

Task 1:

Am implementat:

- Euristică 1: distanta Manhattan – ce aproximeaza numarul de mutari necesare de a ajunge dintr-o stare in cealalta folosind indicii liniilor si coloanelor
- Euristică 2: distanta Manhattan + numarul conflictelor liniare – ce aproximeaza numarul de mutari necesare de a ajunge dintr-o stare in cealalta adaugand la distanta Manhattan cate 2 mutari in plus pentru fiecare pereche de piese care sunt inversate pe aceeasi linie sau coloana

Am implementat algoritmul A* pe scheletul celui din laborator, folosind functia auxiliara get_neighbours care intoarce toate mutarile valide ce pot fi facute dintr-o stare data. Pentru Beam Search am urmarit pseudocodul.

A* - MANHATTAN - EASY								
TIP	CALE			STARI		TIMP		
EASY	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA		
4	31,50	4,50	22565,00	597542450,00	0,6000	0,3664		
5	33,60	20,30	72855,00	8632747839,50	3,3622	19,8544		
6	13,80	8,70	99,00	17965,00	0,0128	0,0005		

A* - MANHATTAN + LINEAR CONFLICTS - EASY								
TIP	CALE			STARI		TIMP		
HARD	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA		
4	34,33	26,33	13075,00	162684801,00	1,5363	2,7335		
5	33,60	20,30	8816,40	66128957,30	1,1338	1,5290		
6	13,80	8,70	56,80	1654,70	0,0152	0,0002		

Observam ca in cazul algoritmului A* nu este o diferenta intre media starilor din cale, insa numarul de stari retinute in cazul euristicii Manhattan + Linear Conflicts este jumatate din cel al euristicii Manhattan simple, ceea ce denota o utilizare mai eficienta a memoriei.

BEAM SEARCH - MANHATTAN - EASY								
TIP	B	CALE			STARI		TIMP	
EASY		MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	
4	1	#	#	#	#	#	#	
4	10	141	5092	1371	509401	0,114	0,006	
4	50	59	361	2757	919831	0,161	0,004	
4	100	57,4	1288,8	5264	12886932	0,299	0,046	
4	500	39,8	60,2	16431	14873689	0,908	0,056	
4	1000	39,4	65,8	311531	64732288	1,754	0,263	
TOTAL		67,32	1373,56	11470,60	18784428,08	0,6472	0,0752	
TIP	B	CALE			STARI		TIMP	
EASY		MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	
5	1	#	#	#	#	#	#	
5	10	233,6	84379,3	2318,4	8451132,8	0,370	0,346	
5	50	65,2	1718,7	3084,4	4353165,8	0,263	0,037	
5	100	38,8	186,7	3449,4	1920860,8	0,267	0,013	
5	500	33,6	20,3	13722	5652106	1,061	0,047	
5	1000	13,8	8,7	6963,8	8993784,7	0,738	0,100	
TOTAL		77,00	17262,74	5907,60	5874310,02	0,5398	0,1087	
TIP	B	CALE			STARI		TIMP	
EASY		MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	
6	1	17,75	110,25	18,75	110,25	0,001	0,000002	
6	10	13,8	8,7	118,6	881,3	0,015	0,00001	
6	50	13,8	8,7	507,8	22698,7	0,061	0,0003	
6	100	13,8	8,7	944,4	87964,3	0,106	0,001	
6	500	13,8	8,7	3855	2226073	0,419	0,025	
6	1000	13,8	8,7	6963,8	8993784,7	0,738	0,100	
TOTAL		14,46	25,63	2068,06	1888585,38	0,2234	0,0211	

