

Dokumentacja projektu

Przedmiot: Wstęp do robotyki dla informatyków

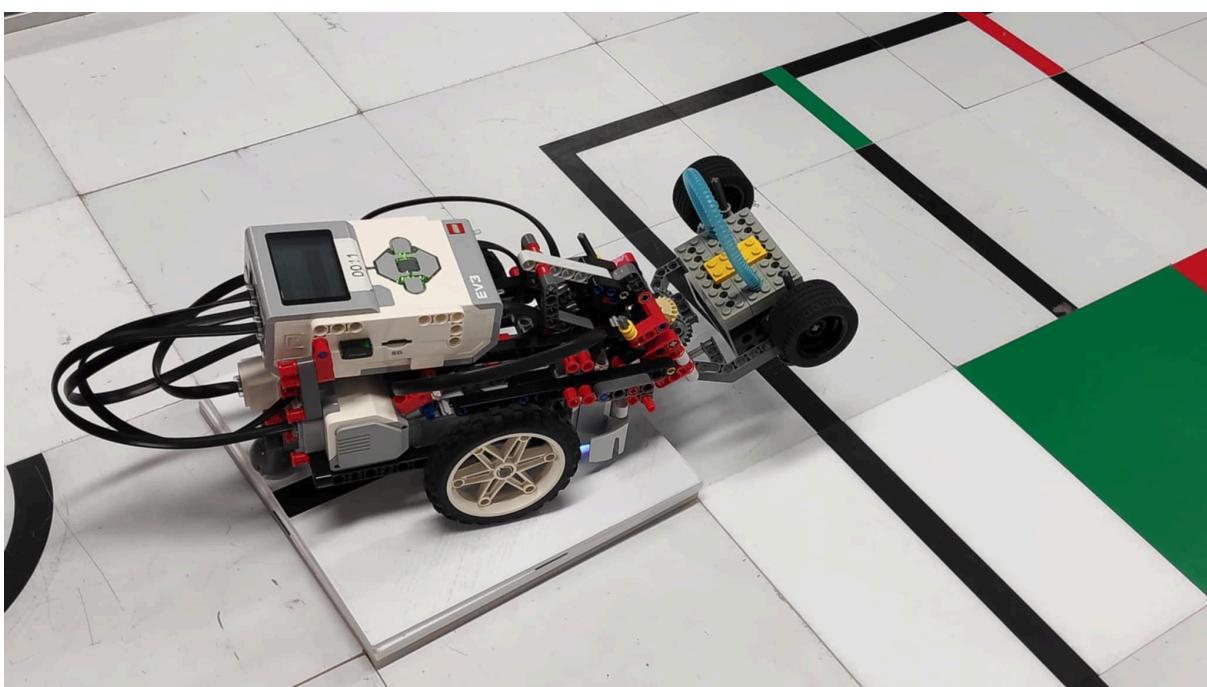
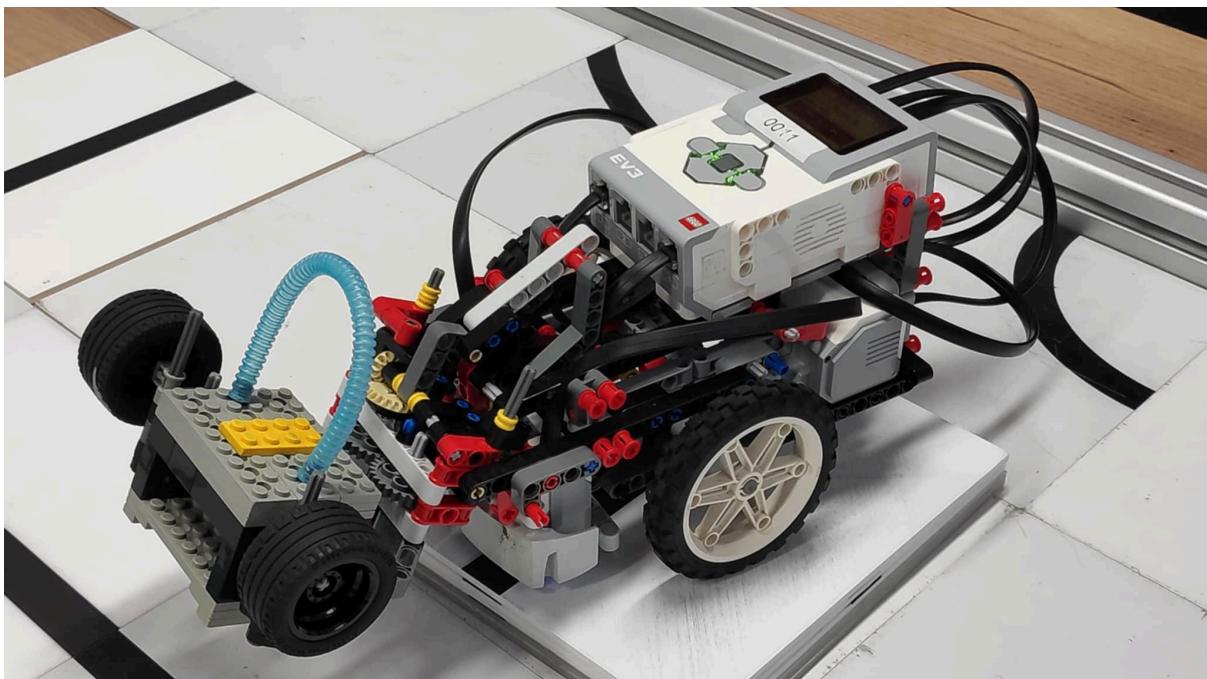
Data: 25.05.2025

