نشـــریه بین المللـــی مهنـدسی صنـایع و مدیـــریت تولیـد پاییـــز ۱۳۸۹- صفحـه ۲۲-۱۴

شمـــاره ۳، جلـــد ۲۱، پاییـــز ۱۳۸۹

نشـــریه بین المللـــی مهنـــدسی صنایـــع و مدیـــریت تولیـــد

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید دانشگاه علم و صنعت ایران

ISSN: 2008-4870

مروری بر مقالات و تحقیقات در زمینه زمان‌بندی کارگاه گردش کاری چندهدفه

ساسان تقدسی و فرید خوش الحان

کلمات کلیدی

زمان‌بندی،
کارگاه گردش کاری،
بهینه سازی چندهدفه،
مرور ادبیات

چکیده:

در این مقاله مرور کاملی در زمینه تحقیقات انجام شده در باره زمان‌بندی کارگاه گردش کاری چندهدفه ارائه شده است . مقالات مرتبط با این مسأله از سال ۱۹۸۶تا سال ۲۰۱۰ میلادی مورد مطالعه قرار گرفته و سپس گزارش تحلیلی ارائه شده است. مقالات بر اساس انواع توابع هدف، فرضیات ساختاری مربوط به کارگاه‌ها و نوع روش‌های حل طبقه‌بندی شده اند. این مقاله می‌تواند به عنوان مرجعی مناسب برای پژوهشگران در حوزه زمان‌بندی، به ویژه مسائل زمانبندی کارگاه گردش کاری به حساب آید.

۱. مقدمه

در مقایسه با مسائل زمان‌بندی تک معیاره، تحقیقات انجام شده در زمینه مسائل زمان‌بندی کارگاه گردش کاری چنددفعه بسیار کمتر است. این امر در زمینه زمان‌بندی کارگاه گردش کاری محسوس‌تر است. روش‌های پیشنهادی جهت حل مسائل زمان‌بندی کارگاه گردش کاری چندمعیاره عمدتاً بر اساس روش‌های بهینه سازی تکاملی و همچنین روش‌های جستجوی محلی، مانند روش های شبیه سازی تبریدی و جستجوی ممنوع می باشند [۱].

هدف از این مقاله، مرور مقایسه‌ای و تحلیلی در حوزه مسائل زمان بندی کارگاه گردش کاری چند هدفه است که رویکرد اصلی در آن شناسایی زمینه‌های مختف تحقیقاتی در این حوزه می‌باشد.

۲. توابع هدف در مدل‌های زمان بندی

جهت ارزیابی برنامه زمان‌بندی می توان از یک یا چند معیار استفاده کرد، که این معیارها به دو دسته کلی زیر تقسیم بندی می شوند:

۱- معیار کمینه‌سازی بیشترین مقدار[۲]: این معیار سعی دارد بیشترین مقدار از یک مجموعه توابع را کمینه نماید.

۲- معیار کمینه‌سازی جمع مقادیر[۳]: این معیار به منظور کمینه کردن جمع مجموعه‌ای از توابع عمل می نماید.

در ادامه به معرفی هر یک از این معیارها می‌پردازیم.

۲-۱ معیار کمینه سازی بیشترین مقدار

در این بخش، آن دسته از معیارهای *minimax* معرفی می‌شوند که در گزارشات و منابع معتبر مورد توجه و بررسی قرار گرفته اند. مرسوم‌ترین و مهمترین این معیارها، معیاری است که زمان تکمیل همه کارها را اندازه‌گیری می‌کند. این معیار با نماد $C_{\max}$ نمایش داده شده و به آن زمان ساخت[۴]، می‌گویند. انواع توابع هدف مرتبط با این معیارها، عبارتند از:

- C_{max}: زمان ساخت ($C_{\max} = \max_{j=1,\cdots,n}\{C_j\}$: C_j زمان تکمیل کار jام)
- (n : تعداد کل کارها)

تاریخ وصول: ۸۸/۱۲/۵

تاریخ تصویب: ۸۹/۳/۲۶

ساسان تقدسی، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، sasan_taghadosi@yahoo.com

دکتر فرید خوش الحان، استادیار، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، نویسنده مورد مکاتبه، khoshalhan@kntu.ac.ir

[2] *minimax*
[3] *minisum*
[4] *makespan*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-07-17]

- F_{max}: بیشترین زمان سپری شده در کارگاه $\{F_j\}$ $F_{\max} = \max_{j=1,\cdots,n}$ (F_j : مدت زمان در جریان سیستم بودن کار j ام)
- I_{max}: بیشترین زمان بیکاری ماشین‌ها در کارگاه $\{I_i\}$ $I_{\max} = \max_{i=1,\cdots,m}$ (I_i : جمع زمانهای بیکاری برای ماشین i ام) (m : تعداد کل ماشین‌ها)
- L_{max} : بیشترین تاخیر $\{L_j\}$ $L_{\max} = \max_{j=1,\cdots,n}$ (L_j : مدت زمان تأخیر کار j ام)
- T_{max} : بیشترین دیرکرد $\{T_j\}$ $T_{\max} = \max_{j=1,\cdots,n}$ (T_j: مدت زمان دیرکرد کار j ام)
- E_{max} : بیشترین زودکرد $\{E_j\}$ $E_{\max} = \max_{j=1,\cdots,n}$ (E_j : مدت زمان زودکرد کار j ام)

۲-۲. معیار کمینه سازی جمع مقادیر

معیارهای از نوع *minisum* ، به دنبال کمینه کردن مجموع یک سری توابع هستند که در زیر متداول ترین آنها معرفی می‌شوند.

