

New hard benchmark for flowshop scheduling problems minimizing makespan. On-line materials

Eva Vallada^a, Rubén Ruiz^{a,*}, Jose M. Framinan^b

*^aGrupo de Sistemas de Optimización Aplicada, Instituto Tecnológico de Informática,
Ciudad Politécnica de la Innovación, Edificio 8G, Acc. B. Universitat Politècnica de
València, Camino de Vera s/n, 46021, València, Spain.*

*^bIndustrial Management School of Engineering, University of Seville, Av. Descubrimientos
s/n, 41092, Seville, Spain.*

We have completed an online material with two main tables. In Table 1 we report full results for the small instances of our proposed benchmark. In Table 2 the results for the large instances are given. We are providing in both tables the name of the instance (Instance Name), number of jobs (n), number of machines (m), the best upper bound obtained through all the experiments carried out in the paper (UB), the best lower bound after applying all lower bound calculations (LB), the difference in the makespan values between the best lower bound and upper bound in absolute value (Difference), and the same in percentage (GAP).

Regarding the name of the instance, it is formed by the name of the benchmark (our proposed benchmark VFR), number of jobs (n), number of machines (m) and the file number. Remember 10 instances are generated per combination of n and m . For example VFR10_5_7 means the instance belongs to VFR benchmark, with 10 jobs, 5 machines and it is the file number 7.

*Corresponding author. Tel: +34 96 387 70 07, ext: 74946. Fax: +34 96 387 74 99
Email addresses: evallada@eio.upv.es (Eva Vallada), rruiz@eio.upv.es (Rubén Ruiz), framinan@us.es (Jose M. Framinan)

1. Small instances

Instance Name	n	m	UB	LB	Difference	GAP (%)
VFR10_5_1	10	5	695	523	172	32.89
VFR10_5_2	10	5	698	556	142	25.54
VFR10_5_3	10	5	728	588	140	23.81
VFR10_5_4	10	5	697	565	132	23.36
VFR10_5_5	10	5	713	578	135	23.36
VFR10_5_6	10	5	748	617	131	21.23
VFR10_5_7	10	5	728	602	126	20.93
VFR10_5_8	10	5	683	568	115	20.25
VFR10_5_9	10	5	761	633	128	20.22
VFR10_5_10	10	5	664	554	110	19.86
VFR10_10_1	10	10	1097	797	300	37.64
VFR10_10_2	10	10	1146	845	301	35.62
VFR10_10_3	10	10	1124	831	293	35.26
VFR10_10_4	10	10	1038	769	269	34.98
VFR10_10_5	10	10	1093	817	276	33.78
VFR10_10_6	10	10	1085	812	273	33.62
VFR10_10_7	10	10	1115	839	276	32.90
VFR10_10_8	10	10	1113	840	273	32.50
VFR10_10_9	10	10	1045	789	256	32.45
VFR10_10_10	10	10	1099	832	267	32.09
VFR10_15_1	10	15	1307	921	386	41.91
VFR10_15_2	10	15	1399	988	411	41.60
VFR10_15_3	10	15	1398	996	402	40.36
VFR10_15_4	10	15	1452	1041	411	39.48
VFR10_15_5	10	15	1373	992	381	38.41
VFR10_15_6	10	15	1329	964	365	37.86
VFR10_15_7	10	15	1445	1049	396	37.75
VFR10_15_8	10	15	1443	1048	395	37.69
VFR10_15_9	10	15	1428	1058	370	34.97
VFR10_15_10	10	15	1461	1085	376	34.65
VFR10_20_1	10	20	1652	1191	461	38.71
VFR10_20_2	10	20	1759	1273	486	38.18
VFR10_20_3	10	20	1726	1254	472	37.64
VFR10_20_4	10	20	1678	1236	442	35.76
VFR10_20_5	10	20	1700	1259	441	35.03
VFR10_20_6	10	20	1889	1400	489	34.93
VFR10_20_7	10	20	1678	1251	427	34.13
VFR10_20_8	10	20	1655	1235	420	34.01
VFR10_20_9	10	20	1706	1280	426	33.28

