

Zadanie planowania ścieżki robota mobilnego

Nawigacja

- Gdzie jestem?
 - omówione
- Gdzie mam się udać?
 - decyzję o celu podejmuje operator, niekiedy system planowania zadania
- Jak mam tam dotrzeć?
 - problem planowania ścieżki

Specyfika nawigacji robotów mobilnych

- Wiedza o otoczeniu jest niepełna i niedokładna
 - zadania mają znaczną złożoność obliczeniową
 - zwykle potrzebnych jest kilka procesów pracujących równolegle
- Sterowanie robota jest podzielone na pewne wyodrębnione bloki, np.:
 - prowadzenie robota wzdłuż ściany
 - planowanie ścieżki
 - omijanie przeszkód

Problem planowania ścieżki

Założenia i wymagania:

- znana jest dokładna mapa otoczenia
- uwzględnione są ograniczenia robota
- możliwa jest korekta mapy oraz przeplanowanie
- *sensory dają dokładną informację o otoczeniu*
- *robot dysponuje idealnym systemem lokalizacji*

Definicja problemu planowania ścieżki

Znaleźć taką ścieżkę robota pomiędzy położeniem początkowym a położeniem końcowym, która:

- zapewnia bezkolizyjność względem przeszkód
- jest optymalna:
 - najkrótsza
 - najszybsza
 - najmniej energochłonna

Często stosuje się podział zadania planowania ścieżki na kilka podzadań - ścieżki do podcelów

Elementy zadania planowania

1. Reprezentacja otoczenia (jak opisać otoczenie robota, aby planowanie było najłatwiejsze)

- mapa dróg (graf)
- mapa komórkowa (rastrowa)
- pola potencjałowe

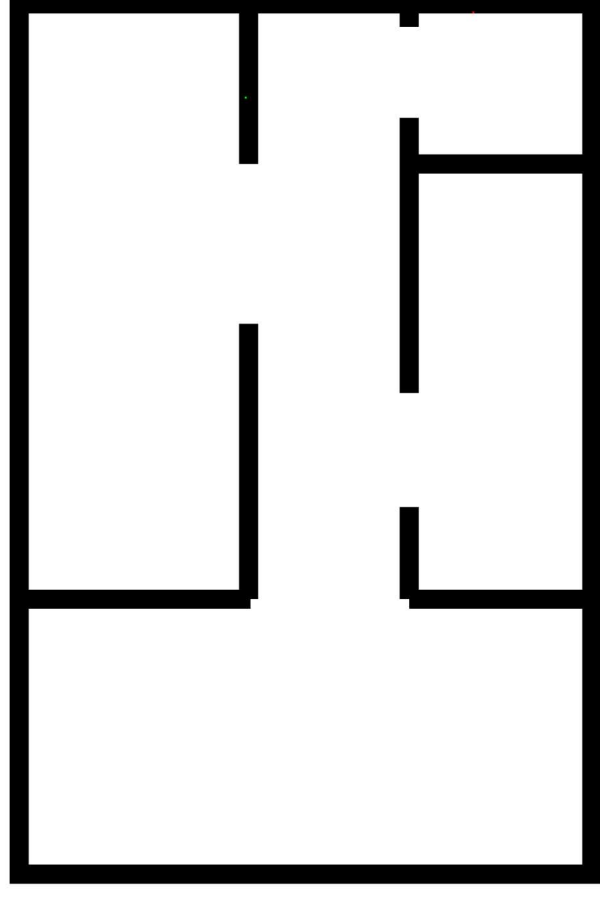
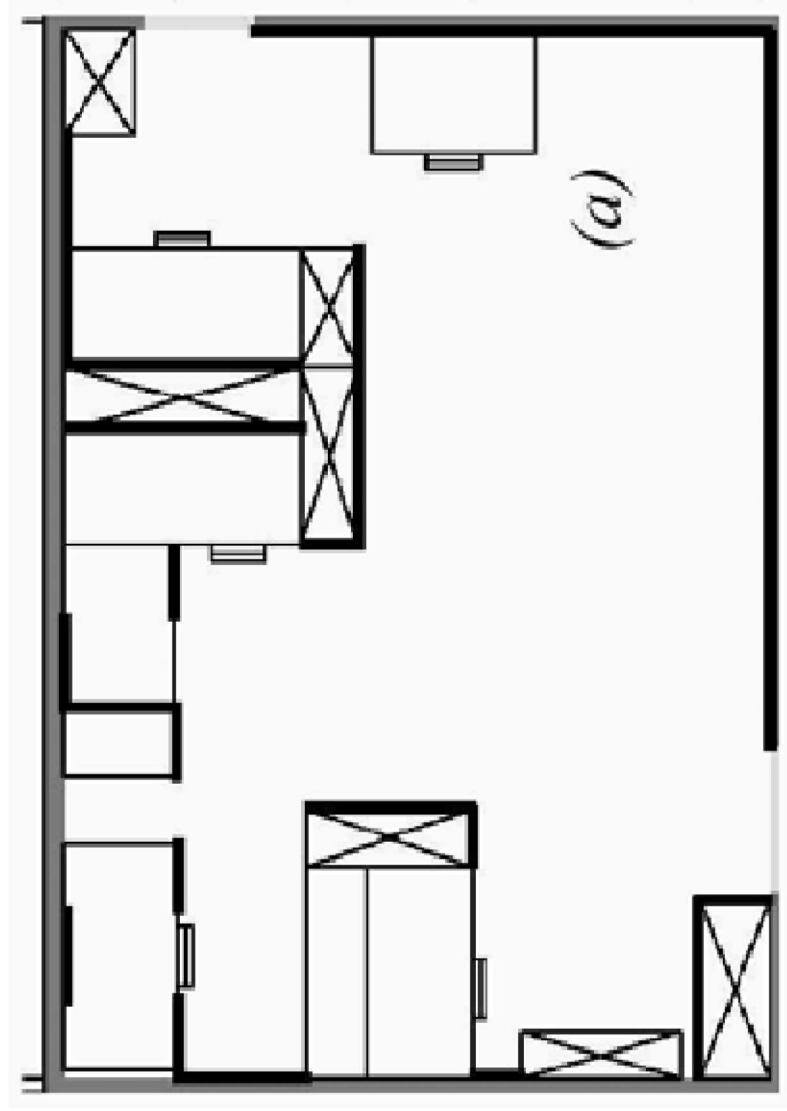
2. Algorytm planowania (dostosowany do reprezentacji otoczenia)

- szybki (do wykonywania w czasie pracy robota)
- dokładny
- działający w każdych warunkach (niezależnie od położenia robota czy też konfiguracji otoczenia)

Metody dokładne

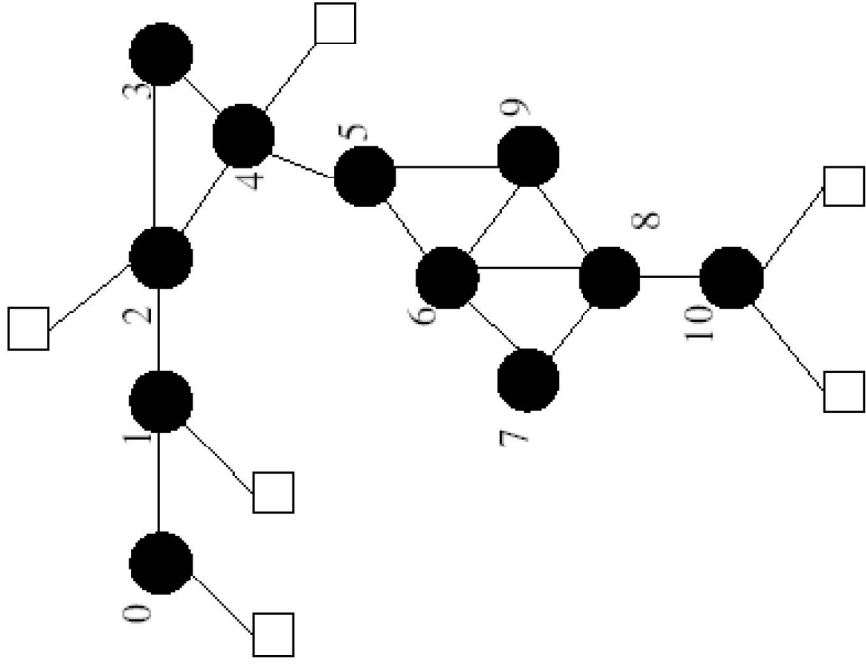
- Dają (*powinny dawać*) globalnie zoptymalizowaną ścieżkę (bardzo dokładną)
- Nieprzydatne ze względu na:
 - duże skomplikowanie metod
 - bardzo dużą złożoność obliczeniową
 - niewielki zysk na jakości ścieżki przy niewspółmiernie dużym wzroście czasu obliczeń i wzroście „pamięciożerności” programu
 - brak odporności na zmiany warunków obliczeń w trakcie realizacji ścieżki (przeplanowanie)

Jeszcze o mapach - mapy geometryczne

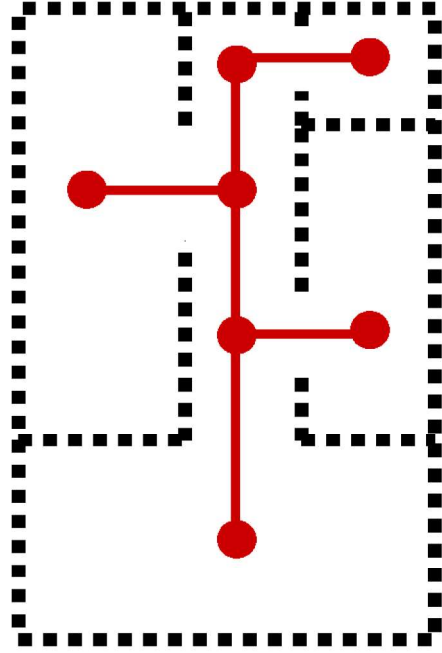


- zawierają dane o odległościach pomiędzy poszczególnymi elementami
- niekiedy są dostarczane do systemu sterowania przed rozpoczęciem pracy robota