Autorzy:

- Sebastian Abramowski
- Aleksander Stanoch

Repozytorium: <https://github.com/Sebastian-Abramowski/WRI-Lab>

Konstrukcja robota

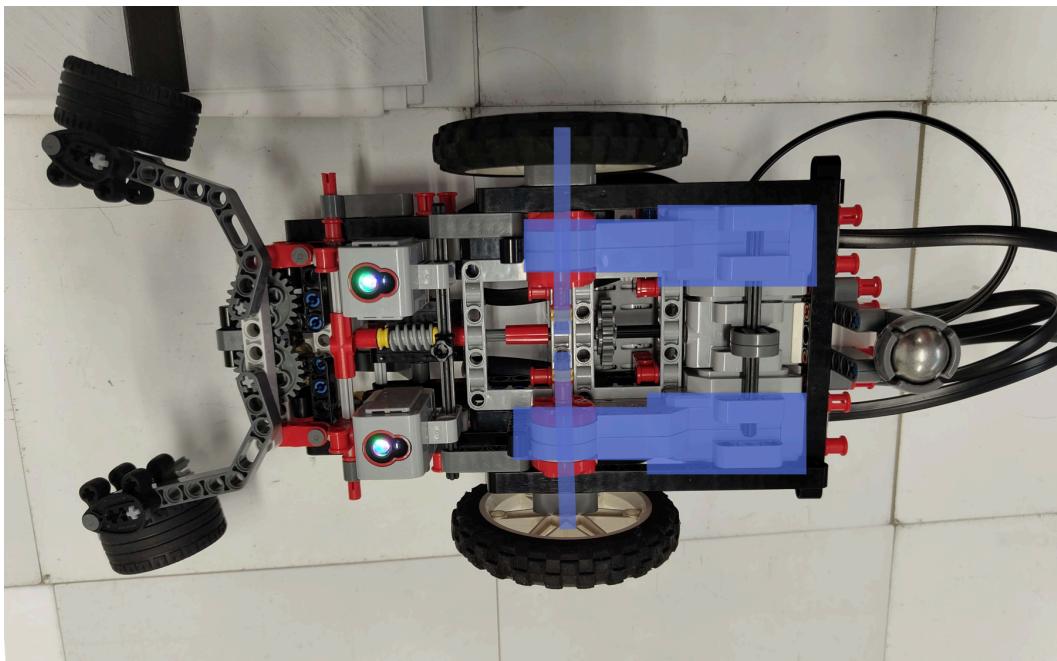


Układ jazdny

Dwa 'duże' silniki podłączone (zaznaczone na niebiesko) połączone są bezpośrednio z koła.

Zrobiono tak, aby ograniczyć luzy pomiędzy kołami a silnikami.

Robot posiada 2 koła napędowe oraz trzeci punkt podparcia z tyłu, taka konstrukcja umożliwia obrót wokół własnej osi.

