

Author: Ilton Garcia dos Santos Silveira

Date: December, 13, 2017

# Heuristic Analysis for Planning Cargo

---

That analysis should expose it project results, showing:

1. The sequence of actions for each problem;
2. Comparing 3 uniformed planning algorithms for all 3 problems;
3. 2 heuristics used with A\* search for planning on all 3 problems, from the planning graph;
4. Table of performances for each algorithm on each problem;
5. 1 reason for each result using the appropriate justification.

## The Sequence of Actions for each Problem & table of performance

---

Sequence of actions for each problem, comparing 3 uniformed planning algorithms for all 3 problems  
with table of performances.

- Problem 1 initial state and goal:

```
Init(At(C1, SF0) ∧ At(C2, JFK)
  ∧ At(P1, SF0) ∧ At(P2, JFK)
  ∧ Cargo(C1) ∧ Cargo(C2)
  ∧ Plane(P1) ∧ Plane(P2)
  ∧ Airport(JFK) ∧ Airport(SF0))
Goal(At(C1, JFK) ∧ At(C2, SF0))
```

- RESULT: Problem 1 - astar\_search with h\_1

Solving Air Cargo Problem 1 using astar\_search with h\_1...

Expansions	Goal Tests	New Nodes
55	57	224

Plan length: 6 Time elapsed in seconds: 0.035601461997430306

Load(C1, P1, SFO)  
Load(C2, P2, JFK)  
Fly(P1, SFO, JFK)  
Fly(P2, JFK, SFO)  
Unload(C1, P1, JFK)  
Unload(C2, P2, SFO)

- RESULT: Problem 1 - depth first graph search

Solving Air Cargo Problem 1 using depth\_first\_graph\_search...

Expansions	Goal Tests	New Nodes
21	22	84

Plan length: 20 Time elapsed in seconds: 0.013117626000166638

Fly(P1, SFO, JFK)  
Fly(P2, JFK, SFO)  
Load(C2, P1, JFK)  
Fly(P1, JFK, SFO)  
Fly(P2, SFO, JFK)  
Unload(C2, P1, SFO)  
Fly(P1, SFO, JFK)  
Fly(P2, JFK, SFO)  
Load(C2, P2, SFO)  
Fly(P1, JFK, SFO)  
Load(C1, P2, SFO)  
Fly(P2, SFO, JFK)  
Fly(P1, SFO, JFK)  
Unload(C2, P2, JFK)  
Unload(C1, P2, JFK)  
Fly(P2, JFK, SFO)  
Load(C2, P1, JFK)  
Fly(P1, JFK, SFO)  
Fly(P2, SFO, JFK)  
Unload(C2, P1, SFO)

- RESULT: Problem 1 - uniform cost search

Solving Air Cargo Problem 1 using uniform\_cost\_search...

Expansions	Goal Tests	New Nodes
55	57	224

Plan length: 6 Time elapsed in seconds: 0.037763554999401094

```
Load(C1, P1, SFO)
Load(C2, P2, JFK)
Fly(P1, SFO, JFK)
Fly(P2, JFK, SFO)
Unload(C1, P1, JFK)
Unload(C2, P2, SFO)
```

- RESULT: Problem 1 - breadth first search

Solving Air Cargo Problem 1 using breadth\_first\_search...

Expansions	Goal Tests	New Nodes
43	56	180

Plan length: 6 Time elapsed in seconds: 0.028200085002026754

```
Load(C1, P1, SFO)
Load(C2, P2, JFK)
Fly(P2, JFK, SFO)
Unload(C2, P2, SFO)
Fly(P1, SFO, JFK)
Unload(C1, P1, JFK)
```

- Problem 2 initial state and goal:

```
Init(At(C1, SFO) ∧ At(C2, JFK) ∧ At(C3, ATL)
    ∧ At(P1, SFO) ∧ At(P2, JFK) ∧ At(P3, ATL)
    ∧ Cargo(C1) ∧ Cargo(C2) ∧ Cargo(C3)
    ∧ Plane(P1) ∧ Plane(P2) ∧ Plane(P3)
    ∧ Airport(JFK) ∧ Airport(SFO) ∧ Airport(ATL))
Goal(At(C1, JFK) ∧ At(C2, SFO) ∧ At(C3, SFO))
```

- RESULT: Problem 2 - astar\_search with h\_1

Solving Air Cargo Problem 2 using astar\_search with h\_1...

Expansions	Goal Tests	New Nodes
4853	4855	44041

Plan length: 9 Time elapsed in seconds: 10.50476367000374

Load(C1, P1, SFO)  
Load(C2, P2, JFK)  
Load(C3, P3, ATL)  
Fly(P1, SFO, JFK)  
Fly(P2, JFK, SFO)  
Fly(P3, ATL, SFO)  
Unload(C3, P3, SFO)  
Unload(C2, P2, SFO)  
Unload(C1, P1, JFK)

- RESULT: Problem 2 - uniform cost search

Solving Air Cargo Problem 2 using uniform\_cost\_search...

Expansions	Goal Tests	New Nodes
4853	4855	44041

Plan length: 9 Time elapsed in seconds: 10.320910713002377

Load(C1, P1, SFO)  
Load(C2, P2, JFK)  
Load(C3, P3, ATL)  
Fly(P1, SFO, JFK)  
Fly(P2, JFK, SFO)  
Fly(P3, ATL, SFO)  
Unload(C3, P3, SFO)  
Unload(C2, P2, SFO)  
Unload(C1, P1, JFK)

- RESULT: Problem 2 - breadth first search

Solving Air Cargo Problem 2 using breadth\_first\_search...

Expansions	Goal Tests	New Nodes
3343	4609	30509

Plan length: 9 Time elapsed in seconds: 7.134153706996585

Load(C1, P1, SFO)  
Load(C2, P2, JFK)  
Load(C3, P3, ATL)  
Fly(P2, JFK, SFO)  
Unload(C2, P2, SFO)  
Fly(P1, SFO, JFK)  
Unload(C1, P1, JFK)  
Fly(P3, ATL, SFO)  
Unload(C3, P3, SFO)

- RESULT: Problem 2 - depth first graph search

Solving Air Cargo Problem 2 using depth\_first\_graph\_search...

