

## Review Questions

1) a) What is planning? Describe if-add-delete planning method with example.

The word 'planning' informally refers to the generation of the sequence of actions to solve a complex problem. For instance, consider the problem of placing the furniture in your new-built house, so that you can fully utilize the available free space for common use and the rooms look beautiful.

تشير كلمة "التخطيط" بشكل غير رسمي إلى إنشاء تسلسل الإجراءات لحل مشكلة معقدة. على سبيل المثال ، ضع في اعتبارك مشكلة وضع الأثاث في منزلك المبنى حديثاً ، بحيث يمكنك الاستفادة الكاملة من المساحة الخالية المتاحة للاستخدام المشترك وتبدو الغرف جميلة.

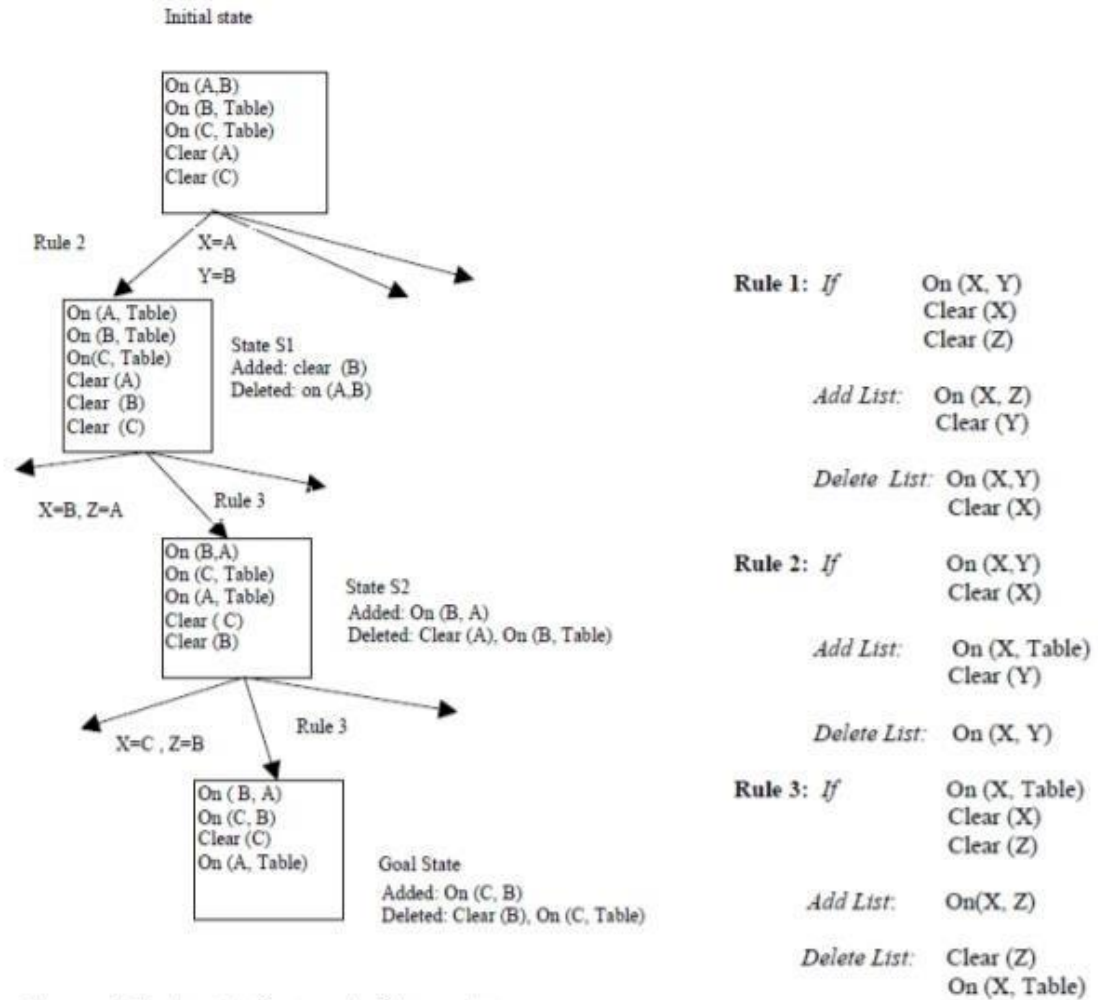


Fig. 4: The breadth first search of the goal state.