Mapy topologiczne



- mapa w postaci grafu
- jako wierzchołki zaznaczone są znane obszary
- połączenia między obszarami reprezentują możliwość ruchu
- nie ma żadnej informacji o odległościach
- mapa może zawierać informacje o konfiguracji obszaru roboczego
- robot może sam stworzyć tego rodzaju mapę



Mapy topologiczno-geometryczne

- uzupełnienie mapy topologicznej o dane odnośnie odległości
- informacje o odległościach związane z połączeniami (łukami) grafu
- można zapamiętać informacje o funkcjonalnych własnościach otoczenia robota
- przydatne np. przy zgubieniu znacznika (robot może wrócić i spróbować powtórnie znaleźć)

Przestrzeń konfiguracyjna

- **Konfiguracja** - położenie i orientacja robota mobilnego (w przypadku manipulatorów jest to więcej zmiennych)
- **Przestrzeń konfiguracyjna** (*configuration space* = $Cspace$) - struktura danych, która pozwala na określenie *położenia* i *orientacji* robota oraz innych obiektów w środowisku robota
- Dąży się do ograniczenia liczby wymiarów w celu zmniejszenia złożoności zadania planowania ścieżki

Przestrzeń konfiguracyjna (2)

- Założenia dla robotów mobilnych (wewnątrz pomieszczeń):
 - dwa stopnie swobody
 - robot jest okrągły w rzucie z góry, dlatego jego orientacja nie ma znaczenia
 - robot jest holonomiczny - ma możliwość jazdy w dowolnym kierunku
- Przestrzeń konfiguracyjna może opisywać:
 - przeszkody w przestrzeni konfiguracyjnej
 - wolną przestrzeń od przeszkód

Powiększanie przeszkód

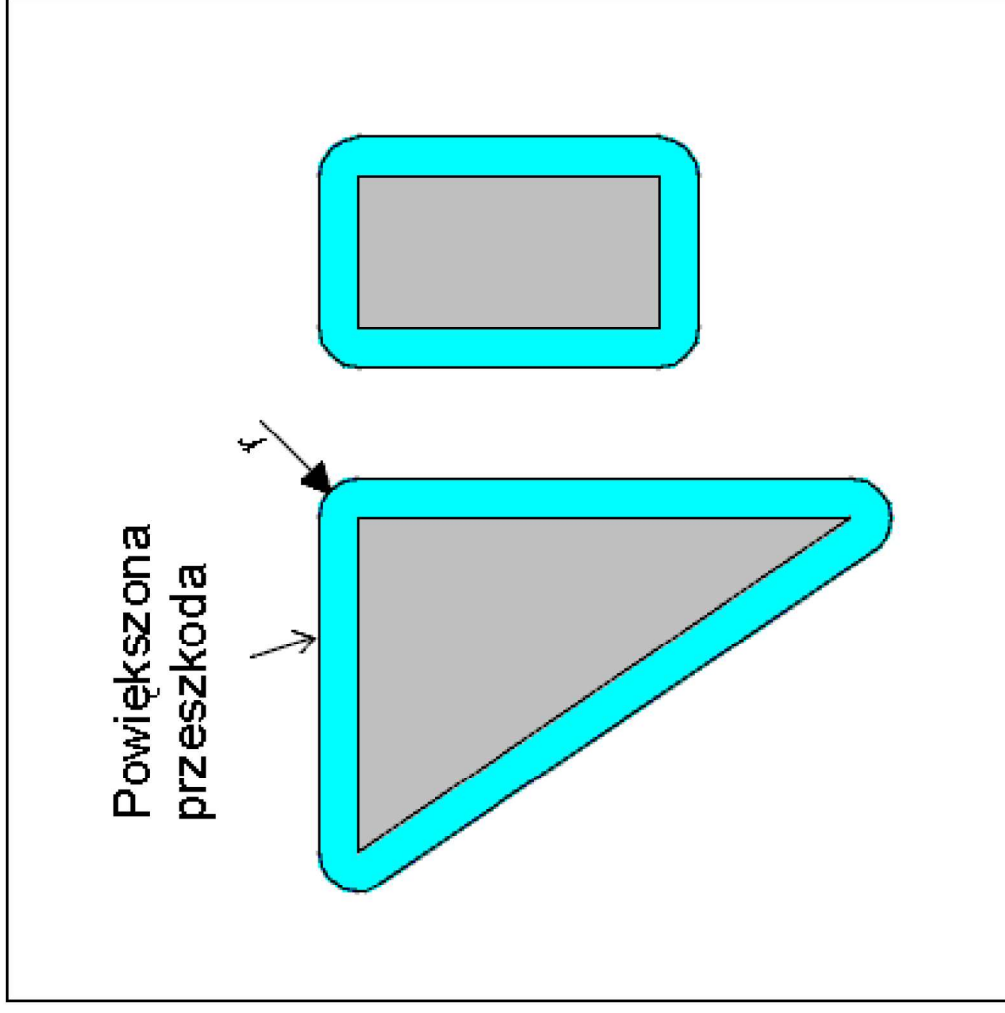
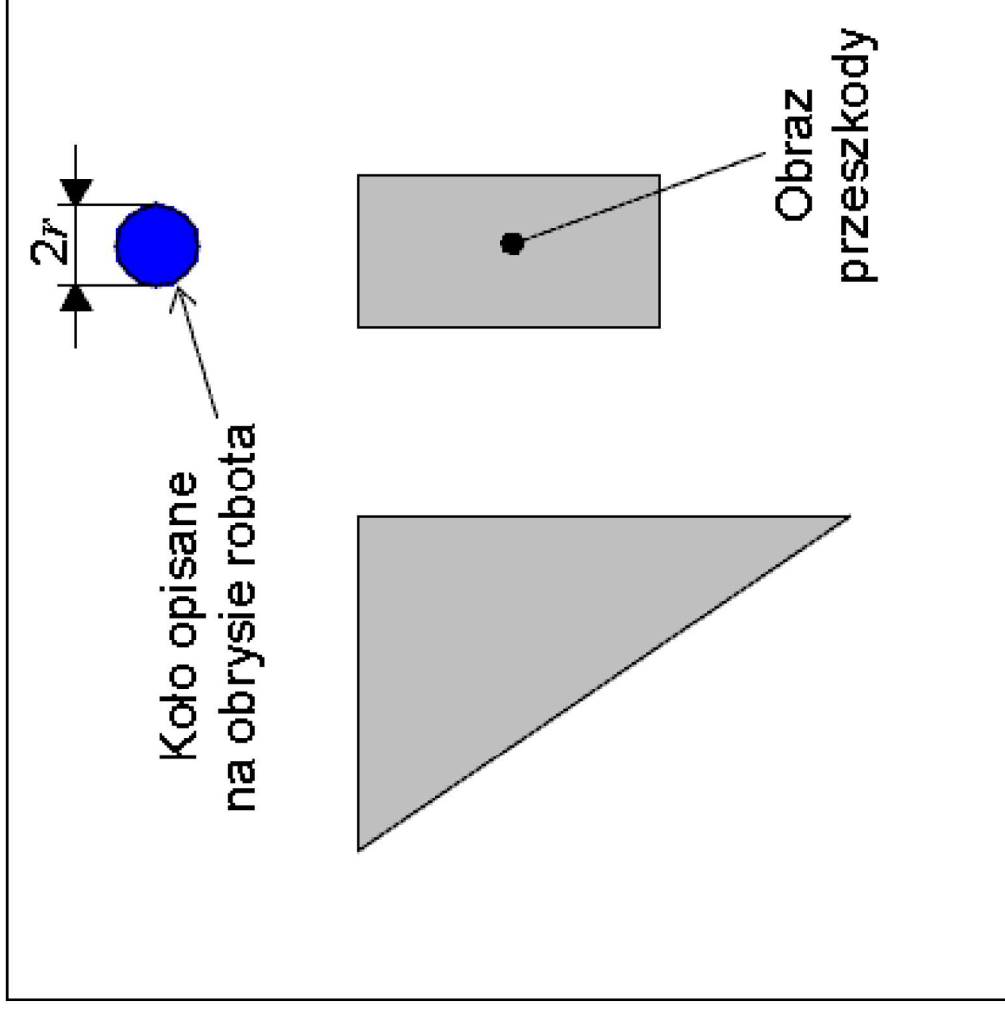
Jeżeli założono, że robot jest okrągły, to:

- powiększa się każdą z przeszkód o wielkość promienia robota
- wtedy możemy rozważać robota jako *punkt materialny*

