یازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran
senaconf.ir

بهینه سازی تخصیص منابع با استفاده از الگوریتم ژنتیک NSGA-II

دنیا یحیائی

دانشجوی کارشناسی ارشد ITM دانشگاه الزهرا (س)، تهران D.yahyaei2011@gmail.com

چکیده

پارادایم پردازش و تخصیص، ذخیره‌سازی منابع محاسباتی غنی را برای استقرار و پیاده‌سازی فعالیت‌ها فراهم می‌کند. بااین‌وجود، برنامه‌های کاربردی گردش کار (به‌عنوان‌مثال، پیش‌بینی و تجزیه‌وتحلیل) معمولاً دارای داده‌های فشرده هستند و منابع داده قابل‌توجهی با اطلاعات حریم خصوصی معمولاً در طول اجرای گردش کار قابل‌دسترسی هستند. بنابراین، طراحی یک روش قرار دادن داده برای جستجوی تخصیص بین معیارهای عملکرد چندگانه، به‌عنوان‌مثال، استفاده از منابع، زمان اکتساب داده و انرژی، چالش‌برانگیز است، درحالی‌که تضاد حریم خصوصی و همپوشانی اطلاعات وجود دارد. برای پرداختن به این چالش، رویکرد تخصیص منابع چند هدفه در مدیریت گردش کار در زیرساخت بهینه با عدم قطعیت در این مقاله پیشنهادشده است. ازنظر فنی، استفاده از الگوریتم‌های فرا ابتکاری در ایجاد منابع زیرساختی اتخاذ می‌شود و تضادهای مجموعه داده‌های موردنیاز برای اجرای گردش کار مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌گیرد. الگوریتم NSGA-II برای ارتقای استفاده از منابع، کاهش زمان اکتساب داده‌ها و بهینه‌سازی هزینه زیرساخت و درعین‌حال دستیابی تخصیص داده‌ها، به کار گرفته می‌شود. درنهایت، ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که عملکرد زیرساخت منابع برای مدیریت گردش کار بهینه‌شده است.

واژه‌های کلیدی

الگوریتم فرا ابتکاری، هوش مصنوعی، تخصیص داده، پردازش داده.

۱. مقدمه

پیدایش مهندسی قابلیت اطمینان (قابلیت اطمینان)[1]را می‌توان به سال‌های قبل از سال ۱۹۳۰ ارجاع داد. در آن دوره به دلیل نگرانی از کارکرد صحیح تولیدات و وقوع حوادثی چون غرق شدن کشتی تایتانیک، مطالعه و تحقیقاتی در زمینه طراحی سیستم‌ها با اجزای موازی یا ذخیره انجام گرفت. سپس در دهه‌ی ۱۹۴۰ با آغاز جنگ جهانی دوم و ساخت ابزارهای پیچیده نظامی، بحث مدل‌سازی قابلیت اطمینان انجام گرفت. در دهه‌ی ۱۹۵۰ با به‌کارگیری سیستم‌های الکترونیکی گروه‌های مطالعاتی Agree و IEEE تشکیل‌شده و به تهیه استانداردهایی برای تولید قطعات باقابلیت بالا پرداختند. در دهه‌ی ۱۹۶۰ با پیشرفت صنایع هوایی و انگیزه ساختن آپولو، اولین کتاب در این زمینه به رشته‌ی تحریر درآمد. شیوه‌های ارزیابی قابلیت اطمینان ازنظر تاریخچه‌ی پیدایش ابتدا در رابطه با صنایع هوایی و کاربردهای نظامی شکل گرفت ولی به‌سرعت توسط سایر صنایع مانند صنایع هسته‌ای که برای تضمین ایمنی و قابلیت اطمینان راکتورهای هسته‌ای در تأمین انرژی الکتریکی شدیداً تحت‌فشارند یا صنایع فرایندهای تولید پیوسته مانند صنایع فولاد و صنایع شیمیایی که هر ساعت از توقف آن‌ها به علت وجود خرابی خسارت‌های بزرگ مالی و جانی و آلودگی محیط‌زیست را تحمیل می‌کند، موردتوجه قرار گرفت [۱].

قابلیت اطمینان، یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های کیفی قطعات، محصولات و سیستم‌های پیچیده و بزرگ بوده و یکی از خصوصیات مهمی که مشتریان از تولیدکنندگان محصولات انتظار دارند پایا بودن آن است.

قابلیت اطمینان، احتمال آن است که محصول یا خدماتی برای یک دوره زمانی خاص (که طول عمر نامیده می‌شود) و تحت شرایط تعریف‌شده (به‌عنوان‌مثال درجه حرارت، فشار، ولتاژ، ...) به‌طور سالم و مناسب کار کند. به‌عبارت‌دیگر، پایایی ممکن است به‌عنوان تابع سلامت بودن و یا اندازه موفقیت سیستم در تولید محصول مناسب تعریف شود. به‌عبارت‌دیگر اگر t متغیر تصادفی مربوط به زمان خرابی سیستم باشد، آنگاه قابلیت اطمینان در زمان t به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$R(t)=P(T>t)$$

با افزایش روزافزون توجه به کیفیت، یافتن راهی برای ارتقاء پایائی محصول بیش از پیش موردتوجه قرار گرفت. چراکه برای باقی ماندن در شرایط رقابتی، کیفیت محصول و هزینه‌های مرتبط با آن نقش تعیین‌کننده‌ای دارند .به همین منظور علم مهندسی پایائی[2] در صنایع مختلف به کار گرفته شد. هدف از این شاخه علم مهندسی، یافتن بهترین راه برای افزایش پایائی سیستم‌ها است [۲]. ازآنجایی‌که ساختار سیستم می‌تواند تأثیر به سزایی بر قابلیت اطمینان سیستم داشته باشد، تعمیرپذیر بودن یک سیستم به این معناست که بعد از خرابی می‌توان با صرف زمان و انجام تعمیرات لازم آن را مجدداً راه‌اندازی کرد. زمانی که یک سیستم تعمیرپذیر باشد از واژه "دسترس‌پذیری" به‌جای قابلیت اطمینان استفاده می‌شود. دسترس‌پذیری به معنای درصدی از زمان است که سیستم تعمیر پذیر به صورتی صحیح وظایف تعریف‌شده را انجام می‌دهد. به‌عبارت‌دیگر دسترس‌پذیری در یک‌زمان خاص، احتمال آن است که قطعه یا سیستم صرف‌نظر از پیشینه خرابی‌ها و تعمیرهایی که درگذشته داشته است، دران زمان خاص، جهت خدمت‌رسانی آماده و در دسترس باشد. اگر یک سیستم تعمیر ناپذیر باشد دسترس‌پذیری و قابلیت اطمینان آن با یکدیگر یکسان هستند. دسترس‌پذیری در بلندمدت یعنی چقدر احتمال دارد که یک سیستم در بی‌نهایت، جهت خدمت‌رسانی آماده و در دسترس باشد.