---

## Review Questions

- b) Given:  $\text{On}(A, B) \wedge \text{Clear}(C) \wedge \text{Clear}(A) \wedge \text{On}(C, \text{Table}) \wedge \text{On}(B, \text{Table})$ . Find a plan for:  $\text{On}(B, A) \wedge \text{On}(C, B)$ .**

Plan 1: If  $\text{Clear}(C) \wedge \text{Clear}(B) \wedge \text{On}(B, \text{Table})$

Add:  $\text{On}(C, B)$

Delete:  $\text{Clear}(B)$

Plan 2: If  $\text{Clear}(A) \wedge \text{Clear}(B) \wedge \text{On}(B, \text{Table})$

Add:  $\text{On}(B, A)$

Delete:  $\text{Clear}(A)$

Plan 3: If  $\text{On}(A, B) \wedge \text{Clear}(A)$

Add:  $\text{On}(A, \text{Table}) \wedge \text{Clear}(B)$

Delete:  $\text{On}(A, B)$

Plan 4: If Nil Add:  $\text{On}(A, B) \wedge \text{Clear}(C) \wedge \text{Clear}(A) \wedge \text{On}(C, \text{Table}) \wedge \text{On}(B, \text{Table})$

Delete: Nil

Plan 5: If  $\text{On}(B, A) \wedge \text{On}(C, B)$

(goal) Add: Nil Delete: Nil plan

$4 < \text{plan } 3 < \text{plan } 2 < \text{plan } 1 <$

plan 5

Plan j: If  $\text{On}(C, B) \wedge \text{Clear}(C)$

Add:  $\text{On}(C, \text{Table}), \text{Clear}(B)$

Delete:  $\text{On}(C, B)$  plan  $4 < \text{plan } 3 < \text{plan } 1 < \text{plan } j < \text{plan } 2 < \text{plan } 1 < \text{plan } 5$

- 2) a) What are robotic system basic components.**

The real robot is some mechanical device ("mechanism") that moves around in the environment, and, in doing so, physically interacts with this environment. This interaction involves the exchange of physical energy, in some form or another. several sub-activities are often identified: 1-Modelling 2-Planning.

3-Scales in robotic systems

4-Background sensitivity

---

## Review Questions

الروبوت الحقيقي هو جهاز ميكانيكي ("آلية") يتحرك في البيئة ، وبذلك يتفاعل جسديًا مع هذه البيئة. يتضمن هذا التفاعل تبادل الطاقة الفيزيائية ، بشكل أو بآخر. غالبًا ما يتم تحديد العديد من الأنشطة الفرعية: 1- النمذجة 2- التخطيط.

3-الميزان في الأنظمة الروبوتية

4-حساسية الخلفية

**b) Robotics has, roughly speaking, two faces, what are they.**

- i) the mathematical and engineering face, which is quite "standardized" in the sense that a large consensus exists about the tools and theories to use ("systems theory"), and
- ii) the AI face, which is rather poorly standardized, not because of a lack of interest or research efforts, but because of the inherent complexity of "intelligent behaviour.

(ب) الروبوتات لها وجهان تقريبًا ، ما هما  
سول- :

(ط) الوجه الرياضي والهندسي ، وهو "موحد" تمامًا بمعنى وجود إجماع كبير حول الأدوات والنظريات التي يجب استخدامها ("نظرية النظم") ، و

(2) وجه الذكاء الاصطناعي ، وهو نوع ضعيف إلى حد ما ، ليس بسبب نقص الاهتمام أو الجهود البحثية ، ولكن بسبب التعقيد المتأصل في "السلوك الذكي.

