

Roboty Mobilne kolokwium 3

link kol1.

https://docs.google.com/document/d/1NHb5-T79ZjdmWuhHvhc9rWYdo_1c7B9intZcOfDWz8/edit

linki kol 2.

https://docs.google.com/document/d/12OM6XOIXS3TVxsutrSwgtmuLxT_dD9xZDODIFM_0apQ/edit

https://docs.google.com/document/d/14_nSNalhQWdBNvV-HJhi9XUKCtqGvzOfRNiyMAAGnK0/edit

METODY PLANOWANIA TRAJEKTORII RUCHU ROBOTA MOBILNEGO strona 25

Zagadnienia:

1. Scharakteryzować typy kołowych robotów mobilnych;
 2. Def. zadania sterowania lokomocją;
 3. Dekompozycja problemu sterowania lokomocją a architektura systemu sterowania;
 4. Koncepcja architektury Brooks'a (wyjaśnić pojęcie poziomu kompetencji);
 5. Pojęcie (def.) nawigacji reaktywnej + problemy związane z określaniem funkcji odwzorowującej;
 6. Sterownik oparty na logice rozmytej (architektura sterownika);
 7. Pojęcie (def.) "podstawowego" problemu planowania ruchu;
 8. Pojęcie (def.) przestrzeni konfiguracyjnej;
 9. Metoda Grafu Widzialności (koncepcja)
 - 10. Metoda diagramu Voronoi'a (koncepcja)**
 - 11. Metody dekompozycji wypukłej**
 - 12. Metody rastrowe**
- To są nowe zagadnienia
których nie było na
dwóch kolokwiach**

ad 1. Scharakteryzować typy kołowych robotów mobilnych

Systemy jezdne robotów mobilnych można podzielić ze względu na:

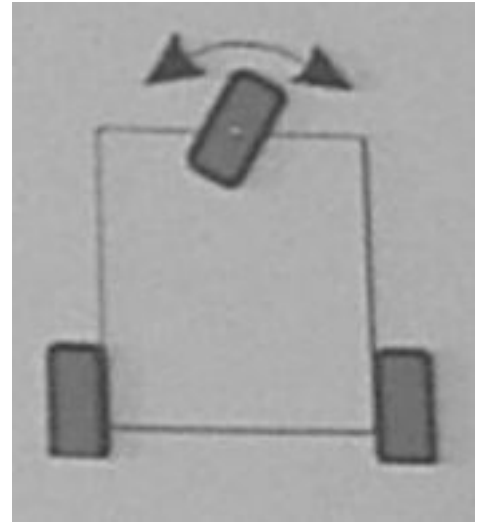
- stopień sterowania napędem (stopień "mobilności")
- stopień sterowania kierunkiem (stopień "kierowalności")

Pierwszy oznacza liczbę niezależnych sterowań prędkością obrotową kół (czyli liczbę napędzanych kół, o niezależnie sterowanej prędkości obrotu). Drugi określa liczbę niezależnych sterowań orientacją kół (czyli liczbę niezależnie kierowanych kół).

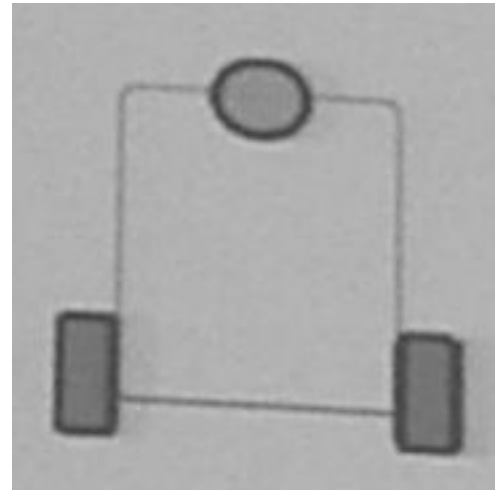
W ten sposób można określić klasy robotów mobilnych

(prostokąty oznaczają koła zwykłe, a kółka koła szwedzkie bądź koła swobodne)

