będzie do nadłożenia sporej drogi. Z drugiej strony, gdyby zmniejszyć bezpieczny dystans od nowo napotkanych przeszkód, nowa trasa mogłaby być dla robota zbyt ryzykowna.





# Badanie algorytmu omijania przeszkód

25

## Wnioski:

- Konieczna optymalizacja trasy wyznaczonej algorytmem Dijkstry z uwagi na przyjęte warunki początkowe.
- Konieczne założenie bezpiecznego dystansu, aby robot nie uderzył o przeszkodę w trakcie podążania ścieżką optymalną.
- Ustawienie dodatkowych przeszkód może uniemożliwić osiągnięcie celu lub znacznie wydłużyć drogę do niego.
- W rzeczywistości błędy odometrii i lokalizacji pozycji robota – być może konieczne dodatkowe czujniki.

**Dziękuję za uwagę**