**3) a) Give the difference between effector and actuator.**

**b) In task planning there are three approaches to specifying the model state describe them.**

1. Using a CAD system to draw the positions of the objects in the desired configuration.
2. Using the robot itself to specify its configurations and to locate the object features.
3. Using symbolic spatial relationships between object features (such as (face1 against face2). This is the most common method, but must be converted into numerical form to be used.

(ب) في تخطيط المهام ، هناك ثلاث طرق لتحديد حالة النموذج تصفها.

1. استخدام نظام CAD لرسم مواضع الكائنات في التكوين المطلوب.

## Review Questions

2. استخدام الروبوت نفسه لتحديد تكويناته وتحديد معالم الكائن.
3. استخدام العلاقات المكانية الرمزية بين سمات الكائن (مثل (الوجه 1 مقابل الوجه 2) هذه هي الطريقة الأكثر شيوعاً ، ولكن يجب تحويلها إلى صيغة رقمية لاستخدامها.

- 4) a) Give the difference between path planning in workspace and path planning in configuration space.
- b) Write an algorithm for visibility graph path planning for single mobile robot in configuration space (with example).

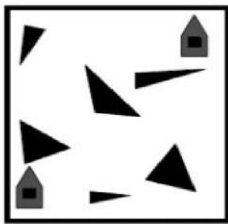
**Algorithm VISIBILITYGRAPH( $S$ )**

*Input.* A set  $S$  of disjoint polygonal obstacles.

*Output.* The visibility graph  $\mathcal{G}_{vis}(S)$ .

1. Initialize a graph  $\mathcal{G} = (V, E)$  where  $V$  is the set of all vertices of the polygons in  $S$  and  $E = \emptyset$ .
2. **for** all vertices  $v \in V$
3.     **do**  $W \leftarrow \text{VISIBLEVERTICES}(v, S)$
4.     For every vertex  $w \in W$ , add the arc  $(v, w)$  to  $E$ .
5. **return**  $\mathcal{G}$

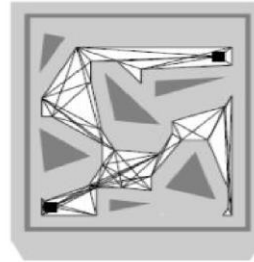
work space



configuration space



visibility graph



**Algorithm SHORTESTPATH( $S, p_{start}, p_{goal}$ )**

*Input.* A set  $S$  of disjoint polygonal obstacles, and two points  $p_{start}$  and  $p_{goal}$  in the free space.

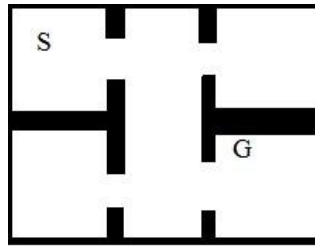
*Output.* The shortest collision-free path connecting  $p_{start}$  and  $p_{goal}$ .

1.  $\mathcal{G}_{vis} \leftarrow \text{VISIBILITYGRAPH}(S \cup \{p_{start}, p_{goal}\})$
2. Assign each arc  $(v, w)$  in  $\mathcal{G}_{vis}$  a weight, which is the Euclidean length of the segment  $\overline{vw}$ .
3. Use Dijkstra's algorithm to compute a shortest path between  $p_{start}$  and  $p_{goal}$  in  $\mathcal{G}_{vis}$ .