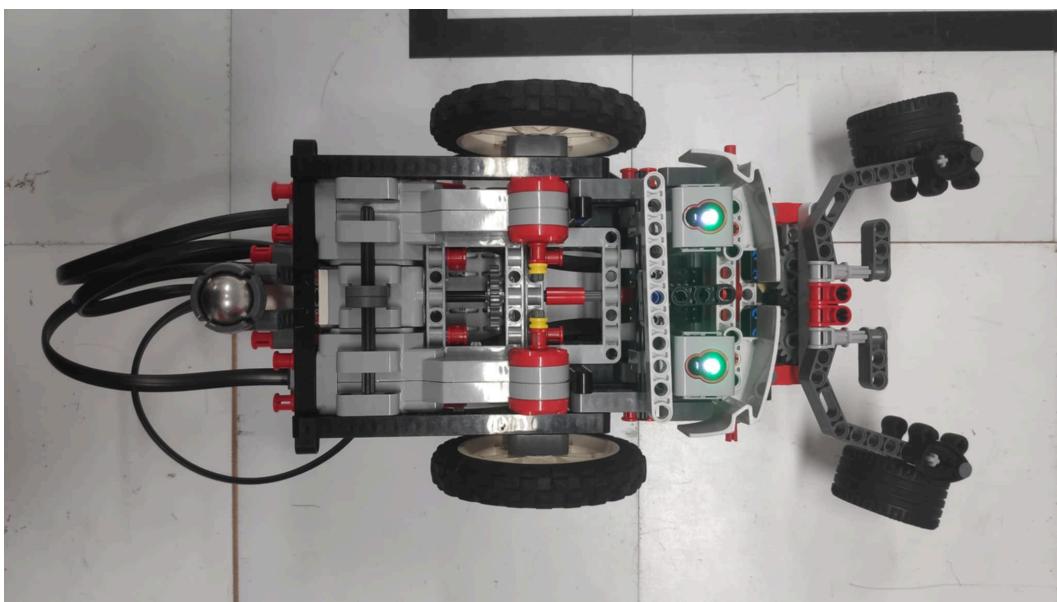


Czujniki

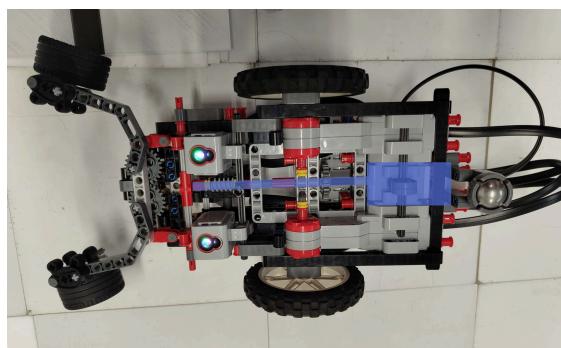
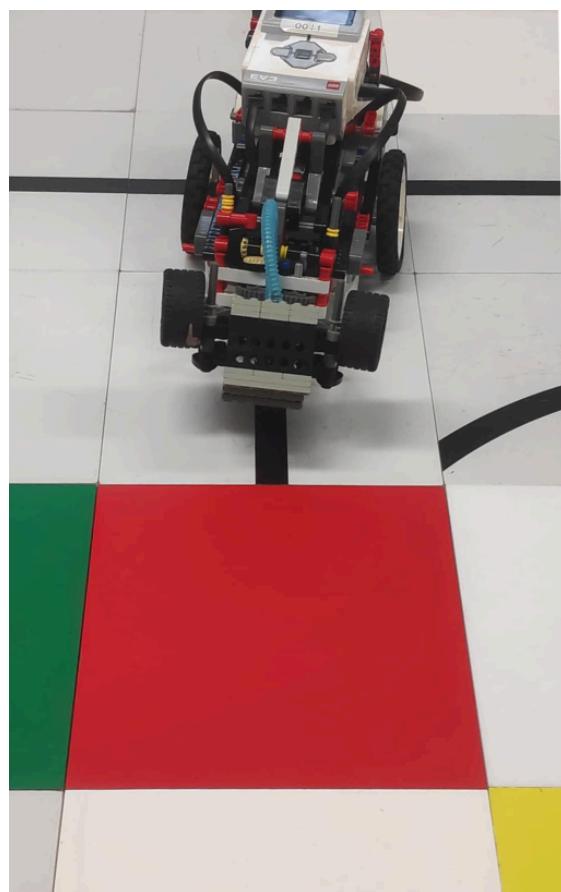
Robot posiada 2 czujniki koloru, znajdujące się z przodu robota, zamontowane są one na szynie co umożliwia łatwe ustawienie ich odległości względem siebie.

Ich odległość od środka podykutowana jest dwoma czynnikami:

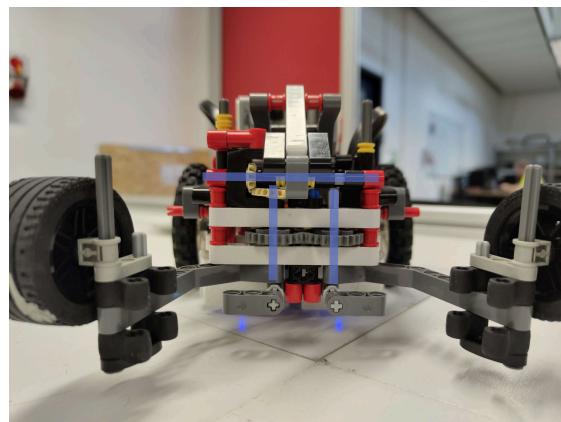
1. Im mniejsza odległość od środka tym szybciej robot reaguje na odstępnstwo od linii
2. Z kolei zbyt mała odległość sprawia, że robot ma problemy z pokonaniem zakrętu o kącie 90° .



