فصلنامه علمی – پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی – سال چهاردهم، شماره ۴۲، پاییز ۹۵
صفحات ۱۲۱-۱۰۳

ارائه مدلی برای حل مسئله تخصیص افزونگی قابلیت اطمینان بوسیله یک الگوریتم رقابتی تلفیقی چندهدفه

روزبه عزیزمحمدی *، مقصود امیری **، رضا توکلی مقدم ***، حمیدرضا مشاط زادگان ****

تاریخ دریافت:۹۱/۱۱/۲
تاریخ پذیرش:۹۲/۷/۲

چکیده

تخصیص اجزاء مازاد شامل انتخاب اجزاء و سطوح افزونگی برای بیشینه نمودن قابلیت اطمینان تحت محدودیت‌های مختلف سیستم است. در اکثر طراحی‌ها، به دلیل وجود توابع هدف چندگانه متضاد، محاسبه قابلیت اطمینان دشوار می‌باشد. در مدل ارائه شده در این مقاله سه هدف شامل بیشینه‌سازی قابلیت اطمینان، کمینه‌سازی حجم و کمینه‌سازی هزینه مد نظر قرار می‌گیرد که برای حل آن، یک الگوریتم تلفیقی چندهدفه جدید بر پایه الگوریتم‌های رقابتی و ژنتیک برای اولین بار در حل مسائل بهینه سازی قابلیت اطمینان چند هدفه با استفاده از تخصیص عضو مازاد پیشنهاد می‌شود. علاوه بر این از روش رویه شناسی رویه سطح پاسخ (RSM)[1] برای تنظیم عملگرهای الگوریتم پیشنهادی استفاده می‌شود. الگوریتم پیشنهادی در مقایسه با دو الگوریتم NSGA-II[2] و PAES[3] از کارایی بالاتری برخوردار است.

کلمات کلیدی:
مسئله تخصیص افزونگی، روش شناسی رویه سطح پاسخ، بهینه سازی قابلیت اطمینان چند هدفه، الگوریتم رقابتی ، الگوریتم ژنتیک.

* استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه پیام نور، تهران،(نویسنده مسئول)
** استاد دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران
*** استاد دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه تهران، تهران
**** دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین

1. Response Surface Methodology
2. Non-dominated sorting Genetic Algorithm-II
3. Pareto Archived Evolution Strategy

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

تخصیص افزونگی(RAP) یک مسئله خیلی ضروری در بهینه سازی قابلیت اطمینان می‌باشد که این امر برای طراحی سیستم‌های خیلی پیچیده با تکنولوژی بالا با اجزاء زیاد و نیازمند به یک قابلیت اطمینان دقیق، شبیه سیستم‌های الکترونیکی قدرت، سیستم‌های انتقال، سیستم‌های امنیت، سیستم‌های ارتباط از راه دور، سیستم‌های ماهواره‌ای و غیره بسیار مهم و ضروری می‌باشد (C.L.Hwang et al. , 1979, 394-397) (M.Sakava, 1978, 311-314).

بطور اساسی، تخصیص افزونگی شامل اضافه نمودن اجزاء مازاد به سیستم برای بدست آوردن پیکر بندی بهینه طراحی سیستم می‌باشد. از آنجایی که اضافه نمودن اجزاء بیشترمنجر به افزایش هزینه، حجم و وزن سیستم خواهد شد لذا تعامل میان این پارامترها در قالب یک مسئله چندهدفه ارائه می‌شود. با در نظر گرفتن تقسیم بندی مسائل تخصیص قابلیت اطمینان، Hwang و همکاران مدل‌های ریاضی با مد نظر قرار دادن سه معیارکمینه‌سازی هزینه جانشینی، حداکثر نمودن دسترس پذیری و تعیین حد پایین برای قابلیت اطمینان مورد انتظار ارائه نمودند(C.L.Hwang et al. , 1979, P 394-397) . مدلسازی تخصیص قابلیت اطمینان چند هدفه با هدف بیشینه سازی قابلیت اطمینان و کمینه سازی هزینه سیستم توسط Sakawa ارائه شد، در این مقاله از روش‌های موازنه ارزش جانشینی استفاده شده است (M.Sakava, 1978, P 311-314). Inagaki و همکاران در مقاله خود به ارائه مدلی پرداختند که در آن از تکنیک بهینه سازی تعاملی برای طراحی سیستم با هزینه و وزن کم و بیشترین قابلیت اطمینان استفاده شده است(T.Langaki et al.1978). Sakawa در بررسی خود به حل مسئله تخصیص قابلیت اطمینان چند هدفه با استفاده از تکنیک تخمینی بر پایه روش موازنه ارزش جانشینی پرداخت(M.Sakava, 1978, P 465-467). Nakagawa استراتژی تلفیقی از کوچک سازی فضای موجه، تولید جواب‌های بهینه پاراتو و در نهایت انتخاب بهترین حل بهینه پاراتو بر اساس تجارب طراحان ارائه نمود (Y.Nakagawa, 1978). بعد از آن Sakawa مدل ترکیبی از مسئله برنامه ریزی عدد صحیح (قابلیت اطمیان و تخصیص افزونگی) ارائه نمود و برای حل آن به ارائه مدل تلفیقی از ارزش جانشینی و روش