BEAM SEARCH - MANHATTAN + LINEAR CONFLICTS - EASY								
TIP	B	CALE			STARI		TIMP	
EASY		MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	
4	1	#	#	#	#	#	#	
4	10	59,4	132,8	575	12753	0,053	0,0002	
4	50	40,6	55,8	1837	136821	0,195	0,002	
4	100	39,4	65,8	3464	648232	0,277	0,003	
4	500	39	56	16031	13824989	1,163	0,096	
4	1000	38,6	51,8	30731	51067288	2,802	0,572	
TOTAL		43,40	72,44	10527,40	13138016,48	0,8980	0,1349	
TIP	B	CALE			STARI		TIMP	
EASY		MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	
5	1	#	#	#	#	#	#	
5	10	64	2477,5	622,4	249928,8	0,112	0,007	
5	50	36,8	114,7	1664,4	300735,8	0,237	0,006	
5	100	33,6	20,3	3129,4	259580,8	0,395	0,006	
5	500	33,6	20,3	13722	5652106	1,704	0,109	
5	1000	33,6	20,3	30420,4	47204101,8	5,072	1,045	
TOTAL		40,32	530,62	9911,72	10733290,64	1,5041	0,2346	
TIP	B	CALE			STARI		TIMP	
EASY		MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	
6	1	17,75	110,25	17,75	110,25	0,0002	0,00002	
6	10	13,8	8,7	118,6	881,3	0,015	0,0003	
6	50	13,8	8,7	507,8	22698,7	0,061	0,001	
6	100	13,8	8,7	944,4	87964,3	0,106	0,004	
6	500	13,8	8,7	3855	2226073	0,419	0,025	
6	1000	13,8	8,7	6963,8	8993784,7	0,738	0,100	
TOTAL		14,46	25,63	2067,89	1888585,38	0,2234	0,0211	

In algoritmul Beam Search observam cum cu cresterea valorii lui B se micsoreaza numarul de stari in cale, dar cresterea numarului de stari retinute. Pentru valoarea lui B = 1, algoritmul nu a ajuns la solutie, fapt marcat cu #.

Observam ca din punct de vedere a caii, dar mai ales a timpului de rulare, euristica 2 este mai eficienta decat euristica 1, insa pentru problemele cu N = 6, valorile sunt aproape identice.

BEAM SEARCH - MANHATTAN - HARD								
TIP	B	CALE			STARI		TIMP	
HARD		MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	
4	1	#	#	#	#	#	#	
4	10	265	5937,5	2629	597872	0,273	0,008	
4	50	91,4	203,3	4370	512282	0,293	0,003	
4	100	87	546,5	8212	5568362	0,538	0,034	
4	500	66,6	47,3	35763	256261963	2,024	0,028	
4	1000	63,4	47,3	55400	49093518	4,005	0,184	
TOTAL		114,68	1356,38	21274,92	62406799,30	1,4267	0,0515	
TIP	B	CALE			STARI		TIMP	
HARD		MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	
5	1	#	#	#	#	#	#	
5	10	941,4	480328,8	9394,8	48067950,2	2,866	13,555	
5	50	257,4	5045,8	12686,8	12691018,2	1,493	0,329	
5	100	273	27917	26859	279731608	3,629	10,917	
5	500	182,6	1310,8	88169,6	331192903,8	10,048	8,977	
5	1000	147	491	139897,6	493291620,8	16,209	11,521	
TOTAL		360,28	103018,68	55401,56	232995020,20	6,8492	9,0598	
TIP	B	CALE			STARI		TIMP	
HARD		MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	
6	1	#	#	#	#	#	#	
6	10	3053,8	1624393,7	30518,4	162460075,3	24,507	317,956	
6	50	1856,2	1602690,7	92625,2	4006316004,2	55,809	2536,232	
6	100	1640	940879,33	163548,75	9413335768,9	85,100	4049,671	
6	500	313,4	6357,3	153640	1585259848	28,099	99,948	
6	1000	361,4	35615,3	354527	35601746685,5	76,376	3509,619	
TOTAL		1444,96	841987,27	158971,87	10153863676,38	53,9781	2102,6851	