- 5) a) Describe the robotic as an integrated system.
- b) Describe motion planning process model main sub tasks?
- 6) Given the work space bellow find the path from S to G using visibility graph path planning method:

---

## Review Questions



- 7) Design a hierarchical plan for the construction of a house building. Clearly mark at least two subplans, which cannot be realized at the next level of the tree.
- 8) Give difference between the following:
  - a) cell decomposition and approximate cell decomposition
  - b) complete and sound methods for robot motion planning
  - c) centralized planning and decoupled planning
- 9) b) Define the following terms:
  - 1) Path,
  - 2) Free-flying object,
  - 3) C-obstacle.
- 10) a) Given:  $\text{On}(A, B) \wedge \text{Clear}(C) \wedge \text{Clear}(A) \wedge \text{On}(C, \text{Table}) \wedge \text{On}(B, \text{Table})$ . Find a plan (using Least Commitment Planning) for :  $\text{On}(B, A) \wedge \text{On}(C, B)$ .  
 نفس حل سؤال الاول فرع الثاني
  - b) Use hierarchical task network planning for 'writing a book'.
- 11) a) Give the difference between the following:
  - 1) Path planning and maneuver planning.
  - 2) On line path planning and offline planning.
  - 3) Static environment and dynamic environment.
  - b) How can describe the work space in the presence of moving obstacles.

---

## Review Questions

- 12) a) **Describe the cell decomposition motion planning method basic principles.**  
b) **Describe approximate cell decomposition motion planning method with example.**

Represent the robot free space as a collection of cells. The cells have a simple prespecified shape ( eg. Rectangloid shape). Such that donot in general allow to represent free space exactly. The reason for standardization of the shape of cells are :

1. to achieve space decomposition iteratively by simple computation
2. easy to implement numerically
3. one can directly control the amount of the free space around a generated path by setting a minimal size for the cell
4. may fail to find a free path even if one exist

(ج) وصف طريقة تخطيط حركة تحلل الخلية التقريبية مع مثال. تمثيل الفضاء الحر للروبوت كمجموعة من الخلايا. تحتوي الخلايا على شكل بسيط محدد مسبقاً (على سبيل المثال ، شكل مستطيل الشكل). مثل هذا لا يسمح بشكل عام بتمثيل المساحة الحرة بالضبط.

سبب توحيد شكل الخلايا هو:

1. لتحقيق تحلل الفضاء بشكل تكراري عن طريق الحساب البسيط

2. سهل التنفيذ عددياً

3. يمكن للمرء أن يتحكم بشكل مباشر في مقدار المساحة الخالية حول المسار الذي تم إنشاؤه عن طريق تحديد حجم أدنى للخلية

4. قد يفشل في العثور على مسار مجاني حتى لو كان موجوداً

## Review Questions

### 13) a) Describe basic motion planning problem.

Let  $A$  be a single rigid object (the robot) moving in a Euclidean space  $W$ , called the workspace, represented as  $R^n$  (where  $n = 2$  or  $3$ ). Let  $B_1, \dots, B_q$  be fixed rigid objects distributed in  $W$ . These are called obstacles. Assume that the geometry of  $A$ , and the geometries and locations of the  $B_i$ 's are accurately known. Assume also that no kinematic constraints limit the motions of  $A$  (so that  $A$  is a free-flying object). Given an initial position and orientation and a goal position and orientation of  $A$  in  $W$ , the problem is to generate a path  $t$  specifying a continuous sequence of positions and orientations of  $A$  avoiding contact with the  $B_i$ 's. (Basically, given a robot, a bunch of objects, a start state and a goal state, find a path for the robot to reach the goal state.)

Define the following terms: 1) end effectors 2) unsafe path, 3) C-obstacle region.

end effectors used to grasp and manipulate objects during the work cycle. The objects are usually work-parts that are moved from one location to another in the cell.

C-obstacle region :- The union of all the C-obstacles.

