

Marmara University
Faculty of Engineering



CSE 4082
Artificial Intelligence

Assignment 1

Instructor: Ali Haydar ÖZER

Date:18.12.2024

	Department	Student Id Number	Name & Surname
1	CSE	150120055	Muhammed Talha KARAGÜL
2	CSE	150120020	Mustafa Said ÇANAK
3	CSE	150121076	Abdullah KAN

Implementation

Our project starts with the main.java file. The main file activates the helper class related to the Knight's Tour and the initial node after receiving the necessary inputs from the user. Then, it runs the TreeSearch.java class to apply the Tree Search algorithm.

The Node.java class represents a square on the board. This class stores the x and y coordinates of the square, as well as the parent node and the visit order (visitedOrder) of the node.

The KnightTour.java class is designed as a helper class that contains all the auxiliary functions to be used during the Tree Search algorithm.

The TreeSearch.java class is where the Tree Search algorithm is implemented. In this class, frontier is defined as a LinkedList. Based on the selected method:

- If the BFS algorithm is chosen, frontier behaves like a queue using offer and poll operations.
- If the algorithm is DFS or one of the heuristic methods, frontier behaves like a stack using push and pop operations.

A loop runs as long as frontier is not empty, during which valid moves for the knight are appropriately added to the frontier. In heuristic methods, a temporary ArrayList is used, and moves are added to the frontier in the appropriate order determined by the heuristic.

Each time a node is removed from the frontier via pop or poll, it is checked whether the node is in the goal state. This check ensures that the visitedOrder value is equal to size x size (the square of the board size). If the values are not equal, the selected node is expanded.

Problem Definition and Environment

The Knight's Tour Problem (KTP) aims to move a knight across an $n \times n$ chessboard so that it visits every square exactly once, thereby completing a tour of the entire board.

The movement rules for the knight follow the L-shaped moves used in chess:

- 2 squares horizontally and 1 square vertically, or
- 2 squares vertically and 1 square horizontally.

This problem is classified as a deterministic, single-agent, and fully observable problem.

Outputs:

We add all relevant outputs to the output file in a text file and image format.

Breadth-First Search (BFS)

n = 8

```
Search Method: Breadth First Search  
Board Size: 8  
Out of Memory.
```

n = 16

```
Search Method: Breadth First Search  
Board Size: 16  
Out of Memory.
```

n = 32

```
Search Method: Breadth First Search  
Board Size: 32  
Out of Memory.
```

n = 41

```
Search Method: Breadth First Search  
Board Size: 41  
Out of Memory.
```

n = 52

```
Search Method: Breadth First Search  
Board Size: 52  
Out of Memory.
```

Depth-First Search (DFS):

n = 8

```
Search Method: Depth First Search
Board Size: 8
A solution found.
Time Taken: 1.132 seconds
Nodes expanded: 3242064
Solution written to knights_tour_solution.txt
Solution image was saved to knights_tour_solution.png
```

50	43	30	61	14	63	28	7
31	60	51	42	29	8	13	64
44	49	58	25	62	15	6	27
59	32	45	52	41	26	9	12
48	53	40	57	24	11	16	5
39	56	33	46	35	18	21	10
54	47	2	37	20	23	4	17
1	38	55	34	3	36	19	22

n = 16

```
Search Method: Depth First Search
Board Size: 16
Timeout.
Nodes expanded: 1027024630
```

n = 32

```
Search Method: Depth First Search
Board Size: 32
Timeout.
Nodes expanded: 359828918
```

n = 41

```
Search Method: Depth First Search
Board Size: 41
Timeout.
Nodes expanded: 231197247
```

n = 52

```
Search Method: Depth First Search
Board Size: 52
Timeout.
Nodes expanded: 143265975
```

Depth-First Search with Heuristic h1b

n = 8

```
Search Method: Depth First Search with Heuristic h1b
Board Size: 8
A solution found.
Time Taken: 0.004 seconds
Nodes expanded: 63
Solution written to knights_tour_solution.txt
Solution image was saved to knights_tour_solution.png
```