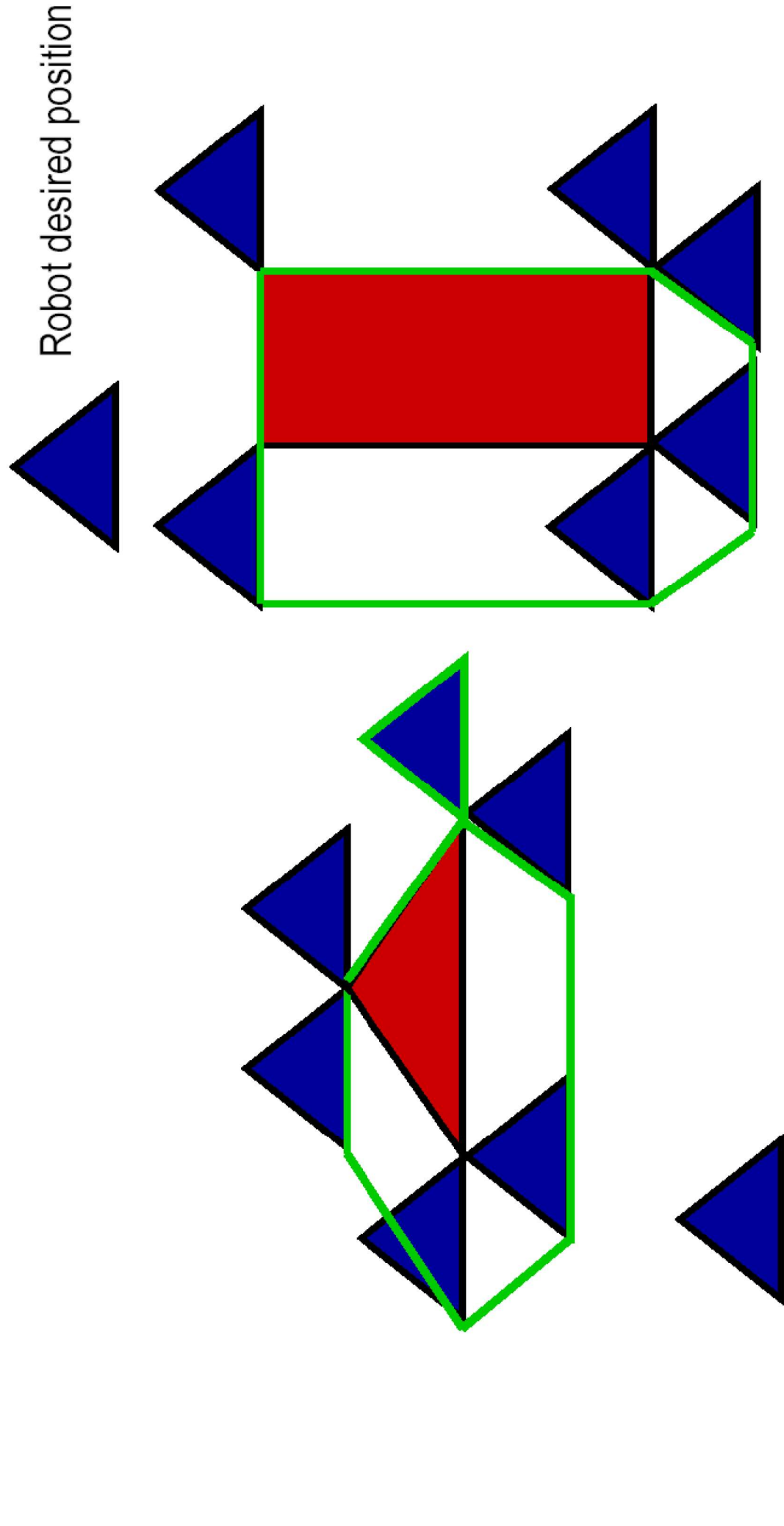
Skutek:

- bardzo duże uproszczenie algorytmów planowania

Powiększanie przeszkód - przykład (1)

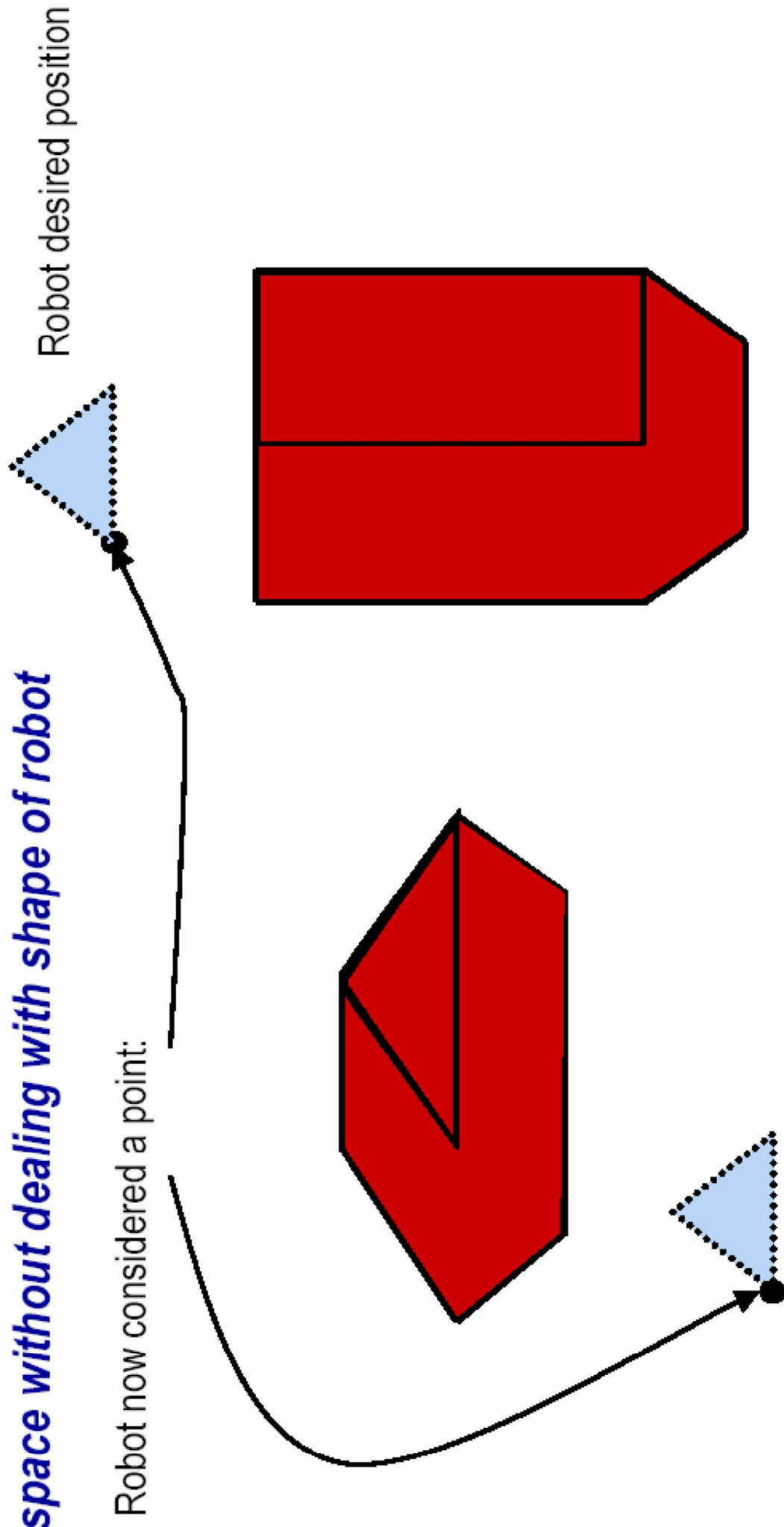


Powiększanie przeszkód - przykład (2)



Powiększanie przeszkód - planowanie

Can now plan path of point through this space without dealing with shape of robot



Robot starting position

Robot desired position

Powiększanie przeszkód - roboty o dowolnym obrysie

Jeżeli kształt robota nie pozwala na przybliżenie go okręgiem, to:

- dochodzi dodatkowy wymiar przestrzeni konfiguracyjnej (orientacja)
- każda przeszkoda jest powiększana dla każdej wartości orientacji robota o kształt robota przy tej orientacji

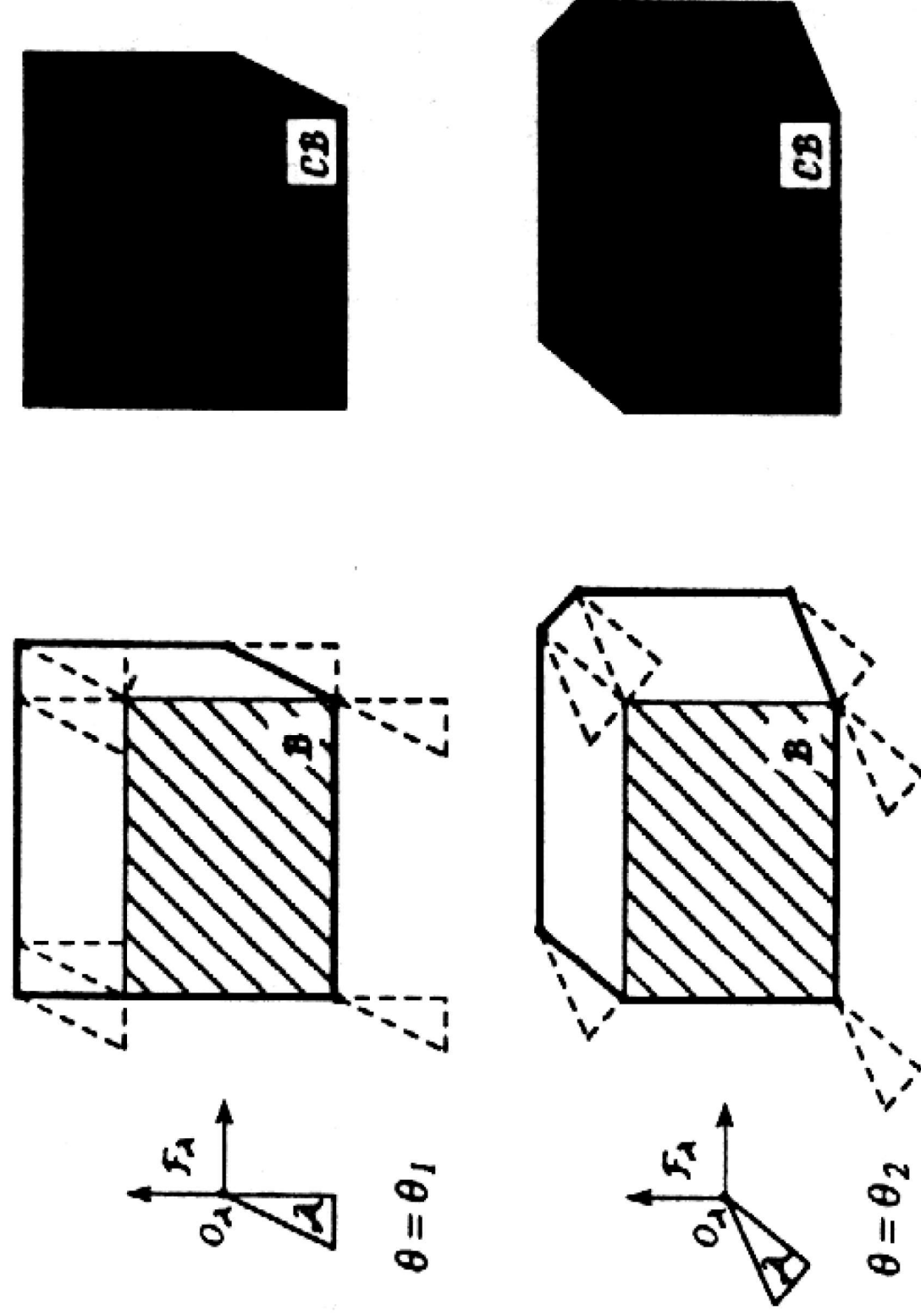


Figure 7. A and B are convex polygons. A can translate freely, but cannot rotate. Therefore, $C = \mathbb{R}^2$. The figure shows two C -obstacles corresponding to two different fixed orientations of A .

