

cung cấp chương trình nguồn bởi tác giả công trình [11].

3.1 Hệ thống dữ liệu thực nghiệm

Trong bài báo này, chúng tôi sử dụng tổng cộng 20 bộ dữ liệu là các đồ thị thưa được lấy từ website lưu trữ hệ thống dữ liệu thực nghiệm chuẩn cho các bài toán cây khung tối ưu: <http://people.brunel.ac.uk/~mastjjb/jeb/orlib/files>.

Bảng 1 mô tả thông tin về các bộ dữ liệu thực nghiệm: Tên tập tin lưu trữ các bộ dữ liệu, số thứ tự bộ test trong mỗi tập tin; số đỉnh và số cạnh của đồ thị tương ứng.

Bảng 1: Thông tin các bộ dữ liệu thực nghiệm

Tập tin	Số thứ tự	n	m
steinc.txt	11-15	500	2500
steind.txt	11-15	1000	5000
steine.txt	11-15	2500	12500
steine.txt	16-20	2500	62500

3.2 Môi trường thực nghiệm

Thuật toán *HCST* được cài đặt bằng ngôn ngữ C++ sử dụng môi trường DEV C 5.0, CPU Pentium® Dual-Core, E6500, 2.93 GHz, RAM 2048 MB, hệ điều hành Windows 7 Professional 32 bit.

3.3 Tham số thực nghiệm

Thuật toán *HCST* thực hiện 120 lần đối với mỗi bộ dữ liệu loại steinc, steind; 60 lần đối với mỗi bộ

dữ liệu loại steine11-steine15 và 30 lần đối với mỗi bộ dữ liệu loại steine16-steine20. Với mỗi bộ dữ liệu steine16..steine20, tham số kích thước của tập cạnh ứng viên được chọn là $N = 5n$; đây chính là ngưỡng phân biệt đồ thị thưa và đồ thị dày. Các tham số này được lựa chọn dựa trên kết quả chạy thực nghiệm với một số bộ dữ liệu được trích chọn từ các bộ dữ liệu thực nghiệm chuẩn.

Các thuật toán *SHC*, *PBLS* sử dụng bộ tham số được đề nghị từ các công trình [1,5]; chỉ riêng tham số *số lần lặp* tìm kiếm lân cận trong thuật toán *SHC* được chúng tôi đề nghị là 100000 (do số lần thực hiện việc tìm kiếm lân cận mà tác giả công trình [5] đề nghị là quá lớn: $10000n^2m$). Hai thuật toán *WONG*, *CAMPOS* được cho thực hiện một lần duy nhất.

3.4 Kết quả thực nghiệm và đánh giá

3.4.1 Chất lượng lời giải

Kết quả thực nghiệm của các thuật toán *WONG*, *CAMPOS*, *SHC*, *PBLS*, *HCST* trên 20 bộ dữ liệu đồ thị thưa được ghi nhận chi tiết ở Bảng 2 và Bảng 3; trong đó các thuật toán *WONG* và *CAMPOS* ghi nhận các giá trị chi phí định tuyến và thời gian thực hiện tương ứng (Best, Time); các thuật toán *SHC*, *PBLS*, *HCST* ghi nhận chi phí định tuyến tốt nhất, thời gian trung bình một lần chạy, chi phí định tuyến trung bình và độ lệch chuẩn sau các lần chạy mỗi bộ dữ liệu (Best, Time, Mean, SD).

Bảng 2: Kết quả thực nghiệm các thuật toán WONG, CAMPOS, SHC trên đồ thị thưa

Test	WONG		CAMPOS		SHC			
	Best	Time	Best	Time	Best	Time	Mean	SD
steinc-11	1704347	0.328	1717399	0.002	1686517	64.3	1724650.5	50840.7
steinc-12	1780241	0.359	1867361	0.002	1757608	63.6	1818089.6	68275.7
steinc-13	1755973	0.297	1828029	0.002	1737046	69.6	1741048.3	4280.4
steinc-14	1698543	0.329	1822326	0.002	1686765	65.1	1746846.4	77025.7
steinc-15	1720180	0.304	1844404	0.002	1705026	65.6	1786204.3	75980.3
steind-11	7952947	1.359	8305895	0.005	7893906	149.6	8321488.5	404702.2
steind-12	7838330	1.422	8591643	0.005	7754894	151.6	7915906.4	184314.9
steind-13	7594958	1.391	8854375	0.005	7544222	152.8	7726898.5	320037.3
steind-14	7669320	1.375	7653716	0.005	7623099	148.7	7972443.7	247386.4
steind-15	7408711	1.399	8948301	0.005	7375307	149.8	7666580.4	316608.6
steine-11	56146228	8.845	56896282	0.021	55836577	456.2	58189380.3	1768421.5
steine-12	55866042	8.766	62387839	0.021	55529655	458.2	58067574.3	2249273.6
steine-13	55924075	8.828	65221501	0.021	55444595	467.5	58246409.5	1940857.9
steine-14	55806878	8.876	57372344	0.020	55472368	526.7	57865660.6	2240762.2
steine-15	53970547	8.748	61006740	0.020	53645750	460.7	57237681.6	2635969.4
steine-16	24799865	10.703	25907752	0.031	25194136	2024.5	25976539.6	558738.1
steine-17	24520680	10.469	27478296	0.030	24926161	1965.7	25511900.7	381470.7
steine-18	24624612	10.860	26910649	0.030	24792320	2051.3	25589496.0	600738.5
steine-19	24905297	10.750	27127729	0.030	24507129	2010.8	25963992.3	855882.6
steine-20	24928266	10.453	26920558	0.030	24712530	1960.8	25667553.9	779055.9