Archive of SID

www.SID.ir

تجزیه دوگانه وقتی متغییرهای صحیح بصورت متغییرهای پیوسته می‌باشند پرداخت(M.Sakawa, 1978, P 173-174). Sakawa تکنیک مفهومی SPOT را که بر اساس تصمیم گیری تعاملی برای انتخاب راه حل ترجیحی از میان مجموعه راه حل‌های بهینه پارتو می‌باشد را ارائه نمود(M.Sakawa, 1982, P 461-464). Sharma روش جستجوی موثر برای حل مسائل متنوع طراحی قابلیت اطمینان که شامل مدلسازی برنامه ریزی عدد صحیح می‌باشند را پیشنهاد نمود(K.B.Misra et al. , 1991 P 285-294). Misra وSharma مدلسازی ریاضی برای تلفیق قابلیت اطمینان و مسئله تخصیص افزونگی با بهینه سازی اهداف چندگانه و در نظر گرفتن افزونگی از نوع مختلط ارائه نمودند(K.B.Misra et al. , 1991 P 323-335).. Dhingra مسئله محاسبه قابلیت اطمینان چند هدفه برای سیستم سری ارائه نمود. مسئله حل شده در این مقاله یک مسئله از نوع برنامه ریزی عددصحیح غیرخطی و تحت برخی محدودیت‌های طراحی می‌باشد(A.K.Dhingra, 1992, P 576-582) از آنجاییکه با افزایش پیچیدگی مسئله استفاده از روش‌های دقیق غیر کارا می‌شوند، لذا استفاده از روش‌های فراابتکاری از قبیل الگوریتم ژنتیک، جستجوی مورچگان، ازدحام ذرات گزینه‌های مناسبی برای جایگزینی با روش‌های دقیق می‌باشند. Sasaki و همکاران به ارائه روش فراابتکاری جستجوی ممنوع برای حل مسئله تخصیص افزونگی قابلیت اطمینان پرداختند (M.Sasaki et al. , 1992 Mahaparta.P 106-116) و Roy مسئله قابلیت اطمینان چند هدفه برای سیستم‌هایی که قابلیت اطمینان آنها شامل برخی اهداف متناقض می‌باشند را در نظر گرفتند. در مقاله ایشان روش بهینه سازی چند هدفه فازی جدیدی ارائه شد که برای تصمیم گیری بهینه سازی در سیستم‌های قابلیت اطمینان سری و پیچیده با دو هدف کاربرد داشت (G.S.Mahaparta, Salazar. 2006, P 643-659) و همکاران به تشریح سه نوع از مسائل بهینه سازی قابلیت اطمینان پرداختند این مسائل بعنوان مسائل برنامه ریزی غیرخطی عدد صحیح-مختلط با درنظر گرفتن یک و یا برخی از محدودیت‌ها مدلسازی شده و با استفاده از تکنیک‌های برنامه ریزی ریاضی یا روش‌های ابتکاری خاص حل شده اند (Daniel Salazar et al, 2006,

Archive of SID

www.SID.ir

(Tian and Zuo .P1057-1070) برنامه ریزی فیزیکی را به عنوان رویکرد موثر برای بهینه سازی ساختار سیستم که در آن توابع بصورت چند هدفه می‌باشند پیشنهاد نمودند. تکنیک حل این برنامه پیشنهادی استفاده از الگوریتم ژنتیک می‌باشد (Zhigang tian et al. , 2006 P 1049-1056) Coit و Konak روش ابتکاری برای حل مدل چند هدفه موزون برای سیستم قابلیت اطمینان ارائه نمودند، این روش ابتکاری برپایه تبدیل مسئله به مسئله چندهدفه و نهایتاً تبدیل مسئله چند هدفه به چندبن مسئله تک هدفه می‌باشد (David.W.Coit et al. , 2006 P 551-558). Zhao و همکاران الگوریتم تجمع مورچگان چند هدفه (ACS) را برای حل مسئله قابلیت اطمینان سری – موازی ارائه نمودند، این نوع از مسائل شامل انتخاب اجزائی با انتخاب و سطوح افزونگی چندگانه با هدف حداکثرسازی سود و کاهش هزینه و وزن می‌باشند (Jian-jua zhao et al. , 2007 P 109-120). توکلی مقدم و همکاران به ارائه یک الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله تخصیص افزونگی برای سیستم سری- موازی پرداختند در این مسئله استراتژی افزونگی برای هر زیر سیستم قابل انتخاب می‌باشد(Tavakokoli-moghaddam et al. , 2008 P 550-556). سجادی و سلطانی یک روش ابتکاری برای حل ساختار عمومی مسئله تخصیص افزونگی سری- موازی در حالتی که بیشینه سازی قابلیت اطمینان هدف و برخی محدودیت‌های خطی در محدودیت آن قرار دارد ارائه نمودند (Sadjadi et al. , 2009 P 1703-1710). آذرون و همکاران از الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله بهینه سازی قابلیت اطمینان گسسته چند هدفه در سیستم با K جزء غیر مشابه، غیر قابل تعمیر و افزونگی آماده بکار سرد استفاده نمودند(Amir azaron et al. , 2009 P 1562-1571). Wang و همکاران مسئله تخصیص افزونگی را بعنوان مسئله بهینه سازی چندهدفه با اهداف کاهش هزینه‌های مرتبط طراحی و دو تابع هدف دیگر و تعدادی از محدودیت‌ها مدلسازی نمودند، آنها از NSGA-II برای حل این مدل استفاده نمودند (Zai Wang et al. , 2009 P 1585-1592). Li و همکاران یک رویکرد دو مرحله ای برای حل مسائل بهینه سازی قابلیت اطمینان چند هدفه پیشنهاد نمودند. در این رویکرد مجموعه جواب‌های بهینه پارتو در