- $\overline{C}$ (C_{total}): میانگین زمان تکمیل کارها (کل زمان تکمیل کارها) $\overline{C} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} C_j = \frac{1}{n} C_{total}$
- $\overline{C}_W$: میانگین وزنی زمان تکمیل کارها $\overline{C}_W = \frac{1}{\sum_{j=1}^{n} W_j} \sum_{j=1}^{n} W_j C_j$
- (W_j : میزان اهمیت کار j ام از دید تصمیم گیرنده با توجه به معیار مربوطه)
- $\overline{F}$ (F_{total}) : میانگین مدت زمان در جریان ساخت (کل زمان در جریان ساخت) $\overline{F} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} F_j = \frac{1}{n} F_{total}$
- $\overline{T}$ (T_{total}) : میانگین زمان دیرکرد(کل زمان دیرکرد کارها) $\overline{T} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} T_j = \frac{1}{n} T_{total}$
- $\overline{T}_W$: میانگین وزنی دیرکردها $\overline{T}_W = \frac{1}{\sum_{j=1}^{n} W_j} \sum_{j=1}^{n} W_j T_j$
- N_t : تعداد کارهای دارای دیرکرد $N_t = \sum_{j=1}^{n} U_j$

$$U_j = \begin{cases} 0 & if \quad T_j > 0 \\ 1 & if \quad T_j \le 0 \end{cases}$$

- $Idle$: کل زمان بیکاری ماشین‌ها $idle = \sum_{i=1}^{m} I_i$
- $\overline{E}$ (E_{total}) : میانگین زودکردها (کل زمان زودکرد) $\overline{E} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} E_j = \frac{1}{n} E_{total}$

۳. رویکردهای چندهدفه در مسائل زمان بندی

با تأکید بر مسائل چندهدفه در حوزه زمان‌بندی، رویکردهای مختلفی جهت برخورد با توابع هدف وجود دارد که در ادامه تشریح می‌شوند.

- Z : از این علامت وقتی استفاده می شود، که در مسأله تنها یک معیار مورد توجه و ارزیابی قرار گیرد.
- $F_1 (Z_1, \ldots, Z_k)$: از این علامت وقتی استفاده می‌شود که؛ همه K معیار موجود در مسأله در قالب یک معیار کلی که از ترکیب خطی محدب سایر معیارها، به وجود آمده است، مورد توجه و ارزیابی قرار گیرند.
- $\mathcal{E} (Z_u / Z_1, \ldots, Z_{u-1}, Z_{u+1}, \ldots, Z_k)$: این علامت نشان دهنده رویکرد مربوط به روش‌های محدودیت $\mathcal{E}$ [1]می باشد که هدف از آن، کمینه کردن Z است، البته به شرطی که سایر توابع هدف با گرفتن یک مقدار مشخص، در حد بالا قرار داشته باشند.
- $P (Z_1, \ldots, Z_k)$: نشان دهنده یک تابع غیرنزولی از K تابع هدف موجود در مسأله است که باید کمینه شود.
- $F_T (Z_1, \ldots, Z_k)$: نشان دهنده‌ی یک تابع هدفی است که بیانگر فاصله‌ی حل، از حل ایده‌آل می باشد. این فاصله، با استفاده از معیار چبیشف[2] محاسبه می شود. حل ایده‌آل معمولاً با توجه به شرایط و محدودیت های مسأله قابل دستیابی نیست.
- $F_{Tp} (Z_1, \ldots, Z_k)$: نشان دهنده تابع هدفی است که بیانگر فاصله حل، از یک حل ایده آل مشخص می‌باشد. و تفاوت آن با معیار F_T، آن است که در این حالت، فاصله با استفاده از معیار چبیشف وزنی[3] محاسبه می‌شود. باید توجه داشت که در این روش هم، حل ایده‌آل قابل دستیابی نیست.
- $F_{Tpa} (Z_1, \ldots, Z_k)$: نشان دهنده تابع هدفی است که بیانگر فاصله حل، از یک حل ایده آل مشخص است. در این حالت، فاصله با استفاده از معیار چبیشف وزنی الحاقی محاسبه می‌شود. باید توجه داشت که در این روش هم، حل ایده آل قابل دستیابی نیست.
- $F_S (Z_1, \ldots, Z_k)$: نشان دهنده تابع هدف خاصی است که از یک حل ایده آل مشخص برای پیدا کردن حل مورد جستجو استفاده می کند. این روش در فضای رویکرد دستیابی به هدف جهت حل مسائل چندهدفه قرار دارد.
- $GP (Z_1, \ldots, Z_k)$: وقتی که برای هر یک از توابع هدف، یک مقدار آرمانی وجود داشته باشد می توان مسائل را با روش برنامه ریزی آرمانی حل نمود. در چنین حالتی از این نماد، استفاده

[1] *E-constraint method*
[2] *Tchebycheff*
[3] *Weighted Tchebycheff*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-07-17]