BEAM SEARCH - MANHATTAN + LINEAR CONFLICTS - HARD								
TIP	B	CALE			STARI		TIMP	
HARD		MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	
4	1	#	#	#	#	#	#	
4	10	111,4	1253,3	1093	124250	0,129	0,001	
4	50	80,2	123,7	3810	315892	0,519	0,007	
4	100	67,4	62,3	6252	618662	0,697	0,007	
4	500	60,2	22,7	26563	5804463	3,173	0,141	
4	1000	59	23,5	51000	23232518	8,909	3,126	
TOTAL		75,64	297,10	17743,72	6019156,90	2,6854	0,6565	
TIP	B	CALE			STARI		TIMP	
HARD		MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	
5	1	#	#	#	#	#	#	
5	10	502,2	108302,2	5002,8	10824904,2	1,239	0,677	
5	50	224,2	2382,2	11026,8	5942838,2	2,464	0,395	
5	100	151	1382	14659	13612408	3,239	1,186	
5	500	126,2	79,2	59969,6	20176203,8	12,991	2,005	
5	1000	123,4	38,8	116297,6	38787020,8	31,456	6,884	
TOTAL		225,40	22436,88	41391,16	17868675,00	10,2776	2,2291	
TIP	B	CALE			STARI		TIMP	
HARD		MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	
6	1	#	#	#	#	#	#	
6	10	1317,8	294636,7	13158,4	29452955,3	4,880	4,880	
6	50	487,8	40129,7	24205,2	100542114,2	9,296	13,527	
6	100	367,8	17496,7	36341,6	175209382,3	14,257	25,158	
6	500	236	200,66666667	114946	49052890,67	50,675	9,592	
6	1000	230,2	444,7	221327	508463685,5	134,072	1217,574	
TOTAL		572,92	70581,69	81995,64	172144205,59	42,6359	254,1462	

Si in cazul problemelor hard, observam aceeasi tendinta ca la problemele easy: calea si timpul de rulare sunt mai scurte, insa numarul de stari este mult mai mare.

Per total, A star ajunge la cai mai bune decat Beam Search, insa intr-un numar mult mai mare de pasi. In schimb, Beam Search ofera o metoda mai eficienta atat din punct de vedere al memoriei dar si al timpului.

Task 2:

Am implementat algoritmul GLDS pe modelul pseudocodului.

GLDS - MANHATTAN - EASY								
TIP	CALE			STARI		TIMP		
EASY	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA		
4	257,8	73432,2	257,8	73432,2	61,376	4420,785		
5	1311,5	3182764,5	1311,5	3182764,5	33,029	2142,375		
6	17	85,5	17	85,5	0,139	0,095		
TIP	CALE			STARI		TIMP		
EASY	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA		
4	1176,75	352938,92	1176,75	352938,92	37,109	808,375		
5	~	~	~	~	~	~		
6	~	~	~	~	~	~		

GLDS - MANHATTAN + LINEAR CONFLICTS - EASY								
TIP	CALE			STARI		TIMP		
HARD	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA		
4	398,2	57134,2	398,2	57134	2,515	15,213		
5	748,67	868782,33	748,67	868782,33	5,529	54,783		
6	17	85,5	17	85,5	2,895	41,711		
TIP	CALE			STARI		TIMP		
HARD	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA		
4	491,4	68896,3	491,4	68896	0,768	0,164		
5	3589	1028178	3589	1028178	13,997	63,529		
6	~	~	~	~	~	~		

In cadrul algoritmului GLDS, tot euristica 2 ofera cele mai bune rezultate. Modul de prelucrare al starilor depinde insa de metoda de sortare, iar in functie de ce cale este aleasa, este posibil ca algoritmul sa nu o ia pe cea mai buna cale, astfel se poate ajunge in cazul problemei 4 easy care a avut mai multe stari in cale decat in euristica 1. De asemenea, se poate ca algoritmul sa ruleze foarte mult, sau sa consume atat de multa ,memorie incat sa apara erori – aceste cazuri sunt notate prin ~ in tabele.

Fata de Beam Search, algoritmul are cai si timp de rulare mai slabe, insa diferenta pe care o aduce este la numarul de stari retinute – egal cu cel din cale, deoarece in cadrul sau se sterg starile de pe caile nefolosite.

Task 3:

Am implementat algoritmul BLDS folosind pseudocodul.