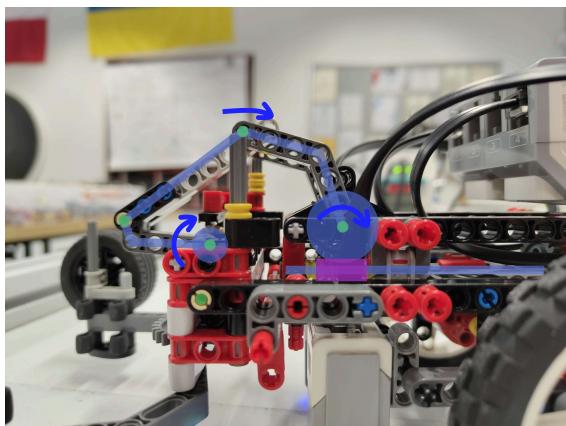
Podnoszenie



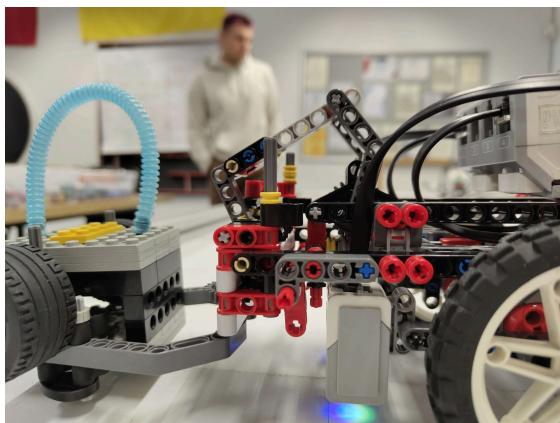
'średni' silnik zamontowany jest między 'dużymi' silnikami, podłączony jest wałem do przekładni ślimakowej z przodu robota



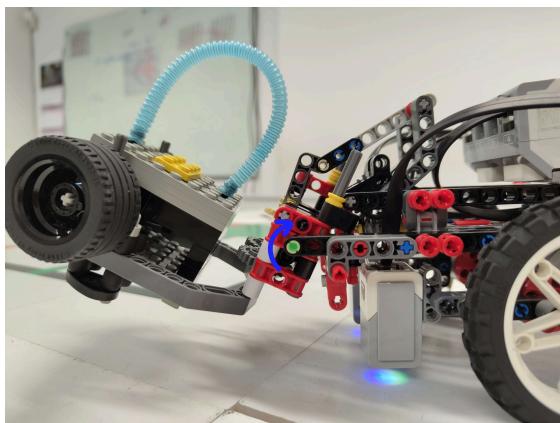
Z przodu robot posiada chwytkę, składającą się z dwóch ramion, połączonych zębatkami. Ramiona posiadają gumowe elementy, aby lepiej trzymać podniesione obiekty.



W momencie, gdy 'średni' silnik obraca przekładnie ślimakową (fioletowy prostokąt na zdjęciu), koło zębate obraca się zgodnie z kierunkiem niebieskich strzałek. Na zdjęciu (zaznaczone na niebiesko) jest ramię połączone przegubami (zaznaczone na zielono)



Ruch ramienia do środka robota sprawia, że chwytak zamyka się



W momencie gdy chwytak zamknie się, ramię przesuwa się dalej w kierunku środka robota, co sprawia, że obraca się na osi (zielony punkt na zdjęciu), podnosząc trzymany obiekt.

Algorytm Linefollowera

Zastosowaliśmy **prosty, klasyczny algorytm** oparty na dwóch czujnikach koloru umieszczonych z przodu robota, po obu stronach linii.