همانطور که برای سیستم‌های تعمیرپذیر واژه‌ای متفاوت از قابلیت اطمینان به‌عنوان پارامتر عملکردی سیستم تعریف می‌شود، سایر مفاهیم مرتبط با عملکرد سیستم نیز در سیستم‌های تعمیرپذیر متفاوت خواهد بود. میانگین زمان تا خرابی(MTTFF) [3] یا ماندگاری[4] در سیستم‌های تعمیر ناپذیر، نشان‌دهنده‌ی میانگین ماندگاری طول عمر سیستم است درحالی‌که در سیستم‌های تعمیرپذیر اجزاء قابل

---

1 Reliability

2 Reliability engineering

3 Mean time to the first failure (MTTFF)

4 survivability

تعمیر بوده و پس از تعمیر، سیستم دوباره می‌تواند به کار خود ادامه دهد؛ بنابراین میانگین زمان تا اولین خرابی سیستم (MTTFF) میانگین زمانی است که سیستم برای اولین بار از کار می‌افتد [۳].

۱،۱. اهمیت توزیع‌های احتمال در قابلیت اطمینان

شاخص‌های مختلف ارزیابی قابلیت اطمینان ازجمله تابع قابلیت اطمینان ، تابع نرخ مخاطره ، میانگین طول عمر ، میانگین طول عمر باقی‌مانده و غیره را می‌توان توسط توزیع‌های آماری استخراج کرد.

به عبارتی چون طول عمر اجزاء سیستم متغییر است . بنابراین طول عمر آن‌ها از یک توزیع احتمال شناخته‌شده یا ناشناخته تبعیت می‌کنند.

روش کار:

۱-با استفاده از داده‌های طول عمر در دسترس از سیستم موردنظر، توزیع احتمال آن را تشخیص داده

۲-با استفاده از توزیع احتمال یافته شده ، مقادیر موردنیاز مانند احتمال شکست یک جزء دلخواه از آن سیستم در زمان معین یا محدوده زمانی معین را پیش‌بینی کرد.

۱-توزیع نمایی

توزیع نمایی یکی از پرکاربردترین و مهم‌ترین توزیع‌های احتمالی در نظریه قابلیت اطمینان است بیشترین کاربرد را در مدل‌سازی زمان بین دو رویداد در فرایند پواسون دارد. به خاطر خاصیت بی حافظه بودن به‌منظور طول عمر قطعات الکتریکی مورداستفاده قرار می‌گیرد.

۲-توزیع یکنواخت پیوسته

- در مواقعی مورداستفاده قرار می‌گیرد که مقادیر مابین a و b با احتمال‌های یکسان رخ دهند.
- می‌تواند در مواقعی که داده‌های کمی در دسترس نیستند مورداستفاده قرار گیرد.

۳-توزیع نرمال

- بیشترین کاربرد را در زمینه مدل‌سازی پدیده‌های طبیعی دارد .
- می‌تواند برای مدل‌سازی زمان پردازش مورداستفاده قرار گیرد.

۴-توزیع گاما

می‌توان از توزیع گاما برای توصیف رفتارهای سیستم‌های که چند مؤلفه با رفتارهای نمایی تشکیل‌شده‌اند استفاده نمود.

۵-توزیع لگ نرمال:

انطباق مناسب با توزیع زمان تعمیرات. برای سیستم‌های تعمیر پذیر بیشتر کاربرد دارد.

۶-توزیع وایبل :

در ارزیابی قابلیت اطمینان اغلب از توزیع‌های وایبل استفاده می‌شود مگر در حالت‌های خاص

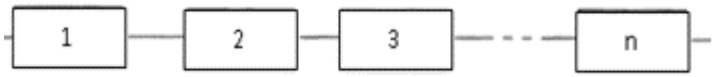
تمامی مسائل بهینه‌سازی پایایی را بر اساس **سه معیار** زیر می‌توان تقسیم‌بندی کرد [۴].

۱-ساختار سیستم موردمطالعه

ساختار سیستم بر روی روش محاسبه‌ی قابلیت اطمینان تأثیرگذار است. به همین دلیل شناخت ساختار سیستم موردمطالعه بسیار ضروری به نظر می‌رسد. به‌طورکلی، تمامی سیستم‌های قابلیت اطمینان برحسب ساختار سیستم می‌توانند به‌صورت زیر دسته‌بندی شوند:

۱-۱-سیستم با ساختار سری[5]

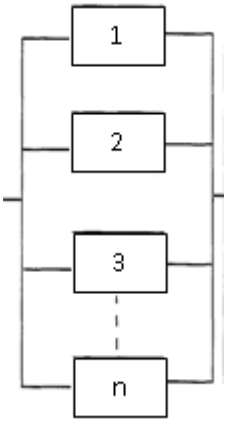
همان‌طور که شکل ۱ پیداست، در این سیستم‌ها، اجزاء به‌صورت سری در کنار هم قرارگرفته‌اند.