Expansions	Goal Tests	New Nodes
624	625	5602

Plan length: 619 Time elapsed in seconds: 3.1242746479983907

Fly(P3, ATL, SFO)  
 Fly(P1, SFO, ATL)  
 Fly(P3, SFO, JFK)  
 Fly(P1, ATL, JFK)  
 Fly(P2, JFK, ATL)  
 Fly(P3, JFK, ATL)  
 Fly(P2, ATL, SFO)  
 Fly(P3, ATL, SFO)  
 Load(C2, P1, JFK)  
 Fly(P2, SFO, ATL)  
 Fly(P1, JFK, ATL)  
 Fly(P2, ATL, JFK)  
 Fly(P1, ATL, SFO)  
 Fly(P3, SFO, ATL)  
 Fly(P1, SFO, JFK)  
 Load(C3, P3, ATL)  
 Fly(P3, ATL, SFO)  
 Fly(P2, JFK, ATL)  
 Fly(P3, SFO, JFK)  
 Fly(P2, ATL, SFO)  
 Fly(P1, JFK, ATL)  
 Fly(P2, SFO, JFK)  
 Fly(P1, ATL, SFO)  
 Unload(C3, P3, JFK)  
 Fly(P1, SFO, JFK)  
 Fly(P3, JFK, ATL)  
 Fly(P2, JFK, ATL)  
 Fly(P3, ATL, SFO)  
 Fly(P2, ATL, SFO)  
 Fly(P1, JFK, ATL)  
 Fly(P3, SFO, ATL)  
 Fly(P1, ATL, SFO)  
 Unload(C2, P1, SFO)  
 Fly(P3, ATL, SFO)  
 Fly(P2, SFO, ATL)  
 Fly(P1, SFO, ATL)  
 Fly(P2, ATL, JFK)  
 Fly(P1, ATL, JFK)  
 Fly(P3, SFO, ATL)  
 Fly(P2, JFK, ATL)  
 Fly(P3, ATL, JFK)  
 Fly(P2, ATL, SFO)  
 Fly(P1, JFK, ATL)  
 Load(C3, P3, JFK)  
 Fly(P1, ATL, SFO)  
 Fly(P2, SFO, ATL)  
 Fly(P3, JFK, ATL)  
 Fly(P2, ATL, JFK)  
 Fly(P3, ATL, SFO)  
 Fly(P1, SFO, ATL)



```

Fly(P2, JFK, ATL)
Fly(P1, ATL, JFK)
Fly(P2, ATL, SFO)
Fly(P3, SFO, ATL)
Unload(C3, P3, ATL)
Fly(P3, ATL, SFO)
Fly(P2, SFO, ATL)
Fly(P3, SFO, JFK)
Fly(P2, ATL, JFK)
Fly(P1, JFK, ATL)
Fly(P3, JFK, ATL)
Fly(P2, JFK, ATL)
Load(C3, P2, ATL)
Fly(P3, ATL, SFO)
Fly(P2, ATL, SFO)
Fly(P1, ATL, SFO)
Fly(P3, SFO, ATL)
Fly(P2, SFO, JFK)
Fly(P3, ATL, JFK)
Fly(P1, SFO, JFK)
Fly(P2, JFK, SFO)
Unload(C3, P2, SFO)
Fly(P2, SFO, ATL)
Fly(P3, JFK, ATL)
Fly(P2, ATL, JFK)
Fly(P3, ATL, SFO)
Load(C2, P3, SFO)
Fly(P3, SFO, ATL)
Fly(P2, JFK, ATL)
Fly(P3, ATL, JFK)
Fly(P2, ATL, SFO)
Fly(P1, JFK, ATL)
Fly(P2, SFO, JFK)
Fly(P1, ATL, SFO)
Unload(C2, P3, JFK)
Fly(P1, SFO, JFK)
Fly(P3, JFK, ATL)
Fly(P2, JFK, ATL)
Fly(P3, ATL, SFO)
Fly(P2, ATL, SFO)
Fly(P1, JFK, ATL)
Fly(P3, SFO, ATL)
Fly(P1, ATL, SFO)
Load(C3, P2, SFO)
Fly(P3, ATL, SFO)
Fly(P2, SFO, ATL)
Fly(P1, SFO, ATL)
Fly(P2, ATL, JFK)
Fly(P1, ATL, JFK)

Fly(P2, JFK, ATL)
Fly(P1, JFK, ATL)
Fly(P2, ATL, SFO)
Fly(P1, ATL, SFO)

```

```
Unload(C3, P2, SFO)
Fly(P2, SFO, ATL)
Fly(P1, SFO, ATL)
Fly(P2, ATL, JFK)
Fly(P3, JFK, ATL)
Fly(P1, ATL, SFO)
Fly(P3, ATL, SFO)
Fly(P1, SFO, JFK)
Fly(P2, JFK, ATL)
Fly(P3, SFO, ATL)
Fly(P2, ATL, SFO)
Load(C1, P2, SFO)
Fly(P3, ATL, SFO)
Fly(P2, SFO, ATL)
Fly(P3, SFO, JFK)
Fly(P2, ATL, JFK)
Fly(P1, JFK, ATL)
Fly(P3, JFK, ATL)
Fly(P1, ATL, SFO)
Fly(P3, ATL, SFO)
Unload(C2, P2, JFK)
Fly(P1, SFO, ATL)
Fly(P2, JFK, ATL)
Fly(P1, ATL, JFK)
Fly(P3, SFO, ATL)
Fly(P2, ATL, SFO)
Fly(P3, ATL, JFK)
Fly(P1, JFK, ATL)
Load(C3, P2, SFO)
Fly(P1, ATL, SFO)
Fly(P2, SFO, ATL)
Fly(P1, SFO, JFK)
Fly(P2, ATL, JFK)
Fly(P3, JFK, ATL)
Fly(P1, JFK, ATL)
Fly(P3, ATL, SFO)
Fly(P1, ATL, SFO)
Unload(C3, P2, JFK)
Fly(P3, SFO, ATL)
Fly(P2, JFK, ATL)
Fly(P3, ATL, JFK)
Fly(P2, ATL, SFO)
Fly(P1, SFO, ATL)
Fly(P2, SFO, JFK)
Unload(C1, P2, JFK)
```