46	19	44	5	52	9	58	7
43	4	47	20	57	6	51	10
18	45	42	39	50	53	8	59
3	48	21	56	41	62	11	54
22	17	40	49	38	55	60	63
27	2	25	30	61	36	33	12
16	23	28	37	14	31	64	35
1	26	15	24	29	34	13	32

n = 16

```
Search Method: Depth First Search with Heuristic h1b
Board Size: 16
A solution found.
Time Taken: 0.012 seconds
Nodes expanded: 255
Solution written to knights_tour_solution.txt
Solution image was saved to knights_tour_solution.png
```

98	39	42	9	106	103	44	11	142	117	46	13	128	17	48	15
41	8	97	102	43	10	105	116	45	12	141	118	47	14	121	18
38	95	40	107	104	115	134	113	140	127	132	127	160	119	16	45
7	96	101	114	135	144	139	156	133	188	161	158	131	128	10	122
100	37	108	95	112	153	146	187	202	155	216	189	126	159	50	129
93	6	113	136	165	138	201	154	215	180	235	162	241	130	123	20
36	109	84	111	152	147	186	203	234	217	242	239	236	125	164	51
5	82	87	148	137	200	151	214	191	238	233	246	163	240	21	124
86	35	110	91	150	185	182	231	204	243	218	237	254	245	52	165
75	4	149	88	179	96	199	184	213	232	251	244	247	166	253	22
34	85	76	93	184	193	182	205	238	219	224	227	252	255	248	53
3	74	87	178	89	180	195	188	223	212	229	230	187	226	23	256
66	33	84	77	82	103	206	181	210	197	208	225	228	249	54	171
71	2	73	68	127	78	81	186	207	222	211	188	173	170	57	24
32	65	78	79	30	43	176	202	28	61	174	221	26	59	172	55
1	72	21	64	89	80	29	62	175	208	27	60	169	56	25	58

n = 32

```
Search Method: Depth First Search with Heuristic h1b
Board Size: 32
A solution found.
Time Taken: 0.108 seconds
Nodes expanded: 1023
Solution written to knights_tour_solution.txt
Solution image was saved to knights_tour_solution.png
```