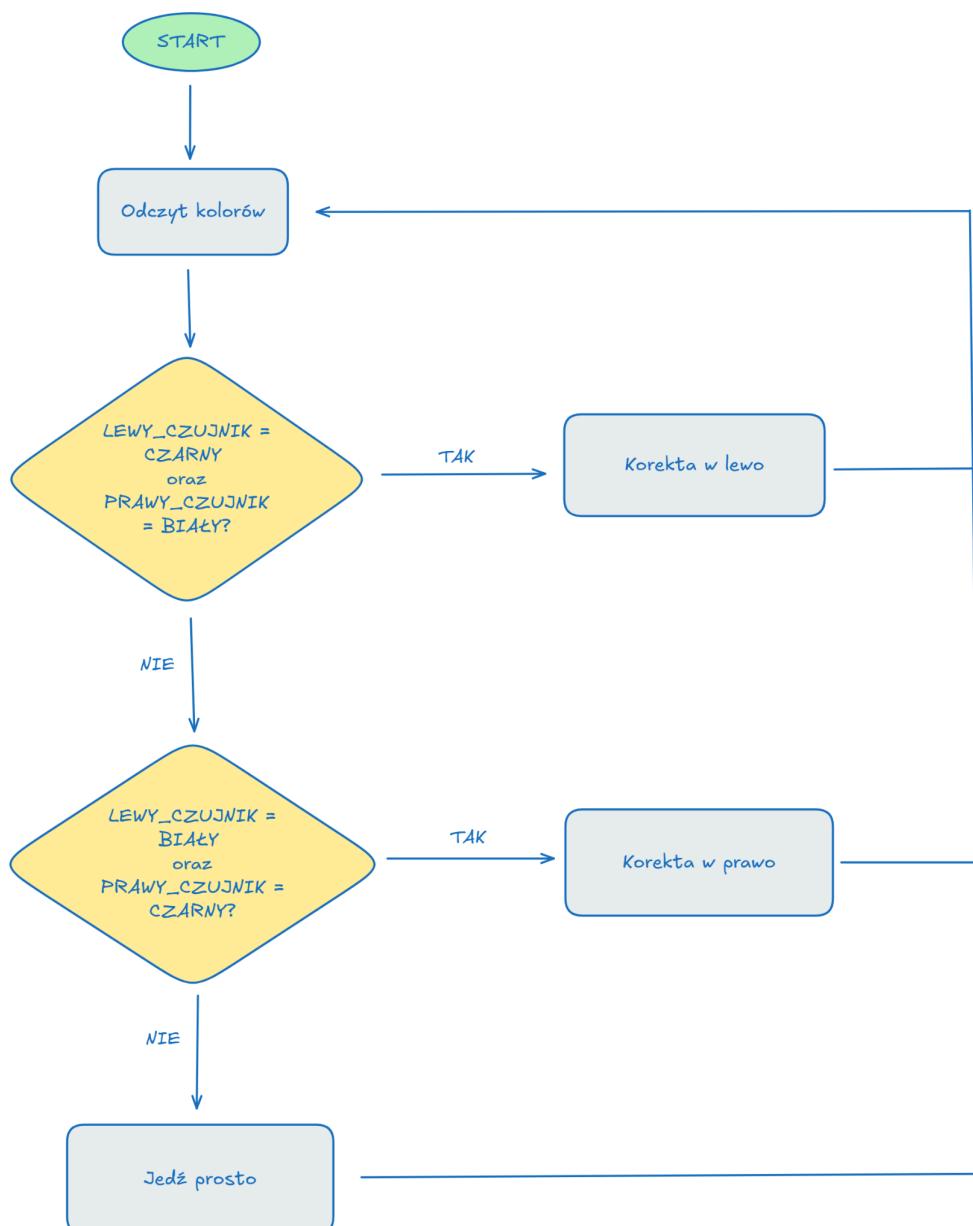
Gdy oba czujniki widzą kolor biały, oznacza to, że między nimi znajduje się linia (czyli kolor czarny), dlatego robot kontynuuje jazdę prosto. Jeśli oba czujniki widzą czarny, traktujemy to jako skrzyżowanie — również w tym przypadku robot jedzie prosto.

Jeśli prawy czujnik wykryje czarny kolor, oznacza to, że robot zjeżdża z linii w lewo — należy wtedy skręcić w prawo, aby wrócić na linię. Analogicznie, gdy lewy czujnik wykryje czarny, robot koryguje tor jazdy skrętem w lewo.

Prędkości kół zostały dobrane eksperymentalnie tak, aby zapewnić stabilną jazdę oraz możliwość pokonywania zakrętów bez wypadania z trasy.

Implementację umieściliśmy w pliku **linefollower.py**

Schemat blokowy algorytmu:



Wykrywanie kolorów przy algorytmie Linefollowera

Ponieważ linefollower wymagał rozpoznawania tylko dwóch kolorów — czarnego i białego — zastosowaliśmy prostą metodę opartą na analizie wartości RGB zwracanych przez czujniki. Jeśli wartości były niejednoznaczne, wspomagaliśmy się nazwą koloru (color_name) zwracaną przez czujnik. Kolory podobne do czarnego (np. "Black", "Brown") traktowaliśmy jako czarny, a kolory jasne (np. "White", "Yellow") jako biały.

Takie podejście było wystarczająco niezawodne — podczas działania linefollowera nie napotkaliśmy większych problemów z wykrywaniem kolorów.

Kod rozpoznawania kolorów:

```
def get_color_from(sensor):
    red, green, blue = sensor.rgb

    if red > 90 and green > 170 and blue > 100:
        return Color.WHITE

    if red < 35 and green < 65 and blue < 35:
        return Color.BLACK

    if sensor.color_name in ["Black", "Brown"]:
        return Color.BLACK

    if sensor.color_name in ["White", "Yellow", "Blue", "Green"]:
        return Color.WHITE

    return Color.UNKNOWN
```

Algorytm Transportera

W przeciwieństwie do prostego linefollowera, algorytm transportera wymagał znacznie bardziej złożonego podejścia. Jego zadaniem było samodzielne przejechanie robota przez trasę, rozpoznanie miejsca odbioru i miejsca docelowego, a także wykonanie odpowiednich manewrów skręcania i chwytania obiektu.