Fly(P1, ATL, SFO)  
Fly(P2, JFK, ATL)  
Fly(P1, SFO, JFK)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P3, JFK, ATL)  
Fly(P2, SFO, JFK)  
Fly(P3, ATL, SFO)  
Load(C3, P2, JFK)  
Fly(P2, JFK, ATL)  
Fly(P3, SFO, ATL)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P3, ATL, JFK)  
Fly(P1, JFK, ATL)  
Fly(P2, SFO, ATL)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Unload(C3, P2, ATL)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P1, SFO, ATL)  
Fly(P2, SFO, JFK)  
Fly(P1, ATL, JFK)  
Fly(P3, JFK, ATL)  
Fly(P2, JFK, SFO)  
Fly(P3, ATL, SFO)  
Load(C2, P1, JFK)  
Fly(P2, SFO, ATL)  
Fly(P3, SFO, ATL)  
Fly(P1, JFK, ATL)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Fly(P3, ATL, JFK)  
Fly(P2, SFO, ATL)  
Unload(C2, P1, SFO)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Fly(P1, SFO, ATL)  
Fly(P3, JFK, ATL)  
Fly(P1, ATL, JFK)  
Fly(P3, ATL, SFO)  
Fly(P2, JFK, ATL)  
Fly(P1, JFK, ATL)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Load(C2, P3, SFO)  
Fly(P3, SFO, ATL)  
Fly(P2, SFO, ATL)  
Fly(P1, SFO, ATL)  
Fly(P3, ATL, JFK)



```

Fly(P1, ATL, JFK)
Fly(P2, ATL, SFO)
Load(C1, P3, JFK)
Fly(P2, SFO, JFK)
Fly(P3, JFK, ATL)
Fly(P2, JFK, ATL)
Fly(P3, ATL, SFO)
Fly(P1, JFK, ATL)
Fly(P2, ATL, SFO)
Fly(P1, ATL, SFO)
Fly(P3, SFO, ATL)
Unload(C2, P3, ATL)
Fly(P3, ATL, SFO)

```

```

Fly(P2, ATL, SFO)
Fly(P3, JFK, ATL)
Fly(P2, SFO, JFK)
Fly(P3, ATL, SFO)
Fly(P1, JFK, ATL)
Fly(P3, SFO, JFK)
Fly(P1, ATL, SFO)
Load(C1, P2, JFK)
Fly(P1, SFO, JFK)
Fly(P2, JFK, ATL)
Fly(P3, JFK, ATL)
Fly(P2, ATL, SFO)
Fly(P3, ATL, SFO)
Fly(P1, JFK, ATL)
Fly(P2, SFO, ATL)
Fly(P1, ATL, SFO)
Unload(C1, P2, ATL)
Fly(P2, ATL, SFO)
Fly(P1, SFO, ATL)
Fly(P3, SFO, ATL)
Fly(P1, ATL, JFK)
Fly(P3, ATL, JFK)
Fly(P2, SFO, JFK)
Fly(P1, JFK, ATL)
Fly(P2, JFK, ATL)
Load(C3, P2, ATL)
Fly(P2, ATL, SFO)
Fly(P1, ATL, SFO)
Fly(P2, SFO, JFK)
Fly(P1, SFO, JFK)

```

Fly(P3, JFK, ATL)  
Fly(P2, JFK, ATL)  
Fly(P3, ATL, SFO)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Unload(C3, P2, SFO)  
Fly(P3, SFO, ATL)  
Fly(P2, SFO, ATL)  
Fly(P3, ATL, JFK)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Fly(P1, JFK, ATL)  
Fly(P3, JFK, ATL)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Fly(P3, ATL, SFO)  
Fly(P2, JFK, ATL)  
Fly(P1, SFO, ATL)  
Load(C3, P3, SFO)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Fly(P3, SFO, ATL)  
Fly(P2, SFO, ATL)  
Fly(P3, ATL, JFK)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Fly(P1, SFO, ATL)  
Fly(P3, JFK, ATL)  
Fly(P1, ATL, JFK)  
Load(C2, P3, ATL)  
Fly(P3, ATL, SFO)  
Fly(P2, JFK, ATL)  
Fly(P3, SFO, JFK)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P1, JFK, ATL)  
Fly(P2, SFO, JFK)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Unload(C3, P3, JFK)  
Fly(P1, SFO, JFK)  
Fly(P3, JFK, ATL)  
Fly(P2, JFK, ATL)  
Fly(P3, ATL, SFO)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P1, JFK, ATL)  
Fly(P3, SFO, ATL)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Unload(C2, P3, ATL)  
Fly(P3, ATL, SFO)  
Fly(P2, SFO, ATL)  
Fly(P1, SFO, ATL)

Fly(P2, ATL, JFK)  
Fly(P1, ATL, JFK)  
Load(C3, P1, JFK)  
Fly(P3, SFO, ATL)  
Fly(P2, JFK, ATL)  
Fly(P3, ATL, JFK)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P1, JFK, ATL)  
Load(C2, P1, ATL)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Fly(P2, SFO, ATL)  
Fly(P1, SFO, JFK)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Fly(P3, JFK, ATL)  
Fly(P1, JFK, ATL)  
Fly(P3, ATL, SFO)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Unload(C3, P1, SFO)  
Fly(P3, SFO, ATL)  
Fly(P1, SFO, JFK)  
Fly(P3, ATL, JFK)  
Fly(P2, JFK, ATL)  
Fly(P1, JFK, ATL)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P3, JFK, ATL)  
Load(C3, P2, SFO)  
Fly(P3, ATL, SFO)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Fly(P2, SFO, ATL)  
Fly(P3, SFO, ATL)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Fly(P3, ATL, JFK)