Archive of SID

www.SID.ir

مرحله اول شناسایی می‌شود در حالتیکه تعداد جواب‌های بهینه در مجموعه جواب‌های پارتو زیاد باشد، برای غلبه بر این مشکل در مرحله دوم از تکنیکMOSO یا بهینه سازی انتخابی چند هدفه استفاده میشود(Zhaojun et al. , 2009 P 1585-1592). Liamg و Loالگوریتم جستجوی همسایگی متغیر را برای حل مسائل تخصیص افزونگی چند هدفه توسعه دادند، کارایی این الگوریتم بر روی سه مجموعه از مسائل به ترتیب با ۵ ، ۱۴ و ۲۴ زیر سیستم آزمایش شد(Yun-chia et al. , 2010 P 511-535). Zio وBazzowe از تکنیک Level Diagrams برای نشان دادن گرافیکی مجموعه جواب‌های پارتو در مسئله بهینه سازی تخصیص افزونگی چند هدفه قابلیت اطمینان استفاده نمودند , .E.Zio et al) (2011 P 569-580. Soylu وUlusoy مسئله قابلیت اطمینان دو هدفه در سیستم سری- موازی را با سطح مشخص استراتژی افزونگی اجزاء ارائه نمودند، انها از رویه معرف مرتب سازی تحت عنوان UTADIS برای طبقه بندی جواب‌ها در اولویت بندی ترجیح داده شده استفاده نمودند(Banu Soylu et al. , 2011 P 1855-1866). Lins وDroguett از الگوریتم ژنتیک چند هدفه و ترکیب آن با شبیه سازی گسسته برای حل مسئله تخصیص افزونگی استفاده نمودند(Isis Didier et al. , 2011, P 362-381).

Laxminarayan Sahoo و همکارانش ۴ نوع مختلف از مسائل بهینه سازی قابلیت اطمینان چند هدفه با استفاده از اعداد با ارزش فاصله ای مدلسازی نمودند. برای حل این مدل‌ها از الگوریتم ژنتیک پیشرفته و مفهوم پارتو استفاده شده است (Laxminarayan Sahoo et al. , 2012 P 152-160). سجادی و سلطانی الگوریتم بهینه سازی زنبور عسل را برای حل مسائل بهینه سازی قابلیت اطمینان ارائه نمودند (Sadjadi et al. , 2012 P 990-999). چمبری و همکاران در مقاله خود به توسعه مدل دو هدفه تخصیص افزونگی پرداختند . برای حل این مدل از دو الگوریتم NSGA-II و الگوریتم تجمع ذرات چند هدفه پیشنهاد شده است(Chambari et al. , 2012 P 109-119). صفایی و همکاران الگوریتمی تحت عنوان APSO برای حل مسئله افزونگی قابلیت اطمینان با انتخاب‌های چندگانه اجزاء تحت عنوان RAP-MCC ارائه نمودند (Safaei et al. , 2012 P

Archive of SID

www.SID.ir

(Chern .3462-3471) در مقاله خود اثبات نمود که مسئه تخصیص افزونگی در سیستم سری بامحدودیت‌های خطی یک مسئله NP-Hard است که برای حل آن توسعه روش‌های فراابتکاری برای پیدا کردن مقادیر بهینه تقریبی مفید خواهد بود(Chern, 1992 P 309-315). در این مقاله یک روش جدید تلفیقی برپایه الگوریتم‌های رقابتی و ژنتیک برای پیدا کردن جواب نزدیک به بهینه در مسئله تخصیص افزونگی در مدل قابلیت اطمینان چند هدفه که مدلسازی آن در بخش بعد ارائه خواهد شد استفاده خواهیم کرد، با توجه به اینکه الگوریتم رقابتی برای حل مسائل پیوسته توصیه شده است (E. Atashpas- Gargari et al. , 2007 P 4661-4667). لذا در این مقاله تغییرات مورد نیاز برای استفاده از این الگوریتم در مسئله گسسته نیز اعمال شده است.

مدل سازی مسئله

مدل چند هدفه سیستم قابلیت اطمینان با s زیر سیستم سری- موازی و دو محدودیت خطی جدا از هم و مدنظر قراردادن سیاست افزونگی، به وسیله یک مسئله برنامه ریزی غیر خطی عدد صحیح نشان داده می‌شود.

پارامترها

تعداد زیر سیستم‌ها	s
تعداد اجزاء مورد استفاده در زیر سیستم i (i = 1, 2,3,…S)	n_i
حد بالای n_i	$n_{max,i}$
تعداد جزء در دسترس برای زیر سیستم i (i= 1, 2, … s)	m_i
حالت‌های مختلف زیر سیستم i (i= 1, 2, …s)	z_i
زمان ماموریت(زمان اجرای مدل)	t
تابع قابلیت اطمینان در زمان t با بردارهای z و n	R(t; z, n)
پارامتر توزیع نمایی	λit
حد بالای هزینه و حجم سیستم	C, V

Archive of SID

www.SID.ir

c_{ij}, w_{ij}, V_{ij} هزینه، وزن و حجم j امین جزء در زیر سیستم i

مدل ریاضی

$$Max:Min\{(1-\left(1-e^{-\lambda it}\right)^{ni+1})^{zi1} \times (e^{-\lambda it})^{zi2} \times(\sum_{j=1}^{ni+1} e^{-\lambda it}\ (\frac{-\lambda it}{j!})^{j})^{zi3}\} \quad (1)$$

$$min \sum_{i=1}^{s}\sum_{j=1}^{mi} c_{ij}x_{ij} \quad (2)$$

$$Min: \sum_{i=1}^{s}\sum_{j=1}^{mi} v_{ij}x_{ij} \quad (3)$$

s.t.