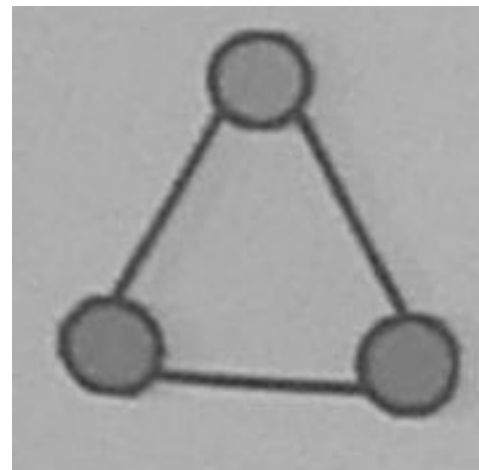
Klasa (1,1) - Robot zwany samochodem kinematycznym, (sterowanie podobne do sterowania autem). Ma jedno koło napędzane i jedno kierowalne. Może mieć dwa niezależnie kierowane i dwa zależnie napędzane koła (mechanizm różnicowy napędzany pojedynczym napędem). Dobre prowadzenie. Mała wrażliwość na niewielkie nierówności. Ograniczony promień skrętu.



Klasa (2,0) - Robot tego typu posiada dwa koła napędzane niezależnie, obydwa sztywne (niekierowalne). Możliwość obrotu w miejscu. Wrażliwość na nierówności.



Klasa (3,0) - Robot posiada 3 niezależnie napędzane sztywne koła wielokierunkowe (koła szwedzkie), które umożliwiają ruch w dowolną stronę, bez zmiany orientacji. Skomplikowane i kosztowne sterowanie.



Klasyfikację kół można przeprowadzić ze względu na:

-Sterowanie prędkością obrotu:

a) koła aktywne napędzane (sterowana prędkość obrotu koła)

b) koła pasywne, nienapędzane (prędkość obrotu wymuszona czynnikami zewnętrznymi)

-Sterowanie kierunkiem ustawienia koła względem korpusu

a) koła sztywne (nie skrętne)

b) kierowane (sterowany kąt ustawienia koła)

c) swobodne (samonastawialne rolki, nie sztywne i nie kierowane)

-Możliwości ruchu ortogonalnego do płaszczyzny obrotu

a) koła zwykłe (brak możliwości ruchu poprzecznego)

b) koła szwedzkie (możliwość toczenia się w dowolnym kierunku)

ad 2. Definicja sterowania lokomocją

Zadanie sterowania lokomocją - polega na określeniu takiego sterowania układem jezdnym (napędami), przy którym działanie robota zapewnia osiągnięcie zadanego celu, przy ograniczeniach wynikających z własności robota i otoczenia oraz z dostępności informacji o sytuacji na scenie, optymalizując jednocześnie przyjęte kryterium jakości działania.

Sterowanie układem jezdnym polega na określeniu:

- kątów skrętu kół kierujących
- prędkości kół napędowych

Własności robota dotyczą jego geometrii, możliwości manewrowania, dynamiki ruchu, warunków występowania poślizgów a także przyjętych ograniczeń ruchu.

Własności otoczenia dotyczą rodzaju powierzchni ruchu i jej własności trakcyjnych, geometrii przeszkód ich stacjonarności.

Dostępność informacji o scenie dotyczy stopnia wiedzy a priori robota o geometrii sceny (pełna, częściowa, brak) oraz informacji bieżącej (pozyskiwanie z czujników).

Kryteria jakości działania to minimalizacja drogi, czasu, energii, przyspieszeń, niepewności działania (najprecyzyjniej), niepewności położenia lub maksymalizacji bezpieczeństwa działania (odległość od przeszkód).

ad 3. Dekompozycja problemu sterowania lokomocją a architektura systemu sterowania

Dekompozycja funkcjonalna - wywodzi się z klasycznego (Kartezjusz) pojmowania źródła inteligencji jako scentralizowanego, hierarchicznego systemu rozumowania. Dekompozycja ta prowadzi do architektury szeregowej, hierarchicznej, w której poszczególne zadania są zlokalizowane na określonych poziomach hierarchii, a decyzje poziomów wyższych są obligatoryjne dla poziomów niższych.

