نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید
IERPS
ISSN: 2345-2269
نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید
سال ششم، شماره دوازدهم، بهار و تابستان ۱۳۹۷، صفحه ۸۳-۱۰۱
www.ier.basu.ac.ir
DOI: 10.22084/ier.2018.12114.1555

ترکیب سرویس‌ها در ساخت و تولید ابری: مدل‌سازی ریاضی و توسعه الگوریتم فراابتکاریِ مبتنی بر آنالیز چشم‌انداز

عادله کردگاری[۱]، کوروش عشقی[۲،*]، حسین اکبری‌پور[۳]

۱. کارشناسی‌ارشد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران.
۲. استاد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران.
۳. دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:
دریافت ۱۳۹۵/۰۹/۲۰
پذیرش ۱۳۹۷/۰۴/۰۶

کلمات کلیدی:
ساخت و تولید ابری
ترکیب سرویس‌ها
بهینه‌سازی
الگوریتم جستجوی محلی
آنالیز چشم‌انداز

خلاصه

در این پژوهش، به عنوان نخستین نوآوری، مدل‌سازی عدد صحیح مسئله ترکیب سرویس‌ها ضمن رعایت ساختار عمومی ترکیب سرویس‌ها (متشکل از ساختارهای متوالی، موازی و حلقه‌ای) ارائه شده و حمل و نقل بین منابع تولیدی پراکنده در سطح جغرافیا نیز به عنوان یک نوآوری جدید در مدل ریاضی لحاظ گردیده است. در ادامه، دو مسئله نمونه‌ی متفاوت از ترکیب سرویس‌های ساخت و تولید توسعه می‌یابد به‌نحوی‌که در آن‌ها هر یک از مراکز استان‌های ایران شامل یک کارخانه تولیدی هستند و توانایی انجام برخی از سرویس‌های از پیش تعیین شده را خواهند داشت. جهت حل بهینه مسائل نمونه مذکور از الگوریتم شاخه و کران بهره گرفته می‌شود. علاوه بر این، پیش از توسعه الگوریتم فراابتکاری به منظور حل مسئله، آنالیز چشم‌انداز مسئله ترکیب سرویس‌ها صورت می‌پذیرد. نتایج این آنالیز بیان می‌دارد که چشم‌انداز مسئله ساختار تصادفی یکنواخت دارد و بهینه‌های محلی در فضای حل مسئله پراکنده شده‌اند. در چنین شرایطی، الگوریتم‌های مبتنی بر یک جواب می‌توانند با آغاز از هر پاسخ اولیه و پس از چند تکرار به یک بهینه محلی نائل آیند. لذا به منظور حل مسئله، ساده‌ترین الگوریتم فراابتکاری مبتنی بر یک جواب، یعنی الگوریتم جست‌وجوی محلی نیز می‌تواند راهگشا باشد. در پایان، نتایج الگوریتم فراابتکاری با نتایج الگوریتم دقیق مورد مقایسه قرار گرفته که توانایی الگوریتم جست‌وجوی محلی در حل بهینه و یا نزدیک به بهینه مسئله ترکیب سرویس‌ها با هزینه محاسباتی کمتر را نشان می‌دهد.

۱- مقدمه

نیازها و الزامات مشتریان و کاربران در دنیای رقابتی کنونی به سرعت در حال تغییر می‌باشد و بسیاری از مشتریان تمایل دارند محصولات سفارشی شده را با بهترین قیمت و کیفیت و در کمترین زمان ممکن دریافت نمایند. این در حالی است که شرکت‌های تولیدی بزرگ و کوچک به منظور پاسخگویی به نیازهای مشتریان با مشکلاتی مواجه هستند. منابع تولیدی شرکت‌های بزرگ معمولاً در سطح جغرافیا پراکنده هستند و یکپارچه‌سازی آن‌ها همواره با چالش‌های جدی همراه بوده است. از طرف دیگر، شرکت‌های کوچک و میان اندازه توانایی رقابت با شرکت‌های تولیدی بزرگ را نداشته و مشتریان خود را به مرور از دست می‌دهند. خوشبختانه، با پیشرفت‌های اخیر فناوری اطلاعات و اینترنت اشیا، می‌توان مشکلات فوق‌الذکر را به‌طور مناسبی مرتفع ساخت. در واقع، مسیر دستیابی به مفهوم جهانی‌سازی هموارتر