صف مشكلة تخطيط الحركة الأساسية

لنفترض أن  $A$  كائنًا صلبًا واحدًا (الروبوت) يتحرك في مساحة إقليدية  $W$ ، تسمى مساحة العمل، ويتم تمثيلها كـ  $R^n$  حيث  $n = 2$  أو  $3$ . (لنفترض أن  $B_1, \dots, B_q$  هي أجسام صلبة ثابتة موزعة في المنطقة الغريبة وتسمى هذه العوائق. افترض أن هندسة  $A$  وهندسة ومواقع  $B_i$  معروفة بدقة. افترض أيضًا أنه لا توجد قيود حركية تحد من حركات  $A$  (بحيث يكون  $A$  كائنًا يطير بحرية). (بالنظر إلى موضع وتوجيه مبدئي وموضع هدف واتجاه  $A$  في  $W$ ، فإن المشكلة تكمن في إنشاء مسار  $t$  يحدد تسلسلاً مستمرًا لمواقف وتوجهات  $A$  لتجنب الاتصال مع  $B_i$  في الأساس، بالنظر إلى الروبوت، ومجموعة من الأشياء، وحالة البداية وحالة الهدف، ابحث عن مسار للروبوت للوصول إلى حالة الهدف.) حدد المصطلحات التالية: 1) مؤثرات النهاية 2) مسار غير آمن 3) منطقة عقبة ج. تستخدم مؤثرات النهاية لإمساك الأشياء ومعالجتها أثناء دورة العمل. عادةً ما تكون الكائنات عبارة عن أجزاء عمل يتم نقلها من موقع إلى آخر في الخلية. منطقة عقبة ج: - اتحاد جميع العوائق ج.

### b) Define the following terms:

- 1) end effectors
- 2) unsafe path,
- 3) C-obstacle region.

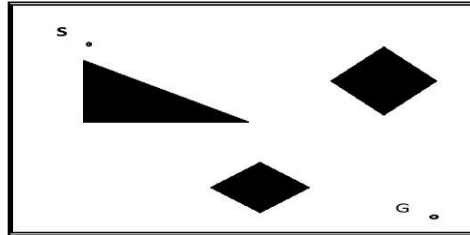
### 14) a) Give the difference between the following:

- 1) mobile robot and based arm
- 2) exact cell decomposition and approximate cell decomposition
- 3) work space and configuration space.

---

## Review Questions

- 15) Describe visibility graph motion planning method algorithm. Use visibility graph to find path from S to G in the following work space:



16)

b) What are the basic entities contained in the workspace?

- 1- Obstacles: Portions of the workspace that are “permanently “ occupied, for example, as in the walls of a building.
- 2- Robots: Geometric bodies that behave according to a motion strategy.

ما هي الكيانات الأساسية الموجودة في مساحة العمل؟

- 1- العوائق: أجزاء مساحة العمل المشغولة "بشكل دائم" ، على سبيل المثال ، كما هو الحال في جدران المبنى.
- 3- الروبوتات: أجسام هندسية تتصرف وفق إستراتيجية الحركة.

- 17) a) Define the following terms : free-flying object , robot , Uncertainty.

free-flying object An object for which, in the absence of any obstacles, any path is feasible.

Robot:- versatile mechanical device equipped with actuators and sensors under the control of a computing system.

Russell and Norvig define it as "an active, artificial agent whose environment is the physical world."

Uncertainty :-A robot may have little or no prior knowledge about its workspace. The more incomplete the knowledge, the less important the role of planning.

حدد المصطلحات التالية: جسم حر ، إنسان آلي ، عدم يقين.

كائن طائر حر: كائن يكون من الممكن تحقيق أي مسار له في حالة عدم وجود أي عوائق.

الروبوت: - جهاز ميكانيكي متعدد الاستخدامات مزود بمشغلات وأجهزة استشعار تحت سيطرة نظام الحوسبة. يعرفها راسل ونورفيج على أنها "عامل اصطناعي نشط بيئته هي العالم المادي."



## Review Questions

عدم اليقين: - قد يكون لدى الروبوت معرفة قليلة أو معدومة مسبقًا حول مساحة العمل الخاصة به. كلما زادت المعرفة غير المكتملة ، قلت أهمية دور التخطيط.

b) What are mobile robots important advantages?.

Reach Mobile robots are necessary if the problem the robot should solve is not restricted to some sufficiently small area. Flexibility If the position of the problem to be solved is not static, the mobile robot has the ability to pursue it

(ب) ما هي المزايا المهمة للروبوتات المتنقلة؟.