شکل ۱- سیستم با ساختار سری

۱-۲-سیستم با ساختار موازی[6]

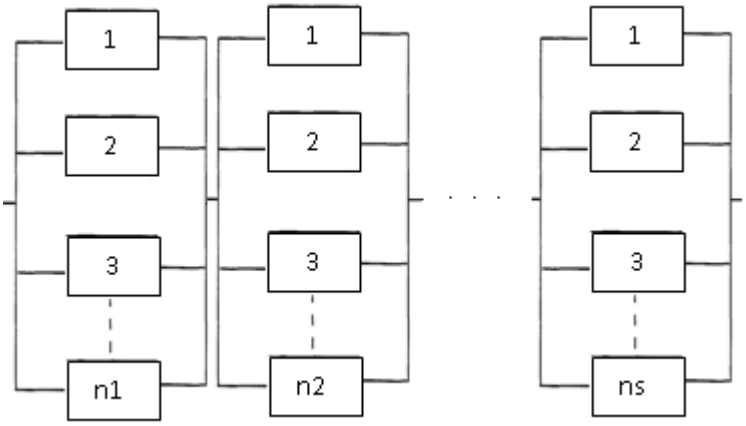
همان‌طور که در شکل ۲ پیداست، در این سیستم‌ها، اجزاء به‌صورت موازی در کنار هم قرارگرفته‌اند.



شکل ۲- سیستم با ساختار موازی

۱-۳-سیستم با ساختار سری- موازی

همان‌طور که در شکل۳ پیداست، در این ساختار، سیستم دارای زیرسیستم‌هایی بوده که به‌صورت سری قرارگرفته‌اند.

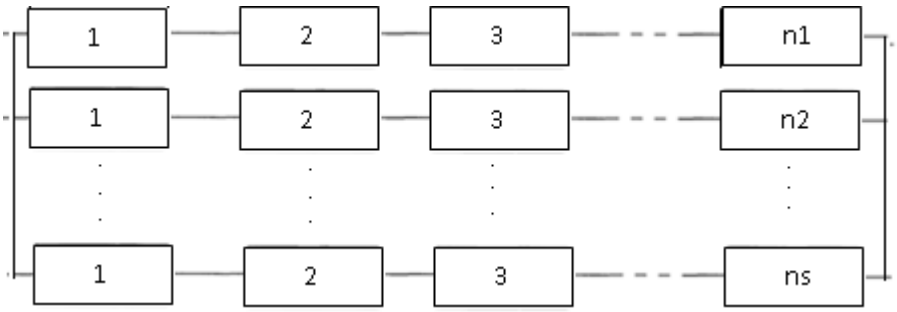


[5] Series system
[6] Parallel system

شکل ۳- سیستم با ساختار سری- موازی

۴-۱-سیستم با ساختار موازی- سری

در این ساختار، اجزاء درون زیر سیستم‌ها به‌صورت سری و خود زیرسیستم‌ها به‌صورت موازی قرار می‌گیرند. شکل ۴ یک ساختار موازی- سری را نشان می‌دهد.



شکل ۴- سیستم با ساختار موازی- سری

۵-۱-سیستم با ساختار همسان[۷]

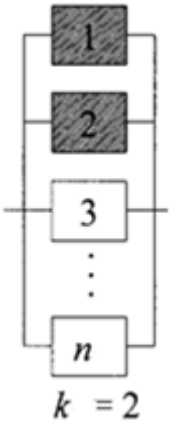
در سیستم‌هایی غیر از سیستم‌های سری، لزوماً نباید همه اجزاء سالم باشند تا سیستم به کار ادامه دهد. در این‌گونه سیستم‌ها، می‌توان زیر سیستم‌هایی را یافت که در صورت خرابی آن‌ها، کل سیستم از کار بیفتد. سیستم‌های k-out-of-n:G از این نوع سیستم‌ها هستند. در این نوع ساختار، سیستمی با n جزء در شرایطی به‌صورت سالم به کار خود ادامه می‌دهد که k جزء از n جزء آن به‌صورت سالم به کار خود ادامه دهند.

۶-۱-سیستم با ساختار پیچیده[۸]

این‌گونه سیستم‌ها، دارای ساختار مشخص و معلومی نیستند.

۷-۱-سیستم‌های k-out-of-n

سیستمی با n جزء را در نظر بگیرید. در این نوع ساختار اگر و فقط اگر حداقل k جزء از n جزء سیستم کار کنند، سیستم به کار خود ادامه می‌دهد و به آن سیستم k-out-of-n:G گفته می‌شود. و اگر و فقط اگر حداقل k جزء از n جزء یک سیستم خراب شوند. سیستم خراب می‌شود. که به آن k-out-of-n:F گویند. شکل۵ یک سیستم k-out-of-n را با ۲ =k نشان می‌دهد.



[7] Coherent
[8] Complicated

شکل ۵- سیستم با ساختار 2-out-of-n

سیستم‌های k-out-of-n در حوزه‌های صنعتی و نظامی دارای کاربردهای مناسب و فراوانی هستند. برای مثال می‌توان اتومبیلی را در نظر گرفت که دارای چهارچرخ لاستیکی است و این اتومبیل مادامی به حرکت خود ادامه می‌دهد که سه‌چرخ از چهارچرخ آن به‌خوبی کار کنند (3-out-of-4:G).