---

Fly(P1, SFO, ATL)  
Unload(C3, P2, JFK)  
Fly(P3, JFK, ATL)  
Fly(P2, JFK, ATL)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Fly(P3, ATL, SFO)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P1, SFO, ATL)  
Load(C1, P1, ATL)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Fly(P2, SFO, ATL)  
Fly(P3, SFO, ATL)

fly(P3, SFO, ATL)  
fly(P2, ATL, JFK)  
fly(P1, SFO, JFK)  
fly(P3, ATL, SFO)  
Load(C3, P2, JFK)  
fly(P3, SFO, JFK)  
fly(P2, JFK, ATL)  
fly(P3, JFK, ATL)  
fly(P2, ATL, SFO)  
fly(P1, JFK, SFO)  
fly(P3, ATL, SFO)  
fly(P2, SFO, ATL)  
fly(P1, SFO, ATL)  
Unload(C3, P2, ATL)  
fly(P2, ATL, SFO)  
fly(P1, ATL, SFO)  
fly(P3, SFO, ATL)  
fly(P2, SFO, ATL)  
fly(P3, ATL, JFK)  
fly(P2, ATL, JFK)  
fly(P1, SFO, ATL)  
fly(P3, JFK, ATL)  
fly(P1, ATL, JFK)  
fly(P3, ATL, SFO)  
Unload(C2, P1, JFK)  
fly(P2, JFK, ATL)  
fly(P3, SFO, ATL)  
fly(P1, JFK, ATL)  
fly(P2, ATL, SFO)  
fly(P3, ATL, SFO)  
fly(P1, ATL, SFO)  
fly(P3, SFO, JFK)  
fly(P2, SFO, ATL)  
Load(C3, P2, ATL)  
fly(P2, ATL, SFO)  
fly(P1, SFO, ATL)  
fly(P2, SFO, JFK)  
fly(P3, JFK, ATL)  
fly(P1, ATL, SFO)  
fly(P3, ATL, SFO)  
Unload(C3, P2, JFK)  
fly(P1, SFO, ATL)  
fly(P2, JFK, ATL)  
fly(P1, ATL, JFK)  
fly(P2, ATL, SFO)  
Load(C3, P1, JFK)



Fly(P3, SFO, ATL)  
Fly(P2, SFO, ATL)  
Fly(P3, ATL, JFK)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Fly(P1, JFK, ATL)  
Fly(P3, JFK, ATL)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Fly(P3, ATL, SFO)  
Fly(P2, JFK, ATL)  
Fly(P1, SFO, ATL)  
Unload(C1, P1, ATL)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Fly(P3, SFO, ATL)  
Fly(P2, SFO, ATL)  
Fly(P3, ATL, JFK)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Unload(C3, P1, SFO)  
Fly(P1, SFO, ATL)  
Fly(P3, JFK, ATL)  
Fly(P2, JFK, ATL)  
Load(C1, P3, ATL)  
Fly(P3, ATL, SFO)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P3, SFO, ATL)  
Fly(P2, SFO, JFK)  
Fly(P3, ATL, JFK)  
Fly(P1, SFO, ATL)  
Fly(P2, JFK, SFO)  
Fly(P1, ATL, JFK)  
Fly(P2, SFO, ATL)  
Unload(C1, P3, JFK)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Fly(P3, JFK, ATL)  
Fly(P1, JFK, ATL)  
Fly(P2, JFK, ATL)  
Fly(P3, ATL, SFO)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Fly(P3, SFO, ATL)  
Load(C3, P1, SFO)  
Fly(P3, ATL, JFK)  
Fly(P2, SFO, ATL)  
Fly(P1, SFO, ATL)  
Fly(P3, SFO, ATL)



Fly(P3, JFK, ATL)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Fly(P3, ATL, SFO)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Load(C2, P2, JFK)  
Fly(P3, SFO, ATL)

Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P3, SFO, ATL)  
Fly(P2, SFO, JFK)  
Fly(P3, ATL, JFK)  
Fly(P1, JFK, ATL)  
Fly(P3, JFK, SFO)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Load(C3, P3, SFO)  
Fly(P3, SFO, ATL)  
Fly(P1, SFO, ATL)  
Fly(P3, ATL, JFK)  
Fly(P1, ATL, JFK)  
Fly(P2, JFK, ATL)  
Fly(P3, JFK, ATL)  
Load(C2, P3, ATL)  
Fly(P3, ATL, SFO)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P3, SFO, JFK)  
Fly(P2, SFO, JFK)  
Fly(P1, JFK, ATL)  
Fly(P2, JFK, ATL)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Load(C1, P3, JFK)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P1, SFO, ATL)  
Fly(P3, JFK, ATL)  
Fly(P1, ATL, JFK)  
Fly(P3, ATL, SFO)  
Fly(P2, SFO, ATL)  
Fly(P1, JFK, ATL)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Fly(P3, SFO, ATL)  
Unload(C2, P3, ATL)  
Fly(P3, ATL, SFO)  
Fly(P1, SFO, ATL)  
Fly(P2, JFK, ATL)  
Fly(P1, ATL, JFK)  
Fly(P3, ATL, SFO)

Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P3, SFO, JFK)  
Fly(P1, JFK, ATL)  
Unload(C3, P3, JFK)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Fly(P2, SFO, ATL)  
Fly(P1, SFO, JFK)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Fly(P3, JFK, ATL)  
Fly(P1, JFK, ATL)  
Fly(P3, ATL, SFO)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Unload(C1, P3, SFO)  
Fly(P3, SFO, ATL)  
Fly(P1, SFO, ATL)  
Fly(P3, ATL, JFK)  
Fly(P1, ATL, JFK)  
Fly(P2, JFK, ATL)  
Fly(P3, JFK, ATL)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P3, ATL, SFO)  
Load(C3, P1, JFK)  
Fly(P2, SFO, ATL)  
Fly(P1, JFK, ATL)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Fly(P3, SFO, ATL)  
Fly(P1, SFO, JFK)  
Load(C2, P3, ATL)  
Fly(P3, ATL, SFO)  
Fly(P2, JFK, ATL)  
Fly(P3, SFO, JFK)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P1, JFK, ATL)  
Fly(P3, JFK, ATL)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Fly(P3, ATL, SFO)  
Unload(C3, P1, SFO)  
Fly(P2, SFO, ATL)  
Unload(C2, P3, SFO)  
Load(C3, P1, SFO)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Fly(P3, SFO, ATL)  
Fly(P2, JFK, SFO)  
Fly(P3, ATL, JFK)  
Fly(P1, SFO, ATL)