Dekompozycja behawioralna - wywodzi się z biologicznej interpretacji mechanizmów zachowań zwierząt niższych (owadów) i prowadzi do architektury równoległej, w której zadania odpowiadają wyróżnionym zachowaniom, są usytuowane na jednym poziomie i generują decyzje równoległe. Wynikowe sterowanie zależy tu od stopnia aktywności poszczególnych decyzji, określonego w wyniku wzajemnego oddziaływania warstw na siebie.

ad 4. Koncepcja architektury Brooks'a (wyjaśnić pojęcie poziomu kompetencji)

Zgodnie z koncepcją zaproponowaną przez Rodney'a Brooks'a, zadanie sterowania lokomocją dekomponujemy przez wyróżnienie nie samych zachowań, lecz tzw. "poziomów kompetencji" działania robota.

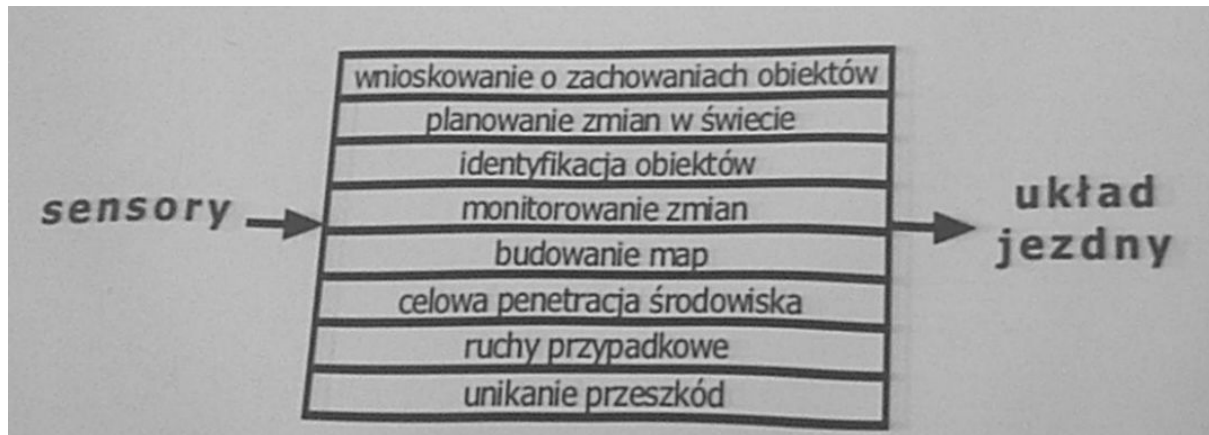
Poziom kompetencji - opis pożądanej klasy zachowań robota w oczekiwanych sytuacjach

Poziomy kompetencji i struktura systemu:

- 0 - unikanie kontaktu z obiektami (ruchomymi lub stacjonarnymi);
- 1 - "przypadkowe" poruszanie się w otoczeniu bez kolizji z obiektami;
- 2 - "poznawanie" świata, poprzez rozpoznawanie i przemieszczanie się w kierunku najbardziej odległych miejsc (korytarze);
- 3 - budowanie mapy otoczenia i planowanie dróg pomiędzy poznanymi miejscami
- 4 - wykrywanie zmian w otoczeniu statycznym;
- 5 - wnioskowanie o otoczeniu w kategoriach "identyfikowalności" obiektów i realizacja zadań związanych z pewnymi obiektami;
- 6 - tworzenie i wykonywanie planów prowadzących do pożądanej zmiany stanu otoczenia

7 - wnioskowanie o zachowaniu się obiektów i odpowiednie do tego modyfikowanie planów

Struktura systemu sterowania uwzględniająca opisaną koncepcję dekompozycji ma następującą postać:



ad 5. Pojęcie (def.) nawigacji reaktywnej + problemy związane z określaniem funkcji odwzorowującej

Def. Przestrzeń percepcyjna S - jest to przestrzeń, której każda współrzędna reprezentuje sygnał z sensora (wejście systemu nawigacji).