۲.ادبیات نظری و مرور منابع

پژوهشگران استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی را برای حل کردن کارآمد مسئله RRAP یک هدفی با استراتژی‌های متفاوت افزونگی موردتوجه قرار داده‌اند. عده‌ای از آن‌ها روی استراتژی افزونگی فعال تمرکز کرده‌اند. هسیه و یو یک رویکرد دومرحله‌ای ایمنی محور جدید را تحت محدودیت‌های غیرخطی وزن، هزینه و حجم پیشنهاد کردند [۴]. یه و هسیه یک الگوریتم کلونی زنبور مصنوعی تحت هدایت خطا (پنالتی) را پیشنهاد کردند [۵]. وانگ و لی تکامل تفاضل تکاملی را توسط الگوریتم جست‌وجوی هارمونی برای حل کردن RRAP یک هدفی از طریق تقسیم کردن مسئله به یک قسمت پیوسته و یک قسمت گسسته توسعه دادند [۶]. آفونسو و همکاران الگوریتم رقابت استعماری مبتنی بر فرایند جاذبه و دافعه را برای افزایش تأثیر الگوریتم معرفی کردند [۷]. کاناگاراج و همکاران یک الگوریتم بهینه‌سازی هیبرید جدید را معرفی کردند که الگوریتم ژنتیکی را با جست‌وجوی فاخته تلفیق کرده است [۸]. کازرتا و ووب مسئله RRAP یک هدفی را به مسئله «کوله‌پشتی» چندگزینه‌ای تبدیل کرده و بهینگی را از طریق الگوریتم شاخه و برش حل کردند [۹]. هی و همکاران یک الگوریتم ازدحام ماهی مصنوعی جدید را برای حل کردن RRAP یک هدفی بزرگ مقیاس پیشنهاد کردند [۱۰]. هوانگ با اجرای مکانیسم به روزرسانی اصلاح یافته و استفاده هم‌زمان از آزمون آرایه متعامد یک الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ساده مبتنی بر ذرات را ساخت [۱۱]. خورشیدی و همکاران یک مدل بهینه‌سازی را برای تعیین تخصیص‌دهی افزونگی بهینه و بهترین فعالیت نگهداری مخصوص یک سیستم چندحالتی توزین شده k از n که از مؤلفه‌های ترمیم‌پذیر متفاوتی تشکیل‌شده بود طراحی کردند [۱۲]. یه با تلفیق جست‌وجوی مرزی خودمحور و مکانیسم به‌روزرسانی دو متغیری یک الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام مرز را پیشنهاد کرد [۱۳]. عده دیگری از پژوهشگران روی استراتژی افزونگی آماده‌به‌کار سرد تمرکز کرده‌اند. ابوئی اردکان و زینال همدانی از استراتژی آماده‌به‌کار سرد برای مدل‌سازی RRAP یک هدفی استفاده کردند که استراتژی مزبور راه‌حل را باقابلیت اطمینان بیشتر سیستم در مقایسه با سه مسئله نمونه معمول به دست آورد [۱۴]. کیم و کیم یک الگوریتم ژنتیکی موازی را برای حل کردن RRAP یک هدفی، با در نظر گرفتن استراتژی افزونگی بهینه – یا استراتژی فعال یا استراتژی آماده‌به‌کار سرد که توسط میزان افزونگی مؤلفه، قابلیت اطمینان مؤلفه، و کلید زنی خطا تعیین می‌شود پیشنهاد کردند [۱۵].

استراتژی افزونگی یک تصمیم از قبل تعیین‌شده محسوب می‌شود اما در برخی از مطالعات اخیر به‌عنوان یک متغیر تصمیم معرفی‌شده است. اخیراً یک استراتژی افزونگی جدید به نام استراتژی افزونگی mix معرفی‌شده که به‌طور بالقوه به‌طور هم‌زمان از هر دو استراتژی فعال و آماده‌به‌کار در یک زیرسیستم استفاده می‌کند. بنابراین تعداد اجزاء فعال و آماده‌به‌کار هر زیرسیستم یک متغیر تصمیم است و باید به کمک مدل ریاضیاتی تعیین بشود.

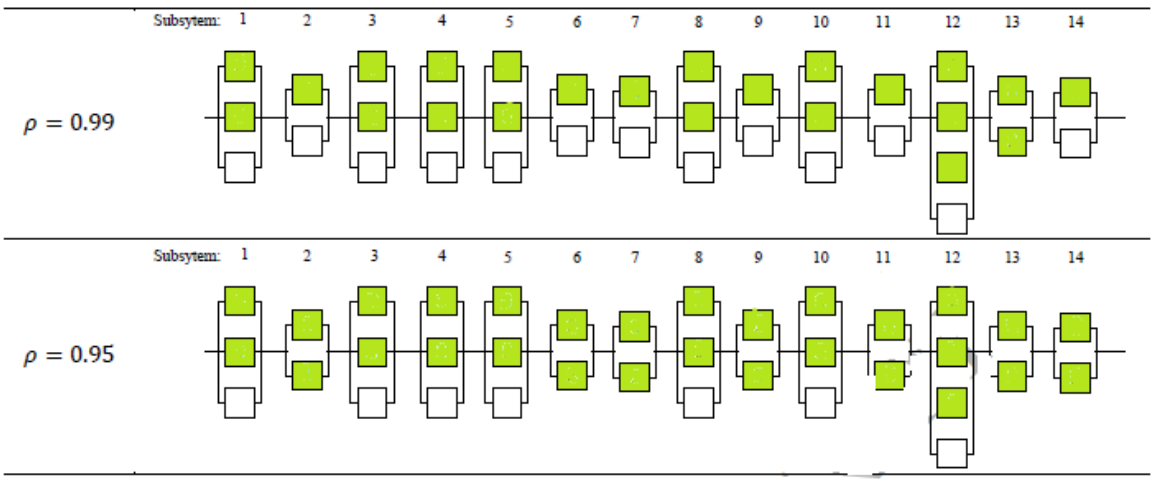
حال با توجه به تحقیقات عنوان‌شده‌ی فوق آن‌گونه که مشخص است، تمام مطالعات قبلی مسئله تخصیص افزونگی- قابلیت اطمینان، استراتژی فعال و آماده‌به‌کار و mix را موردبررسی قرار داده‌اند بدین منظور و با توجه به مزیت‌های استراتژی افزونگی k-mix ما در این پژوهش استراتژی k-mix را برای مسئله "تخصیص افزونگی- قابلیت اطمینان (RRAP) با در نظر گرفتن تعمیر پذیری اجزا و نیز توابع توزیع تصادفی مختلف برای زمان‌های خرابی و تعمیر اجزا" که پیچیده‌تر از مسئله RAP است به کارخواهیم گرفت و همچنین ازآنجایی‌که مسئله تخصیص افزونگی ازنظر زمان محاسباتی در دسته مسائل NP-HARD قرار می‌گیرد. باید از الگوریتم‌های فرا ابتکاری چند هدفه برای حل مدل‌های پیشنهادی استفاده شود بدین ترتیب در این پژوهش ما از الگوریتم‌های فرا ابتکاری چند هدفه به دلیل توانایی آن برای حل مسئله پیشنهادی، استفاده خواهیم نمود. روش‌های فرا ابتکاری چندهدفه به جهت انعطاف‌پذیری بالا و استفاده از

آن‌ها در گستره وسیعی از مسائل بهینه‌سازی در چند دهه اخیر بسیار موردتوجه واقع‌شده است. این روش‌ها برخلاف روش‌های ابتکاری به جواب اولیه وابسته نبوده و با جستجوی تصادفی در فضای جواب، در کمترین زمان به بهترین جواب نزدیک به بهینه، دست می‌یابد.