* نویسنده مسئول: کوروش عشقی
تلفن: ۶۶۱۶۵۷۱۲-۰۲۱؛ پست الکترونیکی: eshghi@sharif.ir

از گذشته شده است به‌طوری‌که شرکت‌ها می‌توانند منابع و تکنولوژی‌های مختلف را تسهیم نمایند و همچنین در صورت لزوم از منابع دیگران در راستای جبران کمبودهای تولیدی خود بهره گیرند [۱]. تولید مدرن در راستای جهانی‌شدن، حضور در بازار رقابتی و توسعه اقتصاد جهانی ضمن استفاده از کامپیوتر و تکنولوژی‌های مدیریت، تغییرات قابل توجهی را تجربه می‌کند. امروزه، مأموریت کلیدی سیستم‌های تولیدی از افزایش میزان تولید، کاهش هزینه، افزایش کیفیت و سرعت پاسخ‌گویی به تأکید بر روی دانش و سرویس‌گرایی تبدیل شده است [۲]. ساخت و تولید ابری به عنوان یک مدل سرویس محور امکان تولید محصولات سفارشی شده از طریق یکپارچه‌سازی منابع تولیدی مستقر در مکان‌های جغرافیایی مختلف را تسهیل می‌نماید. این مدل، در عین حال بستر مناسبی را جهت به اشتراک‌گذاری منابع تولیدی فراهم می‌آورد [۲-۱]. به عنوان یک برداشت ساده از مدل تولید ابری می‌توان چنین توضیح داد که پس از دریافت تقاضای تولیدی پیچیده و سفارشی یک مشتری، تقاضا به یک یا چند فعالیت جزئی تجزیه می‌شود به‌طوری‌که هر یک از آن‌ها حداقل توسط یک منبع تولیدی (مستقل از مکان جغرافیایی آن) قابل انجام باشد. سپس، تولید ابری نسبت به مدیریت و یکپارچه‌سازی منابع تولیدی می‌پردازد به نحوی که تقاضای مشتری با بهترین مشخصات پاسخ داده شود. از جمله چالش‌های اساسی در تولید ابری که تحقیق حاضر نیز به بررسی آن می‌پردازد، مسئله ترکیب سرویس‌هاست که در آن چگونگی تخصیص بهینه فعالیت‌های تولیدی به منابع (که در قالب سرویس ابری ارائه خواهند شد) مورد بررسی واقع می‌شود؛ به عبارت دیگر، زمانی که تقاضای یک مشتری با استفاده از یک سرویس مجزا و مشخص قابل ارضا نباشد، عموماً ترکیبی از سرویس‌ها به منظور پاسخگویی به نیازهای مشتری مورد نیاز خواهد بود. سؤال اینجاست که چگونه بایستی ترکیب بهینه سرویس‌ها را مشخص نمود؟