289	75	42	17	202	215	84	19	276	221	86	27	262	217	88	27	266	213	89	25	260	209	92	27	264	205	91	25	268	217	96	24	
91	16	261	288	93	18	275	228	15	29	263	219	17	22	265	264	89	24	269	442	15	26	263	520	31	28	227	854	15	38	161	34	
78	199	36	283	214	227	218	227	274	275	212	281	198	265	191	287	194	343	212	281	196	210	300	285	268	883	284	278	302	885	32	27	
18	264	281	216	287	418	285	274	221	268	282	346	282	294	327	444	342	266	322	149	283	219	327	445	213	266	282	173	346	32	406		
106	71	266	257	268	177	144	278	256	191	276	307	364	387	448	315	444	406	408	371	323	395	363	362	429	271	364	365	796	160	36	193	
286	14	179	219	218	204	251	283	238	222	154	361	339	353	368	438	418	427	438	517	384	334	384	481	212	263	214	252	278	275	266	487	38
18	197	210	235	257	251	219	257	257	275	276	380	380	363	395	455	434	360	408	357	346	388	393	210	261	214	279	276	398	488	288	39	
12	178	182	244	217	182	232	404	289	278	282	44	382	412	411	446	382	176	228	409	286	408	217	262	212	244	287	416	286	273	276	27	408
108	75	194	257	252	185	224	257	271	251	279	387	476	357	484	405	441	408	524	387	384	397	386	297	480	298	296	414	298	296	414	298	107
175	12	283	188	251	181	281	288	337	332	285	364	453	332	363	478	433	408	516	482	408	278	219	218	261	261	268	417	268	481	276	433	38
74	197	179	185	248	226	214	273	274	271	190	489	438	295	482	465	311	310	308	387	484	487	299	299	218	283	298	415	410	417	482	191	
12	174	182	244	217	182	232	404	289	278	282	44	382	412	411	446	382	176	228	409	286	408	217	262	212	244	287	416	286	273	276	27	408
108	75	194	257	252	185	224	257	271	251	279	387	476	357	484	405	441	408	524	387	384	397	386	297	480	298	296	414	298	296	414	298	107
175	12	283	188	251	181	281	288	337	332	285	364	453	332	363	478	433	408	516	482	408	278	219	218	261	261	268	417	268	481	276	433	38
74	197	179	185	248	226	214	273	274	271	190	489	438	295	482	465	311	310	308	387	484	487	299	299	218	283	298	415	410	417	482	191	
12	174	182	244	217	182	232	404	289	278	282	44	382	412	411	446	382	176	228	409	286	408	217	262	212	244	287	416	286	273	276	27	408
108	75	194	257	252	185	224	257	271	251	279	387	476	357	484	405	441	408	524	387	384	397	386	297	480	298	296	414	298	296	414	298	107
175	12	283	188	251	181	281	288	337	332	285	364	453	332	363	478	433	408	516	482	408	278	219	218	261	261	268	417	268	481	276	433	38
74	197	179	185	248	226	214	273	274	271	190	489	438	295	482	465	311	310	308	387	484	487	299	299	218	283	298	415	410	417	482	191	
12	174	182	244	217	182	232	404	289	278	282	44	382	412	411	446	382	176	228	409	286	408	217	262	212	244	287	416	286	273	276	27	408
108	75	194	257	252	185	224	257	271	251	279	387	476	357	484	405	441	408	524	387	384	397	386	297	480	298	296	414	298	296	414	298	107
175	12	283	188	251	181	281	288	337	332	285	364	453	332	363	478	433	408	516	482	408	278	219	218	261	261	268	417	268	481	276	433	38
74	197	179	185	248	226	214	273	274	271	190	489	438	295	482	465	311	310	308	387	484	487	299	299	218	283	298	415	410	417	482	191	
12	174	182	244	217	182	232	404	289	278	282	44	382	412	411	446	382	176	228	409	286	408	217	262	212	244	287	416	286	273	276	27	408
108	75	194	257	252	185	224	257	271	251	279	387	476	357	484	405	441	408	524	387	384	397	386	297	480	298	296	414	298	296	414	298	107
175	12	283	188	251	181	281	288	337	332	285	364	453	332	363	478	433	408	516	482	408	278	219	218	261	261	268	417	268	481	276	433	38
74	197	179	185	248	226	214	273	274	271	190	489	438	295	482	465	311	310	308	387	484	487	299	299	218	283	298	415	410	417	482	191	
12	174	182	244	217	182	232	404	289	278	282	44	382	412	411	446	382	176	228	409	286	408	217	262	212	244	287	416	286	273	276	27	408
108	75	194	257	252	185	224	257	271	251	279	387	476	357	484	405	441	408	524	387	384	397	386	297	480	298	296	414	298	296	414	298	107
175	12	283	188	251	181	281	288	337	332	285	364	453	332	363	478	433	408	516	482	408	278	219	218	261	261	268	417	268	481	276	433	38
74	197	179	185	248	226	214	273	274	271	190	489	438	295	482	465	311	310	308	387	484	487	299	299	218	283	298	415	410	417	482	191	
12	174	182	244	217	182	232	404	289	278	282	44	382	412	411	446	382	176	228	409	286	408	217	262	212	244	287	416	286	273	276	27	408
108	75	194	257	252	185	224	257	271	251	279	387	476	357	484	405	441	408	524	387	384	397	386	297	480	298	296	414	298	296	414	298	107
175	12	283	188	251	181	281	288	337	332	285	364	453	332	363	478	433	408	516	482	408	278	219	218	261	261	268	417	268	481	276	433	38
74	197	179	185	248	226	214	273	274	271	190	489	438	295	482	465	311	310	308	387	484	487	299	299	218	283	298	415	410	417	482	191	
12	174	182	244	217	182	232	404	289	278	282	44	382	412	411	446	382	176	228	409	286	408	217	262	212	244	287	416	286	273	276	27	408
108	75	194	257	252	185	224	257	271	251	279	387	476	357	484	405	441	408	524	387	384	397	386	297	480	298	296	414	298	296	414	298	107
175	12	283	188	251	181	281	288	337	332	285	364	453	332	363	478	433	408	516	482	408	278	219	218	261	261	268	417	268	481	276	433	38
74	197	179	185	248	226	214	273	274	271	190	489	438	295	482	465	311	310	308	387	484	487	299	299	218	283	298	415	410	417	482	191	
12	174	182	244	217	182	232	404	289	278	282	44	382	412	411	446	382	176	228	409	286	408	217	262	212	244	287	416	286	273	276	27	408
108	75	194	257	252	185	224	257	271	251	279	387	476	357	484	405	441	408	524	387	384	397	386	297	480	298	296	414	298	296	414	298	107
175	12	283	188	251	181	281	288	337	332	285	364	453	332	363	478	433	408	516	482	408	278	219	218	261	261	268	417	268	481	276	433	38
74	197	179	185	248	226	214	273	274	271	190	489	438	295	482	465	311	310	308	387	484	487	299	299	218	283	298	415	410	417	482	191	
12	174	182	244	217	182	232	404	289	278	282	44	382	412	411	446	382	176	228	409	286	408	217	262	212	244	287	416	286	273	276	27	408
108	75	194	257	252	185	224	257	271	251	279	387	476	357	484	405	441	408	524	387	384	397	386	297	480	298	296	414	298	296	414	298	107
175	12	283	188	251	181	281	288	337	332	285	364	453	332	363	478	433	408	516	482	408	278	219	218	261	261	268	417	268	481	276	433	38
74	197	179	185	248	226	214	273	274	271	190	489	438	295	482	465	311	310	308	387	484	487	299	299	218	283	298	415	410	417	482	191	
12	174	182	244	217																												