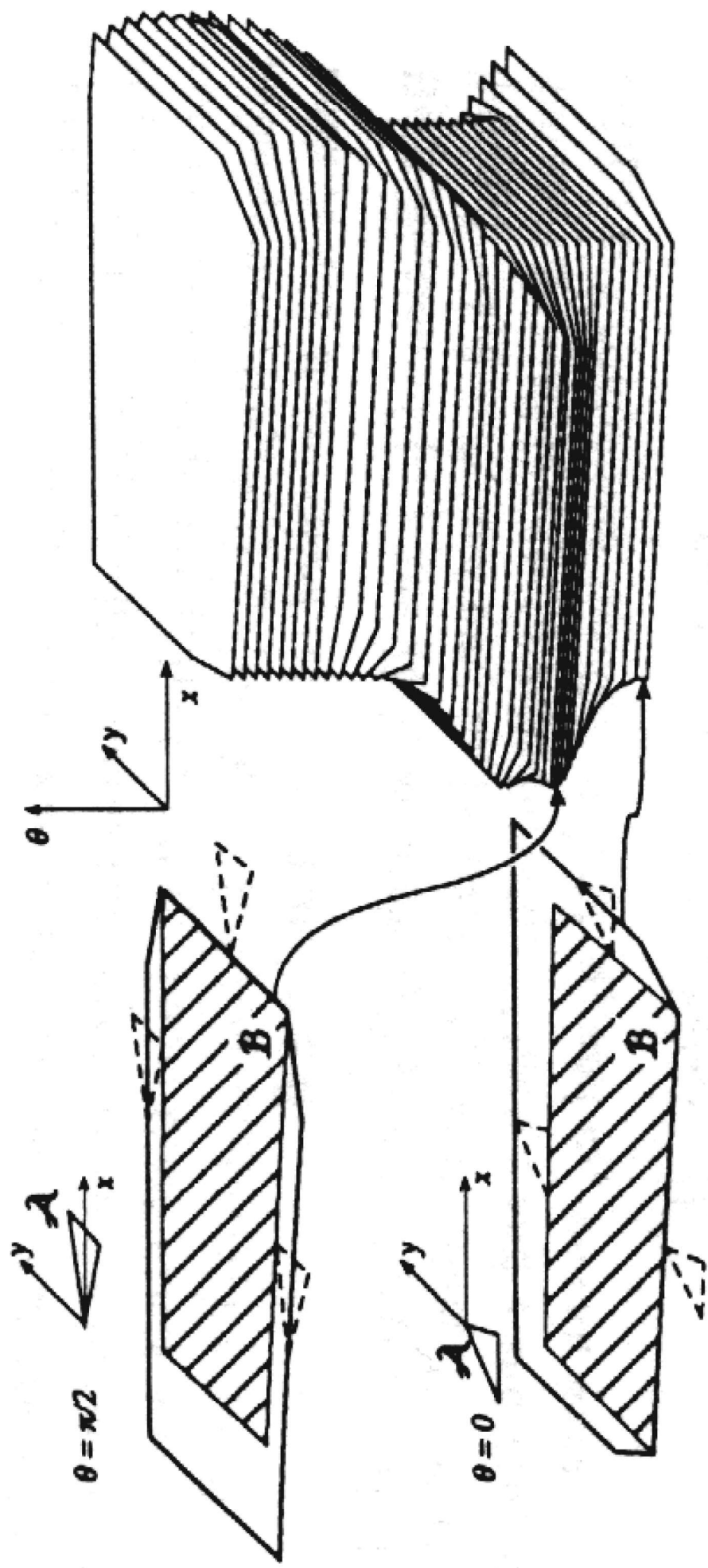


Figure 8. A and B are convex polygons. A is a free-flying object. C is represented by parameterizing each configuration q by $(x, y, \theta) \in \mathbb{R}^2 \times [0, 2\pi]$. The represented C -obstacle is a volume bounded by patches of ruled surfaces

Reprezentacje przestrzeni konfiguracyjnej

- Przestrzeń konfiguracyjna przedstawiona jest zwykle jako zbiór wielokątów (wielościągów)
- Działania w takiej przestrzeni konfiguracyjnej są złożone i trudne
- Przekształca się ją w postać przydatną do dalszych obliczeń, zwykle jest to graf:
 - graf widzialności
 - diagram Voronoi
 - dokładna dekompozycja komórkowa
 - przybliżona dekompozycja komórkowa

Graf widzialności

- Punkty decyzyjne (wierzchołki grafu): wierzchołki wielokątów opisujących przeszkody oraz położenie startowe i końcowe robota
- Łuki: odcinki proste łączące każdą parę wierzchołków pod warunkiem, że w całości leżą na obszarze wolnym od przeszkód

Graf widzialności

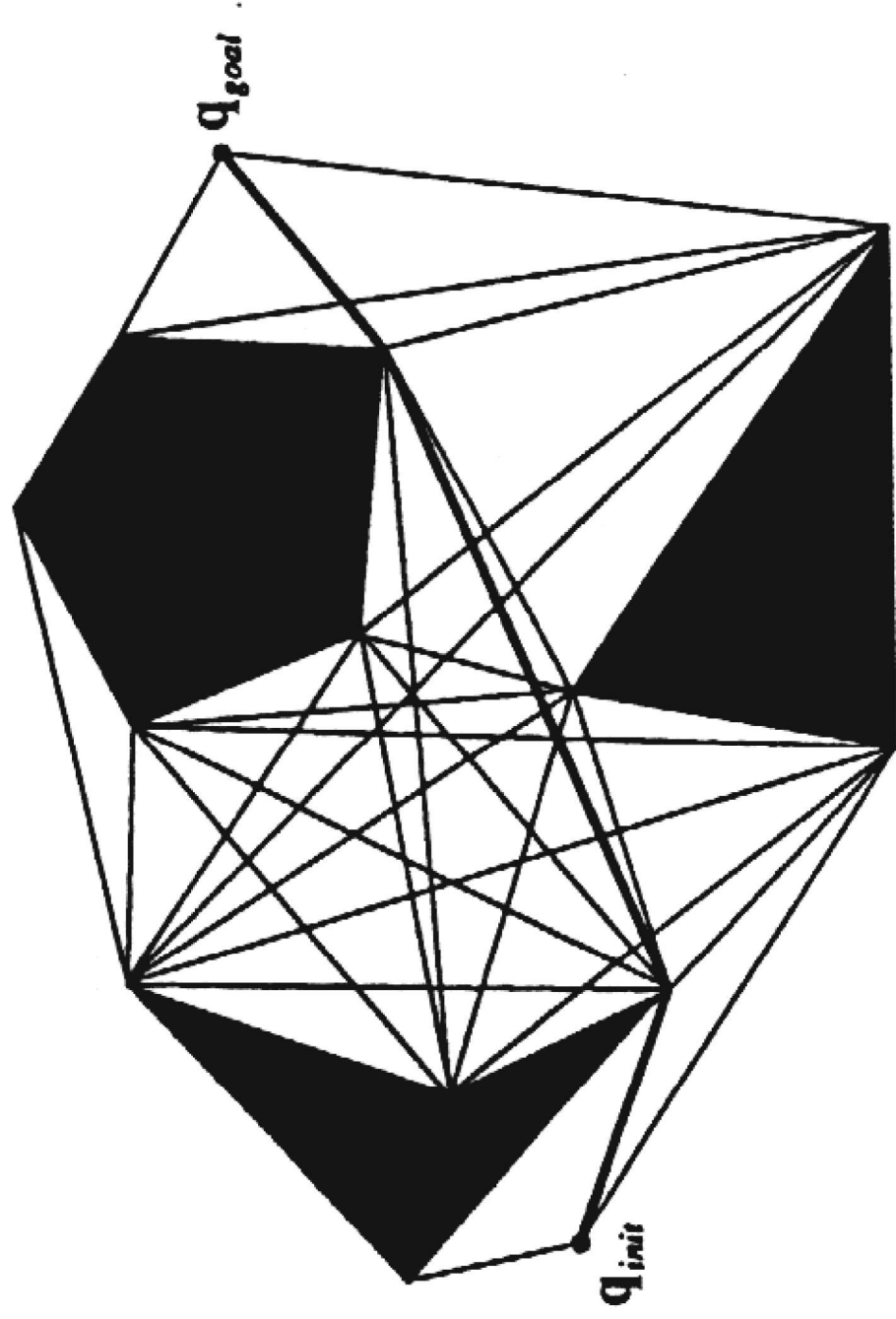
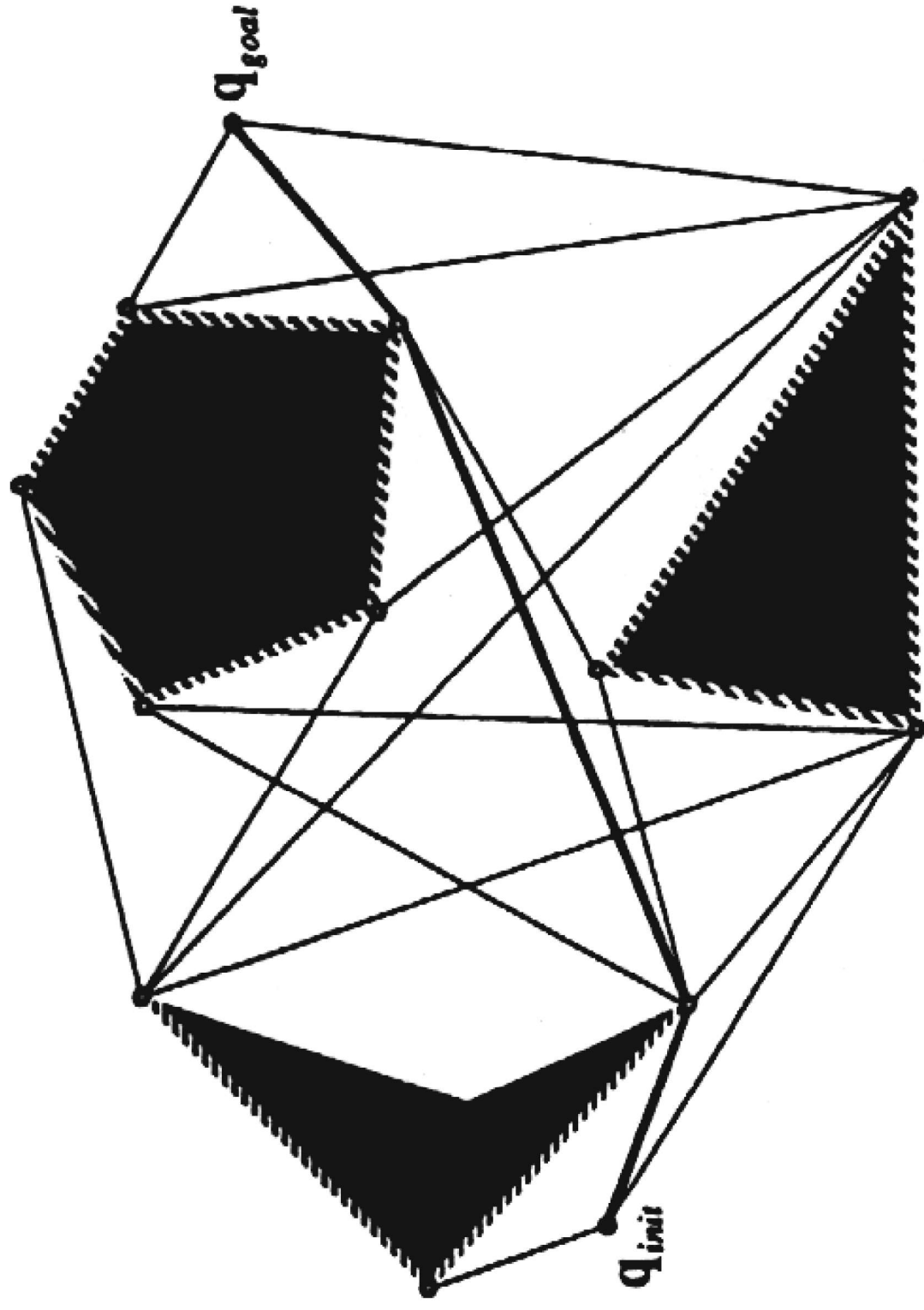