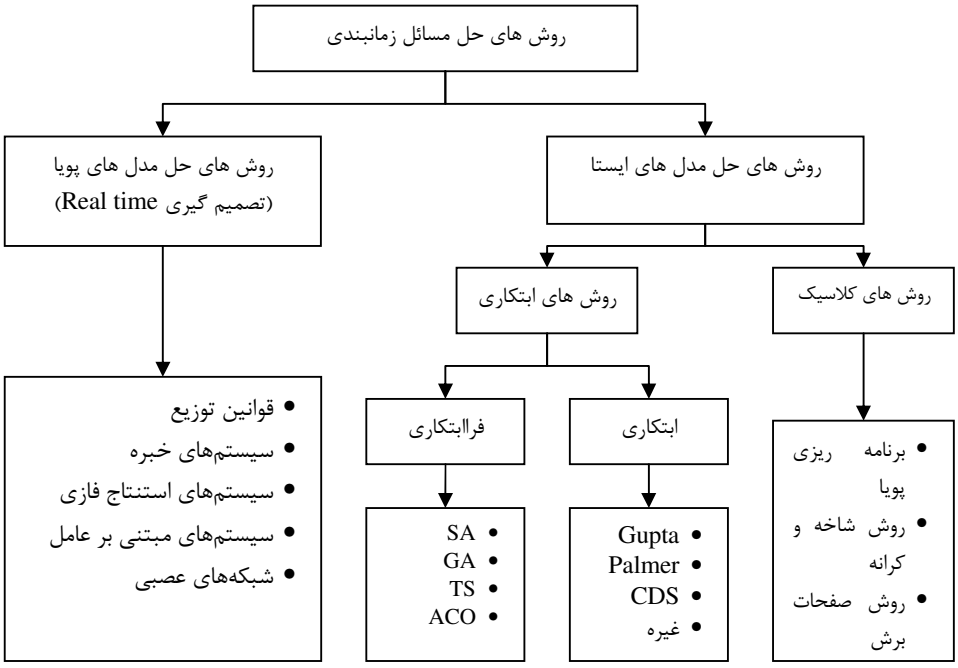
می‌شود. این روش به دنبال بهینه کردن معیارها نیست، بلکه به دنبال حل‌هایی است که بتوانند مقادیر آرمانی به کار رفته در مسأله را ارضا نمایند. با این فرض، جواب‌ها می توانند متعلق به مجموعه پارتو هم نباشند.

• *Lex* $(Z_1,\ldots, Z_k)$: این عبارت نشان‌دهنده رویکرد لکسیکوگرافیکی می‌باشد که در آن هیچ تعادلی بین معیارها از نظر تصمیم گیرنده وجود ندارد و هر کدام از معیارها، از درجه اهمیت خاصی نزد تصمیم‌گیرنده، برخوردارند. در این حالت، مهمترین معیار از نظر تصمیم‌گیرنده در رتبه اول قرار می گیرد و مسأله به منظور بهینه کردن آن حل می‌شود. در مرحله بعد به سراغ دومین معیار مهم از نظر تصمیم‌گیرنده رفته و دوباره مسأله به منظور بهینه کردن معیار دوم و با شرط بهینگی بدست آمده جهت معیار اول در مرحله قبل حل می شود و به همین ترتیب به صورت مرحله به مرحله به سراغ دیگر معیارها می رود. این کار تا زمانی که همه معیارها مورد بررسی قرار بگیرند، ادامه می‌یابد.

• # $(Z_1,\ldots, Z_k)$ نشان‌دهنده‌ی وقتی است که روش حل مسأله به دنبال پیدا کردن همه جواب‌های بهینه پارتو است و در این مسیر از هیچ یک از روش های یکپارچه سازی و یا ترکیب توابع هدف استفاده نمی کند [۱]. روش‌های F_l، *Lex*، *GP* و # از کاربرد بسیار بیشتری نسبت به سایر روش‌ها، در مقالات و نوشتارهای مربوط به زمان‌بندی چندهدفه، برخوردارند.

۴. انواع روش‌های حل مسائل زمان‌بندی

برای هر مسأله زمان‌بندی، بسته به ساختار مسأله، نوع محدودیت‌ها، توابع هدف و دیگر مفروضات مسأله روش‌های مختلفی برای حل آن وجود دارد. برخی از این روش‌ها ساده و برخی دیگر ممکن است بسیار پیچیده باشند. در شکل۱ می‌توان طبقه بندی روش‌های حل مسائل زمان‌بندی بر مبنای موارد مطرح شده در ادبیات موضوع و مراجع را مشاهده کرد.