$$z_{i1}+z_{i2}+z_{i3}=1 \quad (4)$$

$$\lambda_i=\sum_{j=1}^{mi} \lambda_{ij}\, y_{ij} \quad (5)$$

$$x_{ij} \leq My_{ij} \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^{s}\sum_{j=1}^{mi} c_{ij}x_{ij} \leq C \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^{s}\sum_{j=1}^{mi} v_{ij}x_{ij} \leq V \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^{s}\sum_{j=1}^{mi} w_{ij}x_{ij} \leq W \quad (9)$$

$$n_i = \sum_{j=1}^{mi} x_{ij} \quad (10)$$

$$\sum_{j=1}^{mi} y_{ij} = 1 \quad (11)$$

Archive of SID

www.SID.ir

$$y_{ij=0\ oR\ 1} \quad (12)$$

$$Z_{i1}=0\ OR\ 1 \quad (13)$$

$$z_{i2}=0\ OR\ 1 \quad (14)$$

$$z_{i3}=0\ OR\ 1$$

$$M \text{ is a very large number} \quad (15)$$

$$x_{ij} \geq 0\ \&\ intiger;\quad n_i \geq 0\ \&\ intiger \quad ;\quad m_i \geq 0\ \&\ intiger \quad (16)$$

معادله ۱ به بیان هدف تعیین استراتژی افزونگی و تعداد اجزاء را در هر زیر سیستم برای ماکزیمم کردن کمترین قابلیت اطمینان در سیستم را نشان می‌دهد. اهداف ۲و۳ به ترتیب برای کمینه سازی هزینه و حجم سیستم می‌باشند. معادله ۵ محاسبه i امین پارامتر توزیع نمایی در زیر سیستم را نشان می‌دهد. معادله ۶ تضمین می‌کند اگر j امین جزء متعلق به iامین زیرسیستم نباشد در محاسبات در نظر گرفته نمی شود. معادلات ۷ تا ۹ به ترتیب حداکثر هزینه، حداکثر حجم و حداکثر وزن در دسترس را نشان می‌دهد. معادله ۱۰ تعداد اجزاء در زیر سیستم را نشان می‌دهد. محدودیت‌های ۱۱ و ۱۲ نشان می‌دهد y_{ij} دو مقدار دارد. اگر jامین جزء متعلق به i امین زیر سیستم باشد y_{ij} مقدار ۱ و در غیر اینصورت مقدار صفر خواهد داشت. محدودیت‌های۴، ۱۳، ۱۴ و ۱۵، سه وضعیت سیستم را نشان می‌دهند. اگر $Z_{i1} = 1$ سیستم افزونه فعال است، اگر $Z_{i2} = 1$ سیستم فاقد افزونگی است و اگر $Z_{i3} = 1$ باشد سیستم حالت آماده بکار سرد می‌باشد، زیر سیستم‌ها در هر زمان یکی از حالت‌های مذکور را دارا خواهند بود. محدودیت ۱۶ تضمین وجود اجزاء در زیر سیستم‌ها را نشان می‌دهد که تعداد آن‌ها می‌بایست بیشتر از صفر و عدد صحیح باشند. در این مدل عناصر به کاررفته در زیر سیستم‌ها از یک نوع می باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

معرفی الگوریتم رقابتی تلفیقی چندهدفه (HMOCA)[1]:

۱- فرمت بندی آغازین

۱-۱- تنظیم پارامترها *(PopSize, N- imp,ξ , Prct-Assimilate, Prct-Crossover, Prct-Imp-R, Prct-Col-R, P-R)*

۱-۲- ایجاد کشورهای اولیه(بصورت تصادفی)→ *PopSize*

۲- ارزیابی برازندگی هر کشور

۳- تشکیل نخستین کشور قدرتمند

3-1-**انتخاب قدرتمند ترین کشور**→ *N- imp*

3-2-تخصیص قدرت‌های دیگر به قدرتمندترین کشور

۴- حرکت کشورهای تحت پوشش هر قدرتمند به سوی قدرتمند شدن → *Prct-Assimilate* (assimilation)

5- تقاطع بعضی کشورهای تحت پوشش هر قدرتمند→ *Prct-Crossover*

۶- انقلاب بین کشورهای تحت پوشش و قدرتمندها→ Prct-Imp-R, Prct-Col-R

۷- اگر هزینه هر کشور تحت پوشش پایین تر از قدرتمندآن باشد در اینصورت جابجایی مکان تحت پوشش و قدرتمند صورت میگیرد

۸- محاسبه قدرت کلی قدرتمندها→ξ

۹- رقابت قدرتی

9-1- انتخاب ضعیف ترین کشور از ضعیف ترین قدرتمند و تخصیص آن به یکی از قدرتمند ترین‌ها

10- حذف قدرتمند نام بدون قدرت(قدرتمندی که کشور تحت پوشش نداشته باشد)

11- درصورتیکه معیار توقف برآورده نشد به بند۴ رجوع شود.