تعتبر **Reach Mobile robots** ضرورية إذا كانت المشكلة التي يجب أن يحلها الروبوت لا تقتصر على بعض المناطق الصغيرة بما فيه الكفاية. المرونة إذا لم يكن موضع المشكلة المراد حلها ثابتًا ، فإن الروبوت المتحرك لديه القدرة على متابعته

18)

b) Describe motion planning process model main sub tasks? What are the robot arm basic parts.

- Cartesian (3P)
- Cylindrical (R2P)
- Spherical (Polar) (2 RP)
- Articulated (3R)
- SCARA ( 2R in horizontal + 1P in vertical plane)

(ب) وصف المهام الفرعية الرئيسية لنموذج تخطيط الحركة؟ ما هي الأجزاء الأساسية لذراع الروبوت.

• ديكارتي (3P)

• أسطوانتي (R2P)

• كروي (قطبي) (2 RP)

• مفصلي (3R)

• SCARA (2R) في الوضع الأفقي + 1P في المستوى الرأسي)

---

## Review Questions

19) Define the following terms :

**Rotation invariant robot, Motion Planning, Sound, Uncertainty, Regulation, Scales in robotic systems, Degree of freedom, Sensors, complete, disk robot, work space.**

20) a) What is the basic operations for realizing a least commitment plan?

a) Step Addition: This stands for the generation of a partially ordered plan for one sub-goal.

b) Promotion: This constrains one step to come before another in a partially ordered plan.

c) Declobbering: Suppose state S1 negated (deleted) some precondition of state S3. So, add S2 such that S2 follows S1 and S3 follows S2, where S2 reasserts the negated preconditions of S3.

d) Simple Assignment: Instantiate a variable to ensure precondition of a step.

e) Separation: Instantiation of variables is sometimes not done intentionally to keep the size of the plan manageable.

ما هي العمليات الأساسية لتحقيق أقل خطة التزام؟

أ) إضافة الخطوة: هذا يعني إنشاء خطة مرتبة جزئياً لهدف فرعي واحد. ب) الترويج: هذا يقيد خطوة واحدة قبل الأخرى في خطة مرتبة جزئياً.

ج Declobbering: (لنفترض أن الحالة S1 ألغت) بعض الشروط المسبقة للحالة S3. لذلك ، أضف S2 بحيث يتبع S1 S2 و S3 يتبع S2 ، حيث يعيد S2 تأكيد الشروط المسبقة الملغاة لـ S3.

د) التعيين البسيط: إنشاء متغير لضمان الشرط المسبق لخطوة ما.

هـ) الفصل: في بعض الأحيان لا يتم تجسيد المتغيرات عن قصد للحفاظ على حجم الخطة التي يمكن إدارتها.

b) Give a simple description to the following formula:

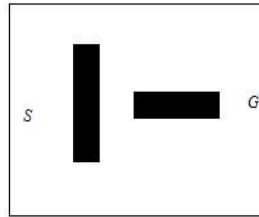
## Review Questions

1)  $CB \sqsubseteq \{q \sqsubseteq C \mid A(q) \sqsubseteq B \sqsubseteq \}$

2)  $\square \sqsubseteq [0,1] \sqsubseteq C_{free}$

where  $\square(0) \sqsubseteq q_{init}$  and  $\square(1) \sqsubseteq q_{goal}$

- 21) a) Write a basic stamp routine that makes the Boe Bot robot go straight forward.  
b) Find the path from S to G in the given environment using visibility graph algorithm.



- 22) b) Describe the navigation system basic tasks.

Subtask1: mapping and modeling the environment; this concerns the representation of free space; the workspace through which a robot is to move amongst a number of obstacles.

Subtask2: path planning; this constitutes the core of the planner, it concerns the computation (i.e. searching) within predetermined criteria, of near optimal or even an optimal paths for a robot to navigate throughout its environment.

Subtask3: path following and collision avoidance; path following in the case of single robot motion. For multiple robot motion path following and coordination

(ب) وصف المهام الأساسية لنظام الملاحة.