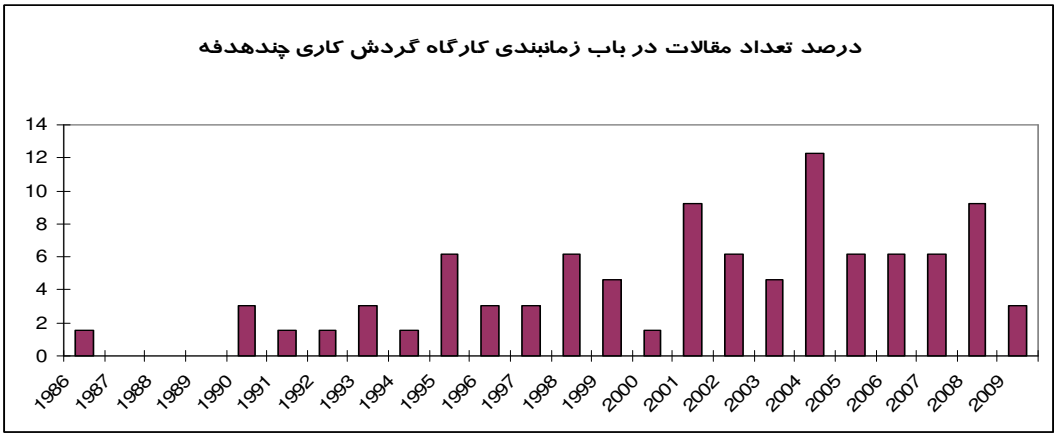
شکل۱. طبقه بندی کلی روش‌های حل مسائل زمان‌بندی

۵. طبقه‌بندی تحقیقات مرتبط با مسائل زمان‌بندی کارگاه گردش کاری چندهدفه

علی رغم اهمیت مسائل زمان‌بندی کارگاه گردش کاری و رویکردهای چندهدفه در تصمیم‌گیری‌های مربوطه، تعداد مقالات متناظر در این زمینه، به نسبت کل مقالات در حوزه زمان‌بندی از تعداد کمتری برخوردار است. این امر بیانگر پیچیدگی ساختار این نوع مسائل و متقابلاً پیچیدگی روش‌های حل آنها است. همانطور که در شکل۲ مشاهده می‌شود، تعداد مقالات و تحقیقات انجام شده در حوزه زمان‌بندی کارگاه گردش کاری چندهدفه، در طول زمان دارای سیر صعودی بوده و در سال‌های اخیر با توجه به کاربردی‌تر و عملیاتی‌تر شدن مسائل چندهدفه، تعداد مقالات مربوطه افزایش یافته است.

در ادامه به منظور، ارائه منظم تر و کاربردی‌تر این بخش، کلیه مقالات بررسی شده را به ترتیب سال ارائه مرتب کرده و جزئیات مربوط به آنها را در قالب جدول۱ تشریح می‌کنیم.

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-07-17]



شکل۲. روند ارائه مقالات مربوط به مسائل زمان‌بندی کارگاه گردش کاری چندهدفه از سال ۱۹۸۶ تا۲۰۰۹

جدول۱. تحقیقات انجام شده در زمینه زمان‌بندی کارگاه گردش کاری چندهدفه به ترتیب سال

شماره مرجع	فرضیات و محدودیتها								ساختار مسأله	روش حل	توابع هدف									
	نوع ترکیب توابع					تعداد ماشین														
	#	lex	GP	F_l	□	other	2	m			C_{max}	F	T_{max}	N_t	T	ITM	C_W	T_W	E	E_{max}	many
[2]			✓					✓	P	MIP+GP	✓	✓									
[3]			✓					✓	p	MIP+GP	✓	✓									
[4]	✓						✓		p	B&B:EDC1	✓		✓								
[5]					✓			✓	p	Heuristics: HDC4	✓		✓								
[6]						✓		✓	p	Heuristic: CDS	✓	✓									
[7]		✓					✓		p	B&B: HCR1,2	✓	✓									
[8]						✓		✓	p	SA &HGR1	✓	✓									
[9]						✓		✓	p	Heuristics	✓	✓									
[10]				✓			✓		p	B&B: HNHH1	✓	✓									
[11]				✓			✓		p	GA+B&B	✓	✓									
[12]		✓					✓		p	GA	✓	✓									
[13]	✓							✓	p	GA	✓ ✓	✓ ✓			✓						
[14]				✓				✓	p	Heuristics: HDC4	✓	✓				✓					
[15]	✓						✓		p	B&B: ELJ1	✓			✓							
[16]	✓						✓		p	B&B: ELJ2	✓				✓						
[17]				✓			✓		p	B&B :ESU1,2,3,HSU1	✓	✓									
[18]	✓							✓	p	GA + Local search	✓ ✓	✓			✓ ✓						
[19]				✓				✓	p	GA	✓				✓						
[20]				✓			✓		p	B&B	✓	✓									
[21]	✓						✓		p	B&B ESK1,2	✓	✓									
[22]				✓				✓	p	IP + Heuristics	✓		✓								
[23]		✓					✓		p	TS	✓	✓									

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-07-17]

ادامه جدول۱. تحقیقات انجام شده در زمینه زمان‌بندی کارگاه گردش کاری چندهدفه به ترتیب سال