Continued on next page. ▷

Instance Name	n	m	UB	LB	Difference	GAP (%)
VFR10_20_10	10	20	1663	1248	415	33.25
VFR20_5_1	20	5	1192	1095	97	8.86
VFR20_5_2	20	5	1275	1173	102	8.70
VFR20_5_3	20	5	1323	1224	99	8.09
VFR20_5_4	20	5	1127	1047	80	7.64
VFR20_5_5	20	5	1339	1244	95	7.64
VFR20_5_6	20	5	1066	994	72	7.24
VFR20_5_7	20	5	1154	1078	76	7.05
VFR20_5_8	20	5	1102	1030	72	6.99
VFR20_5_9	20	5	1317	1231	86	6.99
VFR20_5_10	20	5	1243	1164	79	6.79
VFR20_10_1	20	10	1532	1290	242	18.76
VFR20_10_2	20	10	1525	1292	233	18.03
VFR20_10_3	20	10	1592	1352	240	17.75
VFR20_10_4	20	10	1442	1226	216	17.62
VFR20_10_5	20	10	1604	1371	233	16.99
VFR20_10_6	20	10	1576	1348	228	16.91
VFR20_10_7	20	10	1591	1363	228	16.73
VFR20_10_8	20	10	1574	1353	221	16.33
VFR20_10_9	20	10	1530	1312	218	16.62
VFR20_10_10	20	10	1489	1279	210	16.42
VFR20_15_1	20	15	1936	1525	411	26.95
VFR20_15_2	20	15	1905	1526	379	24.84
VFR20_15_3	20	15	1798	1453	345	23.74
VFR20_15_4	20	15	1813	1466	347	23.67
VFR20_15_5	20	15	1875	1517	358	23.60
VFR20_15_6	20	15	1960	1587	373	23.50
VFR20_15_7	20	15	1933	1566	367	23.44
VFR20_15_8	20	15	1822	1477	345	23.36
VFR20_15_9	20	15	1940	1575	365	23.17
VFR20_15_10	20	15	1861	1511	350	23.16
VFR20_20_1	20	20	2270	1741	529	30.38
VFR20_20_2	20	20	2170	1682	488	29.01
VFR20_20_3	20	20	2277	1772	505	28.50
VFR20_20_4	20	20	2165	1685	480	28.49
VFR20_20_5	20	20	2225	1736	489	28.17
VFR20_20_6	20	20	2291	1790	501	27.99
VFR20_20_7	20	20	2282	1785	497	27.84
VFR20_20_8	20	20	2178	1707	471	27.59
VFR20_20_9	20	20	2354	1851	503	27.17
VFR20_20_10	20	20	2199	1732	467	26.96

Continued on next page. ▷

Instance Name	n	m	UB	LB	Difference	GAP (%)
VFR30_5_1	30	5	1805	1727	78	4.52
VFR30_5_2	30	5	1575	1510	65	4.30
VFR30_5_3	30	5	1673	1608	65	4.04
VFR30_5_4	30	5	1781	1716	65	3.79
VFR30_5_5	30	5	1707	1645	62	3.77
VFR30_5_6	30	5	1875	1807	68	3.76
VFR30_5_7	30	5	1749	1686	63	3.74
VFR30_5_8	30	5	1706	1646	60	3.65
VFR30_5_9	30	5	1735	1674	61	3.64
VFR30_5_10	30	5	1637	1582	55	3.48
VFR30_10_1	30	10	1944	1721	223	12.96
VFR30_10_2	30	10	2098	1860	238	12.80
VFR30_10_3	30	10	2077	1857	220	11.85
VFR30_10_4	30	10	1945	1747	198	11.33
VFR30_10_5	30	10	2023	1818	205	11.28
VFR30_10_6	30	10	2043	1830	213	11.64
VFR30_10_7	30	10	1967	1767	200	11.32
VFR30_10_8	30	10	1896	1701	195	11.46
VFR30_10_9	30	10	1908	1712	196	11.45
VFR30_10_10	30	10	1915	1722	193	11.21
VFR30_15_1	30	15	2381	1999	382	19.11
VFR30_15_2	30	15	2318	1952	366	18.75
VFR30_15_3	30	15	2304	1950	354	18.15
VFR30_15_4	30	15	2444	2079	365	17.56
VFR30_15_5	30	15	2423	2062	361	17.51
VFR30_15_6	30	15	2306	1968	338	17.17
VFR30_15_7	30	15	2316	1978	338	17.09
VFR30_15_8	30	15	2366	2019	347	17.19
VFR30_15_9	30	15	2259	1929	330	17.11
VFR30_15_10	30	15	2385	2047	338	16.51
VFR30_20_1	30	20	2643	2119	524	24.73
VFR30_20_2	30	20	2835	2284	551	24.12
VFR30_20_3	30	20	2783	2265	518	22.87
VFR30_20_4	30	20	2680	2213	467	21.10
VFR30_20_5	30	20	2672	2205	467	21.18
VFR30_20_6	30	20	2715	2245	470	20.94
VFR30_20_7	30	20	2712	2244	468	20.86
VFR30_20_8	30	20	2812	2328	484	20.79
VFR30_20_9	30	20	2795	2318	477	20.58
VFR30_20_10	30	20	2805	2329	476	20.44
VFR40_5_1	40	5	2396	2292	104	4.54