BLDS - MANHATTAN - EASY								
TIP	B	CALE			STARI		TIMP	
EASY		MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	
4	1	257,8	73432,2	257,80	73432	94,070	15193,575	
4	10	141	5092	1391	507711	0,150	0,002	
4	50	59	361	2757	919831	0,169	0,004	
4	100	57,4	1288,8	5264	12886932	0,304	0,034	
4	500	39,8	60,2	16431	14873689	1,423	0,728	
4	1000	39,4	60,8	31531	64732388	2,356	1,583	
	TOTAL	99,07	13383,33	9605,13	15665647,10	16,4120	2532,6543	
TIP	B	CALE			STARI		TIMP	
EASY		MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	
5	1	1311,5	3182764,5	1311,5	3182764,5	33,821	2201,029	
5	10	233,6	84379,3	2318,4	8451132,8	0,292	0,148	
5	50	65,2	1718,7	3084,4	4353665,8	0,274	0,037	
5	100	44,8	234,7	3395,4	2089664,8	0,294	0,014	
5	500	33,6	20,3	13722	5652106	1,988	0,626	
5	1000	33,6	20,3	26620,4	22507401,8	2,124	0,105	
	TOTAL	287,05	544856,30	8408,68	7706122,62	6,4656	366,9932	
TIP	B	CALE			STARI		TIMP	
EASY		MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	
6	1	17	85,5	17	85,5	0,199	0,193	
6	10	13,8	8,7	118,6	881,3	0,042	0,002	
6	50	13,8	8,7	507,8	22698,7	0,078	0,001	
6	100	13,8	8,7	944,4	87964,3	0,158	0,006	
6	500	13,8	8,7	3855	2226073	1,060	1,320	
6	1000	13,8	8,7	6963,8	8993784,7	0,903	0,171	
	TOTAL	14,33	21,50	2067,77	1888581,25	0,4066	0,2822	

BLDS - MANHATTAN + LINEAR CONFLICTS - EASY								
TIP	B	CALE			STARI		TIMP	
HARD		MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	
4	1	398,2	57134,2	398,2	57134,2	398,2	57134,2	
4	10	59,4	132,8	575	12753	0,078	0,0004	
4	50	40,6	55,8	1837	136821	0,230	0,002	
4	100	39,4	65,8	3464	648232	0,579	0,014	
4	500	39	56	18147	185207029	2,330	1,906	
4	1000	38,6	51,8	30721	51067288	3,140	0,954	
	TOTAL	102,53	9582,73	9191,90	39521542,73	1,1323	0,4945	
TIP	B	CALE			STARI		TIMP	
HARD		MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	
5	1	748,67	868782,33	748,67	868782,33	7,743	108,097	
5	10	64	2477,5	622,4	249928,8	0,124	0,007	
5	50	36,8	114,7	1664,4	300735,8	0,301	0,011	
5	100	33,6	20,3	2919,4	226780,8	0,516	0,008	
5	500	33,6	20,3	13722	5652106	2,813	0,520	
5	1000	33,6	20,3	26620,4	22507401,8	4,452	0,868	
	TOTAL	158,38	145239,24	7717,88	4967955,92	2,6578	18,2520	
TIP	B	CALE			STARI		TIMP	
HARD		MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	
6	1	17	85,5	17	85,5	2,708	29,205	
6	10	13,8	8,7	118,6	881,3	0,046	0,0002	
6	50	13,8	8,7	507,8	22698,7	0,197	0,004	
6	100	13,8	8,7	944,4	87964,3	0,293	0,009	
6	500	13,8	8,7	3855	2226073	1,047	0,196	
6	1000	13,8	8,7	6963,8	8993784,7	1,920	0,860	
	TOTAL	14,33	21,50	2067,77	1888581,25	1,0351	5,0459	

La fel ca si in cazul celorlalti algoritmi, euristica Manhattan + Linear Conflicts da rezultate mai bune decat Manhattan simplu. De asemenea, putem observa ca pentru B = 1, algoritmul se comporta exact ca GDLS, avand aceleasi rezultate, insa intr-un timp mai scurt (decat in unele cazuri este mai mare, din cauza starilor pe care le alege), dar si pe probleme unde GLDS nu a avut rezultate. Putem observa, in special in problemele cu N = 6, si ca de la o valoare a beam-ului in sus, valorile se stabilizeaza, calea ramanand la fel, doar numarul de stari stocate crescand.