شماره مرجع	فرضیات و محدودیتها: نوع ترکیب توابع					تعداد ماشین		مبنا	روش حل	توابع هدف: C_{max}	F	T_{max}	N_t	T	M	IT	C_W	T_W	E	E_{max}	many
[24]	✓						✓	p	TS												✓
[25]		✓				✓		p	Exact & Heuristics	✓	✓										
[26]			✓				✓	p	Evolutionary strategies	✓	✓										
[27]	✓						✓	p	GA	✓	✓										
[28]	✓					✓		p	B&B		✓			✓							
[29]	✓						✓	p	GA	✓				✓							
[30]			✓			✓		p	B&B	✓	✓										
[31]		✓				✓		p	ACO	✓	✓										
[32]			✓				✓	p	TS,SA	✓	✓										
[33]			✓				✓	p	Gradual Priority Weighting (GPW)	✓				✓							
[34]			✓				✓	p	Heuristics	✓ ✓	✓ ✓			✓							
[35]		✓				✓		p	MIP,DP, B&B:HTGB	✓	✓										
[36]			✓				✓	p	Heuristics	✓	✓										
[37]	✓						✓	p	GA & Local search	✓				✓							
[38]			✓				✓	p	IP + Heuristics	✓ ✓	✓	✓		✓							
[39]	✓						✓	p	TS	✓		✓									
[40]			✓	✓	□$(F_1(C_{max},T_{max}/T_{max}))$		✓	p	Heuristic	✓		✓									
[41]	✓						✓	p	TS	✓		✓									
[42]	✓						✓	p	Heuristics	✓	✓	✓									
[43]	✓						✓	p	SA	✓	✓										
[44]			✓				✓	p	GA	✓	✓										
[45]	✓					✓		p	B&B+ Heuristic	✓										✓	
[46]	✓						✓	p	SA	✓	✓										
[47]	✓						✓	p	GA	✓		✓									
[48]	✓								SA												✓
[49]					✓		✓	p	Heuristics	✓	✓										
[50]			✓			✓		p +setup time	TS+IP+ Heuristic	✓				✓							
[51]				✓			✓	p	Heuristics	✓		✓									
[52]			✓			✓		p	B&B	✓	✓										

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-07-17]

ادامه جدول۱. تحقیقات انجام شده در زمینه زمان‌بندی کارگاه گردش کاری چندهدفه به ترتیب سال

شماره مرجع	فرضیات و محدودیتها: نوع ترکیب توابع	فرضیات و محدودیتها: تعداد ماشین	فرضیات و محدودیتها: نوع مسأله	روش حل	توابع هدف: C_{ma}	توابع هدف: F_x	توابع هدف: T_{ma}	توابع هدف: N_t	توابع هدف: TTM	توابع هدف: T	توابع هدف: C_W	توابع هدف: T_W	توابع هدف: E_x	توابع هدف: E_{ma}^{my}	توابع هدف: ma
[53]	✓	✓	p	Parallel GA	✓					✓					
[54]	✓	✓	p	B&B	✓					✓					
[55]	✓	✓	p	Local Search											✓
[56]	✓	✓	p	Particle Swarm Optimization (PSO)	✓	✓									
[57]	✓	✓	p	PSO							✓	✓			
[58]	✓	✓	p *No-wait*	Hybrid Multi Objective Immune Algorithm (HMOIA)							✓	✓			
[59]		✓	p	ACO+ Heuristics	✓	✓			✓						
[60]	✓	✓	p	IP+TS Heuristics	✓	✓									
[61]	✓	✓	p	GA	✓		✓								
[62]	✓	✓	p	Hybrid Multi Objective Shuffled Frog-Leaping algorithm								✓	✓		
[63]	✓	✓	p	Heuristic						✓			✓		
[64]	✓	✓	p *with limited buffers*	Hybrid Differential Evolution based Algorithm	✓		✓								
[65]	✓	✓	p	Genetic Algorithm	✓		✓								
[66]	✓	✓	p	Multi Objective Cultural Algorithm	✓ ✓ ✓		✓	✓		✓					

□ $F(C_{max}, T_{max}/T_{max})$

GP: Goal Programming
GA: Genetic Algorithm
B&B: Branch and Bound
TS: Tabu Search
SA: Simulated Annealing
MIP: Mixed Integer Programming
IP: Integer Programming
DP: Dynamic Programming
p : Permutation
ACO: Ant Colony Optimization

با توجه به جدول۱، مشاهده می‌شود که بیشتر مقالات از رویکرد استخراج مجموعه جواب بهینه پارتو (#) استفاده کرده اند. یکی دیگر از نکات مهمی که در جدول۱ مشهود است، آن است که بیشتر محققان، تابع هدف زمان ساخت (C_{max}) را به عنوان یکی از توابع هدف اصلی، مورد توجه قرار داده اند، که این امر نشان دهنده اهمیت این معیار است. از دیگر نکات قابل توجه، استفاده از رویکردهای فراابتکاری، مخصوصاً روش‌های تکاملی جهت حل مسأله زمان‌بندی کارگاه گردش کاری چندهدفه است که پیچیدگی مسأله مذکور و کارآیی این روش‌ها را جهت حل مسأله برجسته می کند.

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-07-17]

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهاد برای تحقیقات آتی

در این مقاله، مروری بر اکثر تحقیقات انجام شده در حوزه کارگاه گردش کاری چندهدفه ارائه شد .در این راستا، تعاریفی به صورت ریاضی و نیز توصیفی، برای اجزاء اصلی این مسائل و انواع حل های قابل حصول، تشریح گردید. طبق بندی تشریحی مقالات مربوط به مسائل زمانبندی کارگاه گردش کاری چندهدفه بر مبنای پنج عامل رویکرد در نظر گیری توابع هدف، تعداد ماشین‌ها، ساختار کارگاه، نوع روش حل و نوع توابع هدفه ارائه شد. این تشریح می‌تواند برای شناسایی زمینه‌های تحقیقاتی بالقوه، مفید فایده واقع شود.

