

Planning Search and Heuristic Analysis
By Atri Basu

Uninformed Search Analysis

Uninformed searches are those that have no additional information about the states beyond what is provided in the problem definition. They simply determine successive states and distinguish a goal state from a non-goal state. I chose the following three uninformed types of searches for comparison:

1. Breadth first search - For each of the three problems breadth first search always produced a solution with the optimal plan length but it also had to expand the most number of nodes of the three in each problem. Thus, as the complexity of the problem grew, the time taken progressively became worse. Where path length is critical and memory and speed are not factors, this is obviously the best algorithm given it's completeness.
2. Depth first graph search - The lack of completeness of depth first search makes it an erratic algorithm. Sometimes it was the fastest and if the problem was simple it was able to identify the most optimal solution in terms of length. However there isn't much else that can be said for this type of search
3. Greedy best first graph search h_1 - This was consistently the fastest to produce a result, however the solution wasn't always the best in terms of length. This seems like a good algorithm where speed and memory utilisation are of the essence.

The complete results of each search can be found in Table 1 below. All cells that contain optimal results for that problem are highlighted in green, while the worst ones are highlighted in red. Then complete solution for each can be viewed at the very end of this paper.

Table 1. Uninformed Search Comparison

Air Cargo Problem	Search Type	node expansions	goal tests	time elapsed	optimality of solution
p1	Breadth first search	43	56	0.04784s	Plan length: 6 New Nodes: 180
	Depth first graph search	12	13	0.01109s	Plan length: 6 New Nodes: 48
	Greedy best first graph search h_1	7	9	0.00679s	Plan length: 6 New Nodes: 28

p2	Breadth first search	3343	4609	14.02746s	Plan length: 9 New Nodes: 30509
	Depth first graph search	1669	1670	21.20241s	Plan length: 1444 New Nodes: 14863
	Greedy best first graph search h_1	990	992	3.80245s	Plan length: 21 New Nodes: 8910
p3	Breadth first search	14663	18098	67.14722s	Plan length: 12 New Nodes: 129631
	Depth first graph search	592	593	4.76698s	Plan length: 571 New Nodes: 4927
	Greedy best first graph search h_1	5614	5616	26.20297s	Plan length: 22 New Nodes: 49429

Informed Search Results

The use of heuristics to make informed decisions makes these algorithms considerably more intelligent. Thus, it was no surprise that all three informed search algorithms consistently found the optimal solution in terms of plan length. The biggest difference here is the speed and memory consumption of the three algorithms and unlike the previous type of search algorithms, here, the number of nodes expanded did not correlate directly to the time taken, instead the complexity of the heuristic computation determined the speed of the algorithm. Ignoring preconditions as a heuristics consistently produced the fastest solution with the shortest length whilst the levelsum heuristic used the least amount of memory. This is further validated in the AIMA book where it states that one of the two approaches to deriving admissible heuristics is to derive a relaxed problem from the given problem specification. The optimal solution cost for the relaxed problem—which we hope is very easy to solve—gives an admissible heuristic for the original problem.

The complete results of each search can be found in Table 2 below. All cells that contain optimal results for that problem are highlighted in green, while the worst ones are highlighted in red. Then complete solution for each can be viewed at the very end of this paper.

Table 2. Informed Search Comparison

Air Cargo Problem	A* search type	node expansions	goal tests	time elapsed	optimality of solution
p1	with h_1	55	57	0.05778s	Plan length: 6 New Nodes: 224
	with h ignore preconditions	41	43	0.05505s	Plan length: 6 New Nodes: 170
	with h pg levelsum	11	13	1.67568s	Plan length: 6 New Nodes: 50
p2	with h_1	4852	4854	19.85186s	Plan length: 9 New Nodes: 44030
	with h ignore preconditions	1450	1452	6.66816s	Plan length: 9 New Nodes: 13303
	with h pg levelsum	86	88	342.40277s	Plan length: 9 New Nodes: 841
p3	with h_1	18235	18237	88.20065s	Plan length: 12 New Nodes: 159716
	with h ignore preconditions	5040	5042	26.49655s	Plan length: 12 New Nodes: 44944
	with h pg levelsum	318	320	1906.4097s	Plan length: 12 New Nodes: 2934

Informed vs Uninformed Search Algorithms

It's clear that where length of the solution and memory are the biggest criteria, informed searches are the way to go. While for simple problems uninformed search algorithms might still find the solution with the fewer nodes expanded and some times more quickly, the informed search algorithms remain competitive. The advantages of informed searches is the ability to use customer heuristics to optimise the results, and as a result as the complexity of the problem grows they pretty much blow their uninformed cousins out of the water.

Overall, it seems like using the A* search with ignore preconditions as the heuristic is the best way to go.

Solving Air Cargo Problems

```
(aind) ATBASU-M-Q1FC:AIND-Planning-master atbasu$ python  
run_search.py -p 1 2 3 -s 1 3 7 8 9 10
```

Solving Air Cargo Problem 1 using breadth_first_search...

Expansions	Goal Tests	New Nodes
43	56	180

Plan length: 6 Time elapsed in seconds: 0.047849803999927008

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

Solving Air Cargo Problem 1 using depth_first_graph_search...

Expansions	Goal Tests	New Nodes
12	13	48

Plan length: 12 Time elapsed in seconds: 0.011085266000009142

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

Solving Air Cargo Problem 1 using greedy_best_first_graph_search with h_1...