۳.سیستم موردمطالعه : سیستم سری- موازی

در این زیرمجموعه سیستم، سیستم مشهور سری- موازی(که از مطالعات فایف و همکاران[3]) که در شکل ۶ نشان داده‌شده است برگرفته‌شده که توسط کویت و همکاران [۴]وپس از آن توسط سایر محققان مورداستفاده قرار گرفت [4،2-10،6]. در RAP بررسی‌شده و استراتژی ترکیبی K در این مسئله تعیین معیار پیاده‌سازی شده است. سیستم سری- موازی شامل ۱۴ زیرمجموعه سیستم است که در هر یک‌دو ، سه و حداکثر چهار جزء سازنده با هزینه از پیش تعریف‌شده، وزن و پایایی قابل‌دسترسی هستند. داده‌های ورودی برای این تعیین معیار در جدول ۲ ارائه‌شده است.که از مطالعات کویت و همکاران به دست آمده است . هدف، به حداکثر رسانیدن پایایی سیستم در ۱۰۰ واحد زمانی موردنظر با توجه به هزینه سیستم (C=130) و وزن سیستم (W=170) است. فرض می‌شود که تشخیص شکست و سخت‌افزار سوچینگ، جزء افزونگی را تنها در پاسخ به شکست فعال می‌سازد.

برای انجام مقایسه واضح استراتژی‌های پیشنهادی و متعارف، برای هر مقدار از پایایی سوئیچ، مسئله در دو وضعیت حل می‌شود:
وضعیت ۱: زیرمجموعه‌های سیستم می‌تواند تنها از استراتژی‌های افزونگی متعارف یعنی؛ حالت انتظار، اکتیو و ترکیبی استفاده کنند.
وضعیت ۲: علاوه بر استراتژی‌های متعارف، زیرمجموعه سیستم‌ها اجازه استفاده از استراتژی ترکیبی K را می‌دهند.



شکل ۶:ساختار سیستم سری – موازی در مقدار مختلفی از قابلیت اطمینان سویچ

برای آنالیز کارایی استراتژی‌های مختلف، به‌ویژه استراتژی ترکیبی، با توجه به تغییرات در پایایی سوئیچ، مسئله تعیین معیار برای مقادیر مختلف سوئیچ ۰/۹۹، ۰/۹۵، ۰/۹۰ و ۰/۸۵ حل می‌شود. هدف اصلی، بررسی قابلیت استراتژی جدید برای غلبه بر وضعیت‌های مختلف است. هدف دوم، ارزیابی عملکرد استراتژی‌های مختلف موردمطالعه با استفاده از تغییرات مربوط به مقدار پایایی سوئیچ است. به‌طور ویژه، مشاهده نحوه تغییر بهترین استراتژی برای یک زیرمجموعه سیستم با تغییر مقادیر پایایی سوئیچ جالب می‌باشد.

جدول ۱: داده‌های جزء سازنده برای سیستم سری- موازی

	Choice 1 ($j=1$)			Choice 2 ($j=2$)			Choice 3 ($j=3$)			Choice 4 ($j=4$)		
	R_{ij}	c_{ij}	w_{ij}	R_{ij}	c_{ij}	w_{ij}	R_{ij}	c_{ij}	w_{ij}	R_{ij}	c_{ij}	w_{ij}
1	0.90	1	3	0.93	1	4	0.91	2	2	0.95	2	5
2	0.95	2	8	0.94	1	10	0.93	1	9	–	–	–
3	0.85	2	7	0.90	3	5	0.87	1	6	0.92	4	4
4	0.83	3	5	0.87	4	6	0.85	5	4	–	–	–
5	0.94	2	4	0.93	2	3	0.95	3	5	–	–	–
6	0.99	3	5	0.98	3	4	0.97	2	5	0.96	2	4
7	0.91	4	7	0.92	4	8	0.94	5	9	–	–	–
8	0.81	3	4	0.90	5	7	0.91	6	6	–	–	–
9	0.97	2	8	0.99	3	9	0.96	4	7	0.91	3	8
10	0.83	4	6	0.85	4	5	0.90	5	6	–	–	–
11	0.94	3	5	0.95	4	6	0.96	5	6	–	–	–
12	0.79	2	4	0.82	3	5	0.0.85	4	6	0.90	5	7
13	0.98	2	5	0.99	3	5	0.97	2	6	–	–	–
14	0.90	4	6	0.92	4	7	0.95	5	6	0.99	6	9

ما در این پژوهش برانیم که در یک RRAP با یک سیستم سری-موازی و زیرسیستم‌های k-out-of-n ،استراتژی افزونگی k-mix را با در نظر گرفتن تعمیرپذیری اجزا و نیز توابع توزیع تصادفی مختلف برای زمان‌های خرابی و تعمیر اجزا به‌کارگیریم و با استفاده رویکرد ترکیبی شبیه‌سازی و الگوریتم‌های فرا ابتکاری چند هدفه به حل آن بپردازیم .

همانطور که در سوابق مربوطه‌ی این پژوهش عنوان گردید از دو استراتژی mix و k-mix اخیراً معرفی‌شده در حال حاضر تنها استراتژی mix در RRAP به کار گرفته‌شده است و تنها از استراتژی k-mix در مسئله RAP استفاده‌شده است. در هر دو استراتژی mix و k-mix تعداد اجزاء فعال و آماده‌به‌کار هر زیرسیستم به‌عنوان متغیر تصمیم در نظر گرفته می‌شود که باید به‌طور بهینه تعیین گردد. این‌یک ویژگی رایج در بین این استراتژی‌ها است.