Podstawą działania transportera był **automat skończony składający się z 21 stanów**, w którym każdy stan odpowiadał konkretnej sytuacji — np. jazda po linii, wykrycie punktu odbioru, skręt w lewo/prawo, chwytanie przedmiotu, zawrócenie, dotarcie do punktu docelowego i oddanie obiektu.

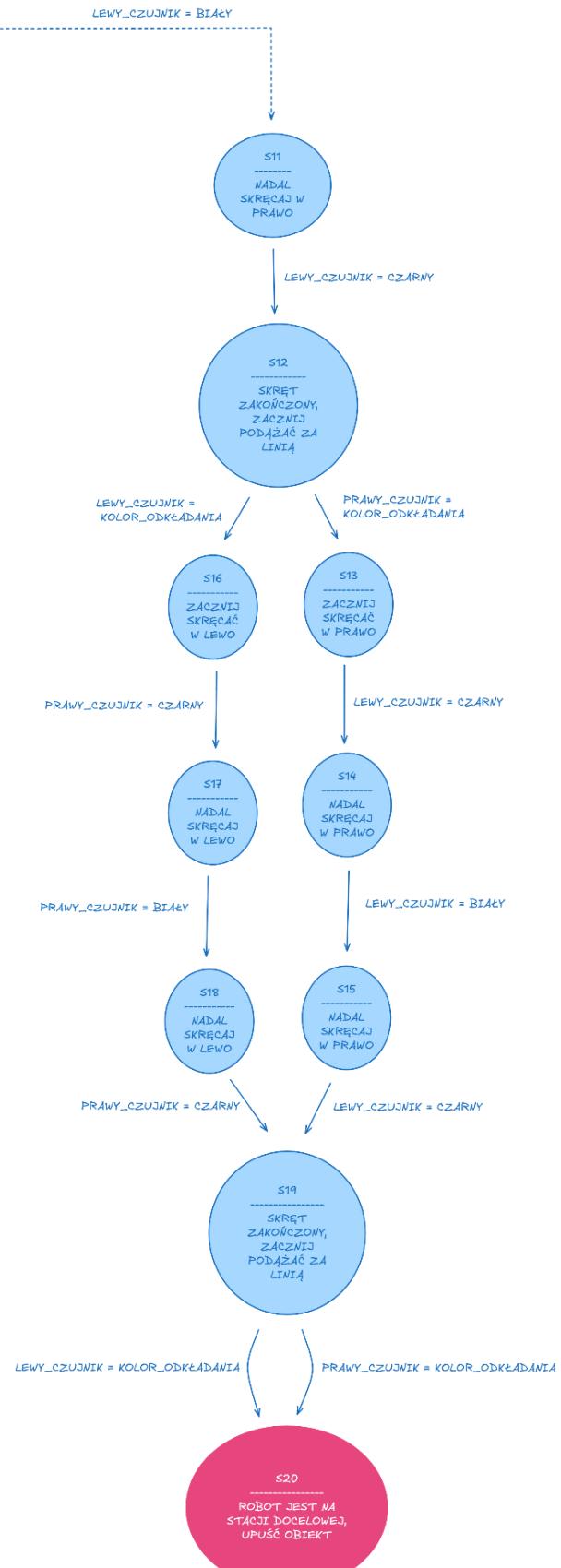
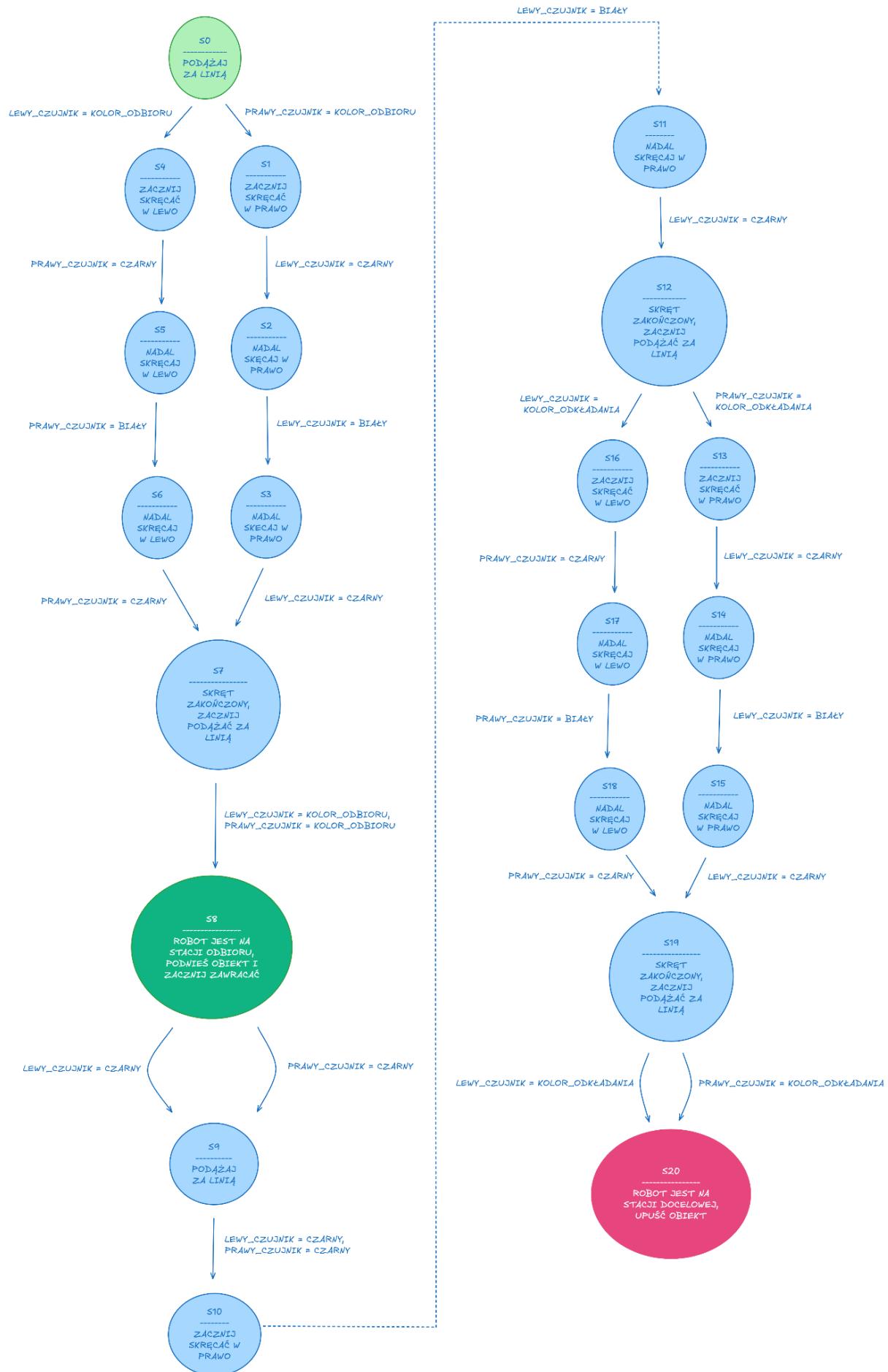
W ramach niektórych stanów, wykorzystaliśmy fragmenty kodu zaimplementowanego wcześniej w linefollowerze — do jazdy po linii, np. aby dojechać do stacji odkładania klocka.