شکل(۱) : شبه کد الگوریم پیشنهادی

روش رقابتی یکی از روش‌های فرا ابتکاری جدید می‌باشد که برای اولین بار برای حل مسائل بهینه سازی پیوسته توصیه شده است(E.Atashpas-Gargari et al. , 2007 P 4661-4667). همانند دیگر الگوریتم‌های تکاملی، این الگوریتم نیز با تعدادی جمعیت اولیه تصادفی که دراینجا " کشور" نامیده می‌شوند، شروع می‌شود. تعدادی از بهترین عناصر جمعیت(معادل نخبه‌ها در الگوریتم ژنتیک) به عنوان قدرتمند و باقیمانده آنها به عنوان کم قدرت، در نظر

1 Hybrid Multi-Objective Competitive Algorithm

Archive of SID

www.SID.ir

گرفته می‌شوند. قدرتمندان بسته به قدرت خود، کم قدرت‌ها را با یک روند خاص به سمت خود می‌کشند. قدرت کل هر کشور قدرتمند، شامل مجموع قدرت آن کشور و کشورهای تحت پوشش آن، خواهدبود.(در مدل سازی ریاضی، این وابستگی با تعریف قدرت هر قدرتمند به صورت مجموع قدرت کشور قدرتمند، به اضافه درصدی از میانگین قدرت کشورهای تحت پوشش آن بیان شده است.) بنابراین بقای یک کشور قدرتمند، وابسته به قدرت آن در جذب کشورهای تحت پوشش کشور قدرتمندهای رقیب خواهد بود. در نتیجه درجریان رقابت‌ها، به تدریج بر قدرت کشورهای بزرگتر اضافه شده و کشورهای ضعیف تر حذف خواهند شد. کشورهای قدرتمند برای افزایش قدرت خود، مجبور خواهند شد تا کشورهای تحت پوشش خود را نیز پیشرفت دهند. بدین ترتیب با گذشت زمان، کشورهای تحت پوشش از لحاظ قدرت به کشورهای قدرتمند نزدیکتر شده و شاهد یک نوع همگرایی خواهیم بود. حد نهایی(زمان توقف الگوریتم و یا معیار توقف) زمانی است که یک کشور قدرتمند واحد در دنیا داشته باشیم. شبه کد الگوریتم پیشنهادی در شکل شماره ۱ نشان داده شده است.

۱– فرمت بندی آغازین

۹-۱- تنظیم پارامترها *(PopSize, N- imp,ξ , Prct-Assimilate, Prct-Crossover, Prct-Imp-R, Prct-Col-R, P-R)*

۹-۲- ایجاد کشورهای اولیه(بصورت تصادفی)→ *PopSize*

۱۰- ارزیابی برازندگی هر کشور

۱۱- تشکیل نخستین کشور قدرتمند

3-1-**انتخاب قدرتمند ترین کشور**→*N- imp*

3-2-تخصیص قدرت‌های دیگر به قدرتمندترین کشور

۱۲- حرکت کشورهای تحت پوشش هر قدرتمند به سوی قدرتمند شدن →*Prct-Assimilate* (assimilation)

13- تقاطع بعضی کشورهای تحت پوشش هر قدرتمند→ *Prct-Crossover*

۱۴- انقلاب بین کشورهای تحت پوشش و قدرتمندها→Prct-Imp-R, Prct-Col-R

۱۵- اگر هزینه هر کشور تحت پوشش پایین تر از قدرتمندآن باشد در اینصورت جابجایی مکان تحت پوشش و قدرتمند صورت میگیرد

۱۶- محاسبه قدرت کلی قدرتمندها→ξ

۱۷- رقابت قدرتی

9-1- انتخاب ضعیف ترین کشور از ضعیف ترین قدرتمند و تخصیص آن به یکی از قدرتمند ترین‌ها

10- حذف قدرتمند نام بدون قدرت(قدرتمندی که کشور تحت پوشش نداشته باشد)

شکل(۱) : شبه کد الگوریم پیشنهادی

Archive of SID

www.SID.ir

تنظیم پارامترهای الگوریتم

کیفیت یک الگوریتم به شدت به پارامترهای آن وابسته است به گونه ای که پارامترهای مختلف ممکن است جواب‌های کاملا متفاوت و با کیفیت‌های غیریکسان تولید کنند. در این مقاله جهت تنظیم پارامترها از روش رویه سطح پاسخ (RSM) استفاده شده است. جدول۱[1] مقادیر تنظیم شده پارامترهای الگوریتم پیشنهادی را نشان می‌دهد.

جدول ۱. مقادیر تنظیم شده پارامترهای الگوریتم پیشنهادی

Factors	Optimal coded value	Optimal real value
	L	*L*
n-Pop	1	300
N-imp	-1	8
P_A	0.2	0.64
P_C	0.5	0.6
P_R	0.19	0.32
ξ	-0.5	0.125
β	0.15	2.15

مثال عددی

با توجه به عدم در دسترس بودن مسائل از پیش تعیین شده محک که منطبق با شرایط مدل پیشنهادی باشد، ۴۵ مثال با استفاده از مفروضات ارائه شده در جدول شماره ۲ تولید شده است. بر مبنای آن در ادامه کارایی الگوریتم پیشنهادی با دو الگوریتم تکاملی چند هدفه معروف به نام‌های NSGA II (Deb, K et al. , 2002 P 182-197). و PAES (Knowels.J.D et al. , 1999), (Corne,D.W et al. , 2000) مقایسه خواهد شد.

