

บรรณานุกรม

- ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). ข้อมูลการส่งออกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ พ.ศ.2550. ค้นเมื่อ 16 กุมภาพันธ์ 2552, จากhttp://www.telecomjournal.net/index.php?option=com_content&task=view&id=380&Itemid=53
- วิภาวรรณ สิงห์พริ้ง. (2543). การวิจัยการดำเนินงาน เล่ม 1. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- วิภาวรรณ สิงห์พริ้ง. (2543). การวิจัยการดำเนินงาน เล่ม 2. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- Ying, K. C., Cheng, H. M. (2010). Dynamic parallel machine scheduling with sequence-dependent setup times using an iterated greedy heuristic. **Expert Systems with Applications**, (37), 2848–2852.
- Chen, T.C.E., Sin, C. C. S. (1990). A state-of-the-art review of parallel-machine scheduling research. **European Journal of Operational Research**, (47), 271–292.
- Rocha, P. L., Ravetti, M. G., Mateus, G. R., Pardalos, P. M. (2008). Exact algorithms for a scheduling problem with unrelated parallel machines and sequence and machine-dependent setup times. **Computers & Operations Research**, (35), 1250–1264.
- Suresh, V., Chaudhuri, D. (1996). Bicriteria scheduling problem for unrelated parallel machines. **Computers & Industrial Engineering**, (30), 77–82.
- Mokotoff, E., Chrétienne, P. (2002). A cutting plane algorithm for the unrelated parallel machine scheduling problem. **European Journal of Operational Research**, (144), 515–525.
- Ghirardi, M., Potts, C. N. (2005). Makespan minimization for scheduling unrelated parallel machines: A recovering beam search approach. **European Journal of Operational Research**, (165), 457–467.
- Kim, D. W., Kim, K. H., Jang, W., Chen, F. F. (2002). Unrelated parallel machine scheduling with setup times using simulated annealing. **Journal of Robotics and Computer Integrated Manufacturing**, (18), 223–231.

- Kim, D. W., Na, D. G., Chen, F. F. (2003). Unrelated parallel machine scheduling with setup times and a total weighted tardiness objective. **Journal of Robotics and Computer Integrated Manufacturing**, (19), 173–181.
- Liaw, C. F., Lin, Y. K., Chen, Y. C., Chen, M. (2003). Scheduling unrelated parallel machines to minimize total weighted tardiness. **Computer and Operations Research**, (30), 1777–1789.
- Logendran, R., McDonell, B., Smucker, B. (2007). Scheduling unrelated parallel machines with sequence-dependent setups. **Computer and Operations Research**, (34), 3420–3438.
- Adamopoulos, G. I., Pappis, C. P. (1998). Scheduling under a common due-date on parallel unrelated machines. **European Journal of Operational Research**, (105), 494–501.
- Silva, C., Magalhaes, J. M. (2006). Heuristic lot size scheduling on unrelated parallel machines with applications in the textile industry. **Computers & Industrial Engineering**, (50), 76–89.
- Meyr H. (2002). Simultaneous lotsizing and scheduling on parallel machines. **European Journal of Operational Research**, (139), 277–292.
- Susan K. M., Douglas J. M., Jonathan F. Bard. (2008). A production scheduling heuristic for an electronics manufacturer with sequence-dependent setup costs. **European Journal of Operational Research**, (187), 1100–1114.
- Allahverdi A., Jatinder N., Gupta D., Aldowaisan T. (1999). A review of scheduling research involving setup considerations, **Omega. Int. J. Mgmt Sci**, (27), 219–239.
- Allahverdi A., Ng C.T., Cheng T.C.E., Kovalyov M.Y. (2008). A survey of scheduling problems with setup times or costs. **European Journal of Operational Research**, (187), 985–1032.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลการทดสอบวิธีรูปแบบทางคณิตศาสตร์และวิธีฮิวริสติก



ผลการทดสอบวิธีรูปแบบทางคณิตศาสตร์และวิธีฮิวริสติก

จากผลการทดสอบด้วยวิธีรูปแบบทางคณิตศาสตร์และวิธีฮิวริสติกจำนวน 140 ตัวอย่าง โดยขนาดปัญหาแสดงในรูปของ (จำนวนชนิดผลิตภัณฑ์=N, จำนวนเครื่องจักร=P, จำนวนคาบเวลาผลิต=S, จำนวนรอบการผลิต=W) เครื่องหมาย (*) ใช้แทนการใช้เวลาในการประมวลผลเกิน 3 ชั่วโมง ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ ก.1