Expansions	Goal Tests	New Nodes
7	9	28

Plan length: 6 Time elapsed in seconds: 0.006785790999856545

Unload(C1, P1, SFO)

Unload(C2, P2, JFK)

Fly(P1, SFO, JFK)

Fly(P2, JFK, SFO)

Unload(C1, P1, JFK)

Unload(C2, P2, SFO)

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: 0.05778051295783371

Unload(C1, P1, SFO)

Unload(C2, P2, JFK)

Fly(P1, SFO, JFK)

Fly(P2, JFK, SFO)

Unload(C1, P1, JFK)

Unload(C2, P2, SFO)

Solving Air Cargo Problem 1 using astar_search with h_ignore_preconditions...

(aind) ATBASU-M-Q1FC:AIND-Planning-master atbasu\$ python
run_search.py -p 1 -s 9

Expansions	Goal Tests	New Nodes
41	43	170

Plan length: 6 Time elapsed in seconds: 0.05504618299892172

Unload(C1, P1, SFO)

Fly(P1, SFO, JFK)

Unload(C1, P1, JFK)

Unload(C2, P2, JFK)

Fly(P2, JFK, SFO)

Unload(C2, P2, SFO)

Solving Air Cargo Problem 1 using astar_search with h_pg_levelsum...

Expansions	Goal Tests	New Nodes
------------	------------	-----------

11	13	50
----	----	----

Plan length: 6 Time elapsed in seconds: 1.6756812420208007

Unload(C1, P1, SFO)

Fly(P1, SFO, JFK)

Unload(C2, P2, JFK)

Fly(P2, JFK, SFO)

Unload(C1, P1, JFK)

Unload(C2, P2, SFO)

Solving Air Cargo Problem 2 using breadth_first_search...

Expansions	Goal Tests	New Nodes
------------	------------	-----------

3343	4609	30509
------	------	-------

Plan length: 9 Time elapsed in seconds: 14.027467243000501

Unload(C2, P2, JFK)

Unload(C1, P1, SFO)

Unload(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)

Solving Air Cargo Problem 2 using depth_first_graph_search...

Expansions	Goal Tests	New Nodes
1669	1670	14863

Plan length: 1444 Time elapsed in seconds: 21.202411281999957

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

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


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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

```

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

```

Solving Air Cargo Problem 2 using greedy_best_first_graph_search with h_1...

Expansions	Goal Tests	New Nodes
990	992	8910

Plan length: 21 Time elapsed in seconds: 3.8024510750001355

```

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

```



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

Solving Air Cargo Problem 2 using astar_search with h_1...

Expansions	Goal Tests	New Nodes
4852	4854	44030

Plan length: 9 Time elapsed in seconds: 19.8518551029847

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

Solving Air Cargo Problem 2 using astar_search with
h_ignore_preconditions...

Expansions	Goal Tests	New Nodes
1450	1452	13303

Plan length: 9 Time elapsed in seconds: 6.668158515996765

Unload(C3, P3, ATL)

Fly(P3, ATL, SFO)

Unload(C3, P3, SFO)

Unload(C1, P1, SFO)

Fly(P1, SFO, JFK)

Unload(C1, P1, JFK)

Unload(C2, P2, JFK)

Fly(P2, JFK, SFO)

Unload(C2, P2, SFO)

Solving Air Cargo Problem 2 using astar_search with h_pg_levelsum...

Expansions	Goal Tests	New Nodes
86	88	841

Plan length: 9 Time elapsed in seconds: 342.40277873998275

Unload(C1, P1, SFO)

Fly(P1, SFO, JFK)

Unload(C2, P2, JFK)

Fly(P2, JFK, SFO)

Unload(C3, P3, ATL)

Fly(P3, ATL, SFO)

Unload(C3, P3, SFO)

Unload(C1, P1, JFK)

Unload(C2, P2, SFO)

Solving Air Cargo Problem 3 using breadth_first_search...

Expansions	Goal Tests	New Nodes
14663	18098	129631

Plan length: 12 Time elapsed in seconds: 67.14722410200011

Unload(C2, P2, JFK)

Unload(C1, P1, SFO)

Fly(P2, JFK, ORD)

Unload(C4, P2, ORD)

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

Solving Air Cargo Problem 3 using depth_first_graph_search...

Expansions	Goal Tests	New Nodes
592	593	4927

Plan length: 571 Time elapsed in seconds: 4.766977233000944

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

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

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

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

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

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

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

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

Solving Air Cargo Problem 3 using greedy_best_first_graph_search with h_1...

Expansions	Goal Tests	New Nodes
5614	5616	49429

Plan length: 22 Time elapsed in seconds: 26.202974625000934

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



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

Solving Air Cargo Problem 3 using astar_search with h_1...

Expansions	Goal Tests	New Nodes
18235	18237	159716

Plan length: 12 Time elapsed in seconds: 88.2006521759904

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

Solving Air Cargo Problem 3 using astar_search with
h_ignore_preconditions...

Expansions	Goal Tests	New Nodes
5040	5042	44944

Plan length: 12 Time elapsed in seconds: 26.49654564395314

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

Solving Air Cargo Problem 3 using astar_search with h_pg_levelsum...

Expansions	Goal Tests	New Nodes
318	320	2934

Plan length: 12 Time elapsed in seconds: 1906.409702846

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