مطالعه روی دیگر مسائل زمان‌بندی مانند زمان‌بندی مسائل کار کارگاهی، کارگاه باز و مسائل ترکیبی می‌تواند زمینه‌ای برای تحقیقات آتی به شمار آید .

مراجع

[1] T'kindt, V., Billaut, J.C., *Multicriteria scheduling: Theory*, Models and Algorithms , Springer Inc, 2006.

[2] Selen, W.J., Hott, D.D., *A Mixed-Integer Goal-Programming Formulation of the Sandard Flowshop Scheduling Problem*. Journal of the Operational Research Society 37, 1986 , pp. 1121–1128.

[3] Wilson., *Alternative Formulations of a Flowshop Scheduling Problem*. Journal of the Operational Research Society 40, 1989, pp. 395–399.

[4] Daniels, R.L., Chambers, R.J., *Multi-Objective Flow Shop Scheduling*. Naval Res. Logist. Quart. 37, 1990, pp. 981–995.

[5] Daniels, R.L., Chambers, R.J., *Multi-Objective Flow Shop Scheduling*. Naval Res. Logist. Quart. 37, 1990, pp. 981–995.

[6] Ho, J.C., Chang, Y.L., *A New Heuristic for the n-Job, Machine Flow-Shop Problem.* Eur. J. Oper. Res., 52, 1991, pp. 194–202.

[7] Rajendran, C., *Two-Stage Flowshop Scheduling Problem with Bicriteria*. Journal of the Operational Research Society 43, 1992, pp. 871–884.

[8] Gangadharan, R., Rajendran, C., *A Smulated Annealing Heuristic for Scheduling in a Flowshop with Bicriteria*. Computers & Industrial Engineering 27, 1994, pp. 473–476.

[9] Rajendran, C., *A Heuristic for Scheduling in Flowshop and Flowline-Based Manufacturing Cell with Multicriteria.* International Journal of Production Research 32, 1994, pp. 2541–2558.

[10] Nagar, A., Heragu, S.S., Haddock, J., *A Branch-and-Bound Approach for a Two-Machine Flowshop Scheduling Problem*. Journal of the Operational Research Society 46, 1995a, pp.721–734.

[11] Nagar, A., Heragu, S.S., Haddock, J., *A Combined Branch-and-Bound and Genetic Algorithm Based Approach for a Flowshop Scheduling Problem*. Annals of Operations Research 63, 1996 , pp. 397–414.

[12] Neppalli, V.R., Chen, C.L. and Gupta, J.N.D., *Genetic Algorithms for the Two-Stage Bicriteria Flowshop Problem*. Eur. J. Oper. Res., 95, 1996, pp. 356–373.

[13] Murata, T., Ishibuchi, H. and Tanaka, H., *Multi-Objective Genetic Algorithm and its Applications to Flowshop-Scheduling*. Comput. Ind. Eng. 30, 1996, pp. 957–968.

[14] Sridhar, J., Rajendran, C., *Scheduling in Flowshop and Cellular Manufacturing Systems with Multiple Objectives: A Genetic Algorithmic Approach*. Production Planning & Control 7, 1996, pp. 374–382.

[15] Liao, C.J., Yu, W.C., Joe, C.B., *Bicriterion Scheduling in the Two-Machine Flowshop*. Journal of the Operational Research Society 48, 1997 , pp. 929–935.

[16] Liao, C.J., Yu, W.C., Joe. C.B., *Bicriterion Scheduling in the Two-Machine Flowshop*. Journal of the Operational Research Society 48, 1997, pp. 929–935.

[17] Sivrikaya-Serifoğlu, F., G. Ulusoy. 1998. A bicriteria two-machine permutation flowshop problem. European Journal of Operational Research 107, pp. 414–430.

[18] Ishibuchi, H., Murata, H., *A Multi-Objective Genetic Local Search Algorithm and its Applications to Flowshop-Scheduling.* IEEE Trans. Sys. Man Cybern., 28, 1998, pp. 392–403.

[19] Cavalieri, S., Gaiardelli, P., *Hybrid Genetic Algorithms for a Multiple-Objective Scheduling Problem*. Journal of Intelligent Manufacturing 9, 1998, pp. 361–367.

[20] Lee, C.E., Chou, F.D., *A two-machine flowshop scheduling heuristic with bicriteria objective*. International Journal of Industrial Engineering 5, 1998, pp. 128–139.

[21] Sayın, S., Karabati, S., *A Bicriteria Approach to the Two-Machine Flow Shop Scheduling Problem.* European Journal of Operational Research 113, 1999, pp. 435–449.

[22] Chakravarthy, K., Rajendran, V., *A Heuristic for Scheduling in a Flowshop with the Bicriteria of Makespan and Maximum Tardiness Minimization*. Production Planning and Control 10,1999, pp. 707–714.

[23] Gupta, J.N.D., Palanimuthu, N., Chen, C.L., *Designing a Tabu Search Algorithm for the Two-Stage Flow Shop Problem with Secondary Criterion*. Production Planning & Control 10, 1999 , 1999, pp. 251–265.

[24] Loukil, T., Teghem, J., Fortemps, P., *Solving Multi-Objective Production Scheduling Problems* with tabu search. Control and Cybernetics 29, 2000, pp. 819–828.