Def. Przestrzeń komend Y - jest to przestrzeń, której każda współrzędna reprezentuje współrzędną (parametr) komendy sterującej (wyjście systemu nawigacji)

Def. Odwzorowanie przestrzeni percepcyjnej S na przestrzeń komend Y , określamy mianem nawigacji reaktywnej.

Budowanie systemu nawigacji reaktywnej polega na określeniu takiego odwzorowania. Może ono pochodzić z rodziny wstępnie zdefiniowanych funkcji (tak jak w metodzie pola potencjalnego) lub też może być wytworzone przy użyciu „uniwersalnych” aproksymatorów (takich jak sieci neuronowe lub logika rozmyta).

Problemy związane z określaniem odwzorowania M

Oznaczmy przez M^* odwzorowanie zdolne doprowadzić robota do celu. Przy określaniu odwzorowania M dla systemu nawigacji, pojawiają się dwa zasadnicze problemy:

1. M musi być **lokalnie dobrą aproksymacją** odwzorowania AF . Lokalnie - oznacza to, że ono obowiązuje w pewnym regionie przestrzeni percepcyjnej (czyli szczególnym

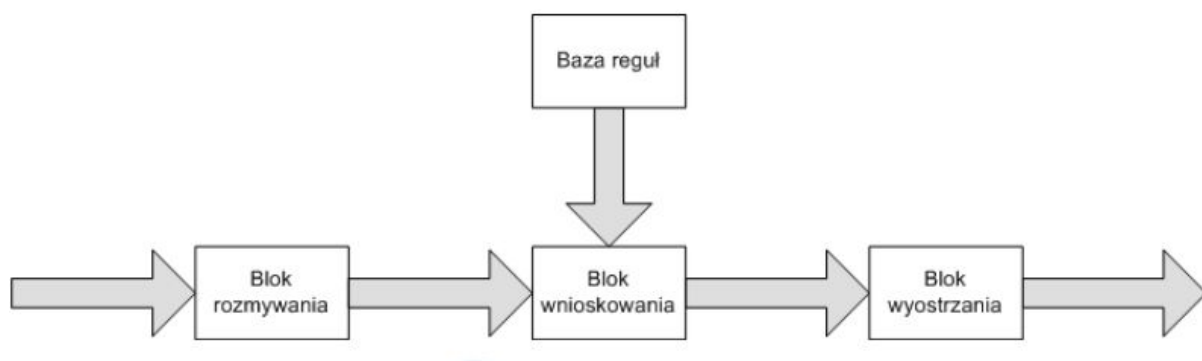
przedziale wartości danych sensorycznych) - np.: robot musi zakręcić przed ścianą;

2. M musi przybliżać M' w **całej przestrzeni percepcyjnej S** (tzn. zapewnić dobrą reakcję w każdej sytuacji percepcyjnej - dla każdej kombinacji danych sensorycznych).

Drugi problem jest trudny gdyż robot napotyka dużą różnorodność sytuacji powiązanych z dużą liczbą różnych reakcji. Ponadto, trudno jest wyobrazić sobie rzeczywistą sytuację związaną z każdym regionem przestrzeni S - trudno więc jest określić reakcję związaną z każdym punktem tego regionu. Dlatego większość systemów nawigacji buduje się odwrotnie: rozważa się standardowe sytuacje rzeczywiste (np.: śledzenie ściany, przechodzenie przez drzwi, ruch w korytarzu). Jednak wtedy nie ma gwarancji, że regiony odpowiadające tym sytuacjom pokryją całą przestrzeń percepcyjną i nie będą na siebie zachodziły. Zachodzenie regionów wymaga łączenia lub arbitrażu komend. Określona reakcja jest odpowiedzią na określoną sytuację.