Figure 1. This figure shows the visibility graph G of a simple configuration space in which \mathcal{CB} consists of three disconnected regions. The links of G also include the edges of \mathcal{CB} . The bold line is the shortest path in $cl(\mathcal{C}_{free})$ between q_{init} and q_{goal} .

Graf widzialności po redukcji



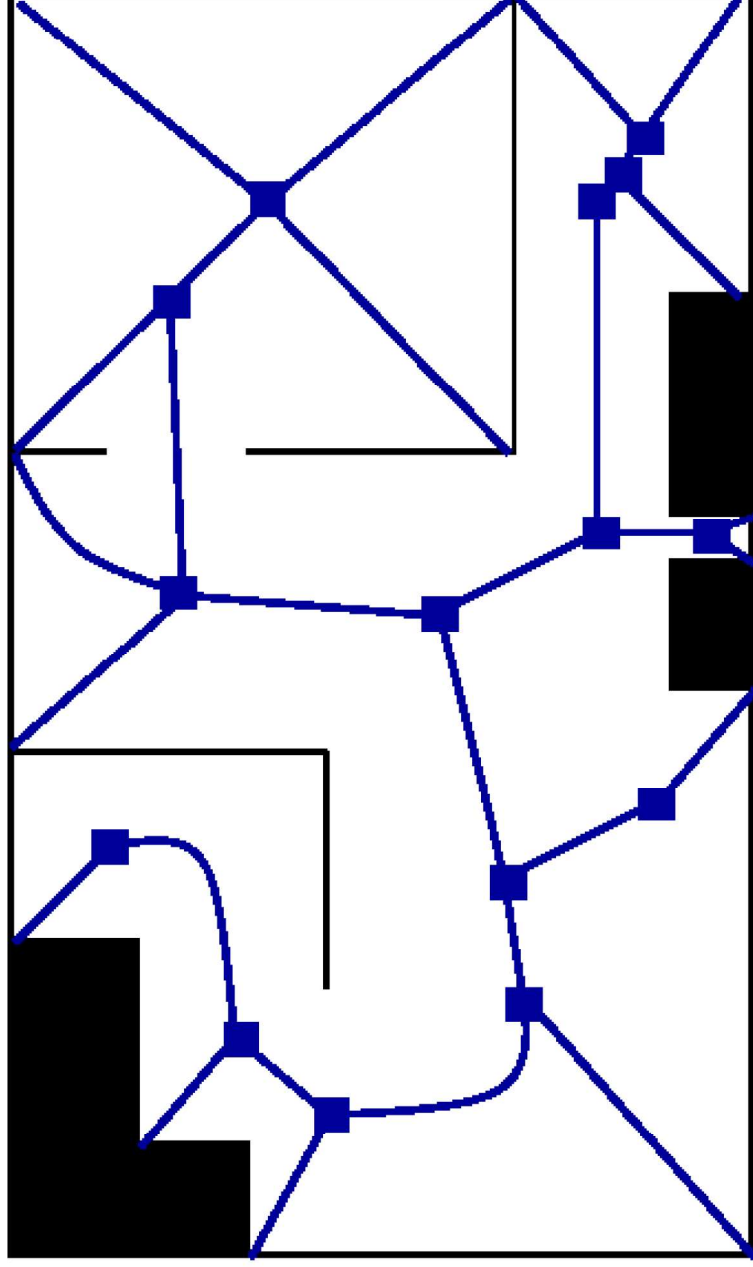
Graf widzialności

- *Zaleta: zaplanowane na grafie widzialności ścieżki są bardzo bliskie najkrótszym*
- *Problem: ścieżka zawsze przebiega bardzo blisko przeszkód*
- *Jeżeli zawiodła samolokalizacja robota (pojawił się błąd), to może nastąpić kolizja*

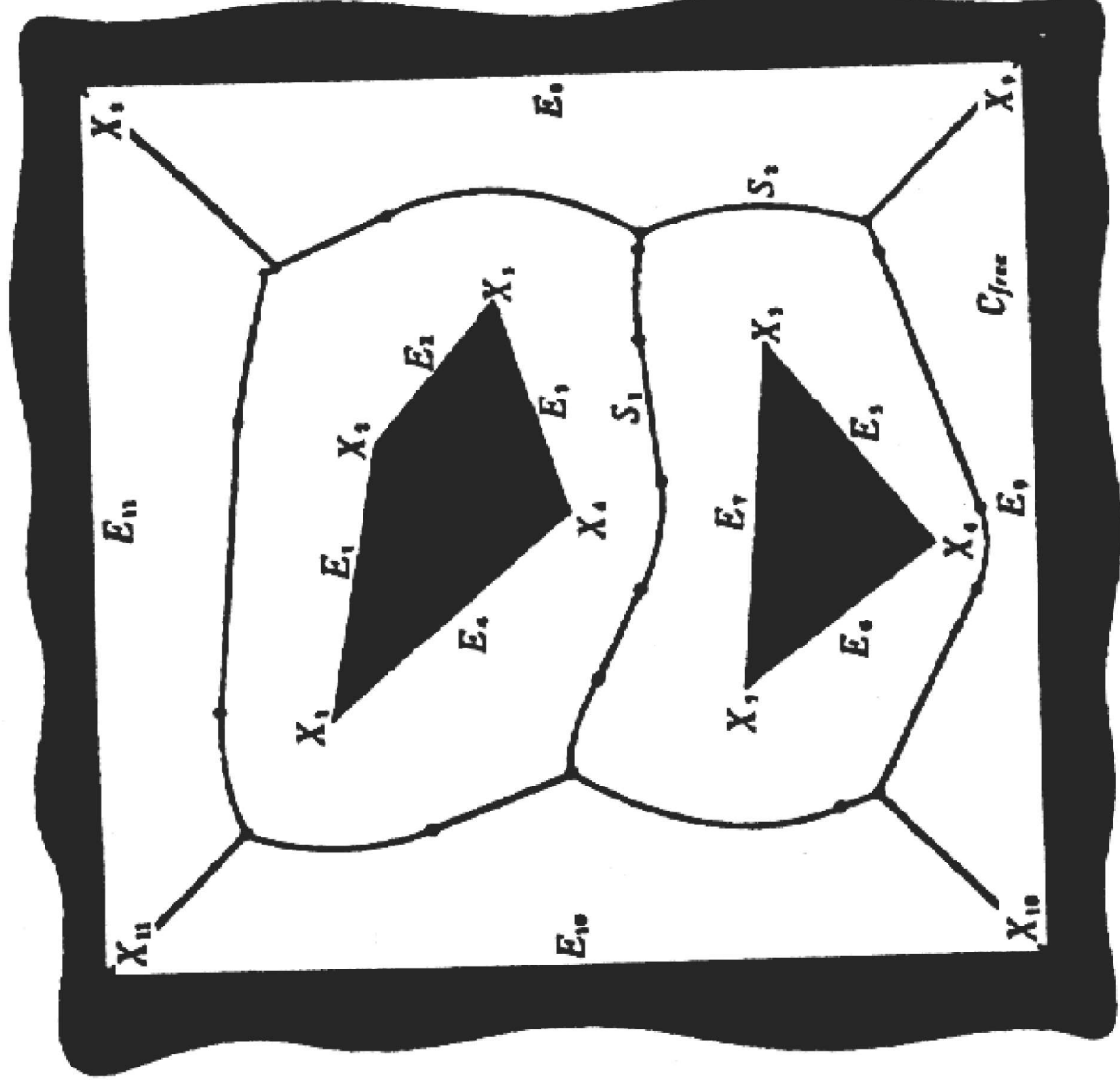
Diagramy Voronoi

- Linie (tzw. *linie Voronoi*) - miejsca geometryczne punktów równo oddalonych od najbliższych krawędzi przeszkód
- Wierzchołki grafu - punkty przecięć ww. linii
- Łuki grafu - linie Voronoi (niekoniecznie proste) łączące wierzchołki grafu