[25] Gupta, J.N.D., Neppalli, V.R., Werner, F., *Minimizing Total Flow Time in a Two-Machine Flowshop Problem with Minimum Makespan.* International Journal of Production Economics 69, 2001, pp. 323–338.

[26] Jin, Y., Okabe, T., Sendhoff, B., *Adapting Weighted Aggregation for Multi Objective Evolutionary Strategies*, in Proceedings of the First Conference on

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-07-17]

[38] Allahverdi, A., Aldowaisan, T., *No-Wait Fowshops with Bicriteria of Makespan and Maximum Lateness*. Eur. J. Oper. Res., 152, 2004, pp. 132–147.

[39] Armentano, V.A., Arroyo, J.E.C., *An Application of a Multi-Objective Tabu Search Algorithm to a Bicriteria Flowshop Problem.* Journal of Heuristics 10, 2004, pp. 463–481.

[40] Allahverdi, A., *A New Heuristic for m-Machine Flowshop Scheduling Problem with Bcriteria of Makespan and Maximum Tardiness*. Computers & Operations Research 31 2004 , pp. 157–180.

[41] Arroyo, J.E.C., Armentano, V.A., *A Partial Enumeration Heuristic for Multi-Objective Flowshop Scheduling Problems.* Journal of the Operational Research Society 55, 2004, pp. 1000–1007.

[42] Arroyo, J.E.C., Armentano, V.A., *A Partial Enumeration Heuristic for Multi-Objective Flowshop Scheduling Problems*. Journal of the Operational Research Society 55, 2004, pp. 1000–1007.

[43] Suresh, R.K., Mohanasundaram, K.M., *Pareto Archived Simulated Annealing for Permutation Flow Shop Scheduling with Multiple Objectives.* IEEE Conference on Cybernetics and Intelligent Systems (CIS), Singapore, December 1-3, Proceedings, Vol. 2. 2004, pp. 712–717.

[44] Ponnambalam, S.G., Aravindan, P., Chandrasekaran, S., *Constructive and Improvement Flow Shop Scheduling Heuristics: an Extensive Evaluation*. Prod. Plan. Contr., 12, 2001, pp. 335–344.

[45] Toktas, Berkin, Meral Azizoğlu, Suna Kondakcı Koksalan. *Two-Machine Flow Shop Scheduling with Two Criteria: Maximum Earliness and Makespan*. European Journal of Operational Research 157, 2004, pp. 286–295.

[46] Varadharajan, T.K., Rajendran, C., *A Multi-Objective Simulated-Annealing Algorithm for Scheduling in Flowshops to Minimize the Makespan and total flowtime of Jobs.* European Journal of Operational Research 167, 2005, pp. 772–795.

[47] Arroyo, J.E.C., Armentano, V.A., *Genetic Local Search for Multi-Objective Flowshop Scheduling Problems*. European Journal of Operational Research 167, 2005, pp. 717–738.

[48] Loukil, T., Teghem, J., Tuyttens. D., *Solving Multi-Objective Production Scheduling Problems using Metaheuristics*. European Journal of Operational Research 161, 2005, pp. 42–61.

[49] Ravindran, D., Haq, A.N., Selvakuar, S.J., Sivaraman, R., *Flow Shop Scheduling with Multiple Objective of Minimizing Makespan and Total Flow Time*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 25 , 2005, pp.1007–1012.

[50] Eren, T., Gu□ner, E., *A Bicriteria Flowshop Scheduling Problem with Setup Times*. Applied Mathematics and Computation 183, 2006, pp. 1292–1300.

Evolutionary Multi-Criterion Optimization, 2001, pp. 96–110.

[27] Bagchi, T.P., *Pareto-Optimal Solutions for Multi-Objective Production Scheduling Problems*. E. Zitzler, K. Deb, L. Thiele, Carlos A. Coello Coello, D. Corne, eds., Evolutionary, 2001.

[28] Lee, W.C., Wu, C.C., *Minimizing the Total Flow Time and the Tardiness in a Two-Machine Flow Shop*. International Journal of Systems Science 32, 2001, pp. 365–373.

[29] Murata, T., Ishibuchi, H., Gen, M., *Specification of Genetic Search Directions in Cellular Multi Objective Genetic Algorithms.* E. Zitzler, K. Deb, L. Thiele, Carlos A. Coello Coello Coello C. A., Corne D., eds. 1993, Evolutionary Multi-Criterion Optimization, First International Conference, EMO 2001, Zurich, Switzerland, March 7-9, 2001, Proceedings, Lecture Notes in Computer Science, vol.. Springer, 2001, pp. 82–95.

[30] Yeh, W.C., *An Efficient Branch-and-Bound Algorithm for the Two-Machine Bicriteria Flowshop Scheduling Problem*. Journal of Manufacturing Systems 20, 2001, pp. 113–123.

[31] T'kindt, V., Monmarche, N., Tercinet, F., Laugt, D., *An ant Colony Optimization Algorithm to Solve a 2-Machine Bicriteria Fowshop Scheduling Problem*. European Journal of Operational Research 142, 2002, pp. 250–257.

[32] Gupta, J.N.D., Hennig, K., Werner, F., *Local Search Heuristics for Two-Stage Flow Shop Problems with Secondary Criterion.* Computers & Operations Research 29, 2002, pp. 123–149.