Cały proces opiera się na analizie kolorów odczytywanych z dwóch czujników, przechodzeniu między stanami automatu oraz odpowiednim sterowaniu silnikami kół i chwytaka.

Podobnie jak wcześniej, prędkości w transporterze dobieraliśmy eksperymentalnie — zależało nam, żeby robot płynnie skręcał i nie mylił stanów podczas jazdy.

Kod algorytmu znajduje się w pliku **transporter.py**

Automat skończony wykorzystany w algorytmie:



Wykrywanie kolorów przy algorytmie Transportera

Ze względu na konieczność rozróżniania kilku kolorów, a także fakt, że błędne rozpoznanie mogło prowadzić do przejścia w niewłaściwy stan, zastosowaliśmy dokładniejszą metodę wykrywania.

Na początku próbowałyśmy prostszych metod rozpoznawania kolorów, jednak okazały się one zawodne — robot od czasu do czasu błędnie interpretował kolor, co skutkowało przejściem do niepożądanego stanu automatu.

Aby rozwiązać ten problem, każdy odczyt RGB porównywaliśmy z wcześniejszym zdefiniowanym zestawem kolorów bazowych. Wybieraliśmy ten, dla którego suma kwadratów różnic składowych RGB była najmniejsza. Kolory nieistotne (np. żółty, niebieski) traktowaliśmy jako biały, a dla zielonego zastosowaliśmy dodatkową korektę.

Kolory bazowe ustaliliśmy na podstawie kilku pomiarów dla każdego koloru, a następnie "na oko" wybieraliśmy reprezentatywną wartość RGB, która najlepiej pasowała do danego koloru.