Przykład diagramu Voronoi



Przykład diagramu Voronoi (2)



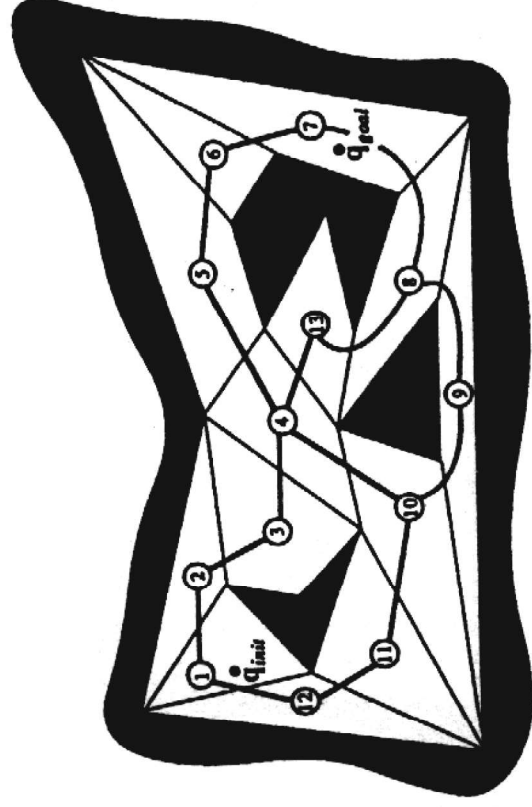
Diagramy Voronoi

- *Zaletą: ścieżki są bardzo asekuracyjne, zawsze przebiegają przez środek wolnej przestrzeni, dużo trudniej o kolizję z przeszkodą*
- *Niekiedy można zrezygnować z powiększania przeszkód*

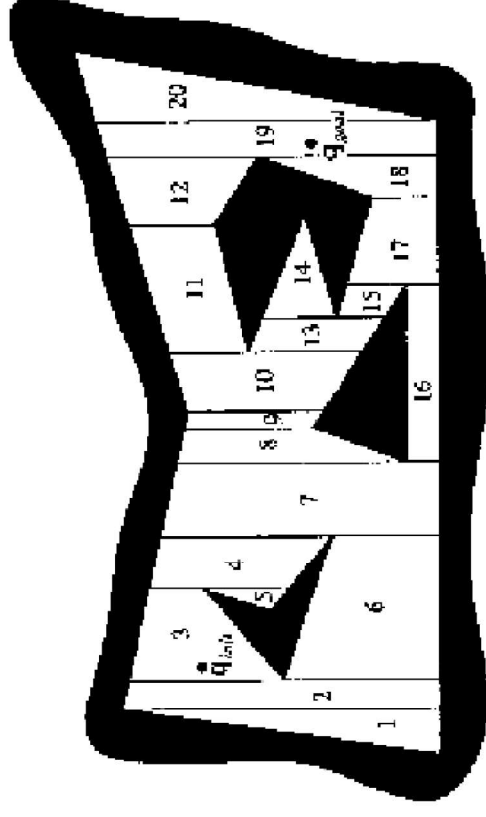
Dokładna dekompozycja komórkowa

- Podział wolnego obszaru przestrzeni konfiguracyjnej na wielokąty
- Z każdym wielokątem wiązany jest wierzchołek grafu
- Tworzony jest graf połączeń wielokątów - łuki grafu przedstawiają możliwość przemieszczania się robota

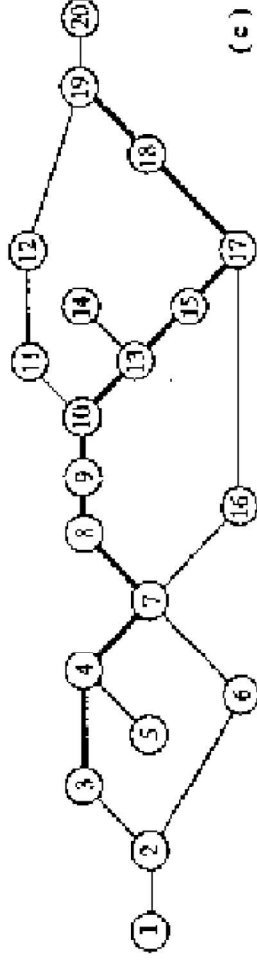
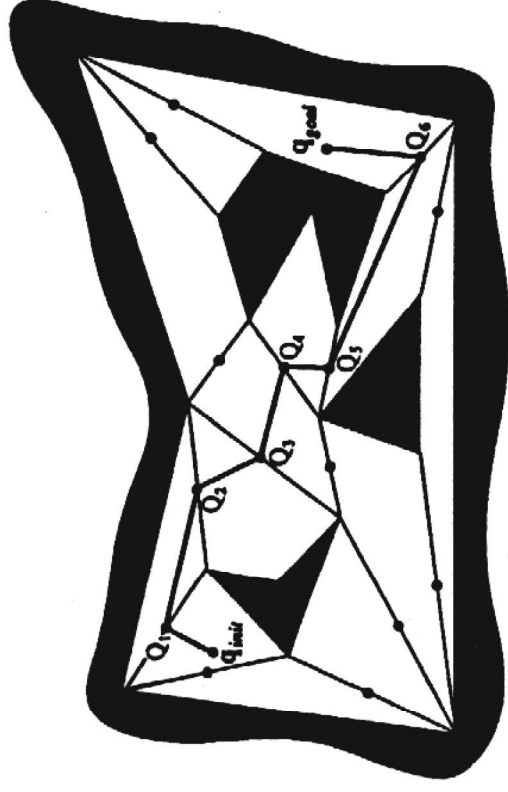
Dokładna dekompozycja komórkowa



(a)



(b)



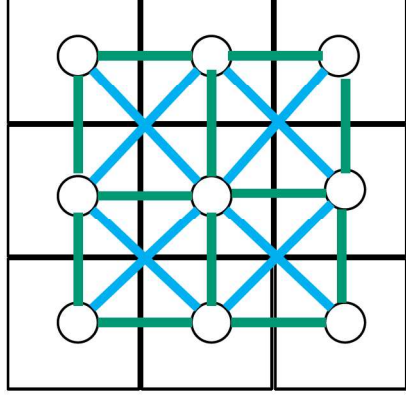
(c)

Przybliżona dekompozycja komórkowa

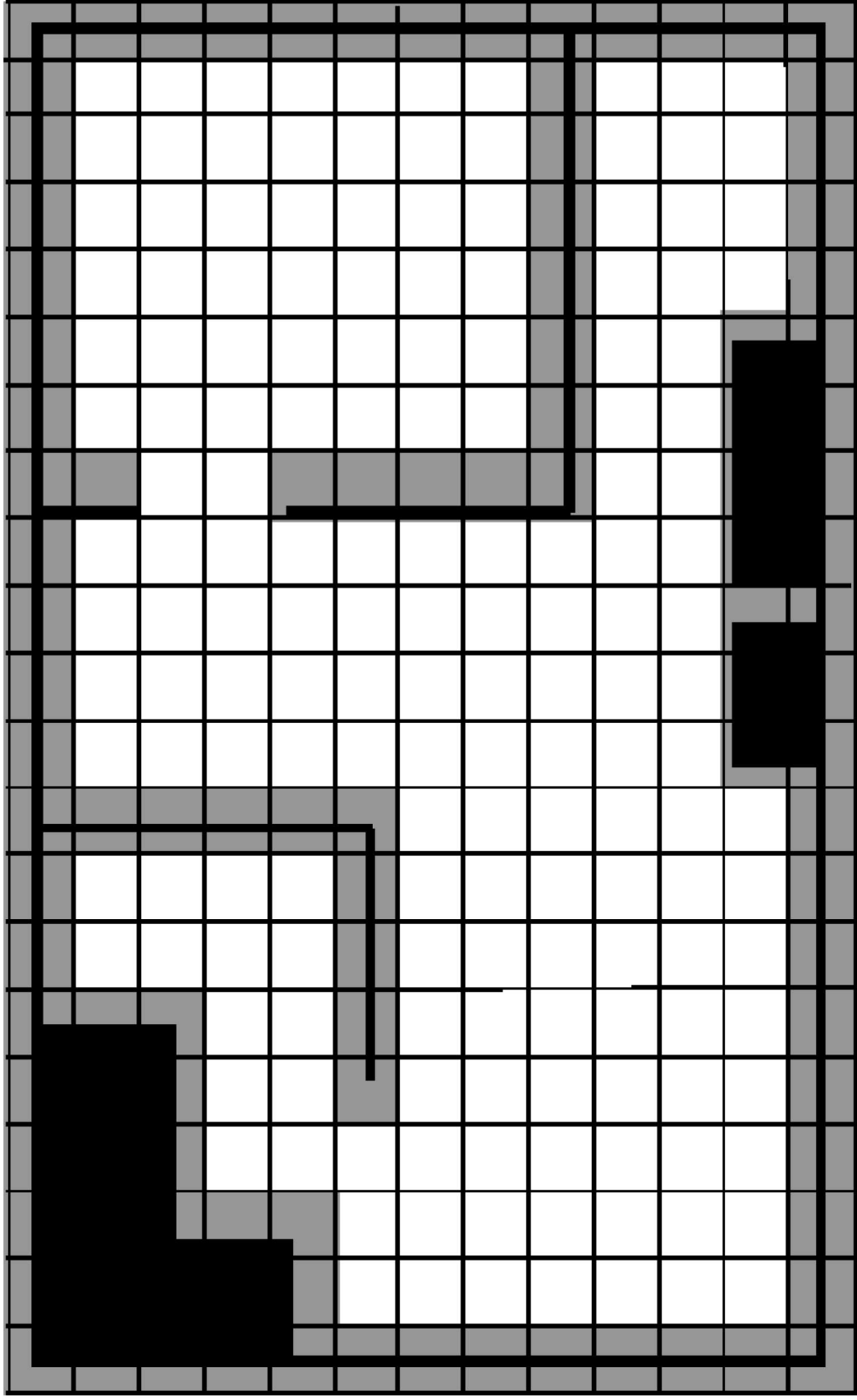
- Prosty i niezmienny kształt komórek
- Zakładamy niedokładny obraz wolnej przestrzeni
- Po co?
 - aby obliczenia były powtarzalne dla każdej komórki
 - aby uprościć ogólną złożoność problemu
- Wielkość komórek:
 - stała
 - dopasowywana lokalnie do wielkości przeszkód
- Kształt komórek:
 - **kwadraty**
 - trójkąty
 - sześciokąty foremne