Continued on next page. ▷

Instance Name	n	m	UB	LB	Difference	GAP (%)
VFR40_5_2	40	5	2442	2351	91	3.87
VFR40_5_3	40	5	2174	2106	68	3.23
VFR40_5_4	40	5	2149	2082	67	3.22
VFR40_5_5	40	5	2247	2179	68	3.12
VFR40_5_6	40	5	2154	2091	63	3.01
VFR40_5_7	40	5	2207	2143	64	2.99
VFR40_5_8	40	5	2414	2350	64	2.72
VFR40_5_9	40	5	2305	2247	58	2.58
VFR40_5_10	40	5	2348	2289	59	2.58
VFR40_10_1	40	10	2480	2258	222	9.83
VFR40_10_2	40	10	2444	2237	207	9.25
VFR40_10_3	40	10	2412	2244	168	7.49
VFR40_10_4	40	10	2472	2313	159	6.87
VFR40_10_5	40	10	2425	2276	149	6.55
VFR40_10_6	40	10	2547	2387	160	6.70
VFR40_10_7	40	10	2501	2344	157	6.70
VFR40_10_8	40	10	2491	2338	153	6.54
VFR40_10_9	40	10	2411	2275	136	5.98
VFR40_10_10	40	10	2478	2337	141	6.03
VFR40_15_1	40	15	3011	2624	387	14.75
VFR40_15_2	40	15	2821	2491	330	13.25
VFR40_15_3	40	15	2906	2572	334	12.99
VFR40_15_4	40	15	2919	2576	343	13.32
VFR40_15_5	40	15	2945	2615	330	12.62
VFR40_15_6	40	15	2805	2494	311	12.47
VFR40_15_7	40	15	2868	2555	313	12.25
VFR40_15_8	40	15	2900	2578	322	12.49
VFR40_15_9	40	15	2708	2407	301	12.51
VFR40_15_10	40	15	2945	2625	320	12.19
VFR40_20_1	40	20	3326	2770	556	20.07
VFR40_20_2	40	20	3226	2697	529	19.61
VFR40_20_3	40	20	3233	2713	520	19.17
VFR40_20_4	40	20	3233	2724	509	18.69
VFR40_20_5	40	20	3055	2571	484	18.83
VFR40_20_6	40	20	3192	2699	493	18.27
VFR40_20_7	40	20	3244	2749	495	18.01
VFR40_20_8	40	20	3266	2764	502	18.16
VFR40_20_9	40	20	3335	2834	501	17.68
VFR40_20_10	40	20	3122	2653	469	17.68
VFR50_5_1	50	5	3055	2970	85	2.86
VFR50_5_2	50	5	2853	2784	69	2.48