Kod rozpoznawania kolorów:

```
COLOR_BASES = {  
    Color.RED: (125, 35, 15),  
    Color.BLUE: (20, 80, 90),  
    Color.BLACK: (22, 38, 20),  
    Color.WHITE: (150, 225, 162),  
    Color.GREEN: (17, 100, 30),  
    Color.YELLOW: (170, 235, 33)  
}  
  
def get_color_from(sensor):  
    sensor_color = sensor.rgb  
    debug_print("RGB values: ", sensor_color)  
  
    def diff(color1, color2):  
        return ((color1[0] - color2[0])**2 + (color1[1] - color2[1])**2 + (color1[2] - color2[2])**2)  
  
    best_color = Color.UNKNOWN  
    best_score = float('inf')  
  
    for color, base in COLOR_BASES.items():  
        score = diff(sensor.rgb, base)  
        if score < best_score:  
            best_score = score  
            best_color = color  
  
    # ignore  
    if best_color not in [Color.BLACK, Color.WHITE, PICKUP_COLOR, DROP_COLOR]:  
        best_color = Color.WHITE  
  
    # correction  
    red, green, blue = sensor_color  
    if best_color == Color.GREEN and (green < 83 or red > 30):  
        best_color = Color.WHITE  
  
    return best_color
```

Napotkane problemy

Problemy ogólne

- Przy niektórych uruchomieniach robot zdawał się wolniej reagować na kolory.
- Zarówno przy rozpoznawaniu linii, jak i w trakcie transportu, zdarzało się błędne rozpoznanie koloru w niektórych sytuacjach. Radziliśmy sobie z tym, dostosowując kod na podstawie analizy tych pojedynczych przypadków.

Problemy z linefollowerem

- Na początku w linefollowerze próbowaliśmy skręcać, ustawiając prędkość tylko na jedno koło, a drugie pozostawiając w miejscu. Jednak robot nie radził sobie wtedy z ostrymi zakrętami — dopiero zastosowanie przeciwnych obrotów kół podczas korekty pozwoliło skutecznie pokonywać bardziej skomplikowane łuki (szczególnie zakręty o 90 stopni).
- Podczas testowania linefollowera zauważaliśmy, że szerokość rozstawu czujników koloru ma istotny wpływ na działanie robota. Dlatego zmodyfikowaliśmy konstrukcję, aby umożliwić łatwą regulację ich rozmieszczenia po obu stronach.
- Dużym problemem było odpowiednie dobranie prędkości. Zaczeliśmy od wyższych wartości i stopniowo je zmniejszaliśmy, aż robot zaczął działać poprawnie — kluczowym momentem testów były zakręty pod kątem prostym, na których robot najczęściej sobie nie radził przy zbyt dużej prędkości. Dużo eksperymentowaliśmy też z tym, jakie proporcje ustawiać między prędkością jazdy na wprost a różnicą prędkości kół podczas skręcania, aby ruch był skuteczny i robot działał stabilnie.

Problemy z transporterem

- Podczas transportu rozpoznawanie kolorów było szczególnie problematyczne, ponieważ należało odróżnić kilka barw, poza kolorem czarnym i białym (zielony, czerwony, żółty, niebieski). Jedno błędne rozpoznanie mogło prowadzić do przejścia w niewłaściwy stan — poradziliśmy sobie z tym, wprowadzając kosztowniejszą obliczeniowo metodę porównywania z zestawem kolorów bazowych i wybierania najbliższego z nich, a także dodając osłonki przy czujnikach, by ograniczyć wpływ światła zewnętrznego na odczyt koloru,
- Ze względu na nietypowy sposób chwytania obiektu (po bokach), mieliśmy problem z odpowiednią siłą ścisku. Rozwiązaliśmy go, modyfikując konstrukcję chwytaka — zmodyfikowaliśmy układ zębatego, aby zwiększyć przełożenie. Mieliśmy też drobne problemy konstrukcyjne z samym chwytakiem, do którego regularnie dodawaliśmy różne ulepszenia i ograniczniki, żeby poprawić jego działanie i niezawodność.
- Chwytak przy podnoszeniu obiektu od boku, zbyt szybko unosił się do góry. Aby rozwiązać ten problem, dociążyliśmy chwytak, dodając koła po bokach jako obciążenie.
- W transporterze w niektórych stanach celowo wykonujemy skręt o 90 stopni, np. aby ustawić robota w odpowiednim kierunku względem stacji odbioru lub odkładania. Gdy ustawialiśmy zbyt dużą prędkość podczas skręcania, zdarzało się, że czujnik nie zdążył wykryć czarnej linii i robot obracał się dalej, mimo że powinien już się zatrzymać. Nawet jeśli linia została wykryta, robot często był zbyt mocno skręcony, aby zdążyć skorygować swój ruch. Ostatecznie rozwiązaliśmy ten problem, zmniejszając nieco prędkość skrętu oraz dodając krótką, przeciwną korektę tuż po obrocie, aby ustabilizować pozycję robota i precyzyjnie ustawić go względem toru jazdy.
- Podczas zaliczenia okazało się, że niektóre stacje nie mają czarnej linii prowadzącej bezpośrednio przed sobą. W związku z tym rozszerzyliśmy algorytm o dynamiczne dostosowanie sposobu podjazdu i chwytania obiektu w zależności od układu planszy. Dzięki temu robot działa poprawnie również w takich przypadkach.