Fly(P3, JFK, SFO)  
Fly(P1, ATL, JFK)  
Load(C2, P2, SFO)  
Fly(P3, SFO, ATL)  
Fly(P2, SFO, ATL)  
Fly(P3, ATL, JFK)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Fly(P1, JFK, ATL)  
Fly(P3, JFK, ATL)  
Unload(C3, P1, ATL)  
Fly(P1, ATL, JFK)  
Fly(P3, ATL, SFO)  
Fly(P2, JFK, ATL)  
Fly(P1, JFK, ATL)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Fly(P3, SFO, ATL)  
Fly(P2, SFO, ATL)  
Fly(P3, ATL, JFK)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Load(C1, P1, SFO)  
Fly(P1, SFO, ATL)  
Fly(P3, JFK, ATL)  
Fly(P1, ATL, JFK)

Fly(P1, SFO, JFK)  
Load(C2, P3, ATL)  
Fly(P3, ATL, SFO)  
Fly(P2, JFK, ATL)  
Fly(P3, SFO, JFK)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P1, JFK, ATL)  
Fly(P3, JFK, ATL)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Fly(P3, ATL, SFO)  
Unload(C3, P1, SFO)  
Fly(P2, SFO, ATL)  
Unload(C2, P3, SFO)  
Load(C3, P1, SFO)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Fly(P3, SFO, ATL)  
Fly(P2, JFK, SFO)  
Fly(P3, ATL, JFK)  
Fly(P1, SFO, ATL)  
Fly(P3, JFK, SFO)

```
Fly(P1, ATL, JFK)
Load(C2, P2, SFO)
Fly(P3, SFO, ATL)
Fly(P2, SFO, ATL)
Fly(P3, ATL, JFK)
Fly(P2, ATL, JFK)
Fly(P1, JFK, ATL)
Fly(P3, JFK, ATL)
Unload(C3, P1, ATL)
Fly(P1, ATL, JFK)
Fly(P3, ATL, SFO)
Fly(P2, JFK, ATL)
Fly(P1, JFK, ATL)
Fly(P2, ATL, SFO)
Fly(P1, ATL, SFO)
Fly(P3, SFO, ATL)
Fly(P2, SFO, ATL)
Fly(P3, ATL, JFK)
Fly(P2, ATL, JFK)
Load(C1, P1, SFO)
Fly(P1, SFO, ATL)
Fly(P3, JFK, ATL)
Fly(P1, ATL, JFK)
Fly(P2, JFK, ATL)
Fly(P3, ATL, SFO)
Fly(P2, ATL, SFO)
Fly(P3, SFO, JFK)
Unload(C2, P2, SFO)
Fly(P2, SFO, ATL)
Fly(P3, JFK, ATL)
Fly(P1, JFK, ATL)
Fly(P3, ATL, SFO)
Fly(P2, ATL, SFO)
Unload(C1, P1, ATL)
Fly(P1, ATL, SFO)
Fly(P3, SFO, ATL)
Fly(P2, SFO, ATL)
Fly(P3, ATL, JFK)
Fly(P2, ATL, JFK)
Fly(P1, SFO, ATL)
Fly(P3, JFK, ATL)
Fly(P1, ATL, JFK)
Fly(P3, ATL, SFO)
Fly(P2, JFK, ATL)
Load(C3, P2, ATL)
```



```
Fly(P2, ATL, SFO)
Fly(P3, SFO, ATL)
Fly(P2, SFO, JFK)
Fly(P3, ATL, JFK)
Fly(P1, JFK, ATL)
Fly(P2, JFK, ATL)
Fly(P3, JFK, ATL)
Load(C1, P3, ATL)
Fly(P2, ATL, SFO)
Fly(P1, ATL, SFO)
Fly(P3, ATL, JFK)
Fly(P2, SFO, ATL)
Fly(P1, SFO, JFK)
Fly(P2, ATL, JFK)
Fly(P1, JFK, ATL)
Fly(P3, JFK, SFO)
Fly(P1, ATL, SFO)
Unload(C3, P2, JFK)
Fly(P3, SFO, ATL)
Fly(P1, SFO, ATL)
Fly(P2, JFK, ATL)
Fly(P3, ATL, JFK)
Fly(P2, ATL, SFO)
Fly(P1, ATL, SFO)
Unload(C1, P3, JFK)
Fly(P2, SFO, ATL)
Fly(P1, SFO, JFK)
Fly(P2, ATL, JFK)
Fly(P3, JFK, ATL)
Fly(P1, JFK, ATL)
Fly(P3, ATL, SFO)
Fly(P1, ATL, SFO)
Load(C3, P2, JFK)
Fly(P3, SFO, ATL)
Fly(P2, JFK, ATL)
Fly(P1, SFO, ATL)
Fly(P2, ATL, SFO)
Fly(P3, ATL, SFO)
Fly(P1, ATL, JFK)
Fly(P3, SFO, JFK)
Unload(C3, P2, SFO)
```

- Problem 3 initial state and goal:



```

Init(At(C1, SFO) ∧ At(C2, JFK) ∧ At(C3, ATL) ∧ At(C4, ORD)
    ∧ At(P1, SFO) ∧ At(P2, JFK)
    ∧ Cargo(C1) ∧ Cargo(C2) ∧ Cargo(C3) ∧ Cargo(C4)
    ∧ Plane(P1) ∧ Plane(P2)
    ∧ Airport(JFK) ∧ Airport(SFO) ∧ Airport(ATL) ∧ Airport(ORD))
Goal(At(C1, JFK) ∧ At(C3, JFK) ∧ At(C2, SFO) ∧ At(C4, SFO))

```

- RESULT: Problem 3 - astar\_search with h\_1



- RESULT: Problem 3 - uniform cost search

Solving Air Cargo Problem 3 using uniform\_cost\_search...