Przybliżona dekompozycja komórkowa

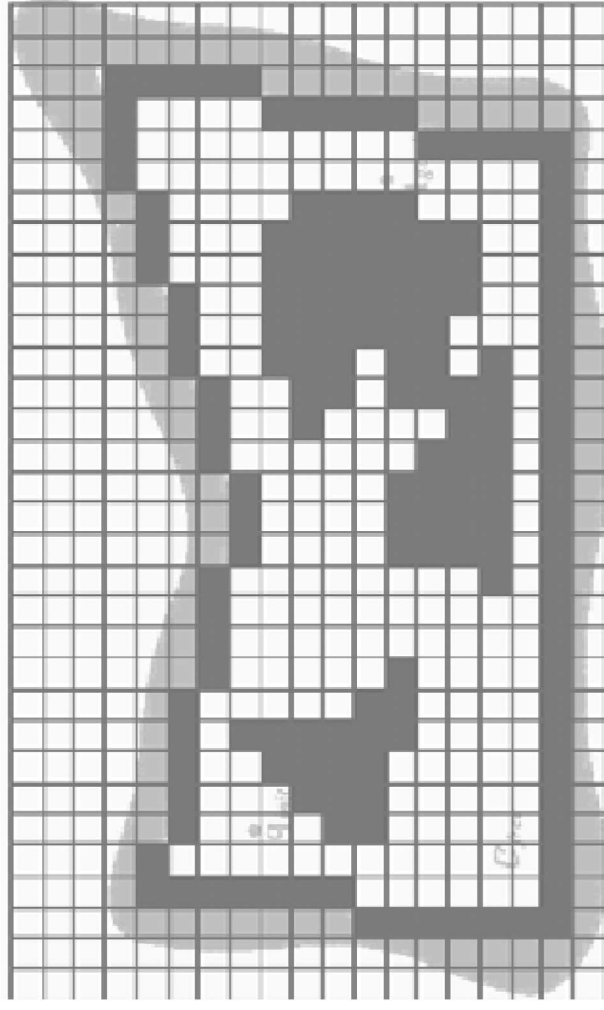
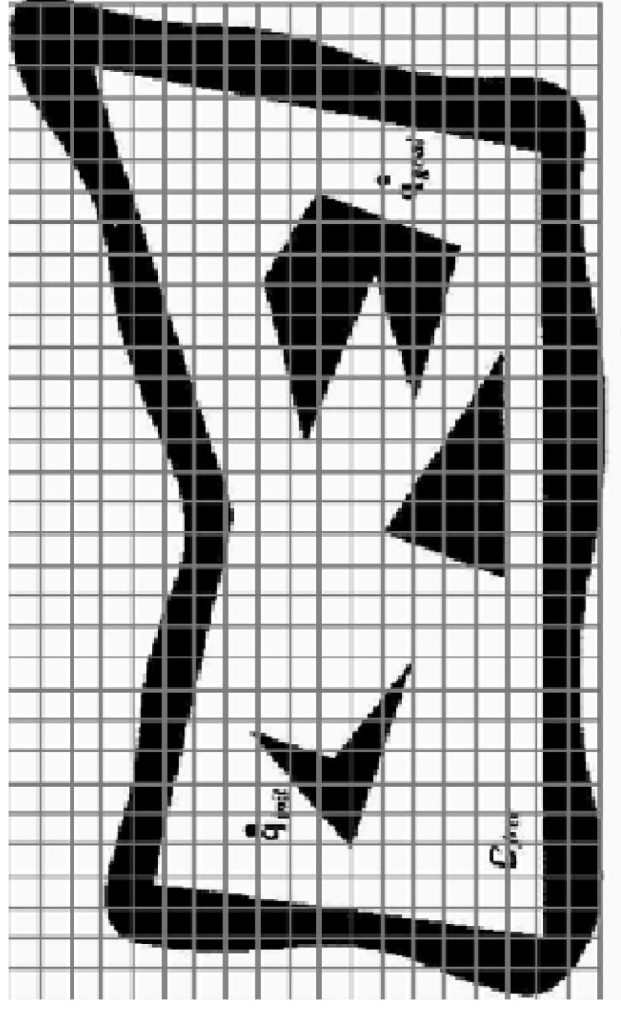
- Jakikolwiek obiekt w komórce - jest ona uznawana za zajęta
- Środek komórki jest traktowany jako węzeł (wierzchołek grafu)
- Łuk grafu reprezentuje sąsiedztwo komórek
- Powtarzalność wzorca węzłów i łuków



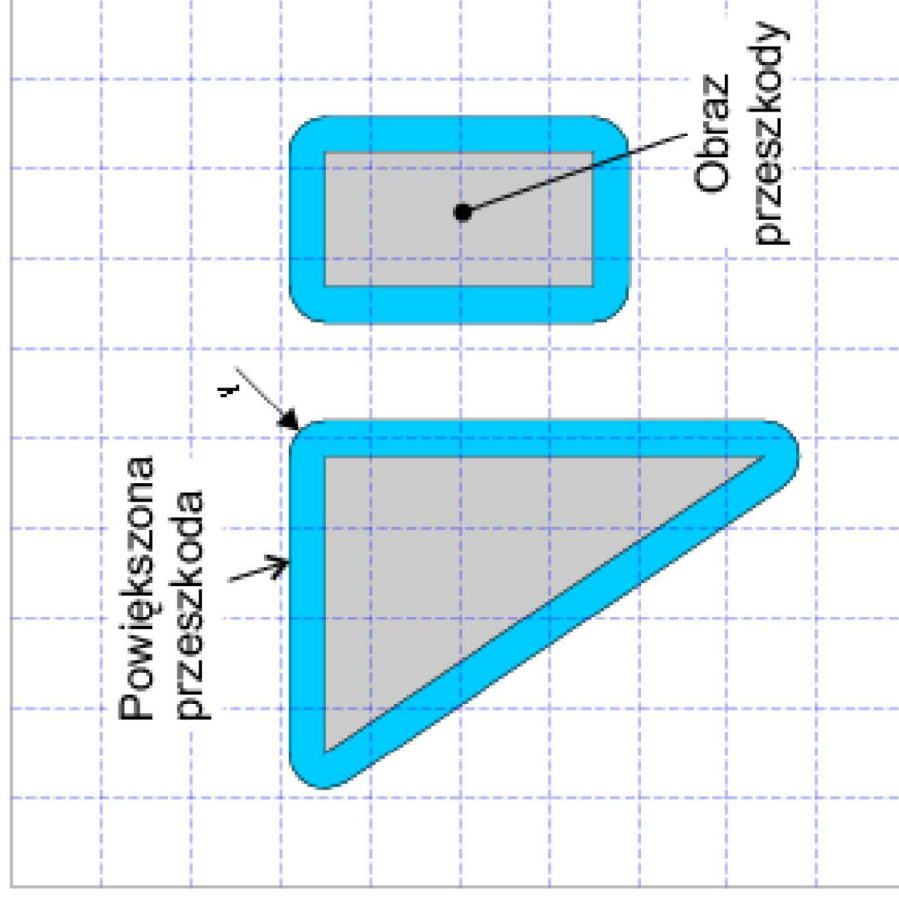
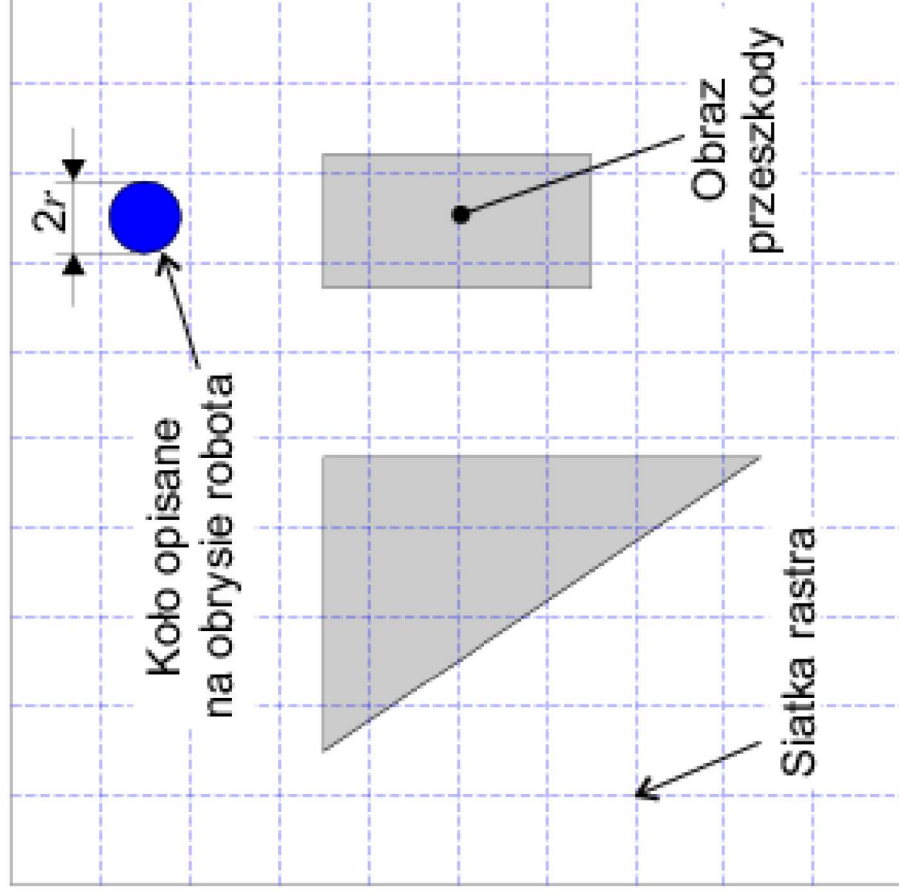
Przybliżona dekompozycja komórkowa