اگرچه اخیراً مسئله ترکیب سرویس‌ها در فضای ساخت و تولید ابری مورد توجه محققین قرار گرفته است اما تحقیقات قابل دسترس در این حوزه نمی‌تواند پاسخگوی نیازهای دنیای واقعی باشد. این مسئله در واقع یک پژوهش توسعه یافته از مسئله ترکیب سرویس وب می‌باشد. انتشارات IEEE در ۵ سال اخیر به تنهایی بیش از ۳۰۰۰ مقاله مرتبط با ترکیب سرویس وب به چاپ رسانده است. شایان ذکر است که تعداد زیادی از مقالات مذکور به روش‌های مختلف ارزیابی کیفیت سرویس مربوط می‌شود. برای مثال مجموعه فازی [۴-۳]، مقایسه دوگانه [۵]، نقطه ایده [۶] و گراف مارکوف [۷] در راستای ارزیابی کیفیت سرویس مورد استفاده واقع شده‌اند. تائو، ژائو و ژانگ [۸] روش انتخاب بهینه سرویس منابع را بر مبنای استفاده از مجموعه فازی توسعه دادند به‌طوری‌که در آن کارایی ترکیب سرویس‌ها و راه‌حل بهینه بر مبنای ارزیابی کیفیت سرویس می‌باشد و وزن‌های مشخصی را برای پارامترهای مختلف کیفیت سرویس مشخص می‌کند. اگرچه معمولاً در تحقیقات قبلی مسئله ترکیب سرویس‌های ساخت و تولید ابری، همچون پژوهش‌های [۱۱-۸]، حمل و نقل بین منابع در نظر گرفته نشده، اما کیفیت ترکیب سرویس‌ها ضمن بررسی هزینه و یا زمان به‌کارگیری سرویس‌ها مورد توجه بوده است [۱۲]. علاوه بر این، تائو فئی و همکاران [۱۳] سیستم مدیریت ساخت و تولید ابری را برای پاسخ به نیازهای سرویس‌های ابری طراحی کردند. لئو وینینگ و همکاران [۱۴] یک مسئله مبتنی بر سرویس در فضای ساخت و تولید ابری را ارائه داده و به وسیله الگوریتم ژنتیک به حل بهینه مسئله با هدف بیشینه‌سازی کیفیت پرداختند. لی هایبو و همکاران [۱۵] یک جریان کار را بر اساس روش چنددانه‌ای برای بررسی موقعیت منابع پیشنهاد کردند. زو و همکاران [۱۶] یک الگوریتم ژنتیک بهبود یافته را به منظور یافتن بهترین راه‌حل با در نظر گرفتن اهدافی از قبیل زمان، هزینه و کیفیت سرویس‌ها طراحی نمودند. یو و همکاران [۱۷] یک مدل تطبیق یافته بر پایه الگوریتم مورچگان پیشنهاد کردند که با هدف زمان و هزینه بهینه بهترین موقعیت منابع را مورد شناسایی قرار می‌دهد. ترکیب سرویس‌ها می‌تواند در قالب یک مسئله با تابع چندهدفه نمود داشته باشد و محدودیت‌هایی با ماهیت‌های مختلف را در برگیرد. حل این مسئله چندهدفه توسط الگوریتم‌های بهینه‌سازی هوشمند قابل انجام خواهد بود و از آن جمله می‌توان به الگوریتم ژنتیک، الگوریتم زنبورعسل و الگوریتم بهینه‌سازی ذرات اشاره کرد [۱۸]. در پژوهش [۱۸] از الگوریتم زنبورعسل برای یافتن ترکیب بهینه سرویس‌ها استفاده شده و در آن چهار تابع هدف با عناوین هزینه، زمان، قابلیت دسترسی و قابلیت اطمینان در نظر گرفته شده است. تربیک و همکارانش [۱۹] الگوریتم‌های حل مسئله ترکیب سرویس‌ها را مقایسه و خلاصه‌ای از نتایج آن را ارائه کردند. نتایج این تحقیق بیان می‌دارد که جهت حل مسئله انتخاب و ترکیب بهینه سرویس‌ها، الگوریتم‌های هوشمند بیشتر مورد توجه هستند چرا که معمولاً در مقایسه با الگوریتم‌های دقیق سریع‌تر و راحت‌تر برنامه‌نویسی می‌شوند. از جمله تحقیقات دیگر در حوزه مسئله ترکیب سرویس‌ها می‌توان به به‌کارگیری الگوریتم ژنتیک [۲۰]، الگوریتم بهینه‌سازی ذرات و الگوریتم مورچگان [۲۱] اشاره نمود. همچنین، برخی از الگوریتم‌های موجود در ادبیات از جستجوی محلی و الگوریتم‌های مبتنی بر جمعیت استفاده می‌کنند و همگرایی و تنوع در ترکیب سرویس‌ها را بهبود می‌بخشند [۲۲].

در [۲۳] رویکردی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک به منظور بررسی مسئله ترکیب سرویس‌ها در فضای ساخت و تولید ابری با در نظر گرفتن ارتباطات کیفیتی بالقوه در میان سرویس‌های ابری ارائه شد. لارتیگا و همکاران مسئله ترکیب سرویس‌ها را با چهار ساختار پایه (شامل متوالی، موازی، حلقه‌ای و انتخابی) و لحاظ نمودن سرویس‌های حمل و نقل مورد بررسی قرار دادند و سپس به کمک الگوریتم زنبورعسل به بهینه‌سازی مسئله پرداختند [۲۴]. مسئله ارزیابی کیفیت سرویس‌های فازی (مورد استفاده در تحلیل