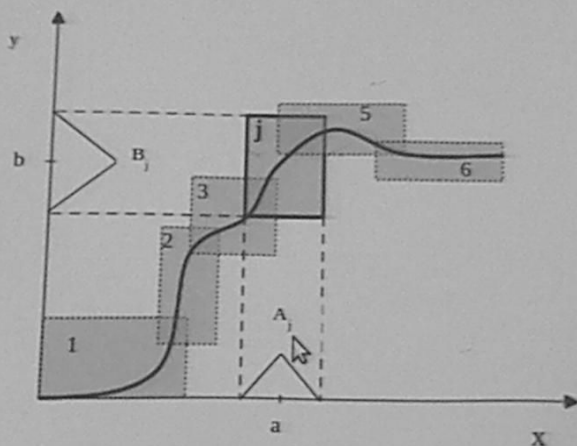
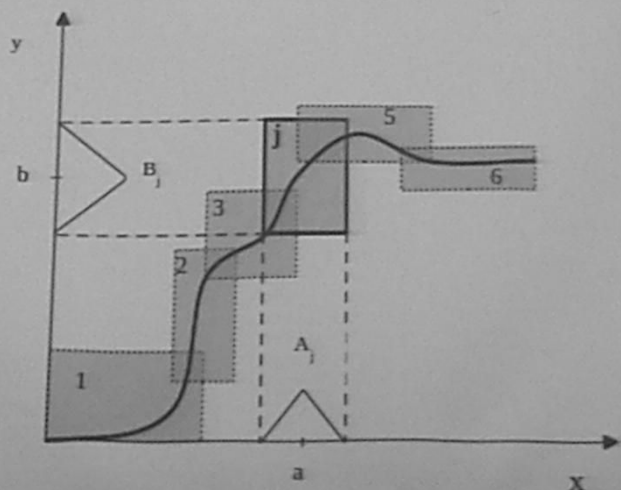
Dla rozwiązania pierwszego problemu (lokalnie dobrej aproksymacji M^*) należy określić komendy, spowodują wymaganą reakcję. W większości przypadków określenie dokładnego modelu ruchu pojazdu jest prawie niemożliwe, np.: ze względu na nieliniowe równania różniczkowe (więzy nieholonomiczne), nieznane poślizgi kół itp. Trudno też określić precyzyjny model sensorów, ponieważ w układzie zbierania danych występuje dużo niekontrolowanych parametrów jak: kształt przeszkody, materiał i faktura jej powierzchni, temperatura otoczenia itp. Dlatego nie można uzyskać funkcji odwzorowującej opartej na matematycznym opisie sytuacji i trzeba zastosować metody przybliżone.

ad 6. Sterownik oparty na logice rozmytej (architektura sterownika)



Sterownik reaktywny oparty na logice rozmytej

Sterownik Fuzzy (lub rozmyta pamięć asocjacyjna) jest odwzorowaniem pomiędzy zmiennymi wejściowymi a wyjściowymi (te zmienne są oczywiście zbiorami rozmytymi a nie wartościami numerycznymi tak jak w przypadku klasycznej funkcji przejścia). Prościej można powiedzieć, że znane są pewne pary punktów (*input*, *output*) należące do funkcji, którą chcemy modelować. Przyjmuje się, że funkcja ta jest ciągła, co znaczy że jeśli znany jest punkt (*input*, *output*), to można powiedzieć: „wokół wartości *input* wartość funkcji jest bliska wartości *output*”. Taka funkcja jest modelowana przez zestaw relacji zbiorów rozmytych.



Rysunek pokazuje sterownik fuzzy w postaci „łańcucha aproksymujących” funkcję M^* . Relacja (A_i, B_j) między zbiorami rozmytymi jest wyprowadzona z relacji (a, b) pomiędzy punktami numerycznymi. Trójkąty reprezentują funkcje przynależności zbiorów rozmytych A i B.

Przykładowo, łańcuch j odwzorowuje regułę opisaną relacją pomiędzy zbiorem „na prawo od linii” a „kątem skrętu” robota (lub „prędkością”).

ad 7. Pojęcie (def.) “podstawowego” problemu planowania ruchu

Zakłada, że:

- robot jest jedynym poruszającym się obiektem w przestrzeni roboczej oraz ignoruje się jego właściwości dynamiczne
- ogranicza się ruch robota do bezkontaktowego - brak interakcji mechanicznej robot <-> przeszkoda
- robot jest sztywnym obiektem poruszającym się swobodnie - przeszkody są jedynymi ograniczeniami ruchu robota
- geometria robota oraz przeszkód są dokładnie znane
- lokalizacją przeszkód jest dokładnie znana

Wynikający z takich uproszczeń Podstawowy Problem Planowania Ruchu można postawić następująco:

Niech robot A będzie pojedynczym sztywnym obiektem poruszającym się w Przestrzeni Euklidesowej W , zwanej przestrzenią roboczą, reprezentowanej przez R^N , $N=2$ lub 3 . Niech $B_1 \dots B_q$ będą sztywnymi obiektami umiejscowionymi w W , na stałe, stanowiącymi przeszkody dla ruchu robota. Nazywamy je przeszkodami.