1.Response Surface Methodology

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲. اطلاعات مربوط به تولید مسائل تصادفی

پارامتر	مقدار
C_{ij}	U~[1,10]
W_{ij}	U~[20,50]
V_{ij}	U~[50,150]
C_{max}	80,300,500
V_{max}	160,600,1000
W_{max}	200,400,600
T	1h
λ_{ij}	U~[0,1]
تعداد زیرسیستم‌ها	(5,10,15,20,25,30,35,40,45,50,60,70,80,90,100)
تعداد اجزاء در هرزیرسیستم	(6,8,10)
حداکثر نوع اجزا در دسترس	4

شاخص‌های مقایسه

جهت مقایسه کارایی الگوریتم پیشنهادی در این مقاله از چهار شاخص معروف به نام‌های: شاخص کیفیت[۱](QM)، شاخص فاصله[۲](SM)، شاخص گوناگونی[۳](DM) و فاصله از نقطه ایده‌آل[۴] (MID) استفاده شده است(Tavakokoli-Moghaddam et al. , 2011 P 733-750). برای این کار هر۳ الگوریتم بوسیله نرم افزار MATLAB 7.9 کد شده با استفاده از یک کامپیوتر شخصی با مشخصات سخت افزاری 1.8 GHz CPU و 1 GB main memory اجرا شده اند.

1 Quality Metric
2 Spacing Metric
3 Diversity Metric
4 Mean Ideal Distance

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج محاسباتی

عملکرد مدل رقابت استعماری پیشنهادی با الگوریتم‌های NSGA II و PAES در ۴۵ مسئله آزمایشی تولید شده با استفاده از شاخص‌های مقایسه ای مورد مقایسه قرار گرفته است. (جداول۴و۵)

جدول شماره ۳: مقایسه الگوریتم‌ها از نظر شاخص‌های DM و MID در ٤٥ مسئله

شماره مسئله	شاخص فاصله از نقطه ایده آل(MID)			شاخص گوناگونی(DM)		
	MOICA	PAES	NSGA-II	MOICA	PAES	NSGA-II
P1	0.518	0.632	0.633	1.574	0.996	1.397
P2	0.581	0.597	0.704	1.414	1.067	1.102
P3	0.242	0.608	0.873	1.414	0.208	0.652
P4	0.348	0.872	0.712	0.664	1.125	0.404
P5	0.230	0.708	0.339	0.444	1.232	0.203
P6	0.523	0.696	0.776	1.087	1.270	1.323
P7	0.399	0.674	0.440	0.896	1.268	0.714
P 8	0.538	0.845	0.518	1.169	1.029	0.958
P 9	0.621	0.751	0.575	1.161	1.075	1.063
P10	0.247	0.437	0.601	1.381	0.436	1.295
P11	0.718	0.762	0.663	1.297	0.943	0.960
P12	0.511	0.577	0.536	1.314	0.775	1.105
P13	0.287	0.576	0.482	1.414	0.911	0.559
P14	0.632	0.731	0.697	1.279	1.012	0.566
P15	0.485	0.547	0.762	1.178	0.954	1.160
P16	0.500	0.846	0.781	1.478	0.860	1.103
P17	0.379	0.481	0.297	1.010	1.021	0.484
P18	0.276	0.646	0.479	0.947	1.267	0.733
P19	0.554	0.860	0.579	1.184	0.696	0.699
P20	0.125	0.992	0.492	1.00	0.122	0.470
P21	0.250	0.743	0.519	0.417	1.095	0.110
P22	0.365	0.806	0.959	1.043	0.249	0.362
P23	0.174	0.519	0.672	1.367	0.443	0.815
P24	0.336	0.832	0.692	0.808	0.484	1.066
P25	0.364	0.846	0.509	0.749	1.189	0.709
P26	0.257	0.563	0.643	1.041	0.445	1.203
P27	0.222	0.758	0.696	0.600	0.605	1.081
P28	0.250	0.668	0.275	0.891	1.184	0.321
P29	0.127	0.832	0.643	0.723	1.109	0.561
P30	0.220	0.737	0.518	0.820	1.246	0.604
P31	0.459	0.753	0.491	0.751	1.136	0.918
P32	0.256	0.724	0.456	1.051	1.009	0.173
P33	0.210	1.021	0.847	0.912	0.552	0.724
P34	0.243	1.349	0.832	0.656	0.649	0.231
P35	0.440	0.749	0.449	1.080	0.512	1.039
P36	0.099	0.852	0.798	1.164	0.422	1.042

Archive of SID

www.SID.ir

0.869	1.290	0.834	0.727	0.761	0.397	**P37**
0.442	1.042	1.016	0.310	0.364	0.230	**P38**
1.174	0.255	0.367	0.673	0.606	0.147	**P39**
0.187	1.100	0.562	0.394	0.872	0.027	**P40**
1.131	0.855	0.955	0.653	0.590	0.275	**P41**
0.289	1.146	0.680	0.467	0.830	0.275	**P42**
1.047	0.232	1.191	0.590	0.207	0.340	**P43**
0.585	0.958	0.657	0.571	0.880	0.175	**P44**
1.058	0.724	0.895	0.624	0.523	0.218	**P45**