ویژگی‌های غیر عملکردی) و انتخاب بهترین سرویس ابری با در نظرگیری اولویت طراحی توسط ژنگ و همکاران در [۲۵] مورد مطالعه قرار گرفت. ژو، وانگ و سایر همکاران چالش‌های آتی مسئله ترکیب سرویس‌ها با داده‌های بزرگ را بررسی نموده و یک رویکرد دومرحله‌ای جهت بهینه‌سازی مسائل ترکیب سرویس در تولید ابری با ابعاد بزرگ ارائه دادند [۲۶]. در [۲۷] مسئله ترکیب سرویس‌ها به عنوان یک مدل ریاضی چندهدفه ارائه شده است به‌طوری‌که در آن علاوه بر هزینه و زمان تولید، میزان انرژی مورد نیاز جهت تولید محصول نیز بهینه می‌شود. در ادامه، مؤلفین از الگوریتم ژنتیک چندهدفه در راستای حل مدل توسعه یافته بهره گرفته‌اند. پژوهش [۲۸] رویکردی مبتنی بر دانش جهت ترکیب سرویس‌ها در تولید ابری پیشنهاد نموده و ساختاری مبتنی بر وب در راستای حل مسئله برای یک مطالعه موردی توسعه داده است. اکبری پور و همکاران در [۲۹] یک مدل برنامه‌ریزی مختلط به منظور بهینه‌سازی ترکیب سرویس‌ها و زمان‌بندی آن‌ها در فضای تولید ابری ارائه کرده‌اند و برخلاف بسیاری از تحقیقات پیشین عدم دسترس‌پذیری منابع تولیدی در طول زمان را نیز مدنظر قرار داده‌اند.

جهت انجام تحقیق حاضر، ضمن بررسی مطالعات انجام شده در حوزه ترکیب سرویس‌های فضای ساخت و تولید ابری، شکاف تحقیقاتی مورد شناسایی قرار گرفت. برخلاف مسئله ترکیب سرویس‌ها در فضای رایانش ابری که در آن کلیه سرویس‌ها ضمن به‌کارگیری بستر شبکه و اینترنت قابل تحویل خواهند بود، در نظرگیری حمل و نقل و لجستیک بین منابع در مسئله ترکیب سرویس‌های ساخت و تولید ابری اساسی و ضروری جلوه می‌نماید. لذا در این تحقیق به مبحث حمل و نقل بین منابع تولیدی نگاه ویژه‌ای شده است و این مهم مدل‌سازی مسئله را به شرایط دنیای واقعی بیش از پیش نزدیک می‌نماید. همچنین، ارائه مسئله ترکیب سرویس‌ها با تابع چندهدفه در تحقیقات پیشین کمتر مورد توجه بوده است حال آنکه کیفیت ترکیب سرویس‌ها به عوامل مختلفی از جمله هزینه و زمان وابستگی شدید دارد. لذا این پژوهش مسئله ترکیب سرویس‌ها را با تابع هدف چندگانه مورد بررسی قرار می‌دهد و ضمن به‌کارگیری الگوریتم‌های دقیق و فراابتکاری و همچنین مسئله نمونه با داده‌های نیمه واقعی از کشور ایران به حل آن می پردازد.

ادامه‌ی این مقاله در چارچوب زیر ارائه خواهد شد: بخش دوم مقاله به ارائه توضیحاتی درباره‌ی رایانش ابری و ساخت و تولید ابری می‌پردازد و بخش سوم مدل‌سازی عدد صحیح مسئله ترکیب سرویس‌ها با ساختار ترکیبی و در نظرگیری حمل و نقل بین منابع تولیدی را تشریح می‌کند. تولید مسئله نمونه و رویکردهای حل آن به همراه نتایج محاسباتی در بخش چهارم مورد بررسی قرار می گیرند. مقاله در بخش پنجم و ضمن تبیین نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادهایی جهت تحقیقات آتی به پایان می‌رسد.