Geometria obiektów A, $B_1 \dots B_q$ oraz ich lokalizacja w W (za wyjątkiem A) są dokładnie znane. Załóżmy ponadto, że żadne inne ograniczenia nie krępują ruchu A (A je st swobodnie poruszającym się obiektem).

Problem: Mając początkową i końcową pozycję (położenie i orientację) A w W , należy określić ścieżkę t opisującą ciągłą sekwencję pozycji A unikających kontaktu z przeszkodami B_i , prowadzącą od pozycji początkowej do końcowej, lub zasygnalizować jej brak - gdy taka ścieżka nie istnieje.

ad 8. Pojęcie (def.) przestrzeni konfiguracyjnej

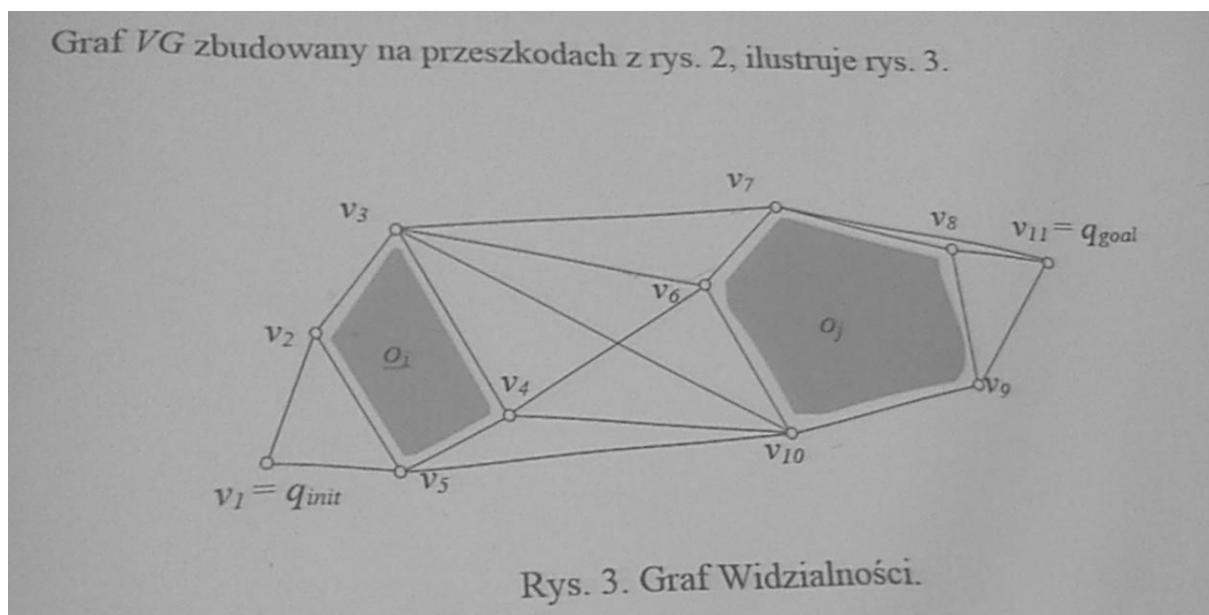
Koncepcja Przestrzeni Konfiguracyjnej polega na reprezentowaniu robota jako punktu w odpowiedniej przestrzeni - właśnie Przestrzeni Konfiguracyjnej Robota - oraz odwzorowaniu przeszkód do tej przestrzeni. To odwzorowanie transformuje Problem Planowania Ruchu Obiektu Wymiarowego w Problem Planowania Ruchu Punktu. To z kolei powoduje, że ograniczenia ruchu robota stają się bardziej jawne.