Continued on next page. ▷

Instance Name	n	m	UB	LB	Difference	GAP (%)
VFR50_5_3	50	5	2746	2682	64	2.39
VFR50_5_4	50	5	2836	2773	63	2.27
VFR50_5_5	50	5	2866	2806	60	2.14
VFR50_5_6	50	5	2841	2782	59	2.12
VFR50_5_7	50	5	2600	2548	52	2.04
VFR50_5_8	50	5	2684	2631	53	2.01
VFR50_5_9	50	5	2621	2570	51	1.98
VFR50_5_10	50	5	2834	2781	53	1.91
VFR50_10_1	50	10	2926	2746	180	6.55
VFR50_10_2	50	10	3035	2841	194	6.83
VFR50_10_3	50	10	3019	2836	183	6.45
VFR50_10_4	50	10	3003	2838	165	5.81
VFR50_10_5	50	10	3252	3070	182	5.93
VFR50_10_6	50	10	3149	2973	176	5.92
VFR50_10_7	50	10	2842	2722	120	4.41
VFR50_10_8	50	10	3072	2932	140	4.77
VFR50_10_9	50	10	3022	2858	164	5.74
VFR50_10_10	50	10	3056	2906	150	5.16
VFR50_15_1	50	15	3316	2988	328	10.98
VFR50_15_2	50	15	3347	3037	310	10.21
VFR50_15_3	50	15	3301	2998	303	10.11
VFR50_15_4	50	15	3521	3192	329	10.31
VFR50_15_5	50	15	3334	3039	295	9.71
VFR50_15_6	50	15	3346	3042	304	9.99
VFR50_15_7	50	15	3490	3181	309	9.71
VFR50_15_8	50	15	3430	3135	295	9.41
VFR50_15_9	50	15	3205	2928	277	9.46
VFR50_15_10	50	15	3399	3104	295	9.50
VFR50_20_1	50	20	3693	3164	529	16.72
VFR50_20_2	50	20	3719	3224	495	15.35
VFR50_20_3	50	20	3784	3284	500	15.23
VFR50_20_4	50	20	3709	3231	478	14.79
VFR50_20_5	50	20	3632	3157	475	15.05
VFR50_20_6	50	20	3795	3295	500	15.17
VFR50_20_7	50	20	3696	3219	477	14.82
VFR50_20_8	50	20	3783	3295	488	14.81
VFR50_20_9	50	20	3816	3337	479	14.35
VFR50_20_10	50	20	3769	3301	468	14.18
VFR60_5_1	60	5	3350	3276	74	2.26
VFR60_5_2	60	5	3054	2990	64	2.14
VFR60_5_3	60	5	3214	3147	67	2.13

Continued on next page. ▷

Instance Name	n	m	UB	LB	Difference	GAP (%)
VFR60_5_4	60	5	3266	3202	64	2.00
VFR60_5_5	60	5	3197	3139	58	1.85
VFR60_5_6	60	5	3107	3058	49	1.60
VFR60_5_7	60	5	3315	3263	52	1.59
VFR60_5_8	60	5	3438	3386	52	1.54
VFR60_5_9	60	5	3121	3074	47	1.53
VFR60_5_10	60	5	3663	3608	55	1.52
VFR60_10_1	60	10	3435	3256	179	5.50
VFR60_10_2	60	10	3655	3489	166	4.76
VFR60_10_3	60	10	3423	3261	162	4.97
VFR60_10_4	60	10	3455	3305	150	4.54
VFR60_10_5	60	10	3505	3359	146	4.35
VFR60_10_6	60	10	3594	3448	146	4.23
VFR60_10_7	60	10	3654	3501	153	4.37
VFR60_10_8	60	10	3552	3402	150	4.41
VFR60_10_9	60	10	3685	3529	156	4.42
VFR60_10_10	60	10	3492	3346	146	4.36
VFR60_15_1	60	15	3940	3623	317	8.75
VFR60_15_2	60	15	3888	3582	306	8.54
VFR60_15_3	60	15	3880	3590	290	8.08
VFR60_15_4	60	15	3716	3413	303	8.88
VFR60_15_5	60	15	3881	3611	270	7.48
VFR60_15_6	60	15	3893	3598	295	8.20
VFR60_15_7	60	15	3809	3529	280	7.93
VFR60_15_8	60	15	3749	3456	293	8.48
VFR60_15_9	60	15	3800	3512	288	8.20
VFR60_15_10	60	15	3902	3610	292	8.09
VFR60_20_1	60	20	4163	3689	474	12.85
VFR60_20_2	60	20	4290	3804	486	12.78
VFR60_20_3	60	20	4365	3870	495	12.79
VFR60_20_4	60	20	4193	3731	462	12.38
VFR60_20_5	60	20	4196	3747	449	11.98
VFR60_20_6	60	20	4202	3764	438	11.64
VFR60_20_7	60	20	4263	3818	445	11.66
VFR60_20_8	60	20	4180	3758	422	11.23
VFR60_20_9	60	20	4221	3764	457	12.14
VFR60_20_10	60	20	4202	3779	423	11.19
Average					274.39	15.20

Table 1: Upper bounds, lower bounds and deviations for the small instances (VFR benchmark).

