

## **MI-PAA**

### **úkol č.2**

### **Řešení problému přelévání vody**

#### **Zadání**

- Navrhněte a implementujte heuristiku řešící zobecněný problém přelévání vody. Heuristiku otestujte na všech zkušebních instancích a srovnajte s prohledáváním stavového prostoru do šířky (BFS).

#### **Řešení**

Implementováno jako prohledávání stavového prostoru do šířky, kde přechody mezi stavy byly vyjádřeny operací s vodou/kbelíkem. Jednotlivými operacemi bylo:

- vyprázdnění kbelíku
- naplnění plného kbelíku
- přelití vody z jednoho kbelíku do druhého, omezeno velikostí cílového kbelíku.

Vygenerované stavy byly umísťovány do fronty, odkud byly později přebírány k dalšímu zpracování. Rozdílem mezi řešením hrubou silou a jednoduchou heuristikou byla právě tato fronta, jež byla v heuristice zaměněna za frontu prioritní. Prioritou v tomto případě byl počet již správně naplněných kbelíků, podle požadovaného výsledku.

Implementační detaily (HW či programovací jazyk) nejsou pro toto řešení důležité, neboť nedocházelo k měření žádných implementačně ovlivnitelných specifik, byly měřeny údaje pouze související s algoritmickou efektivitou řešení.

#### **Naměřené výsledky**

V tabulce jsou zobrazeny výsledky, rozdělené podle obou metod. Hrubou silou při prohledávání do šířky bylo nalezeno neoptimálnější řešení, jež bylo i v jednom případě manuálně ověřeno jako řešení korektní (v příloženém souboru *cesta\_k\_reseni\_id11*). Méně optimální řešení bylo vždy nalezeno také zvolenou heuristikou, kde u stejné instance bylo řešení taktéž ověřeno (soubor *cesta\_k\_reseni\_heur\_id11*). Při manuální kontrole jsem objevil jisté nadbytečné operace, které by zřejmě bylo možné odstranit nějakou jednoduchou optimalizací výsledku. Konkrétně v instanci 11 jde o operace v první třetině řešení, na počátku naplnění kbelíku číslo jedna, a po několika operacích, jež s tímto kbelíkem vůbec nesouvisí, opět vylití onoho kbelíku. Zde by tedy případná optimalizace výrazně zpřesnila řešení, nicméně jde o rozšíření a zesložnění zvolené heuristiky, jež by nebylo možné přímo porovnat s řešením hrubou silou.

*rel chyba* míra, o kolik je naměřená heuristická hloubka stromu horší proti optimální (zjištěné hrubou silou). V průměru byla dosažená hloubka o cca. jednou tolik větší, tedy dvojnásobná.

*Zrychlení* ukazuje, kolik procent operací původního výpočtu bylo použito k vypočtení heuristického

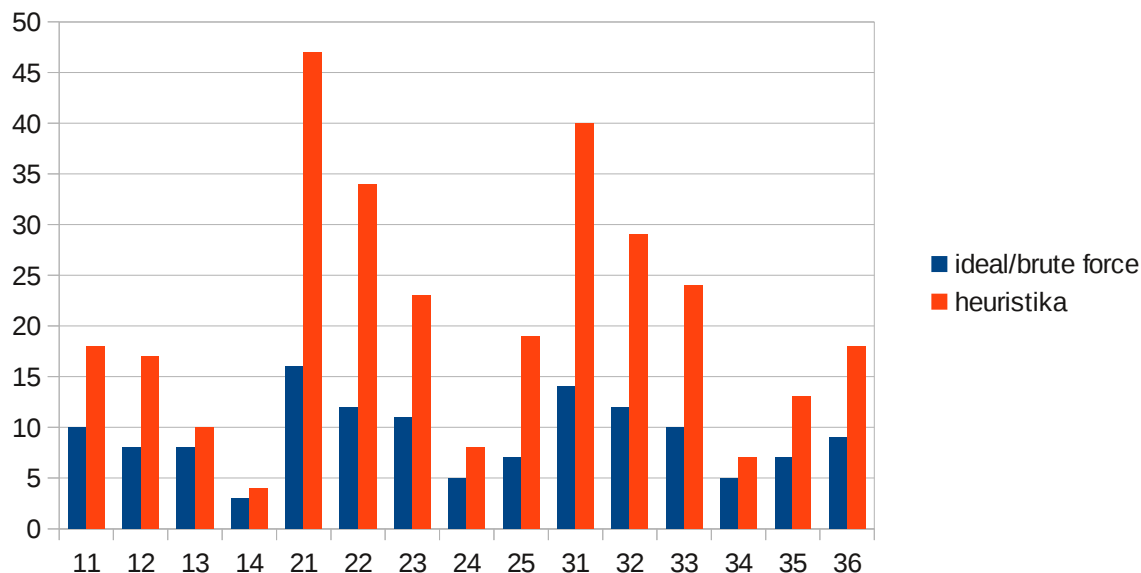
výsledku.