Konfiguracja obiektu jest specyfikacją pozycji wszystkich punktów tego obiektu w ustalonym (zafiksowanym) układzie odniesienia. Stąd, konfiguracja q obiektu A jest specyfikacją pozycji (położenia τ i orientacji θ) układu F_a w F_w . Podzbiór W zajmowany przez A w konfiguracji q oznaczmy $A(q)$. Podobnie punkt a ciała A w konfiguracji q oznaczmy $a(q)$ w W .

Przestrzeń konfiguracyjna C robota A jest to przestrzeń $C = \{q\}$ wszystkich q obiektu A . (a nie przestrzeń W zajmowana przez robota w możliwych konfiguracjach q)

ad 9. Metoda Grafu Widzialności (koncepcja)

Metoda Grafu Widzialności opiera się na odwzorowaniu spójności części swobodnej (C_{free}) przestrzeni konfiguracyjnej (C) robota. Na siatkę 1-wymiarowych krzywych zwanych mapą dróg R . Graf Widzialności (VG) jest grafem nieskierowanym, którego wierzchołkami są konfiguracja początkowa q_{init} i docelowa q_{goal} robota oraz wszystkie wierzchołki C -przeszkód a krawędziami odcinki proste łączące wszystkie "widzące się" wierzchołki. Efektywne algorytmy konstruują graf VG oraz znajdują w nim najkrótszą ścieżkę w czasie $O(n^2)$, gdzie m to liczba wszystkich wierzchołków C -przeszkód. Ścieżka taka stanowi linię łamaną przechodzącą przez wierzchołki przeszkód.



ad 10. Metoda diagramu Voronoi'a (koncepcja)

Diagram Woronoja polega na podzieleniu płaszczyzny posiadającej n punktów (wierzchołków) na n obszarów w taki sposób, że wszystkie punkty otaczające punkt P_i są bliżej niego niż jakiegokolwiek innego punktu. Jest on wykorzystywany do planowania ścieżki robota. Każda krawędź na scenie przekształcana jest w skończony zbiór punktów, z których potem tworzony jest diagram. W ten sposób każda krawędź komórki Woronoja znajduje się pośrodku wolnej przestrzeni pomiędzy przeszkodami. Znając położenie robota i

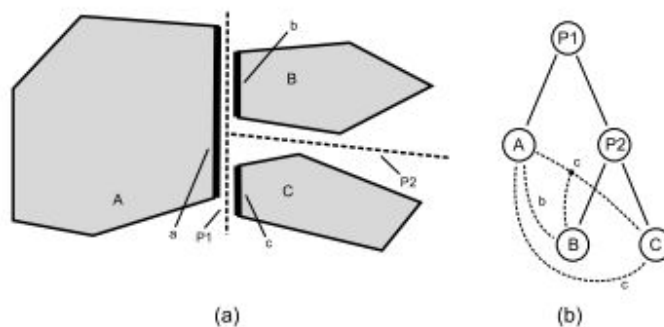
położenie celu można wyznaczyć ścieżkę, po której robot ma się poruszać, przebiegającą po krawędziach wyznaczonych komórek i jest najkrótszą ścieżką ze znalezionych. [Źródło](#)

ad 11. Metody dekompozycji wypukłej

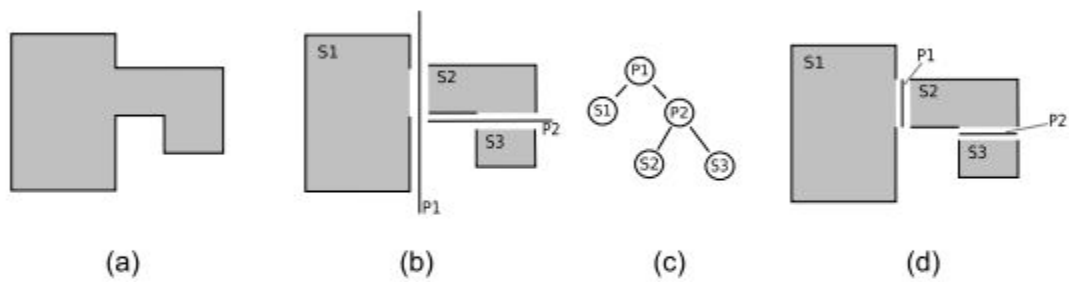
Ogólny sens metody dekompozycji wypukłej jest taki, że scenę dzieli się na sektory, z których każdy jest figurą wypukłą. Figura jest nazywana wypukłą, kiedy w obrębie figury możemy wybrać dowolnie dwa punkty, a odcinek poprowadzony pomiędzy nimi całkowicie zawiera się wewnątrz tej figury. Czy coś.