Expansions	Goal Tests	New Nodes
18223	18225	159618

Plan length: 12 Time elapsed in seconds: 48.96890531799727

```

Load(C1, P1, SFO)
Load(C2, P2, JFK)
Fly(P1, SFO, ATL)
Load(C3, P1, ATL)
Fly(P2, JFK, ORD)
Load(C4, P2, ORD)
Fly(P2, ORD, SFO)
Fly(P1, ATL, JFK)
Unload(C4, P2, SFO)
Unload(C3, P1, JFK)
Unload(C2, P2, SFO)
Unload(C1, P1, JFK)

```

- RESULT: Problem 2 - breadth first search

Solving Air Cargo Problem 2 using breadth\_first\_search...

Expansions	Goal Tests	New Nodes
3343	4609	30509

Plan length: 9 Time elapsed in seconds: 7.134153706996585

```

Load(C1, P1, SFO)
Load(C2, P2, JFK)
Load(C3, P3, ATL)
Fly(P2, JFK, SFO)
Unload(C2, P2, SFO)
Fly(P1, SFO, JFK)
Unload(C1, P1, JFK)
Fly(P3, ATL, SFO)
Unload(C3, P3, SFO)

```

- RESULT: Problem 3 - depth first graph search

Solving Air Cargo Problem 3 using depth\_first\_graph\_search...

Expansions	Goal Tests	New Nodes
408	409	3364

Plan length: 392 Time elapsed in seconds: 1.56169897199745

Fly(P1, SFO, ORD)  
Fly(P2, JFK, ORD)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ATL, JFK)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Load(C2, P1, JFK)  
Fly(P2, SFO, ORD)  
Fly(P1, JFK, ORD)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Unload(C2, P1, SFO)  
Fly(P1, SFO, ORD)  
Fly(P2, JFK, ORD)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ATL, JFK)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Load(C2, P2, SFO)  
Fly(P2, SFO, ORD)  
Fly(P1, JFK, ORD)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Load(C3, P1, ATL)  
Fly(P1, ATL, ORD)  
Fly(P2, JFK, ORD)  
Fly(P1, ORD, SFO)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, SFO, JFK)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Unload(C3, P1, JFK)  
Fly(P2, SFO, ORD)  
Fly(P1, JFK, ORD)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Unload(C2, P2, JFK)  
Fly(P1, SFO, ORD)  
Fly(P2, JFK, ORD)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ATL, JFK)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Load(C3, P1, JFK)  
Fly(P2, SFO, ORD)  
Fly(P1, JFK, ORD)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ORD, SFO)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Unload(C3, P1, SFO)  
Fly(P1, SFO, ORD)  
Fly(P2, JFK, ORD)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ATL, JFK)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Load(C3, P2, SFO)  
Fly(P2, SFO, ORD)  
Fly(P1, JFK, ORD)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ORD, SFO)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Load(C1, P1, SFO)  
Fly(P2, ATL, ORD)  
Fly(P1, SFO, ORD)  
Fly(P2, ORD, SFO)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, SFO, JFK)

Fly(P1, ATL, JFK)  
Unload(C3, P2, JFK)  
Fly(P2, JFK, ORD)  
Fly(P1, JFK, ORD)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Unload(C1, P1, ATL)  
Fly(P1, ATL, ORD)  
Fly(P2, SFO, ORD)  
Fly(P1, ORD, SFO)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, SFO, JFK)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Load(C3, P2, JFK)  
Fly(P2, JFK, ORD)  
Fly(P1, JFK, ORD)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Unload(C3, P2, ATL)  
Fly(P2, ATL, ORD)  
Fly(P1, ATL, ORD)  
Fly(P2, ORD, SFO)  
Fly(P1, ORD, SFO)  
Fly(P2, SFO, JFK)  
Fly(P1, SFO, JFK)  
Load(C2, P2, JFK)  
Fly(P2, JFK, ORD)  
Fly(P1, JFK, ORD)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Unload(C2, P2, SFO)  
Fly(P2, SFO, ORD)  
Fly(P1, SFO, ORD)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Load(C3, P1, ATL)  
Fly(P1, ATL, ORD)  
Fly(P2, JFK, ORD)  
Fly(P1, ORD, SFO)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, SFO, JFK)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Unload(C3, P1, JFK)  
Fly(P2, SFO, ORD)  
Fly(P1, JFK, ORD)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Load(C3, P2, JFK)  
Fly(P1, SFO, ORD)  
Fly(P2, JFK, ORD)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ORD, SFO)  
Fly(P1, ATL, JFK)  
Fly(P2, SFO, ATL)  
Load(C1, P2, ATL)  
Fly(P2, ATL, ORD)  
Fly(P1, JFK, ORD)  
Fly(P2, ORD, SFO)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, SFO, JFK)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Unload(C3, P2, JFK)  
Fly(P1, SFO, ORD)  
Fly(P2, JFK, ORD)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ORD, SFO)  
Fly(P1, ATL, JFK)

Load(C3, P1, JFK)  
Fly(P2, SFO, ORD)  
Fly(P1, JFK, ORD)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Unload(C3, P1, SFO)  
Fly(P1, SFO, ORD)  
Fly(P2, JFK, ORD)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ATL, JFK)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Unload(C1, P2, SFO)  
Fly(P2, SFO, ORD)  
Fly(P1, JFK, ORD)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ATL, JFK)

Load(C3, P1, ATL)  
Fly(P1, ATL, ORD)  
Fly(P2, JFK, ORD)  
Fly(P1, ORD, SFO)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, SFO, JFK)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Unload(C3, P1, JFK)  
Fly(P2, SFO, ORD)  
Fly(P1, JFK, ORD)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Load(C3, P2, JFK)  
Fly(P1, SFO, ORD)  
Fly(P2, JFK, ORD)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ORD, SFO)  
Fly(P1, ATL, JFK)  
Fly(P2, SFO, ATL)  
Load(C1, P2, ATL)  
Fly(P2, ATL, ORD)  
Fly(P1, JFK, ORD)  
Fly(P2, ORD, SFO)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, SFO, JFK)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Unload(C3, P2, JFK)  
Fly(P1, SFO, ORD)  
Fly(P2, JFK, ORD)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ORD, SFO)  
Fly(P1, ATL, JFK)  
Load(C3, P1, JFK)  
Fly(P2, SFO, ORD)  
Fly(P1, JFK, ORD)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Unload(C3, P1, SFO)  
Fly(P1, SFO, ORD)  
Fly(P2, JFK, ORD)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ATL, JFK)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Unload(C1, P2, SFO)  
Fly(P2, SFO, ORD)