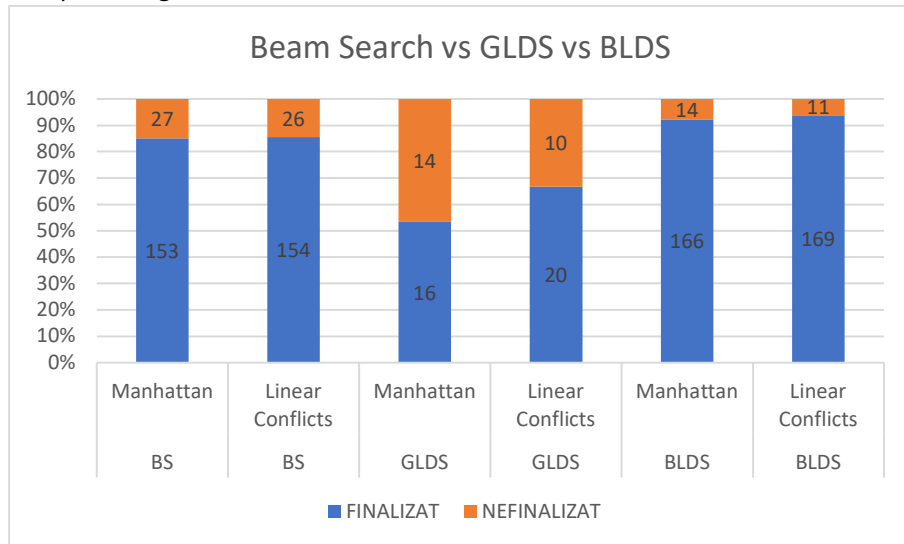
BLDS - MANHATTAN - HARD								
TIP	B	CALE			STARI		TIMP	
HARD		MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	
4	1	1176,75	352938,9167	1177	352939	40,489	852,061	
4	10	265	5937,5	2629	597872	0,433	0,022	
4	50	91,4	203,3	4370	512282	0,264	0,001	
4	100	87	546,5	8212	5568362	0,495	0,037	
4	500	66,6	47,3	29763	12166963	1,897	0,050	
4	1000	63,4	47,3	55400	49093518	3,053	0,209	
	TOTAL	291,69	59953,47	16925,23	11381989,24	7,7718	142,0632	
TIP	B	CALE			STARI		TIMP	
HARD		MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	
5	1	~	~	~	~	~	~	
5	10	941,4	480328,8	9394,8	48067950,2	1,947	3,125	
5	50	257,4	5045,8	12686,8	12691018,2	1,253	0,132	
5	100	273	27917	26859	279731608	2,737	3,806	
5	500	182,6	1310,8	88169,6	331192903,8	8,852	3,298	
5	1000	147	491	139897,6	493291620,8	13,346	5,053	
	TOTAL	360,28	103018,68	55401,56	232995020,20	5,6274	3,0827	
TIP	B	CALE			STARI		TIMP	
HARD		MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	
6	1	3053,8	1624393,7	30518,4	162460075,3	8,792	34,258	
6	10	1856,2	160289,7	93625,2	4006316004	23,632	381,227	
6	100	1841,8	909275,7	183741,6	9098907782	1,897	0,050	
6	500	313,4	6357,3	151179,2	1688869371	24,388	51,504	
6	1000	361,4	35615,3	354527	35601746686	76,892	2393,666	
	TOTAL	1485,32	835666,54	162518,28	10111659983,70	27,1202	572,1413	