ตารางที่ ก.1 ผลการทดสอบด้วยวิธีรูปแบบทางคณิตศาสตร์และวิธีฮิวริสติก

ขนาดปัญหา (N,P,S,W)	ปัญหา	ต้นทุนรวมจากการจัดตารางการผลิต (บาท)		%ความคลาดเคลื่อน	เวลาประมวลผล (วินาที)	
		Math	Heuristic		Math	Heuristic
(3,2,3,4)	1	35,225	37,479	6.40	35	30
	2	31,450	33,050	5.09	44	47
	3	34,821	36,318	4.30	34	41
	4	30,876	31,895	3.30	2	37
	5	34,903	37,660	7.90	53	22
	6	33,128	35,248	6.40	52	30
	7	37,961	42,466	11.87	20	40
	8	33,256	35,517	6.80	38	46
	9	33,103	37,042	11.90	2,232	44
	10	35,117	37,891	7.90	747	39
(2,3,3,4)	1	48,520	49,535	2.09	74	33
	2	39,165	43,740	11.68	123	31
	3	43,585	46,157	5.90	42	66
	4	40,583	45,187	11.34	72	41
	5	31,540	34,347	8.90	888	57
	6	46,940	48,724	3.80	435	46
	7	37,490	38,690	3.20	72	54
	8	34,190	36,890	7.90	31	37
	9	53,790	59,061	9.80	585	36
	10	41,470	44,958	8.41	3,354	50
(3,3,3,4)	1	61,700	65,798	6.64	10,211	28
	2	59,372	63,112	6.30	10,717	58
	3	45,061	48,035	6.60	34	36
	4	84,352	88,991	5.50	25	37
	5	62,934	65,325	3.80	319	64
	6	72,434	80,082	10.56	1,279	64
	7	44,160	46,103	4.40	2,375	49
	8	67,482	73,690	9.20	1,058	61
	9	50,347	52,858	4.99	87	63
	10	57,947	62,757	8.30	1,282	31

ตารางที่ ก.1 ผลการทดสอบด้วยวิธีรูปแบบทางคณิตศาสตร์และวิธีฮิวริสติก (ต่อ)

ขนาดปัญหา (N,P,S,W)	ปัญหา	ต้นทุนรวมจากการจัดตารางการผลิต (บาท)		%Error	เวลาประมวลผล (วินาที)	
		Math	Heuristic		Math	Heuristic
(3,4,3,3)	1	43,270	46,250	6.89	798	39
	2	52,333	57,304	9.50	2,930	65
	3	38,419	41,992	9.30	1,345	47
	4	53,802	57,299	6.50	9,755	41
	5	49,034	51,976	6.00	324	46
	6	52,504	56,704	8.00	4,344	62
	7	51,777	55,712	7.60	290	65
	8	53,313	57,791	8.40	72	32
	9	52,270	56,190	7.50	1,335	37
	10	40,336	43,483	7.80	1,294	71
(3,2,5,2)	1	15,068	16,093	6.80	6	26
	2	13,938	15,081	8.20	233	21
	3	16,504	18,379	11.36	13	41
	4	16,515	18,249	10.50	5	21
	5	14,254	15,750	10.50	9	27
	6	15,570	16,730	7.45	15	44
	7	17,048	18,702	9.70	19	20
	8	16,049	17,028	6.10	8	37
	9	16,078	16,914	5.20	10	21
	10	19,966	21,543	7.90	13	46
(3,2,5,3)	1	23,712	28,059	18.33	6,184	41
	2	22,442	24,237	8.00	301	28
	3	21,214	22,381	5.50	1,741	28
	4	27,104	29,679	9.50	367	25
	5	24,589	26,827	9.10	2,890	34
	6	22,416	24,250	8.18	192	23
	7	30,164	31,823	5.50	290	23
	8	27,929	30,359	8.70	133	22
	9	23,617	26,404	11.80	1,618	39
	10	27,442	30,790	12.20	671	36
(3,2,7,2)	1	19,081	20,455	7.20	98	26
	2	20,220	22,566	11.60	264	42
	3	17,917	20,175	12.60	154	27
	4	22,500	24,615	9.40	143	33
	5	23,532	26,215	11.40	146	50
	6	22,499	24,119	7.20	19	25
	7	21,153	22,930	8.40	25	48
	8	21,386	22,797	6.60	402	40
	9	25,306	28,697	13.40	108	24
	10	31,515	34,919	10.80	174	23