n = 41

```
Search Method: Depth First Search with Heuristic h1b
Board Size: 41
A solution found.
Time Taken: 12.131 seconds
Nodes expanded: 1061528
Solution written to knights_tour_solution.txt
Solution image was saved to knights_tour_solution.png
```

90	87	84	80	76	72	68	64	60	56	52	48	44	40	36	32	28	24	20	16	12	8	4
91	88	85	81	77	73	69	65	61	57	53	49	45	41	37	33	29	25	21	17	13	9	5
92	89	86	82	78	74	70	66	62	58	54	50	46	42	38	34	30	26	22	18	14	10	6
93	90	87	83	79	75	71	67	63	59	55	51	47	43	39	35	31	27	23	19	15	11	7
94	91	88	84	80	76	72	68	64	60	56	52	48	44	40	36	32	28	24	20	16	12	8
95	92	89	85	81	77	73	69	65	61	57	53	49	45	41	37	33	29	25	21	17	13	9
96	93	90	86	82	78	74	70	66	62	58	54	50	46	42	38	34	30	26	22	18	14	10
97	94	91	87	83	79	75	71	67	63	59	55	51	47	43	39	35	31	27	23	19	15	11
98	95	92	88	84	80	76	72	68	64	60	56	52	48	44	40	36	32	28	24	20	16	12
99	96	93	89	85	81	77	73	69	65	61	57	53	49	45	41	37	33	29	25	21	17	13
100	97	94	90	86	82	78	74	70	66	62	58	54	50	46	42	38	34	30	26	22	18	14
101	98	95	91	87	83	79	75	71	67	63	59	55	51	47	43	39	35	31	27	23	19	15
102	99	96	92	88	84	80	76	72	68	64	60	56	52	48	44	40	36	32	28	24	20	16
103	100	97	93	89	85	81	77	73	69	65	61	57	53	49	45	41	37	33	29	25	21	17
104	101	98	94	90	86	82	78	74	70	66	62	58	54	50	46	42	38	34	30	26	22	18
105	102	99	95	91	87	83	79	75	71	67	63	59	55	51	47	43	39	35	31	27	23	19
106	103	100	96	92	88	84	80	76	72	68	64	60	56	52	48	44	40	36	32	28	24	20
107	104	101	97	93	89	85	81	77	73	69	65	61	57	53	49	45	41	37	33	29	25	21
108	105	102	98	94	90	86	82	78	74	70	66	62	58	54	50	46	42	38	34	30	26	22
109	106	103	99	95	91	87	83	79	75	71	67	63	59	55	51	47	43	39	35	31	27	23
110	107	104	100	96	92	88	84	80	76	72	68	64	60	56	52	48	44	40	36	32	28	24
111	108	105	101	97	93	89	85	81	77	73	69	65	61	57	53	49	45	41	37	33	29	25
112	109	106	102	98	94	90	86	82	78	74	70	66	62	58	54	50	46	42	38	34	30	26
113	110	107	103	99	95	91	87	83	79	75	71	67	63	59	55	51	47	43	39	35	31	27
114	111	108	104	100	96	92	88	84	80	76	72	68	64	60	56	52	48	44	40	36	32	28
115	112	109	105	101	97	93	89	85	81	77	73	69	65	61	57	53	49	45	41	37	33	29
116	113	110	106	102	98	94	90	86	82	78	74	70	66	62	58	54	50	46	42	38	34	30
117	114	111	107	103	99	95	91	87	83	79	75	71	67	63	59	55	51	47	43	39	35	31
118	115	112	108	104	100	96	92	88	84	80	76	72	68	64	60	56	52	48	44	40	36	32
119	116	113	109	105	101	97	93	89	85	81	77	73	69	65	61	57	53	49	45	41	37	33
120	117	114	110	106	102	98	94	90	86	82	78	74	70	66	62	58	54	50	46	42	38	34
121	118	115	111	107	103	99	95	91	87	83	79	75	71	67	63	59	55	51	47	43	39	35
122	119	116	112	108	104	100	96	92	88	84	80	76	72	68	64	60	56	52	48	44	40	36
123	120	117	113	109	105	101	97	93	89	85	81	77	73	69	65	61	57	53	49	45	41	37
124	121	118	114	110	106	102	98	94	90	86	82	78	74	70	66	62	58	54	50	46	42	38
125	122	119	115	111	107	103	99	95	91	87	83	79	75	71	67	63	59	55	51	47	43	39