Fly(P1, JFK, ORD)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Load(C3, P1, SFO)  
Fly(P1, SFO, ORD)  
Fly(P2, JFK, ORD)  
Fly(P1, ORD, JFK)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Unload(C3, P1, JFK)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Fly(P1, JFK, ORD)  
Fly(P2, JFK, ORD)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Load(C4, P2, ORD)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ATL, ORD)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P1, ORD, SFO)  
Fly(P2, SFO, JFK)  
Fly(P1, SFO, JFK)  
Unload(C4, P2, JFK)  
Fly(P2, JFK, ORD)  
Fly(P1, JFK, ORD)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Load(C2, P2, SFO)  
Fly(P2, SFO, ORD)  
Fly(P1, SFO, ORD)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Fly(P1, ATL, JFK)  
Unload(C2, P2, JFK)  
Fly(P2, JFK, ORD)  
Fly(P1, JFK, ORD)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Load(C1, P2, SFO)  
Fly(P2, SFO, ORD)  
Fly(P1, SFO, ORD)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Fly(P1, ATL, JFK)  
Unload(C1, P2, JFK)  
Fly(P2, JFK, ORD)  
Load(C4, P1, JFK)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, JFK, ORD)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, SFO, JFK)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Unload(C4, P1, SFO)  
Fly(P1, SFO, ORD)  
Fly(P2, JFK, ORD)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ATL, JFK)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Load(C4, P2, SFO)  
Fly(P2, SFO, ORD)  
Fly(P1, JFK, ORD)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Fly(P1, ATL, SFO)



Load(C3, P2, JFK)  
 Fly(P1, SFO, ORD)  
 Fly(P2, JFK, ORD)  
 Fly(P1, ORD, ATL)  
 Fly(P2, ORD, ATL)  
 Fly(P1, ATL, JFK)  
 Fly(P2, ATL, SFO)  
 Unload(C4, P2, SFO)  
 Fly(P2, SFO, ORD)  
 Fly(P1, JFK, ORD)  
 Fly(P2, ORD, ATL)  
 Fly(P1, ORD, ATL)  
 Fly(P2, ATL, JFK)  
 Load(C2, P2, JFK)  
 Fly(P1, ATL, ORD)  
 Fly(P2, JFK, ORD)  
 Fly(P1, ORD, SFO)  
 Fly(P2, ORD, ATL)  
 Fly(P1, SFO, JFK)  
 Fly(P2, ATL, SFO)  
 Unload(C3, P2, SFO)  
 Fly(P2, SFO, ORD)  
 Fly(P1, JFK, ORD)  
 Fly(P2, ORD, ATL)  
 Fly(P1, ORD, ATL)  
 Fly(P2, ATL, JFK)  
 Fly(P1, ATL, SFO)  
 Unload(C2, P2, JFK)  
 Fly(P1, SFO, ORD)  
 Fly(P2, JFK, ORD)  
 Fly(P1, ORD, ATL)  
 Fly(P2, ORD, ATL)  
 Fly(P1, ATL, JFK)  
 Load(C2, P1, JFK)  
 Fly(P2, ATL, ORD)  
 Fly(P1, JFK, ORD)  
 Fly(P2, ORD, SFO)  
 Fly(P1, ORD, ATL)  
 Fly(P2, SFO, JFK)  
 Fly(P1, ATL, SFO)  
 Unload(C2, P1, SFO)  
 Fly(P1, SFO, ORD)  
 Fly(P2, JFK, ORD)  
 Fly(P1, ORD, ATL)  
 Fly(P2, ORD, ATL)  
 Fly(P1, ATL, JFK)  
 Load(C1, P1, JFK)  
 Fly(P2, ATL, ORD)  
 Fly(P1, JFK, ORD)  
 Fly(P2, ORD, SFO)

Fly(P2, JFK, ORD)  
 Fly(P1, ORD, ATL)  
 Fly(P2, ORD, ATL)  
 Fly(P1, ATL, JFK)  
 Fly(P2, ATL, SFO)  
 Load(C4, P2, SFO)  
 Fly(P2, SFO, ORD)  
 Fly(P1, JFK, ORD)  
 Fly(P2, ORD, ATL)  
 Fly(P1, ORD, ATL)  
 Fly(P2, ATL, JFK)  
 Fly(P1, ATL, SFO)  
 Load(C3, P2, JFK)  
 Fly(P1, SFO, ORD)  
 Fly(P2, JFK, ORD)  
 Fly(P1, ORD, ATL)  
 Fly(P2, ORD, ATL)  
 Fly(P1, ATL, JFK)  
 Fly(P2, ATL, SFO)  
 Unload(C4, P2, SFO)