ตารางที่ ก.1 ผลการทดสอบด้วยวิธีรูปแบบทางคณิตศาสตร์และวิธีฮิวริสติก (ต่อ)

ขนาดปัญหา (N,P,S,W)	ปัญหา	ต้นทุนรวมจากการจัดตารางการผลิต (บาท)		%Error	เวลาประมวลผล (วินาที)	
		Math	Heuristic		Math	Heuristic
(3,2,7,3)	1	30,814	34,542	12.10	1,353	35
	2	28,225	33,596	19.03	7,168	46
	3	27,202	29,705	9.20	8,114	42
	4	29,652	33,744	13.80	387	22
	5	30,589	34,871	14.00	6,564	22
	6	28,775	32,027	11.30	5,963	46
	7	29,636	32,185	8.60	281	37
	8	31,066	34,328	10.50	7,825	43
	9	-	33,312	-	**	42
	10	32,646	36,988	13.30	8,481	39
(4,2,5,2)	1	-	21,807	-	**	51
	2	12,391	13,654	10.19	1,680	43
	3	23,900	26,720	11.80	5,342	19
	4	15,144	16,401	8.30	2,915	46
	5	22,114	24,812	12.20	102	24
	6	21,533	24,095	11.90	183	48
	7	18,719	20,217	8.00	717	50
	8	23,455	24,651	5.10	78	53
	9	20,720	23,600	13.90	25	41
	10	14,026	15,961	13.80	649	24
(3,3,5,2)	1	19,403	21,343	10.00	108	29
	2	22,537	24,092	6.90	30	28
	3	20,334	21,330	4.90	190	28
	4	23,389	25,354	8.40	36	69
	5	19,501	21,041	7.90	2,300	31
	6	21,376	24,342	13.88	949	33
	7	22,291	22,960	3.00	61	44
	8	19,213	19,213	0.00	94	34
	9	22,857	23,816	4.20	99	36
	10	23,062	25,046	8.60	11	32
(3,3,5,3)	1	32,996	34,184	3.60	111	71
	2	32,063	34,499	7.60	3,094	49
	3	-	25,159	-	**	64
	4	-	30,317	-	**	68
	5	30,994	32,792	5.80	8,582	64
	6	33,818	35,813	5.90	8,952	37
	7	29,513	30,575	3.60	9,945	65
	8	-	33,447	-	**	54
	9	36,618	39,145	6.90	10,554	28
	10	32,887	34,236	4.10	41	30

หมายเหตุ ** แทนการใช้เวลาในการประมวลผลเกิน 3 ชั่วโมง

ตารางที่ ก.1 ผลการทดสอบด้วยวิธีรูปแบบทางคณิตศาสตร์และวิธีฮิวริสติก (ต่อ)

ขนาดปัญหา (N,P,S,W)	ปัญหา	ต้นทุนรวมจากการจัดตารางการผลิต (บาท)		%Error	เวลาประมวลผล (วินาที)	
		Math	Heuristic		Math	Heuristic
(4,3,5,2)	1	20,481	22,406	9.40	740	27
	2	21,162	23,532	11.20	30	52
	3	21,135	23,565	11.50	1,852	32
	4	20,892	23,524	12.60	894	31
	5	20,414	21,680	6.20	239	70
	6	20,748	23,943	15.40	237	33
	7	22,256	24,504	10.10	436	46
	8	21,395	23,490	9.79	512	26
	9	21,476	24,065	12.06	417	54
	10	21,226	23,051	8.60	282	54
(4,3,7,2)	1	30,286	33,588	10.90	5,422	25
	2	32,149	35,230	9.58	1,190	65
	3	32,886	34,728	5.60	125	26
	4	33,345	36,713	10.10	4,972	29
	5	33,032	35,641	7.90	9,030	70
	6	31,237	34,298	9.80	2,371	50
	7	27,667	30,129	8.90	1,230	52
	8	29,065	31,410	8.07	10,151	30
	9	27,885	30,506	9.40	639	34
	10	31,817	35,380	11.20	246	31
(5,3,5,2)	1	-	20,160	-	**	28
	2	15,433	16,699	8.20	7,224	33
	3	18,393	19,513	6.09	4,883	36
	4	-	22,730	-	**	59
	5	-	22,289	-	**	33
	6	-	21,113	-	**	29
	7	19,494	22,496	15.40	10,580	36
	8	-	21,783	-	**	62
	9	-	21,116	-	**	38
	10	-	19,880	-	**	59
(14,6,18,3)	1	-	316,663	-	-	251
	2	-	325,934	-	-	240
	3	-	412,020	-	-	363
	4	-	211,626	-	-	244
	5	-	245,811	-	-	371
	6	-	309,351	-	-	366
	7	-	282,239	-	-	346
	8	-	355,440	-	-	348
	9	-	418,138	-	-	373
	10	-	381,213	-	-	244