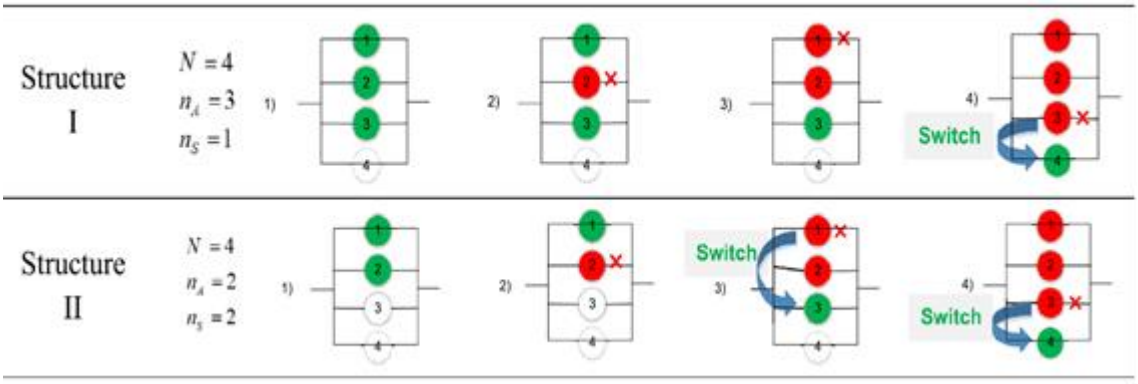
حال در اینجا ما تفاوت‌های بین استراتژی mix و k-mix را با در نظر گرفتن یک زیرسیستم با چهار جزء بیان خواهیم کرد تا به‌وضوح مزیت استراتژی به کار گرفته‌شده در این سیستم مشخص گردد.

برای مثال برای یک زیرسیستم خاص تمام استراتژی‌های متفاوت افزونگی (فعال، آماده‌به‌کار ، mix، k-mix) را که در جدول ۳ عنوان‌شده‌اند اجرا شد.

جدول ۲- چهار استراتژی افزونگی متفاوت

استراتژی افزونگی	ساختار	n_A	n_s
استراتژی فعال	–	4	0
استراتژی آماده به کار	–	1	3
استراتژی mix و k-mix	ساختار I	3	1
استراتژی mix و k-mix	ساختار II	2	2

برای نشان دادن ویژگی‌های متمایزکننده این دو استراتژی، آن‌ها را برای زیرسیستم پیشنهادی با چهار جزء اجرا کردند. همانطور که از جدول ۲ پیداست زیرسیستم مزبور بسته به اینکه استراتژی mix به‌کاررفته باشد یا استراتژی k-mix ، می‌تواند دو ساختار متفاوت داشته باشد: (۱) سه جزء در حالت فعال و یکی در آماده‌به‌کار ؛ (۲) دو جزء فعال و دو جزء آماده‌به‌کار. شکل ۷ این دو ساختار متفاوت را در چارچوب استراتژی mix نشان داده است.



شکل ۷- استراتژی افزونگی mix

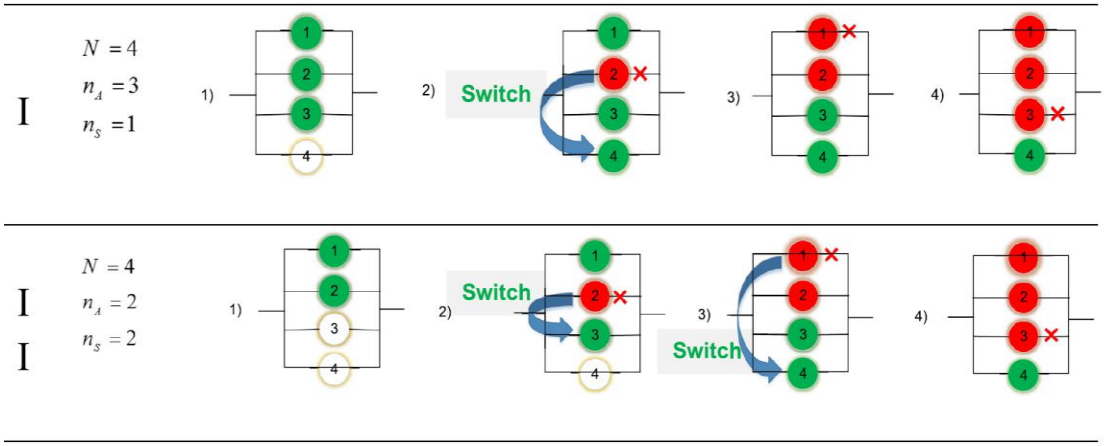
واضح است که زیرسیستم عملیاتش را با سه جزء فعال در ساختار ۱ یا با دو جزء فعال در ساختار ۲ آغاز می‌کند. وقتی اولین جزء فعال خراب بشود هیچ اتفاقی برای ساختارها نمی‌افتد و زیرسیستم به کار کمک بقیه اجزاء فعال خود به کارش ادامه می‌دهد. وقتی دومین جزء در ساختار ۱ خراب شود زیرسیستم با آخرین جزء فعال به کارش ادامه خواهدداد. اما در ساختار ۲، سیستم کلیدزنی اولین جزء آماده‌به‌کار را برای جایگزین کردن جزء خراب فعال می‌کند زیرا دومین جزءای که در حال ازکارافتادن است آخرین جزء فعال می‌باشد. از این نقطه به بعد فقط یک جزء در هر دو ساختار فعال است و پس از خرابی آن، یک جزء آماده‌به‌کار با ترتیبی که از قبل تعیین‌شده جای آن را می‌گیرد. این روش تا جایی ادامه می‌یابد که حداقل یک جزء آماده‌به‌کار وجود داشته باشد. بعد از فعال شدن آخرین جزء آماده‌به‌کار ، وقتی این جزء هم خراب بشود زیرسیستم از کار می‌افتد. قابل‌ذکر است که بعد از خرابی آخرین جزء فعال، جزء آماده‌به‌کار در استراتژی mix شروع به کار می‌کند. این روش (یعنی فعال‌سازی یک جزء آماده‌به‌کار افزونه برای جایگزین کردن جزء فعال خراب) با روش استراتژی آماده‌به‌کار یکی است. نتایج عددی نشان دادند که استراتژی mix به ازاءِ قابلیت اطمینان کلید برابر با ۰/۹۹، قابلیت اطمینان بیشتر ازآنچه با هریک از استراتژی‌های فعال یا آماده‌به‌کار حاصل می‌گردد را به بار می‌آورد.