Połączenia pomiędzy sektorami nazywamy portalami.

Mając podzieloną scenę na sektory, możemy stworzyć graf, w którym sektory i portale będą wierzchołkami. Poniżej przykład ze źródła, strona 65 i 37. [Źródło](#)



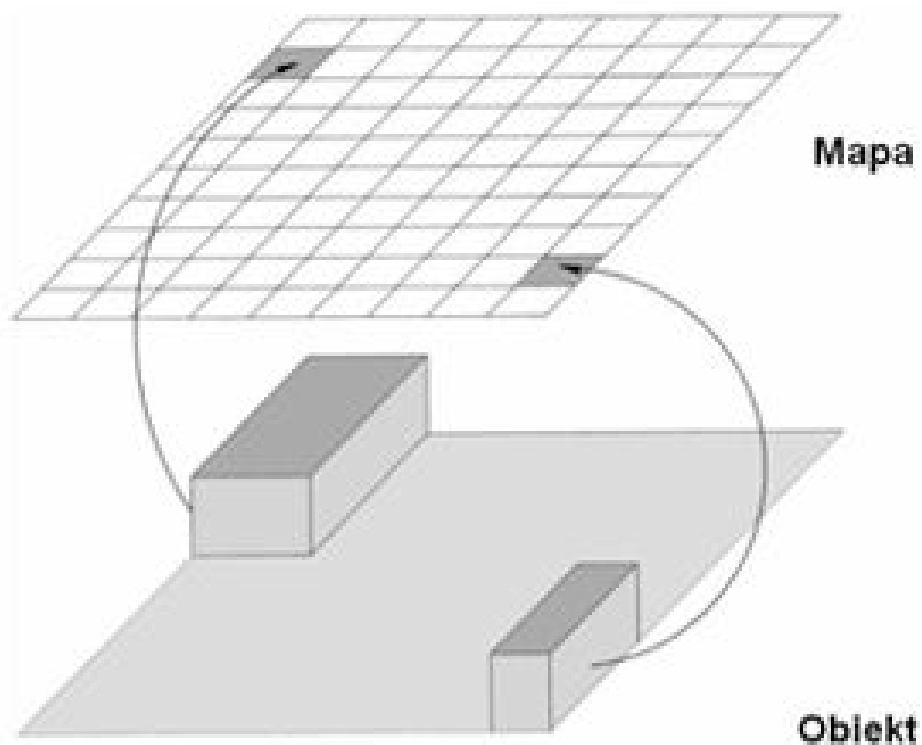
Rysunek 3.19: Ogólna sytuacja sąsiedownia sektorów. **(a)** Trzy sektory stykają się z jedną płaszczyzną. Portal *a* łączy wszystkie trzy sektory. **(b)** Drzewo BSP przedstawionego przykładu. Liniami przerywanymi oznaczono relację widoczności reprezentowaną przez portale.



Rysunek 3.1: (a) Przykładowa scena 2D. (b) Skonstruowane *drzewo BSP* na jej podstawie. (c) Jego reprezentacja. (d) Przycięte płaszczyzny podziału do granic sektorów tworzące *BSP-portale* łączące *BSP-sektory*.

ad 12. Metody rastrowe

Scenę dzielimy na równe komórki (raster) o założonym kształcie (kwadraty, sześciokąty, itp), których waga zależna jest od odległości od komórki początkowej, która jest jednocześnie indeksem komórki. Taka reprezentacja mapy otoczenia pozwala na łatwe sterowanie robota wzdłuż ściany, czy jazdę do komórki na scenie.



[Źródło, slajd 15](#)

Kopirajt Stodoła & Company