หมายเหตุ ** แทนการใช้เวลาในการประมวลผลเกิน 3 ชั่วโมง

ภาคผนวก ข
การทดสอบสมมติฐานทางสถิติ

การทดสอบสมมติฐานทางสถิติ

1. การเปรียบเทียบผลเฉลยของวิธีรูปแบบทางคณิตศาสตร์และวิธีฮิวริสติก

เพื่อศึกษาความแตกต่างของวิธีที่พัฒนาขึ้น หรือเปรียบเทียบความแตกต่างผลเฉลยระหว่างรูปแบบทางคณิตศาสตร์และวิธีฮิวริสติก โดยใช้หลักการวิเคราะห์ ใช้ t-test Pair (หรือ t-test dependent)

$$t = \frac{\bar{d} - \mu_d}{sd / \sqrt{n}}$$

1.1 สมมติฐานการเปรียบเทียบความแตกต่างผลเฉลยระหว่างรูปแบบทางคณิตศาสตร์และวิธีฮิวริสติก

$$H_0 : \mu_D = 0$$

$$H_1 : \mu_D \neq 0$$

1.2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS 15.0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Math	30812.66	128	13393.42490	1183.823
	Heuristic	33375.33	128	14227.49550	1257.545

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Math & Heuristic	128	.998	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Math - Heuristic	-2562.66	1236.91434	109.32881	-2779.01	-2346.32	-23.440	127	.000

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS 15.0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า $2 \times Sig. \leq 0.05$ และค่า t เป็นลบ แสดงให้เห็นว่าวิธีฮิวริสติกให้ค่าเฉลี่ยของผลเฉลยที่แตกต่างกับวิธีรูปแบบทางคณิตศาสตร์ โดยค่าเฉลี่ยของผลเฉลยของรูปแบบทางคณิตศาสตร์มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

2. การเปรียบเทียบเวลาประมวลผลของวิธีรูปแบบทางคณิตศาสตร์และวิธีฮิวริสติก

เพื่อศึกษาความแตกต่างของวิธีที่พัฒนาขึ้น หรือเปรียบเทียบความแตกต่างเวลาประมวลผลระหว่างรูปแบบทางคณิตศาสตร์และวิธีฮิวริสติก โดยใช้หลักการวิเคราะห์ ใช้ t-test Pair (หรือ t-test dependent)

$$t = \frac{\bar{d} - \mu_d}{sd / \sqrt{n}}$$

2.1 สมมติฐานการเปรียบเทียบความแตกต่างเวลาประมวลผลระหว่างรูปแบบทางคณิตศาสตร์และวิธีฮิวริสติก

$$H_0 : \mu_D = 0$$

$$H_1 : \mu_D \neq 0$$

2.2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS 15.0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Math	1888.6250	128	3030.27204	267.84074
	Heuristic	39.7969	128	13.51427	1.19450

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Math & Heuristic	128	.107	.228

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Math - Heuristic	1848.828	3028.85240	267.71526	1319.068	2378.588	6.906	127	.000

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS 15.0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า $2 \times Sig. \leq 0.05$ และค่า t เป็นบวก แสดงให้เห็นว่าวิธีฮิวริสติกให้ค่าเฉลี่ยของเวลาประมวลผลที่แตกต่างกันกับวิธีรูปแบบทางคณิตศาสตร์ โดยค่าเฉลี่ยของเวลาประมวลผลของรูปแบบทางคณิตศาสตร์มีค่ามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

ประวัติผู้เขียน

นายพร ชตะวดี เกิดวันที่ 26 สิงหาคม พ.ศ. 2527 สำเร็จการการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปีการศึกษา พ.ศ. 2549 หลังจากนั้นเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปีการศึกษา พ.ศ. 2550 งานวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภชัย ปทุมนากุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์