Fly(P2, SFO, ORD)  
 Fly(P1, JFK, ORD)  
 Fly(P2, ORD, ATL)  
 Fly(P1, ORD, ATL)  
 Fly(P2, ATL, JFK)  
 Load(C2, P2, JFK)  
 Fly(P1, ATL, ORD)  
 Fly(P2, JFK, ORD)  
 Fly(P1, ORD, SFO)  
 Fly(P2, ORD, ATL)  
 Fly(P1, SFO, JFK)  
 Fly(P2, ATL, SFO)  
 Unload(C3, P2, SFO)  
 Fly(P2, SFO, ORD)  
 Fly(P1, JFK, ORD)  
 Fly(P2, ORD, ATL)  
 Fly(P1, ORD, ATL)  
 Fly(P2, ATL, JFK)  
 Fly(P1, ATL, SFO)  
 Unload(C2, P2, JFK)  
 Fly(P1, SFO, ORD)  
 Fly(P2, JFK, ORD)  
 Fly(P1, ORD, ATL)  
 Fly(P2, ORD, ATL)  
 Fly(P1, ATL, JFK)  
 Load(C2, P1, JFK)  
 Fly(P2, ATL, ORD)  
 Fly(P1, JFK, ORD)  
 Fly(P2, ORD, SFO)  
 Fly(P1, ORD, ATL)  
 Fly(P2, SFO, JFK)  
 Fly(P1, ATL, SFO)  
 Unload(C2, P1, SFO)  
 Fly(P1, SFO, ORD)  
 Fly(P2, JFK, ORD)  
 Fly(P1, ORD, ATL)  
 Fly(P2, ORD, ATL)  
 Fly(P1, ATL, JFK)  
 Load(C1, P1, JFK)  
 Fly(P2, ATL, ORD)  
 Fly(P1, JFK, ORD)  
 Fly(P2, ORD, SFO)  
 Fly(P1, ORD, ATL)  
 Fly(P2, SFO, JFK)  
 Fly(P1, ATL, SFO)  
 Unload(C1, P1, SFO)  
 Fly(P1, SFO, ORD)  
 Fly(P2, JFK, ORD)  
 Fly(P1, ORD, ATL)  
 Fly(P2, ORD, ATL)  
 Fly(P1, ATL, JFK)  
 Fly(P2, ATL, SFO)  
 Load(C4, P2, SFO)  
 Fly(P2, SFO, ATL)  
 Fly(P1, JFK, ORD)  
 Fly(P2, ATL, JFK)  
 Fly(P1, ORD, ATL)  
 Fly(P2, JFK, ORD)  
 Fly(P1, ATL, SFO)  
 Load(C3, P1, SFO)  
 Fly(P2, ORD, ATL)  
 Fly(P1, SFO, ORD)  
 Fly(P2, ATL, SFO)  
 Fly(P1, ORD, ATL)  
 Fly(P2, SFO, JFK)  
 Unload(C4, P2, JFK)  
 Fly(P1, ATL, ORD)  
 Fly(P2, JFK, ORD)  
 Fly(P1, ORD, SFO)  
 Fly(P2, ORD, ATL)  
 Fly(P1, SFO, JFK)  
 Fly(P2, ATL, SFO)  
 Load(C4, P1, JFK)

Load(C3, P1, ORD)  
Fly(P2, SFO, ORD)  
Fly(P1, JFK, ATL)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ATL, ORD)  
Unload(C3, P1, ORD)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ATL, ORD)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Fly(P2, ORD, SFO)  
Fly(P1, SFO, JFK)  
Fly(P2, SFO, JFK)  
Unload(C4, P1, JFK)  
Fly(P2, JFK, ORD)  
Fly(P1, JFK, ATL)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ATL, ORD)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P1, ORD, SFO)  
Load(C2, P2, SFO)  
Fly(P2, SFO, ORD)  
Fly(P1, SFO, ORD)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Fly(P1, ATL, JFK)  
Unload(C2, P2, JFK)  
Fly(P2, JFK, ORD)  
Fly(P1, JFK, ORD)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Load(C1, P2, SFO)  
Fly(P2, SFO, ORD)  
Fly(P1, SFO, ORD)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ATL, JFK)  
Fly(P1, ATL, JFK)  
Unload(C1, P2, JFK)  
Fly(P2, JFK, ORD)  
Fly(P1, JFK, ORD)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Load(C3, P1, ORD)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ATL, ORD)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Fly(P2, ORD, SFO)  
Fly(P1, SFO, JFK)  
Load(C4, P1, JFK)  
Fly(P2, SFO, JFK)  
Fly(P1, JFK, ORD)  
Fly(P2, JFK, ORD)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Unload(C4, P1, SFO)  
Fly(P2, ATL, ORD)  
Fly(P1, SFO, ORD)  
Fly(P2, ORD, SFO)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, SFO, JFK)  
Fly(P1, ATL, JFK)  
Load(C2, P2, JFK)  
Fly(P2, JFK, ORD)  
Fly(P1, JFK, ORD)  
Fly(P2, ORD, ATL)  
Fly(P1, ORD, ATL)  
Fly(P2, ATL, SFO)  
Fly(P1, ATL, SFO)  
Unload(C2, P2, SFO)  
Fly(P2, SFO, ORD)  
Fly(P1, ORD, ORD)

```
Fly(P1, SFO, ORD)
Fly(P2, ORD, ATL)
Fly(P1, ORD, ATL)
Fly(P2, ATL, JFK)
Fly(P1, ATL, JFK)
Unload(C3, P1, JFK)
```

## Comparing 3 uniformed planning algorithms & A\*

---

- Problem 1:
  - Best perform: **breadth\_first**
  - Key metrics comparing to the others algorithms: All algorithms, except the depth first, found the best solution (less actions), but breadth was the cheapest algorithm (expanded less nodes). The best solution had ~3x less actions than the depth first algorithm solution. All the key metrics (number of node expansions, goal tests & new nodes) were the same for astar & uniform, but astar was a little bit faster than the uniform\_cost;
- Problem 2:
  - Best perform: **breadth\_first**
  - Key metrics comparing to the others algorithms: All algorithms, except the depth first, found the best solution (less actions), but breadth was the cheapest algorithm (expanded less nodes). The best solution had ~68,77x than the depth first algorithm solution. All the key metrics (number of node expansions, goal tests & new nodes) were the same for astar & uniform, but uniform\_cost\_search was a little bit faster;
- Problem 3:
  - Best perform: **breadth\_first**
  - Key metrics comparing to the others algorithms: All algorithms, except the depth first, found the best solution (less actions), but breadth was the cheapest algorithm (expanded less nodes). The best solution had ~32,66x than the depth first algorithm solution. All the key metrics (number of node expansions, goal tests & new nodes) were the same for astar & uniform, but uniform\_cost\_search was a little bit faster;

## Reason for each result

---

The depth first grown up it expansion of nodes exponentially, getting worse for each problem. According to the classes videos, it is caused by the search algorithm which search in the depth level for each branch,

taking a long way to the solution. The breadth first was the best because it only consider the shortest path instead of the cheapest total cost, this way it expanded less nodes & got the answer faster than the A\* and the Uniform Cost.