المهمة الفرعية 1: رسم الخرائط ونمذجة البيئة ؛ هذا يتعلق بتمثيل الفضاء الحر ؛ مساحة العمل التي يتحرك الروبوت من خلالها بين عدد من العوائق.

**Subtask2:** تخطيط المسار ؛ يشكل هذا جوهر المخطط ، ويتعلق بالحساب (أي البحث) ضمن معايير محددة مسبقًا ، لمسارات شبه مثالية أو حتى مثالية للروبوت للتنقل في جميع أنحاء بيئته.

**Subtask3:** المسار التالي وتجنب الاصطدام ؛ المسار التالي في حالة حركة روبوت واحدة. لمتابعة مسار حركة الروبوت المتعددة والتنسيق

---

## Review Questions

- 23) Given the following initial and the goal state for the Blocks world problem. Construct a set of operators (Rules) and hence generate a plan to reach the goal state from the initial state.

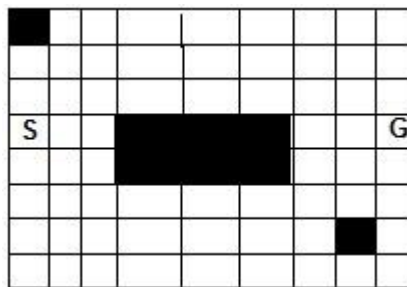
**Initial State:** On (C, A), Clear (C), On (B, Table), Clear (B).

**Goal State:** On (B, A), On (C, B).

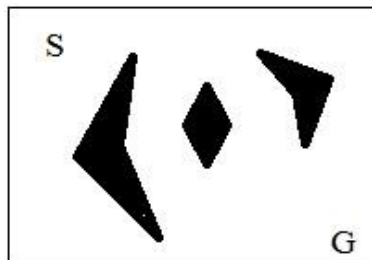
- 24) Give the difference between the following(only 4):

- a) Safe path and un safe path
- b) System complexity scale and Computational complexity scale
- c) Offline planning and on line path planning
- d) Effectors and actuators
- e) the mathematical and engineering face and AI face to robotics
- f) C-obstacle and C-obstacle region.

- 25) Find the path from S to G using visibility graph path planning method using the following workspace:

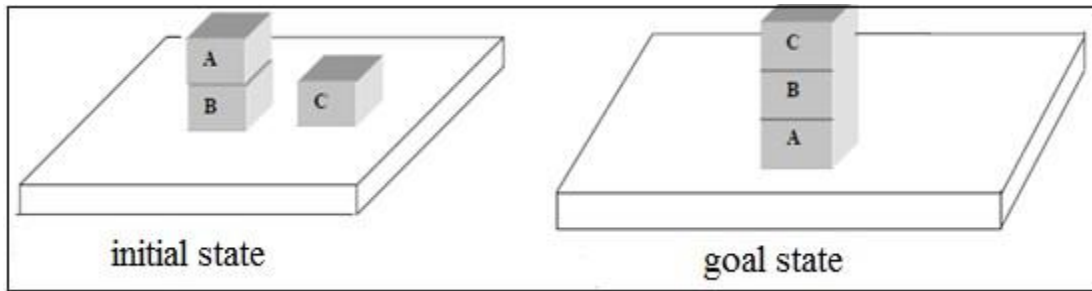


- 27) Given the work space bellow find the path from S to G using visibility graph path planning method:



- 28) Given in the figure bellow initial and the goal state for the Blocks world problem. Construct a set of operators (Rules) and hence generate a plan to reach the goal state from the initial state.

## Review Questions



29) Answer the following:

a) What are the three principal considerations in gripping an object.

1-safety -- the robot must be safe in the initial and final configurations

2-reachability -- the robot must be able to reach the initial grasping configuration and, with the object in hand, reach the final configuration

3- stability -- the grasp should be stable in the presence of forces

exerted on the grasped object during transfer and parts-mating

motions

(أ) ما هي الاعتبارات الرئيسية الثلاثة في إمساك الجسم.