BLDS - MANHATTAN + LINEAR CONFLICTS - HARD								
TIP	B	CALE			STARI		TIMP	
HARD		MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	
4	1	491,4	68896,3	491	68896	0,704	0,112	
4	10	111,4	1253,3	1093	124250	0,200	0,003	
4	50	80,2	123,7	3810	315892	0,669	0,007	
4	100	67,4	62,3	6252	618662	1,193	0,110	
4	500	60,2	22,7	26563	5804463	5,487	0,252	
4	1000	59	23,5	51000	23232518	7,702	0,917	
	TOTAL	144,93	11730,30	14868,33	5027446,80	2,6594	0,2336	
TIP	B	CALE			STARI		TIMP	
HARD		MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	
5	1	3454	677448	3454	677448	19,715	131,983	
5	10	502,2	108302,2	5002,8	10824904,2	1,616	1,242	
5	50	100,2	2763,7	3810,4	315891,8	0,667	0,007	
5	100	151	1382	14659	13612408	5,048	0,479	
5	500	126,2	79,2	59969,6	20176203,8	21,924	2,987	
5	1000	123,4	38,8	116297,6	38787020,8	29,571	3,492	
	TOTAL	742,83	131668,98	33865,57	14065646,10	13,0900	23,3648	
TIP	B	CALE			STARI		TIMP	
HARD		MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	MEDIE	VARIANTA	
6	1	~	~	~	~	~	~	
6	10	1317,8	294636,7	13158,4	29452955,3	7,270	9,518	
6	50	487,8	40129,7	40129,7	106542114,2	13,991	37,246	
6	100	367,8	17496,7	36341,6	175209382,3	21,019	62,521	
6	500	236	200,67	114946	49052890,67	50,472	4,346	
6	1000	228,2	510,7	221327	506463685,5	87,004	113,284	
	TOTAL	527,52	70594,89	85180,54	172144205,59	35,9512	45,3830	

Fata de Beam Search, valorile sunt identice atat pentru varianta easy, cat si cele hard.

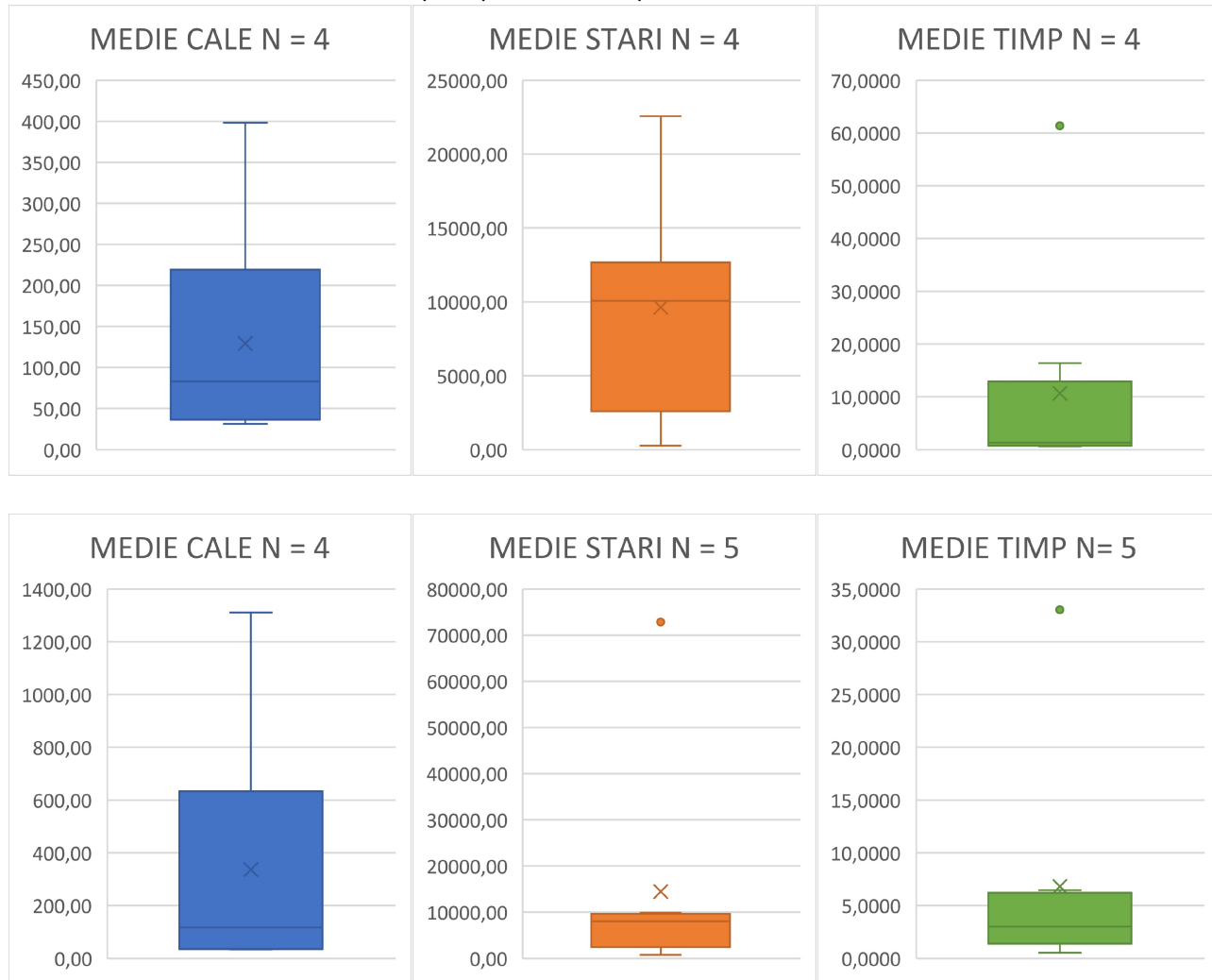
Voi include in arhiva si un document xlsx in care sunt incluse si tabelele desfasurate pentru fiecare algoritm, euristica, problema in parte.