2. Large instances

Instance Name	n	m	UB	LB	Difference	GAP (%)
VFR100_20_1	100	20	6198	5705	493	8.64
VFR100_20_2	100	20	6306	5836	470	8.05
VFR100_20_3	100	20	6238	5771	467	8.09
VFR100_20_4	100	20	6245	5783	462	7.99
VFR100_20_5	100	20	6296	5876	420	7.15
VFR100_20_6	100	20	6321	5913	408	6.90
VFR100_20_7	100	20	6434	6004	430	7.16
VFR100_20_8	100	20	6104	5694	410	7.20
VFR100_20_9	100	20	6354	5928	426	7.19
VFR100_20_10	100	20	6145	5766	379	6.57
VFR100_40_1	100	40	7881	6611	1270	19.21
VFR100_40_2	100	40	8007	6738	1269	18.83
VFR100_40_3	100	40	7935	6698	1237	18.47
VFR100_40_4	100	40	7932	6715	1217	18.12
VFR100_40_5	100	40	8011	6778	1233	18.19
VFR100_40_6	100	40	8023	6816	1207	17.71
VFR100_40_7	100	40	8006	6793	1213	17.86
VFR100_40_8	100	40	7979	6807	1172	17.22
VFR100_40_9	100	40	7931	6758	1173	17.36
VFR100_40_10	100	40	7952	6774	1178	17.39
VFR100_60_1	100	60	9395	7502	1893	25.23
VFR100_60_2	100	60	9596	7720	1876	24.30
VFR100_60_3	100	60	9349	7523	1826	24.27
VFR100_60_4	100	60	9426	7596	1830	24.09
VFR100_60_5	100	60	9465	7638	1827	23.92
VFR100_60_6	100	60	9667	7809	1858	23.79
VFR100_60_7	100	60	9391	7576	1815	23.96
VFR100_60_8	100	60	9534	7697	1837	23.87
VFR100_60_9	100	60	9527	7706	1821	23.63
VFR100_60_10	100	60	9598	7774	1824	23.46
VFR200_20_1	200	20	11305	10928	377	3.45
VFR200_20_2	200	20	11265	10898	367	3.37
VFR200_20_3	200	20	11327	10958	369	3.37
VFR200_20_4	200	20	11208	10857	351	3.23
VFR200_20_5	200	20	11208	10861	347	3.19
VFR200_20_6	200	20	11367	10981	386	3.52
VFR200_20_7	200	20	11380	11034	346	3.14
VFR200_20_8	200	20	11141	10783	358	3.32
VFR200_20_9	200	20	11123	10773	350	3.25