1-الأمان - يجب أن يكون الروبوت آمناً في التكوينات الأولية والنهائية

-إمكانية الوصول - يجب أن يكون الروبوت قادراً على الوصول إلى الإمساك

الأولي

التكوين ، ومع وجود الكائن في متناول اليد ، يمكنك الوصول إلى التكوين النهائي

-الاستقرار - يجب أن يكون المقبض مستقرًا في وجود القوى التي تمارس على

الجسم الممسوك أثناء النقل وحركات تزاوج الأجزاء

b) Describe the robotic system.

c) Describe the meaning of C-obstacle.

d) Define Uncertainty?

A robot may have little or no prior knowledge about its workspace. The more incomplete the knowledge, the less important the role of planning. A more typical situation is when there are

---

## Review Questions

errors in robot control and in the initial models, but these errors are contained within bounded regions.

(د) تحديد عدم اليقين؟

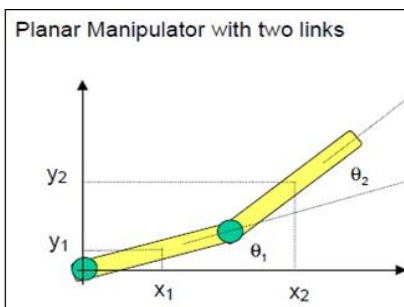
قد يكون لدى الروبوت معرفة قليلة أو معدومة حول مساحة العمل الخاصة به. كلما زادت المعرفة غير المكتملة ، قلت أهمية دور التخطيط. الموقف الأكثر شيوعًا هو عندما تكون هناك أخطاء في التحكم في الروبوت وفي النماذج الأولية ، ولكن يتم احتواء هذه الأخطاء داخل مناطق محدودة.

30) Give mathematical formula to describe the following terms:

- 1) Path
- 2)  $C_{free}$
- 3) C-Obstacle
- 4) Distance

31) a) Give the difference between holonomic constraints and non holonomic constraints.

b) In the following figure how many holonomic constraints?



32) a) Define robot programming language. List basic types of robot programming language.

cRobot Programming The interface between human user and an industrial robot is extremely important. Manipulators are a minor part of an automated process. So manipulator programming is considered within a workcell.

تحديد لغة برمجة الروبوت. سرد الأنواع الأساسية للغة برمجة الروبوت.

## Review Questions

---

برمجة **cRobot** تعتبر الواجهة بين المستخدم البشري والروبوت الصناعي مهمة للغاية. المتلاعبون جزء ثانوي من العملية الآلية. لذلك تعتبر برمجة المناور ضمن خلية العمل.

b) **What are the basic Requirements of a robot programming language.**

ب) ما هي المتطلبات الأساسية للغة برمجة الروبوت.

1- النمذجة العالمية

2- مواصفات الحركة

3- تنفيذ التدفق

4- بيئة البرمجة

World modeling

Motion specification

Flow Execution

-Programming environment

Sensor integration

## Review Questions

---

### 33) a) What are the Desirable Features of Sensors

Precision.

Operating range.

Speed of response.

Calibration.

Reliability.

Cost.

Ease of operation

دقة.

نطاق التشغيل.

سرعة الاستجابة.

المعايرة.

مصدقية.

كلفة.

سهولة التشغيل



## Review Questions

---

### b) What properties need of intelligent Control System

- 1) Interact with its environment, Make decision when things go wrong during the work cycle,
- 2) Communicate with human beings,
- 3) Make computations.
- 4) Operate in response to advanced sensors.

- (ب) ما هي الخصائص التي تحتاجها نظام التحكم الذكي
- 1) التفاعل مع بيئته ، اتخاذ القرار عندما تسوء الأمور أثناء دورة العمل ،
  - 2) التواصل مع البشر ،
  - 3) عمل الحسابات.
  - 4) تعمل استجابة لأجهزة الاستشعار المتقدمة.