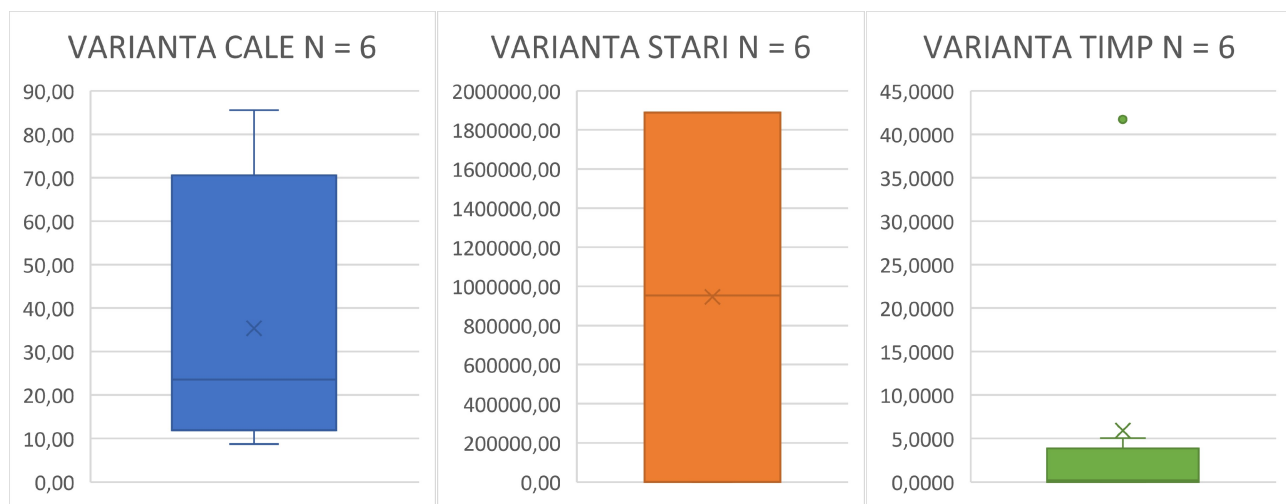
Comparatii algoritmi:



Observam ca cel mai stabil algoritm din punct de vedere al numarului de jocuri finalizate este BLDS, urmat de Beam Search (dar totusi cu un numar mai mare de jocuri rulate per total fata de GLDS).

Mediile cailor, numarului de stari si timpului pentru fiecare problema:





Din aceste grafice se poate observa intervalul in care se afla majoritatea valorilor din fiecare tip de problema, pentru toti algoritmi, dar si valorile outliers.