126	123	120	116	112	108	104	100	96	92	88	84	80	76	72	68	64	60	56	52	48	44	40
127	124	121	117	113	109	105	101	97	93	89	85	81	77	73	69	65	61	57	53	49	45	41
128	125	122	118	114	110	106	102	98	94	90	86	82	78	74	70	66	62	58	54	50	46	42
129	126	123	119	115	111	107	103	99	95	91	87	83	79	75	71	67	63	59	55	51	47	43
130	127	124	120	116	112	108	104	100	96	92	88	84	80	76	72	68	64	60	56	52	48	44
131	128	125	121	117	113	109	105	101	97	93	89	85	81	77	73	69	65	61	57	53	49	45
132	129	126	122	118	114	110	106	102	98	94	90	86	82	78	74	70	66	62	58	54	50	46
133	130	127	123	119	115	111	107	103	99	95	91	87	83	79	75	71	67	63	59	55	51	47
134	131	128	124	120	116	112	108	104	100	96	92	88	84	80	76	72	68	64	60	56	52	48
135	132	129	125	121	117	113	109	105	101	97	93	89	85	81	77	73	69	65	61	57	53	49
136	133	130	126	122	118	114	110	106	102	98	94	90	86	82	78	74	70	66	62	58	54	50
137	134	131	127	123	119	115	111	107	103	99	95	91	87	83	79	75	71	67	63	59	55	51
138	135	132	128	124	120	116	112	108	104	100	96	92	88	84	80	76	72	68	64	60	56	52
139	136	133	129	125	121	117	113	109	105	101	97	93	89	85	81	77	73	69	65	61	57	53
140	137	134	130	126	122	118	114	110	106	102	98	94	90	86	82	78	74	70	66	62	58	54
141	138	135	131	127	123	119	115	111	107	103	99	95	91	87	83	79	75	71	67	63	59	55
142	139	136	132	128	124	120	116	112	108	104	100	96	92	88	84	80	76	72	68	64	60	56
143	140	137	133	129	125	121	117	113	109	105	101	97	93	89	85	81	77	73	69	65	61	57
144	141	138	134	130	126	122	118	114	110	106	102	98	94	90	86	82	78	74	70	66	62	58
145	142	139	135	131	127	123	119	115	111	107	103	99	95	91	87	83	79	75	71	67	63	59
146	143	140	136	132	128	124	120	116	112	108	104	100	96	92	88	84	80	76	72	68	64	60
147	144	141	137	133	129	125	121	117	113	109	105	101	97	93	89	85	81	77	73	69	65	61
148	145	142	138	134	130	126	122	118	114	110	106	102	98	94	90	86	82	78	74	70	66	62
149	146	143	139	135	131	127	123	119	115	111	107	103	99	95	91	87	83	79	75	71	67	63
150	147	144	140	136	132	128	124	120	116	112	108	104	100	96	92	88	84	80	76	72	68	64
151	148	145	141	137	133	129	125	121	117	113	109	105	101	97	93	89	85	81	77	73	69	65
152	149	146	142	138	134	130	126	122	118	114	110	106	102	98	94	90	86	82	78	74	70	66
153	150	147	143	139	135	131	127	123	119	115	111	107	103	99	95	91	87	83	79	75	71	67
154	151	148	144	140	136	132	128	124	120	116	112	108	104	100	96	92	88	84	80	76	72	68
155	152	149	145	141	137	133	129	125	121	117	113	109	105	101	97	93	89	85	81	77	73	69
156	153	150	146	142	138	134	130	126	122	118	114	110	106	102	98	94	90	86	82	78	74	70
157	154	151	147	143	139	135	131	127	123	119	115	111	107	103	99	95	91	87	83	79	75	71
158	155	152	148	144	140	136	132	128	124	120	116	112	108	104	100	96	92	88	84	80	76	72
159	156	153	149	145	141	137	133	129	125	121	117	113	109	105	101	97	93	89	85	81	77	73
160	157	154	150	146	142	138	134	130	126	122	118	114	110	106	102	98	94	90	86	82	78	74
161	158	155	151	147	143	139	135	131	127	123	119	115	111	107	103	99	95	91				