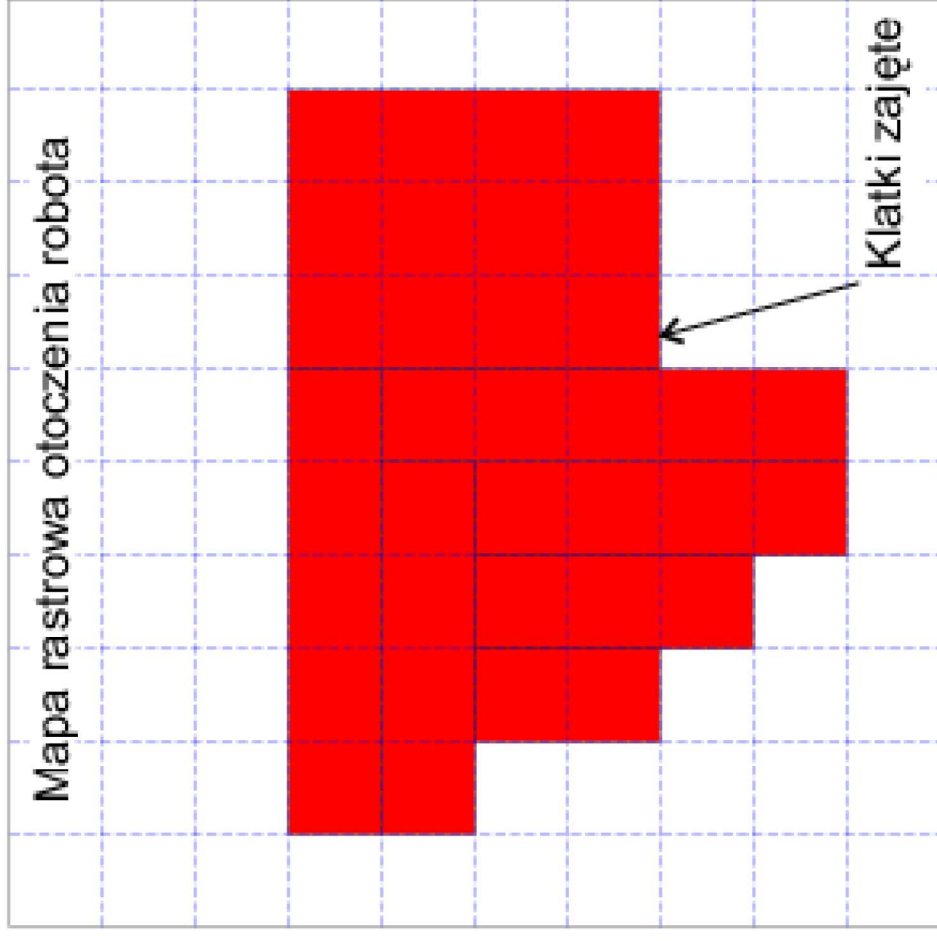
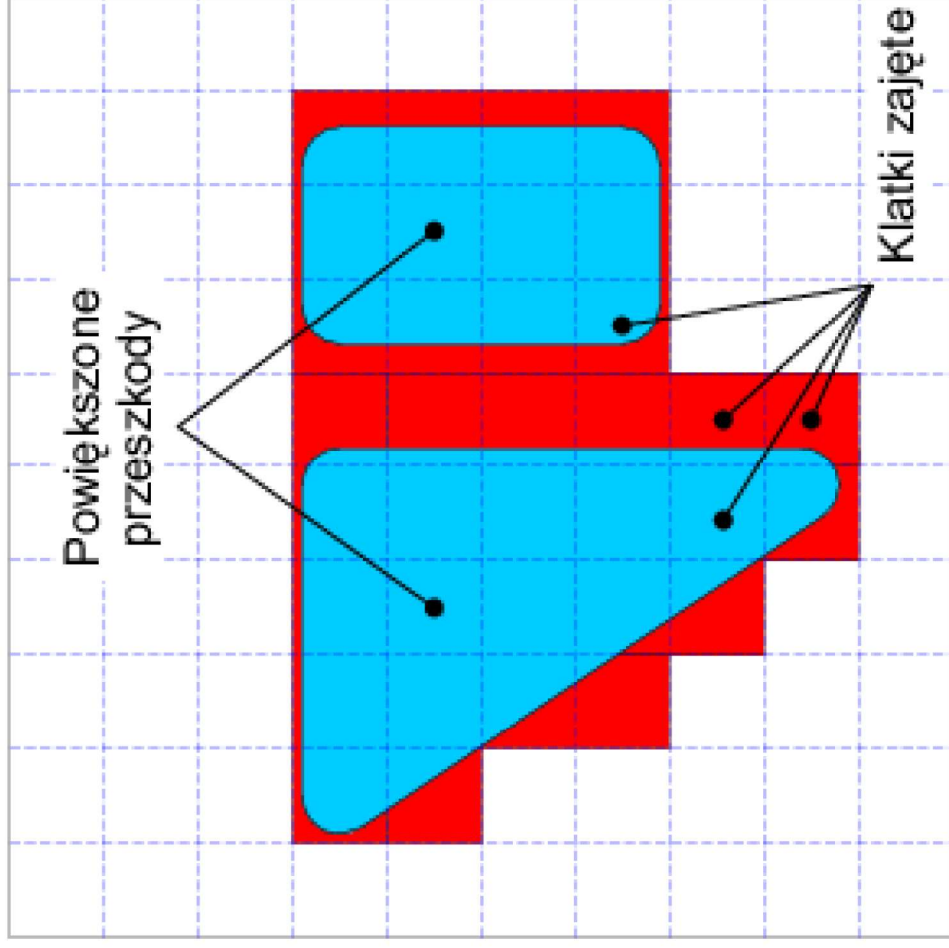
Przybliżona dekompozycja komórkowa



Przybliżona dekompozycja komórkowa



Przybliżona dekompozycja komórkowa

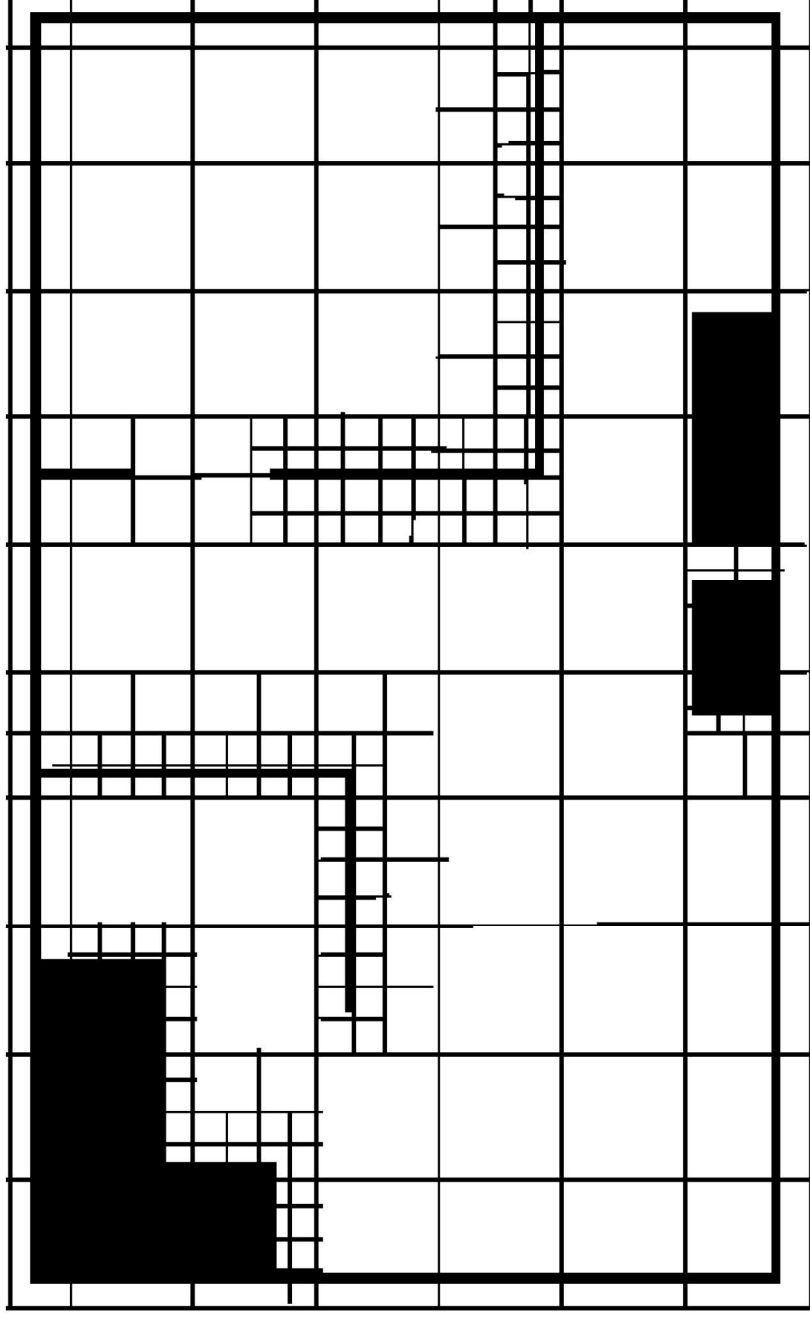


Wady stałej wielkości komórek

- Zajętość małego fragmentu komórki skutkuje zajętością całej komórki - niekiedy reprezentacja komórkowa uniemożliwia przejście robota tą drogą, w którą zmieściłby się bez problemu
- Próba poprawy - zmniejszenie wielkości komórki, które z kolei skutkuje zwiększeniem złożoności problemów obliczeniowych

Przybliżona dekompozycja komórkowa

- Zmienny rozmiar komórek
- Początkowo - duże komórki
- Zmniejszane, gdy częściowo zawierają przeszkody
- Procedura powtarzana rekurencyjnie



Przybliżona dekompozycja komórkowa