Continued on next page. ▷

Instance Name	n	m	UB	LB	Difference	GAP (%)
VFR200_20_10	200	20	11310	10965	345	3.15
VFR200_40_1	200	40	13132	11812	1320	11.18
VFR200_40_2	200	40	13102	11735	1367	11.65
VFR200_40_3	200	40	13264	11879	1385	11.66
VFR200_40_4	200	40	13232	11862	1370	11.55
VFR200_40_5	200	40	13043	11662	1381	11.84
VFR200_40_6	200	40	13124	11788	1336	11.33
VFR200_40_7	200	40	13299	11926	1373	11.51
VFR200_40_8	200	40	13238	11864	1374	11.58
VFR200_40_9	200	40	13166	11817	1349	11.42
VFR200_40_10	200	40	13228	11921	1307	10.96
VFR200_60_1	200	60	14990	12824	2166	16.89
VFR200_60_2	200	60	14954	12862	2092	16.26
VFR200_60_3	200	60	15200	12996	2204	16.96
VFR200_60_4	200	60	15044	12925	2119	16.39
VFR200_60_5	200	60	15130	13012	2118	16.28
VFR200_60_6	200	60	15035	12952	2083	16.08
VFR200_60_7	200	60	15040	12958	2082	16.07
VFR200_60_8	200	60	14968	12947	2021	15.61
VFR200_60_9	200	60	15022	12878	2144	16.65
VFR200_60_10	200	60	15000	12892	2108	16.35
VFR300_20_1	300	20	16149	15773	376	2.38
VFR300_20_2	300	20	16512	16123	389	2.41
VFR300_20_3	300	20	16173	15835	338	2.13
VFR300_20_4	300	20	16181	15860	321	2.02
VFR300_20_5	300	20	16342	15987	355	2.22
VFR300_20_6	300	20	16137	15804	333	2.11
VFR300_20_7	300	20	16266	15932	334	2.10
VFR300_20_8	300	20	16416	16093	323	2.01
VFR300_20_9	300	20	16376	16059	317	1.97
VFR300_20_10	300	20	16899	16517	382	2.31
VFR300_40_1	300	40	18298	16764	1534	9.15
VFR300_40_2	300	40	18454	17015	1439	8.46
VFR300_40_3	300	40	18457	16983	1474	8.68
VFR300_40_4	300	40	18351	16914	1437	8.50
VFR300_40_5	300	40	18484	17070	1414	8.28
VFR300_40_6	300	40	18449	16978	1471	8.66
VFR300_40_7	300	40	18419	17049	1370	8.04
VFR300_40_8	300	40	18392	16927	1465	8.65
VFR300_40_9	300	40	18394	16987	1407	8.28
VFR300_40_10	300	40	18401	17007	1394	8.20

Continued on next page. ▷

Instance Name	n	m	UB	LB	Difference	GAP (%)
VFR300_60_1	300	60	20522	17876	2646	14.80
VFR300_60_2	300	60	20399	17750	2649	14.92
VFR300_60_3	300	60	20434	17894	2540	14.19
VFR300_60_4	300	60	20395	17837	2558	14.34
VFR300_60_5	300	60	20341	17791	2550	14.33
VFR300_60_6	300	60	20388	17814	2574	14.45
VFR300_60_7	300	60	20457	17935	2522	14.06
VFR300_60_8	300	60	20410	17918	2492	13.91
VFR300_60_9	300	60	20549	18000	2549	14.16
VFR300_60_10	300	60	20472	17937	2535	14.13
VFR400_20_1	400	20	21120	20727	393	1.90
VFR400_20_2	400	20	21457	21092	365	1.73
VFR400_20_3	400	20	21441	21133	308	1.46
VFR400_20_4	400	20	21247	20942	305	1.46
VFR400_20_5	400	20	21553	21203	350	1.65
VFR400_20_6	400	20	21214	20944	270	1.29
VFR400_20_7	400	20	21625	21331	294	1.38
VFR400_20_8	400	20	21277	21029	248	1.18
VFR400_20_9	400	20	21346	21059	287	1.36
VFR400_20_10	400	20	21538	21235	303	1.43
VFR400_40_1	400	40	23578	22002	1576	7.16
VFR400_40_2	400	40	23456	21903	1553	7.09
VFR400_40_3	400	40	23575	22099	1476	6.68
VFR400_40_4	400	40	23409	21897	1512	6.91
VFR400_40_5	400	40	23339	21843	1496	6.85
VFR400_40_6	400	40	23444	22011	1433	6.51
VFR400_40_7	400	40	23556	22078	1478	6.69
VFR400_40_8	400	40	23411	21921	1490	6.80
VFR400_40_9	400	40	23637	22109	1528	6.91
VFR400_40_10	400	40	23720	22257	1463	6.57
VFR400_60_1	400	60	25607	22867	2740	11.98
VFR400_60_2	400	60	25656	22869	2787	12.19
VFR400_60_3	400	60	25821	23079	2742	11.88
VFR400_60_4	400	60	25837	23097	2740	11.86
VFR400_60_5	400	60	25877	23077	2800	12.13
VFR400_60_6	400	60	25536	22802	2734	11.99
VFR400_60_7	400	60	25600	22868	2732	11.95
VFR400_60_8	400	60	25800	23058	2742	11.89
VFR400_60_9	400	60	25882	23108	2774	12.00
VFR400_60_10	400	60	25767	23104	2663	11.53
VFR500_20_1	500	20	26411	26071	340	1.30