n = 52

```
Search Method: Depth First Search with Heuristic h1b
Board Size: 52
A solution found.
Time Taken: 1.495 seconds
Nodes expanded: 2703
Solution written to knights_tour_solution.txt
Solution image was saved to knights_tour_solution.png
```

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300
301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400
401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500
501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600
601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700
701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800
801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900
901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000

Depth-First Search with Heuristic h2

n = 8

```
Search Method: Depth First Search with Heuristic h2
Board Size: 8
A solution found.
Time Taken: 0.005 seconds
Nodes expanded: 63
Solution written to knights_tour_solution.txt
Solution image was saved to knights_tour_solution.png
```

46	7	58	49	38	9	40	55
59	50	47	8	57	54	37	10
6	45	60	63	48	39	56	41
51	62	33	44	53	64	11	36
20	5	52	61	32	35	42	27
23	2	21	34	43	28	15	12
4	19	24	31	14	17	26	29
1	22	3	18	25	30	13	16

n = 16

```
Search Method: Depth First Search with Heuristic h2
Board Size: 16
A solution found.
Time Taken: 0.013 seconds
Nodes expanded: 255
Solution written to knights_tour_solution.txt
Solution image was saved to knights_tour_solution.png
```

68	11	140	177	70	13	96	107	72	15	86	89	74	17	78	81
139	176	69	12	141	106	71	14	97	88	73	16	95	80	75	18
10	67	174	183	178	95	188	105	180	93	98	87	90	77	82	79
175	138	179	142	181	184	223	94	187	104	189	92	99	84	19	76
66	9	182	173	222	189	186	211	254	231	208	103	110	91	100	83
137	62	143	180	185	224	253	232	247	210	251	230	207	182	111	20
8	65	172	221	190	233	212	243	252	255	248	209	240	113	160	101
63	136	61	144	213	244	225	256	237	246	241	250	229	206	21	112
60	7	64	171	220	191	234	245	242	249	236	239	200	161	114	159
53	40	135	58	165	214	219	236	235	238	217	228	205	202	155	22
6	59	54	51	170	133	192	215	218	227	204	201	162	199	158	115
41	52	39	134	57	146	167	196	193	216	163	198	203	154	23	156
38	5	42	55	50	169	132	147	166	187	184	151	164	157	116	127
33	2	31	36	45	56	49	168	195	150	185	124	153	128	119	24
4	37	34	43	30	47	148	131	28	123	152	129	26	121	126	117
1	32	3	46	35	44	29	48	149	130	27	122	125	118	25	120

n = 32

Search Method: Depth First Search with Heuristic h2
Board Size: 32
A solution found.
Time Taken: 0.133 seconds
Nodes expanded: 1023
Solution written to knights_tour_solution.txt
Solution image was saved to knights_tour_solution.png