instance id	ideal/brute force			heuristika			rel chyba	Zrychlení [%]
	hloubka	prohledano stavů	vygenerovano stavů	hloubka	prohledano stavů	vygenerovano stavů		
11	10	8926	8991	18	96	1046	0,8	1,0755097468
12	8	6039	8083	17	422	1840	1,125	6,9879119059
13	8	5703	7915	10	21	172	0,25	0,3682272488
14	3	28	174	4	5	55	0,3333333333	17,857142857
21	16	49273	49349	47	378	3345	1,9375	0,7671544253
22	12	34978	41670	34	259	2468	1,8333333333	0,7404654354
23	11	27514	35752	23	312	2852	1,0909090909	1,1339681617
24	5	253	872	8	13	106	0,6	5,1383399209
25	7	2880	6326	19	140	1250	1,7142857143	4,8611111111
31	14	28984	59199	40	258	2279	1,8571428571	0,8901462876
32	12	55889	58771	29	184	2043	1,4166666667	0,3292239976
33	10	28213	40908	24	171	1560	1,4	0,6061035693
34	5	383	1461	7	24	214	0,4	6,2663185379
35	7	3624	9155	13	33	347	0,8571428571	0,9105960265
36	9	16056	27773	18	81	631	1	0,5044843049
průměr chybovosti:							1,1076875902	

## Vizualizace výsledků

### Porovnání dosažených výsledků

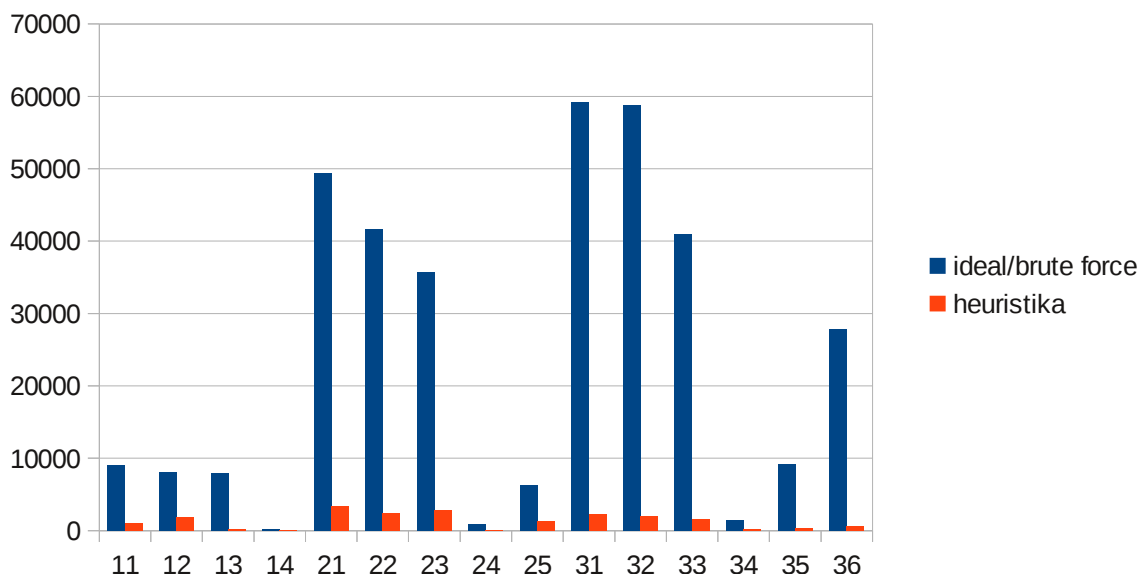
V tomto grafu je vidět porovnání počtu operací s kbelíky pro konkrétní instance. Lze vysledovat určitý trend prohloubení heuristického hledání s větší hloubkou optimálního hledání, nicméně na potvrzení či vyvrácení této hypotézy je k dispozici příliš málo dat.



### Vygenerované stavy

Zde je porovnání nutného počtu vygenerovaných stavů k dosažení nějakého výsledku, podle jednotlivých metod. Porovnáme-li náročnost hrubé síly s optimální hloubkou stromu, uvidíme cca

přímou úměru, která však v porovnání se zvolenou heuristikou u hlubších stromů výrazně ztrácí na zajímavosti, neboť u zvolené heuristiky roste mnohem pomaleji, a ne zcela přímo úměrně.



## Závěr

Pro konkrétní aplikovatelnost a užitečnost zvolené heuristiky by bylo třeba dopředu alespoň částečně vědět optimální hloubku stromu, aby mohla být případně vyřazena a nahrazena hrubou silou, neboť v instancích s malou optimální hloubkou se může stát, že delší teoretický výpočet může v průmyslovém užití být ve výsledku o polovinu rychlejší než některá z heuristik (výpočet 20 místo 2 minut a lití 6 hodin místo tří). V každém případě nám tato vcelku rychlá heuristika dá nějaký rozumný horní odhad, a na tomto základě se dá provést rozhodnutí, zda má cenu snažit se o plně optimální řešení. Ve velkých instancích však nemusí být plná optimalizace možná, díky jejímu příliš strmému růstu.