[33] Chang, P.C., Hsieh, J.C., Lin, S.G., *The Development of Gradual-Priority Weighting Approach for the Multi-Objective Flowshop-Scheduling Problem*. Int. J. Prod. Econ., 79, 2002, pp. 171–183.

[34] Framinan, J.M., Leisten, R., Ruiz-Usano, R., *Efficient Heuristics for Flowshop Sequencing with the Objectives of Makespan and Flowtime Minimisation*. European Journal of Operational Research 141, 2002, pp. 559–569.

[35] T'kindt, V., Gupta, J.N.D., Billaut, J.C., *Two-Machine Flowshop Scheduling with a Secondary Criterion*. Computers & Operations Research 30, 2002, pp. 505–526.

[36] Allahverdi, A., *The Two- and M-Machine Flowshop Scheduling Problems with Bicriteria of Makespan and Mean Flowtime.* European Journal of Operational Research 147 2003, pp 373–396.

[37] Ishibuchi, H., Yoshida, T., Murata, T., *Balance Between Genetic Search and Local Search in Memetic Algorithms for Multi Objective Permutation Flowshop Scheduling*. IEEE Transactions on Evolutionary Computation 7, 2003, pp. 204–223.

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-07-17]

[51] Framinan, Jose M., Leisten, R., *A Heuristic for Scheduling a Permutation Flowshop with Makespan Objective Subject to Maximum Tardiness*. International Journal of Production Economics 99, 2006, pp. 28–40.

[52] Lin, B.M.T., Wu, J.M. *Bicriteria Scheduling in a Two-Machine Permutation Flowshop*. International Journal of Production Research 44, 2006, pp. 2299–2312.

[53] Melab, N., Mezmaz, M., Talbi, E.G., *Parallel Cooperative Meta-Heuristics on the Computational Grid. a Case Study: the Bi-Objective Flow-Shop Problem*. Parallel Computing 32, 2006 , pp. 643–659.

[54] Lemesre, J., Dhaenens, C., Talbi, E.G., *An exact Parallel Method for a Bi-Objective Permutation Flowshop Problem.* European Journal of Operational Research 177, 2007, pp. 1641–1655.

[55] Geiger, M.J, *On Operators and Search Space Topology in Multi-Objective Flow Shop Scheduling*. European Journal of Operational Research In press. 2007,

[56] Tasgetiren, M.F., Liang, Y., Sevkli, M., Gencyilmaz, G., *A Particle Swarm Optimization Algorithm for Makespan and Total Flow Time Minimization in the Permutation Flowshop Sequencing Problem*. European Journal of Operational Research 177, 2007, pp. 1930–1947.

[57] Rahimi-Vahed, A.R., Mirghorbani, S.M., *A Multi-Objective Particle Swarm for a Flow Shop Scheduling Problem.* Journal of Combinatorial Optimization 13, 2007, pp. 79–102.

[58] Tavakoli-Moghaddam, R., Rahimi-Vahed, A., Mirzaei, A.H., *A Hybrid Multi-Objective Immune Algorithm for a Flowshop Scheduling Problem with Bi-Objectives: Weighted Mean Completion Time and Weighted Mean Tardiness*. Information Sciences 177, 2008, pp. 5072–5090.

[59] Yagmahan, B., Yenisey, M.M., *Ant Colony Optimization for Multi-Objective Flow Shop Scheduling Problem*. Computers & Industrial Engineering 54, 2008, pp. 411–420.

[60] Eren, T., Gu□ner, E., *A Bicriteria Flowshop Scheduling Problem with a Learning Effect*. Applied Mathematical Modelling 32, 2008, pp. 1719–1733.

[61] Chang, P., Chen, S., Fan, C., Chan, C., *Genetic Algorithm Integrated with Artificial Chromosomes for Multi-Objective Flowshop Scheduling Problems*. Applied Mathematics and Computation 205, 2008, pp. 550–561.

[62] Rahimi-Vahed, A., Dangchi, M., Rafiei, H., Salimi, E., *A Novel Hybrid Multi-Objective Shuffled Frog-Leaping Algorithm for a Bi-Criteria Permutation Flow Shop Scheduling Problem*. Int J Adv Manuf Technol. DOI 10.1007/s00170-008-2008, pp. 1558-6.

[63] Chandra, P., Mehta, P., Tirupati, D., *Permutation Flow Shop Scheduling with Earliness and Tardiness Penalties*. International Journal of Production Research, 2008, pp. 1–20, iFirst.

[64] Qian, B., Wang, L., Huang, D., Wang, W., Wang, X., *An Effective Hybrid DE-based Algorithm for Multi-Objective Flow Shop Scheduling with Limited Buffers*. Computers & Operations Research 36, 2009, pp. 209–233.

[65] Ruiz, R., Allahverdi, A., *Minimizing the Bicriteria of Makespan and Maximum Tardiness with an Upper Bound on Maximum Tardiness*. Computers & Operations Research 36, 2009, pp. 1268 – 1283.

[66] Taghadosi, S., Khosh Alhan, F., *Designing a Meta Heuristic Algorithm Based on Cultural Evolution to Solve Multiple Objective Flow Shop Scheduling Problems*. 3rd International Operation Research conference, Tehran, Iran, May 5-6, 2010.

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-07-17]