168	99	329	197	198	71	322	271	112	21	364	359	514	25	189	521	116	27	988	172	199	29	159	101	438	71	124	127	122	37	126	608
159	176	659	29	121	159	111	22	365	158	113	44	175	522	115	28	191	528	117	28	165	572	118	38	166	156	123	32	125	108	121	34
18	192	118	129	134	123	186	157	119	161	174	121	169	163	784	743	758	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192
165	124	165	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153
160	17	158	160	158	159	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186
107	114	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134
16	166	164	167	165	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
151	128	163	162	161	160	159	158	157	156	155	154	153	152	151	150	149	148	147	146	145	144	143	142	141	140	139	138	137	136	135	134
166	151	160	159	158	157	156	155	154	153	152	151	150	149	148	147	146	145	144	143	142	141	140	139	138	137	136	135	134	133	132	131
120	112	101	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76	75	74	73	72
14	103	105	104	103	102	101	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76
111	142	131	130	129	128	127	126	125	124	123	122	121	120	119	118	117	116	115	114	113	112	111	110	109	108	107	106	105	104	103	102
161	15	144	143	142	141	140	139	138	137	136	135	134	133	132	131	130	129	128	127	126	125	124	123	122	121	120	119	118	117	116	115
163	118	123	128	133	138	143	148	153	158	163	168	173	178	183	188	193	198	203	208	213	218	223	228	233	238	243	248	253	258	263	268
12	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191
108	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149
107	114	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134
16	166	164	167	165	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
151	128	163	162	161	160	159	158	157	156	155	154	153	152	151	150	149	148	147	146	145	144	143	142	141	140	139	138	137	136	135	134
166	151	160	159	158	157	156	155	154	153	152	151	150	149	148	147	146	145	144	143	142	141	140	139	138	137	136	135	134	133	132	131
120	112	101	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76	75	74	73	72
14	103	105	104	103	102	101	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76
111	142	131	130	129	128	127	126	125	124	123	122	121	120	119	118	117	116	115	114	113	112	111	110	109	108	107	106	105	104	103	102
161	15	144	143	142	141	140	139	138	137	136	135	134	133	132	131	130	129	128	127	126	125	124	123	122	121	120	119	118	117	116	115
163	118	123	128	133	138	143	148	153	158	163	168	173	178	183	188	193	198	203	208	213	218	223	228	233	238	243	248	253	258	263	268
12	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191
108	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149
107	114	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134
16	166	164	167	165	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
151	128	163	162	161	160	159	158	157	156	155	154	153	152	151	150	149	148	147	146	145	144	143	142	141	140	139	138	137	136	135	134
166	151	160	159	158	157	156	155	154	153	152	151	150	149	148	147	146	145	144	143	142	141	140	139	138	137	136	135	134	133	132	131
120	112	101	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76	75	74	73	72
14	103	105	104	103	102	101	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76
111	142	131	130	129	128	127	126	125	124	123	122	121	120	119	118	117	116	115	114	113	112	111	110	109	108	107	106	105	104	103	102
161	15	144	143	142	141	140	139	138	137	136	135	134	133	132	131	130	129	128	127	126	125	124	123	122	121	120	119	118	117	116	115
163	118	123	128	133	138	143	148	153	158	163	168	173	178	183	188	193	198	203	208	213	218	223	228	233	238	243	248	253	258	263	268
12	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191
108	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149
107	114	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134
16	166	164	167	165	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
151	128	163	162	161	160	159	158	157	156	155	154	153	152	151	150	149	148	147	146	145	144	143	142	141	140	139	138	137	136	135	134
166	151	160	159	158	157	156	155	154	153	152	151	150	149	148	147	146	145	144	143	142	141	140	139	138	137	136	135	134	133	132	131
120	112	101	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76	75	74	73	72
14	103	105	104	103	102	101	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76
111	142	131	130	129	128	127	126	125	124	123	122	121	120	119	118	117	116	115	114	113	112	111	110	109	108	107	106	105	104	103	102
161	15	144	143	142	141	140	139	138	137	136	135	134	133	132	131	130	129	128	127	126	125	124	123	122	121	120	119	118	117	116	115
163	118	123	128	133	138	143	148	153	158	163	168	173	178	183	188	193	198	203	208	213	218	223	228	233	238	243	248	253	258	263	268
12	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189</		

$n = 52$

```
Search Method: Depth First Search with Heuristic h2
Board Size: 52
A solution found.
Time Taken: 1.653 seconds
Nodes expanded: 2703
Solution written to knights_tour_solution.txt
Solution image was saved to knights_tour_solution.png
```

$n = 273$ (maximum board size that can be toured in 15 minutes)

```
Search Method: Depth First Search with Heuristic h2
Board Size: 273
A solution found.
Time Taken: 897.376 seconds
Nodes expanded: 74528
Solution written to knights_tour_solution.txt
Solution image was saved to knights_tour_solution.png
```