جدول شماره ٤: مقایسه الگوریتم‌ها از نظر شاخص‌های QM و SM در ٤٥ مسئله

شاخص کیفیت(QM)			شاخص فاصله(SM)			شماره
NSGA-II	**PAES**	**MOICA**	**NSGA-II**	**PAES**	**MOICA**	**مسئله**
0.235	0	0.765	0.827	0.625	0.741	P1
0.105	0	0.895	0.661	0.495	0.778	P2
0.250	0	0.750	0.791	0.788	0.920	P3
0	0	1	0.693	0.785	0.868	P4
0	0	1	0.571	1.092	0.634	P5
0	0	1	1.184	0.999	0.881	P6
0.235	0	0.765	0.778	1.257	0.973	P7
0.434	0	0.565	0.560	1.036	0.874	P8
0.347	0.217	0.434	0.733	1.031	0.924	P9
0.100	0	0.900	1.207	1.120	1.361	P10
0.272	0	0.727	1.001	0.878	1.287	P11
0.292	0	0.708	0.977	1.360	1.220	P12
0.190	0	0.809	0.940	0.977	1.481	P13
0.167	0.083	0.750	0.651	1.084	1.116	P14
0.059	0.294	0.647	1.059	1.322	0.810	P15
0	0	1	0.942	0.965	0.978	P16
0	0	1	0.670	0.916	0.980	P17
0.118	0	0.882	0.986	1.478	1.041	P18
0	0	1	0.586	0.911	0.642	P19
0	0	1	0.672	0.501	0.905	P20
0	0	1	0.517	1.299	0.811	P21
0	0	1	0.586	0.593	0.878	P22
0	0	1	0.737	0.402	0.752	P23
0.200	0	0.800	0.826	0.514	0.953	P24
0	0	1	0.495	1.032	0.427	P25
0	0.076	0.924	1.230	0.559	0.893	P26
0	0	1	0.994	0.789	0.806	P27
0	0	1	0.726	1.119	0.850	P28
0	0	1	0.632	0.904	0.608	P29
0	0	1	1.019	1.069	1.071	P30
0.352	0	0.647	0.721	1.024	0.721	P31
0.273	0	0.727	0.491	1.151	0.993	P32
0	0	1	1.039	0.550	0.673	P33
0	0	1	0.468	1.231	.653	P34

Archive of SID

www.SID.ir

0.5	0	0.5	1.037	0.509	1.364	P35
0	0	1	0.013	0.199	1.177	P36
0	0.250	0.750	0.499	0.298	0.568	P37
0.333	0.0833	0.583	0.659	0.823	1.044	P38
0	0	1	1.704	0.285	0.547	P39
0	0	1	0.892	1.487	0.454	P40
0	0	1	1.035	0.841	0.963	P41
0	0	1	0.7051	1.000	0.580	P42
0	0	1	1.069	0.062	0.711	P43
0	0	1	0.633	0.968	0.392	P44
0	0	1	1.240	0.357	1.028	P45

با توجه به جداول ۳ و ۴ و نیز نتایج بدست آمده از آزمون t می‌توان یافت که الگوریتم پیشنهادی در سطح معنی داری ۰,۰۲ نسبت به دو الگوریتم دیگر از عملکرد بالاتری برخوردار بوده است.

نتیجه‌گیری

در طراحی کاربردی سیستم‌ها، بهینه سازی قابلیت اطمینان به علت وجود اهدف متناقض مسئله پیچیده‌ای می‌باشد. در راستای این موضوع روشی برای مسئله تخصیص اجزا مازاد ارائه شده که به میزان زیادی نزدیک به دنیای واقعی است. این روش که الگوریتم رقابتی چند هدفه ترکیبی (HMOCA) نام گذاری شده است برپایه الگوریتم رقابتی و الگوریتم ژنتیک می‌باشد که برای اولین بار در مسائل تخصیص مازاد چندهدفه ارائه شده است. مقایسه جواب‌های حاصل از مثال‌های اجرا شده توسط این الگوریتم در مقایسه با الگوریتم‌های PAES و NSGA II نشان دهنده این است که مدل ارائه شده نسبت به دو الگوریتم مذکور از کارایی بالاتری برخوردار می‌باشد. برای تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود که محدودیت‌هایی مانند استفاده بیش از یک نوع از اجزاء در هر زیر سیستم و نیز استفاده از تئوری فازی برای مشخص کردن مقادیر وزن، هزینه و حجم اجزاء در مدل مورد توجه قرار گیرد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع:

C.L. Hwang, F.A. Tillman, W.K. Wei and C.H. Lie. Optimal schedule maintenance policy based on multiple-criteria decision-making. IEEE transaction on reliability, Vol. R-28, No 5, 1979; 394-397.

M. Sakawa. Multi-objective optimization by the surrogate worth trade-off method. IEEE Transaction on reliability, Vol. 27, No 5, 1978; 311-314.

T. Inagaki, K. Inoue and H. Akashi. Interactive optimization of system reliability under multiple objectives. IEEE Transaction on reliability,Vol.R-27, NO 4 1978;264-267.

M.Sakawa. Multi-objective reliability and redundancy optimization of a seies-parallel system by the surrogate worth trade-off method. Microelectronic and Reliability, Vol.17,No 4, 1978;465-467.

Y.Nakagawa. Studies on optimal design of high reliability system single and multiple objective nonlinear integer programming. Ph.D.thesis Kyoto university. 1978.

M.Sakawa. Optimal reliability-design of a series-parallel system by a large-scale multi-objective optimization method. IEEE Transaction on Reliability, Vol.R-30 1981; 173-174.

M.Sakawa. Interactive multi-objective optimization by Sequential Proxy Optimization Technique (SPOT). IEEE Transaction on Reliability, Vol.R-31, 1982;461-464.

K.B.Misra and U.Sharma. An efficient approach for multiple criteria redundancy optimization problems. Microelectronic and Reliability, Vol.31,No 2-3, 1991; 285-294.

K.B.Misra and U.Sharma. Multi-criteria optimization for combined reliability and redundancy allocation in systems employing mixed redundancies. Microelectronic and Reliability, Vol.31, 1991;323-335.

A. K. Dhingra. Optimal apportionment of reliability and redundancy in series systems under multiple objectives. IEEE Transaction on Reliability, Vol.41,No 4, 1992;576-582.

M.Sasaki, M.Gen and M.Ida. A method for solving reliability optimization problem by fuzzy multi-objective 0-1 linear programming.