هر دو استراتژی mix و آماده‌به‌کار برای جایگزین‌سازی اجزاء افزونه در زیرسیستم به یک مکانیسم/ سیستم کلیدزنی نیاز دارند که امکان دارد خودش هم از کار کردن ساقط شود. چنانچه سیستم کلیدزنی در زمان تعویض جزءها از کار بیفتد زیرسیستم (و درنتیجه، کل سیستم) خراب می‌شود درحالی‌که بازهم اجزاء آماده‌به‌کار افزونه استفاده‌نشده، وجود دارند. بنابراین قابلیت اطمینان سیستم کلیدزنی، نقطه‌ضعفی برای استراتژی‌های آماده‌به‌کار و mix به شمار می‌رود زیرا نقش مهم و تعیین‌کننده‌ای در عملکردشان بازی می‌کند.

نقش مهم استراتژی k-mix ، ارائه یک استراتژی جدید است که حساسیت کمتری به قابلیت اطمینان کلید دارد. پس ما انتظار داریم این استراتژی قابلیت اطمینان سیستم را افزایش دهد. تمام جزءها در استراتژی k-mix که به‌عنوان فرم عمومی استراتژی mix پیشنهادشده کار خود را در زمان صفر شروع می‌کنند. وقتی اولین جزء فعال خراب شود سیستم کلیدزنی بلافاصله آن را با اولین جزء آماده‌به‌کار حاضر تعویض می‌کند؛ و در اینجاست که تفاوت اصلی استراتژی mix با استراتژی k-mix آشکار می‌شود. هرچند در این موقعیت یکسان، استراتژی mix هیچ‌کدام از اجزاء آماده‌به‌کار را فعال نمی‌کند و سیستم به کمک بقیه اجزاء فعال به کارش ادامه می‌دهد اما استراتژی k-mix جزء خراب را با اولین جزء آماده‌به‌کار موجود تعویض خواهد کرد. اگر جزء فعال بعدی از کار بیفتد با جزء آماده‌به‌کار بعدی تعویض می‌شود و این روند به همین صورت تکرار می‌شود تا تمام اجزاء افزونه فعال‌شده و به زیرسیستم اضافه بشوند. به عبارتی

استراتژی k-mix سعی دارد تعداد مشخصی از جزءها را تا مدت‌زمان هرچه بیشتری در حالت فعال نگه دارد (یعنی تعداد آغازین اجزاء فعال).

ازاینجا به بعد زیرسیستم با بقیه اجزاء فعال کار می‌کند. سپس با خراب شدن آخرین جزء فعال، زیرسیستم از کار می‌افتد. شکل ۸ زیرسیستم پیشنهادی با استراتژی افزونگی k-mix را در ساختار ۱ و ۲ (در مقایسه با شکل ۷) نشان داده است.



شکل ۸- افزونگی k-mix

می‌بینیم که تعداد اجزاء فعال در استراتژی k-mix با تعداد آن‌ها در استراتژی mix برابر است. لازم به ذکر است که در این ساختار در هر زمان معین فقط یک جزء برای کار کردن زیرسیستم موردنیاز می‌باشد

۴. نتیجه‌گیری

سیستم‌های تکنولوژی پیشرفته اکثراً پیچیده و گران هستند اما باید خیلی قابل‌اطمینان باشند زیرا در صنعت مدرن نقش مهمی را ایفا می‌کنند. ما می‌توانیم برای افزایش قابلیت اطمینان یک سیستم خاص از اجزاء بسیار مطمئن و یا یک پیکربندی خوب طراحی برای برطرف نمودن شرایط کارکردی الزامی و مشخصه‌های عملکردی استفاده کنیم.

ضمن آنکه ازآنجایی‌که ساختار سیستم می‌تواند تأثیر بسزایی روی قابلیت اطمینان سیستم داشته باشد، تعمیرپذیر بودن یا نبودن اجزای سیستم نیز از دیگر موضوعات تأثیرگذار بر عملکرد صحیح یک سیستم در مدت‌زمان کارکرد آن محسوب می‌شود. امروزه با پیشرفت بشر در حوزه‌های مختلف دانش، نیازهای صنایع دچار تغییر شده و مفاهیم پایایی و قابلیت اطمینان جایگاه ویژه‌ای در طراحی و تولید قطعات و سیستم‌های صنعتی پیداکرده است. این پیشرفت‌ها در کنار عواملی همچون توسعه سریع فناوری، گسترش محصولات پیچیده و رقابت شدید جهانی منجر به افزایش انتظارات مشتریان گردیده و توقعات را از تولید کنندگان به منظور تولید محصولاتی با کیفیت بیشتر و قابلیت اطمینان بالاتر افزایش داده است. لذا قابلیت اطمینان به عنوان یکی از ابعاد مهم در کیفیت محصول شناخته می‌شود. بطور کلی هدف از مسئله بهینه سازی قابلیت اطمینان ، پیدا کردن تعداد بهینه قطعات مازادی است که می بایست جهت ارضای اهداف مهندس قابلیت اطمینان در سیستم قرار گیرند. در حال حاضر بهینه سازی طراحی بر مبنای افزایش قابلیت اطمینان، یکی از مراحل اصلی در طراحی و تولید سیستم های نوین محسوب می‌شود؛ اما عموما بهبود در قابلیت اطمینان منجر به افزایش هزینه های سیستم و تغییر در پارامترهایی مانند حجم و وزن می شود که در نتیجه لزوم برقراری تعادل میان قابلیت اطمینان و سایر منابع ذکر شده را ضروری جلوه می دهد.