Continued on next page. ▷

Instance Name	n	m	UB	LB	Difference	GAP (%)
VFR500_20_2	500	20	26681	26358	323	1.23
VFR500_20_3	500	20	26409	26116	293	1.12
VFR500_20_4	500	20	26124	25844	280	1.08
VFR500_20_5	500	20	26781	26505	276	1.04
VFR500_20_6	500	20	26443	26152	291	1.11
VFR500_20_7	500	20	26433	26163	270	1.03
VFR500_20_8	500	20	26318	26062	256	0.98
VFR500_20_9	500	20	26442	26199	243	0.93
VFR500_20_10	500	20	26072	25838	234	0.91
VFR500_40_1	500	40	28548	26940	1608	5.97
VFR500_40_2	500	40	28793	27162	1631	6.00
VFR500_40_3	500	40	28607	27064	1543	5.70
VFR500_40_4	500	40	28828	27231	1597	5.86
VFR500_40_5	500	40	28683	27109	1574	5.81
VFR500_40_6	500	40	28524	26903	1621	6.03
VFR500_40_7	500	40	28760	27162	1598	5.88
VFR500_40_8	500	40	28698	27215	1483	5.45
VFR500_40_9	500	40	28870	27298	1572	5.76
VFR500_40_10	500	40	28758	27225	1533	5.63
VFR500_60_1	500	60	30861	27846	3015	10.83
VFR500_60_2	500	60	30828	27819	3009	10.82
VFR500_60_3	500	60	31125	28045	3080	10.98
VFR500_60_4	500	60	30928	28054	2874	10.24
VFR500_60_5	500	60	30935	27936	2999	10.74
VFR500_60_6	500	60	31027	28091	2936	10.45
VFR500_60_7	500	60	30928	27962	2966	10.61
VFR500_60_8	500	60	30988	28089	2899	10.32
VFR500_60_9	500	60	30978	28098	2880	10.25
VFR500_60_10	500	60	31050	28190	2860	10.15
VFR600_20_1	600	20	31433	31124	309	0.99
VFR600_20_2	600	20	31418	31124	294	0.94
VFR600_20_3	600	20	31429	31186	243	0.78
VFR600_20_4	600	20	31547	31254	293	0.94
VFR600_20_5	600	20	31448	31204	244	0.78
VFR600_20_6	600	20	31717	31470	247	0.78
VFR600_20_7	600	20	31527	31254	273	0.87
VFR600_20_8	600	20	31564	31299	265	0.85
VFR600_20_9	600	20	31577	31320	257	0.82
VFR600_20_10	600	20	31130	30885	245	0.79
VFR600_40_1	600	40	33839	32219	1620	5.03
VFR600_40_2	600	40	33467	31978	1489	4.66