Archive of SID

www.SID.ir

Electronics and Communications in Japan Part II: Fundamental Electronic Science 1992; 106-116.

G.S.Mahaparta, T.K.Roy. Fuzzy multi-objective mathematical programming on reliability optimization model. Applied Mathematics and Computing, Vol. 174, No 1, 2006;643-659

Daniel Salazar, Claudio M.Rocco, Blas j.Galvan. Optimization of constrained multiple-objective reliability problems using evolutionary algorithms. Reliability engineering and system safety, Vol.91, No 9, 2006;1057-1070.

Zhigang tian, Ming j zuo. Redundancy allocation for multi-state systems using physical programming and genetic algorithms. Reliability engineering and system safety, Vol.91, No 9, 2006;1049-1056.

David.W.Coit and Abdullah konak. Multiple weighted objectives heuristic for the redundancy allocation problem. IEEE transaction on reliability, Vol.55,No 3, 2006;551-558

Jian-jua zhao, Zhaoheng liu, My-thein dao. Reliability optimization using multi-objective ant colony system approaches. Reliability engineering and system safety, Vol.92, No 1, 2007;109-120.

Tavakkoli-Moghaddam, R., Safari J. and Sassani, F., Reliability optimization of series-parallel systems with a choice of redundancy strategies using a genetic algorithm, Reliability Engineering and System Safety, Vol. 93, No 4, 2008; 550-556.

Sadjadi, S.J and Soltani, R. An efficient heuristic versus a robust hybrid meta-heuristic for general framework of serial-parallel redundancy problem. Reliability engineering and system safety, Vol.94, No 11, 2009;1703-1710.

Amir azaron, Cahit perkgoz, Hideki Katagiri, Kouske Kato, Masatoshi Sakawa. Multi-objective reliability optimization for dissimilar-unitcold-standby system using a genetic algorithm. Computers & operation research Vol.36,No 5, 2009;1562-1571.

Zai Wang, Tianshi Chen. Ke Tang, Xin Yao.A multi-objective Approach to redundancy allocation problem in parallel-series systems. IEEE transaction 2009;582-589.

Archive of SID

www.SID.ir

Zhaojun Li,Haitao Liao,David W.Coit. A two-stage approach for solving multi-objective decision making with applications to system reliability optimization. Reliability engineering and system safety Vol.94, No 10, 2009;1585-1592.

Yun-chia liamg and Min-Hua Lo. Multi-objective redundancy allocation optimization using a variable neighborhood search algorithm. J heuristic Vol.16, No 3, 2010;511-535.

E.Zio and R.Bazzo. Level diagrams analysis of Pareto front for multi-objective system redundancy allocation. Reliability engineering and system safety, Vol.96,No 5, 2011;569-580.

Banu soylu,selda kapan ulusoy. A preference ordered classification for a multi-objective max-min redundancy allocation problem. Computers & Operation Research Vol.38 , No 12, 2011; 1855-1866.

Isis Didier lins and Enrique Lopez Droguett.Redundancy allocation problems considering systems with imperfect repairs using multi-objective genetic algorithms and discrete event simulation. Simulation modeling practice and theory,Vol.19,No 1, 2011;362-381.

Laxminarayan Sahoo, Asoke Kumar Bhunia, Parmad Kumar Kapur. Genetic algorithm based multi-objective reliability optimization in interval environment. Computers & Industrial Engineering, Vol. 62, No 1, 2012;152–160.

Sajadi, S.J and Soltani, R. Alternative design redundancy allocation using an efficient heuristic and a honey bee mating algorithm. Expert Systems with Applications, Vol. 39, No 1 ,2012;990-999.

Chambari, A., Rahmati, S.H,. Najafi, A.A and Karimi, A,. A bi-objective model to optimize reliability and cost of system with a choice of redundancy strategies, Computers & Industrial Engineering, Vol. 63, No 1, 2012; 109-119

Safaei, N., Tavakkoli-Moghaddam, R. and Corey Kiassat., Annealing-based particle swarm optimization to solve the redundant reliability, Applied Soft Computing. Vol. 12, No 11,2012; 3462-3471.

Chern MS. On the computational complexity of reliability redundancy allocation in a series system. Oper Res Lett Vol.11, No 5,1992; 309–315.

Archive of SID

www.SID.ir

E. Atashpas-Gargari, C. Lucas, Colonial competitive algorithm. *E Congress on Evolutionary Computation*, 2007. 4661- 4667.

Deb, K., Pratap, A.,Agrawal, S., and Meyarivan, T. A fast and elitist multi-objective genetic algorithm:NSGA-II.IEEE Transaction on Evolutionary Computation, Vol.6, No 2 ,2002- 182-197.

Knowels,J.D., and corne, D.W.(1999). The Pareto archived evolution strategy: A new baseline algorithm for Pareto multi-objective optimization. In congress on Evolutionary Computation(CEC99), Volume 1,Piscataway,NJ, 98-105.IEEE Press.

Corne, D.W., Knowles, J.D., and Oates, M.J.(2000). *The Pareto envelope-based selection algorithm for multi objective optimization. In : M.S. et al.(Ed.),* Parallel problem solving from Nature-PPSN VI, Berlin, 839-848. Springer.

Tavakkoli-Moghaddam, R., Azarkish, M. and Sadeghnejad A., Solving a multi-objective job shop scheduling problem with sequence-dependent setup times by a Pareto archive PSO combined with genetic operators and VNS, Int. J. of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 53,No 5-8, 2011; 733–750,.

Archive of SID

www.SID.ir