همچنین یک سیستم صنعتی از تعداد زیادی مؤلفه‌های پیچیده تشکیل می‌گردد. احتمال بقای سیستم به‌طور مستقیم وابسته به تک‌تک مؤلفه‌های تشکیل‌دهنده آن است. عملیاتی بودن و دسترسی‌پذیری این سیستم‌ها تا حداکثر زمان ممکن برای حداکثر کردن تولید و سود وابسته، فاکتوری مهم محسوب می‌گردد. خرابی‌های سیستم ممکن است نتیجه خطای انسانی، تعمیر و نگهداری ضعیف، آزمایش ناقص و بازرسی نامناسب باشد. بنابراین نیاز به توسعه یک روش مناسب برای افزایش تولید و نیز بهره‌وری سیستم می‌باشد. افزایش نیاز به طراحی سیستم‌هایی باقابلیت اطمینان بالا تقاضاهای بیشتری را برای مطالعات بهینه‌سازی قابلیت اطمینان ایجاب می‌نماید. موضوع اصلی در کارآمد بودن صنایع امروزی ایجاد سیستم‌هایی باقابلیت اطمینان بالاتر می‌باشد که یکی از روش‌های دستیابی به این هدف کاربرد مؤلفه‌های افزونگی در سیستم است که می‌توان با قرار دادن مؤلفه‌های اضافی به‌صورت موازی "تخصیص افزونگی" یا کاربرد ترکیبی از افزایش قابلیت اطمینان مؤلفه و مؤلفه‌های اضافی ایجادشده به‌صورت موازی "تخصیص افزونگی- قابلیت اطمینان" به این مهم دست‌یافت. یک افزونگی یک مؤلفه اضافه‌شده به یک زیرسیستم در یک ساختار سری- موازی به‌منظور افزایش تعداد مسیرهای جایگزین باهدف بهبود قابلیت اطمینان سیستم می‌باشد. تعیین تعداد افزونگی‌های اختصاص‌یافته در هر زیرسیستم باهدف بیشینه کردن قابلیت اطمینان سیستم اساس یک مسئله تخصیص افزونگی قابلیت اطمینان می‌باشد.

منابع

[1] Abouei Ardakan, M., Sima, M., Zeinal Hamadani, A., & Coit, D. W. (2016). A novel strategy for redundant components in reliability--redundancy allocation problems. *IIE Transactions*, *48*(11), 1043-1057 .

[2] Afonso, L. D., Mariani, V. C., & dos Santos Coelho, L .(۲۰۱۳) .Modified imperialist competitive algorithm based on attraction and repulsion concepts for reliability-redundancy optimization. *Expert Systems with Applications*, *40*(9), 3794-3802 .

[3] Caserta, M., & Voß, S. (2015). An exact algorithm for the reliability redundancy allocation problem. *European journal of operational research* .۱۱۰-۱۱۶ ,(۱)۲۴۴ ,

[4] He, Q., Hu, X., Ren, H., & Zhang, H. (2015). A novel artificial fish swarm algorithm for solving large-scale reliability–redundancy application problem. *ISA transactions*, *59*, 105-113 .

[5] Hemmati, M., Amiri, M., & Zandieh, M. (2018). Optimization redundancy allocation problem with nonexponential repairable components using simulation approach and artificial neural network. *Quality and Reliability Engineering International*, *34*(3), 278-297 .

[6] Huang, C.-L. (2015). A particle-based simplified swarm optimization algorithm for reliability redundancy allocation problems. *Reliability engineering & system safety*, *142*, 221-230 .

[7] Khorshidi, H. A., Gunawan, I., & Ibrahim, M. Y. (2016). A value-driven approach for optimizing reliability-redundancy allocation problem in multi-state weighted k-out-of-n system. *Journal of Manufacturing Systems*, *40*, 54-62 .

[8] Kim, H., & Kim, P. (2017). Reliability–redundancy allocation problem considering optimal redundancy strategy using parallel genetic algorithm. *Reliability engineering & system safety*, *159*, 153-160 .

[9] Ouyang, Z., Liu, Y., Ruan, S.-J., & Jiang, T. (2019). An improved particle swarm optimization algorithm for reliability-redundancy allocation problem with mixed redundancy strategy and heterogeneous components. *Reliability engineering & system safety*, *181*, 62-74 .

[10] Peiravi, A., Karbasian, M & ,Abouei Ardakan, M. (2018). K-mixed strategy: A new redundancy strategy for reliability problems. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability*, *232*(1), 38-51 .

[11] Peiravi, A., Karbasian, M., Ardakan, M. A & ,Coit, D. W. (2019). Reliability optimization of series-parallel systems with K-mixed redundancy strategy. *Reliability engineering & system safety*, *183*, 17-28 .

[12] Yeh, W.-C. (2018). A novel boundary swarm optimization method for reliability redundancy allocation problems. *Reliability engineering & system safety* .

[13] Zhao, J., Si, S., Cai, Z., Su, M., & Wang, W. (2019). Multiobjective optimization of reliability–redundancy allocation problems for serial parallel-series systems based on importance measure. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability*, 1748006X19844785 .

[۱۴] رمضانیان, رضا و مهران حسینی، ۱۳۹۷، بهینه سازی دوهدفه ی مسئله ی تخصیص افزونگی سیستم های سری موازی با اجزای تعمیرپذیر با الگوریتم ژنتیک چندهدفه مبتنی بر شبیه سازی تبرید، *مجله ی مهندسی صنایع و مدیریت شریف ۳۴ (۲)*، https://www.civilica.com/Paper-JR_SJIE-JR_SJIE-34-2_004.html

[۱۵] عظیمی, پرهام و فرهاد هادی نژاد، ۱۳۹۵، ارایه مدل بهینهسازی چند هدفه در مساله تخصیص افزونگی سیستم های تعمیرپذیر، با بهره گیری از تکنیک های تصمیم گیری چندمعیاره، طراحی آزمایشات و شبیه سازی، *فصلنامه مطالعات مدیریت صنعتی ۱۴ (۴۱)*، https://www.civilica.com/Paper-JR_JIMS-JR_JIMS-14-41_005.html