Continued on next page. ▷

Instance Name	n	m	UB	LB	Difference	GAP (%)
VFR600_40_3	600	40	33866	32316	1550	4.80
VFR600_40_4	600	40	33693	32162	1531	4.76
VFR600_40_5	600	40	33553	32071	1482	4.62
VFR600_40_6	600	40	33809	32290	1519	4.70
VFR600_40_7	600	40	33686	32203	1483	4.61
VFR600_40_8	600	40	33482	32039	1443	4.50
VFR600_40_9	600	40	33697	32228	1469	4.56
VFR600_40_10	600	40	33642	32235	1407	4.36
VFR600_60_1	600	60	36198	33093	3105	9.38
VFR600_60_2	600	60	36184	33108	3076	9.29
VFR600_60_3	600	60	36201	33159	3042	9.17
VFR600_60_4	600	60	36136	33225	2911	8.76
VFR600_60_5	600	60	36153	33093	3060	9.25
VFR600_60_6	600	60	36116	33093	3023	9.13
VFR600_60_7	600	60	36179	33215	2964	8.92
VFR600_60_8	600	60	36185	33206	2979	8.97
VFR600_60_9	600	60	36195	33273	2922	8.78
VFR600_60_10	600	60	36163	33177	2986	9.00
VFR700_20_1	700	20	36394	36078	316	0.88
VFR700_20_2	700	20	36337	36032	305	0.85
VFR700_20_3	700	20	36568	36287	281	0.77
VFR700_20_4	700	20	36452	36188	264	0.73
VFR700_20_5	700	20	36584	36380	204	0.56
VFR700_20_6	700	20	36671	36376	295	0.81
VFR700_20_7	700	20	36624	36381	243	0.67
VFR700_20_8	700	20	36522	36287	235	0.65
VFR700_20_9	700	20	36329	36091	238	0.66
VFR700_20_10	700	20	36417	36282	135	0.37
VFR700_40_1	700	40	38964	37286	1678	4.50
VFR700_40_2	700	40	38775	37211	1564	4.20
VFR700_40_3	700	40	38621	37080	1541	4.16
VFR700_40_4	700	40	38785	37232	1553	4.17
VFR700_40_5	700	40	38671	37125	1546	4.16
VFR700_40_6	700	40	38710	37186	1524	4.10
VFR700_40_7	700	40	38585	36959	1626	4.40
VFR700_40_8	700	40	39059	37508	1551	4.14
VFR700_40_9	700	40	38814	37261	1553	4.17
VFR700_40_10	700	40	38850	37419	1431	3.82
VFR700_60_1	700	60	41436	38230	3206	8.39
VFR700_60_2	700	60	41375	38173	3202	8.39
VFR700_60_3	700	60	41317	38127	3190	8.37

Continued on next page. ▷

Instance Name	n	m	UB	LB	Difference	GAP (%)
VFR700_60_4	700	60	41401	38287	3114	8.13
VFR700_60_5	700	60	41262	38212	3050	7.98
VFR700_60_6	700	60	41340	38305	3035	7.92
VFR700_60_7	700	60	40876	37882	2994	7.90
VFR700_60_8	700	60	41474	38427	3047	7.93
VFR700_60_9	700	60	41291	38212	3079	8.06
VFR700_60_10	700	60	41377	38368	3009	7.84
VFR800_20_1	800	20	41558	41256	302	0.73
VFR800_20_2	800	20	41407	41145	262	0.64
VFR800_20_3	800	20	41425	41159	266	0.65
VFR800_20_4	800	20	41426	41157	269	0.65
VFR800_20_5	800	20	41710	41457	253	0.61
VFR800_20_6	800	20	42010	41795	215	0.51
VFR800_20_7	800	20	41425	41138	287	0.70
VFR800_20_8	800	20	41492	41241	251	0.61
VFR800_20_9	800	20	41796	41517	279	0.67
VFR800_20_10	800	20	41574	41331	243	0.59
VFR800_40_1	800	40	43671	42144	1527	3.62
VFR800_40_2	800	40	43746	42197	1549	3.67
VFR800_40_3	800	40	43749	42180	1569	3.72
VFR800_40_4	800	40	43892	42360	1532	3.62
VFR800_40_5	800	40	43905	42473	1432	3.37
VFR800_40_6	800	40	43811	42258	1553	3.68
VFR800_40_7	800	40	43766	42242	1524	3.61
VFR800_40_8	800	40	43839	42362	1477	3.49
VFR800_40_9	800	40	43879	42341	1538	3.63
VFR800_40_10	800	40	43861	42335	1526	3.60
VFR800_60_1	800	60	46470	43230	3240	7.49
VFR800_60_2	800	60	46493	43189	3304	7.65
VFR800_60_3	800	60	46389	43271	3118	7.21
VFR800_60_4	800	60	46457	43274	3183	7.36
VFR800_60_5	800	60	46401	43319	3082	7.11
VFR800_60_6	800	60	46421	43210	3211	7.43
VFR800_60_7	800	60	46319	43207	3112	7.20
VFR800_60_8	800	60	46474	43358	3116	7.19
VFR800_60_9	800	60	46538	43406	3132	7.22
VFR800_60_10	800	60	46244	43236	3008	6.96
Average					1485.38	7.60

Table 2: Upper bounds, lower bounds and deviations for the large instances (VFR benchmark).