۲- از رایانش ابری به ساخت و تولید ابری

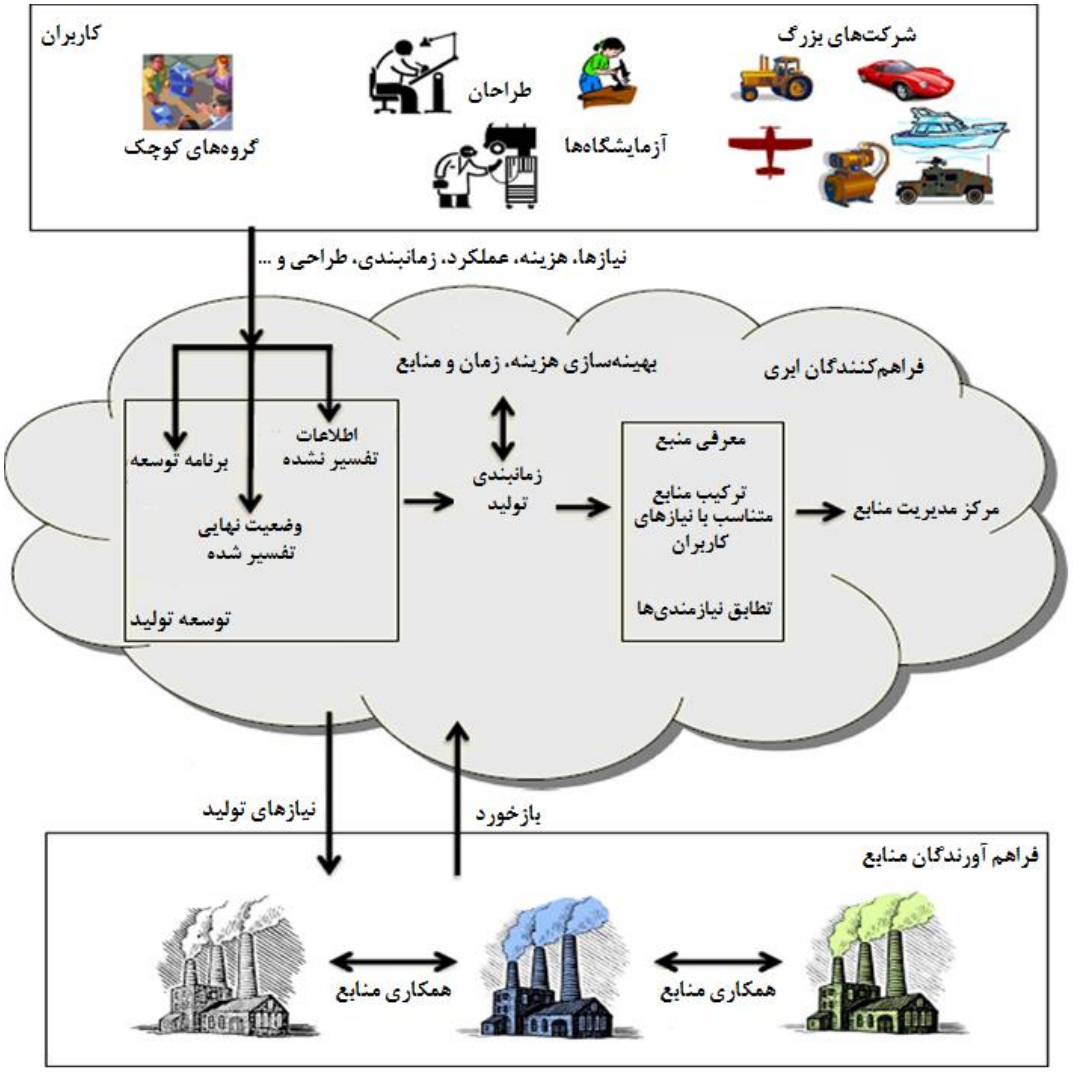
مطابق تعریف موسسه ملّی استاندارد و فناوری[1] (NIST) ایالات‌متحده رایانش ابری مدلی است که امکان دسترسی شبکه‌ایِ فراگیر، راحت و مبتنی بر تقاضا به مجموعه‌ای به اشتراک گذاشته از منابع محاسباتی قابلِ پیکربندی مجدد (مانند شبکه‌ها، سرورها، تجهیزات انبارش داده، نرم‌افزارهای کاربردی و سرویس‌ها) را با کمترین تلاش مدیریتی و تعامل با ارائه‌دهندگان منابع فراهم می‌آورد [۳۰].

رایانش ابری در واقع یک شکل از محاسبات مبتنی بر اینترنت است که از تسهیم منابع محاسباتی (شامل سخت‌افزار و نرم‌افزار) در راستای تحقق انسجام، انعطاف‌پذیری و اقتصادسنجی شبکه‌ی مشخص بهره می‌برد. در رایانش ابری هماهنگی و کنترل ابر به وسیله استفاده از منابع به اشتراک گذاشته شده به‌جای استفاده از سرویس‌های محلی یا ابزارهای خصوصی ممکن می‌گردد. محققان از کلمه ابر به عنوان یک استعاره از «اینترنت» استفاده می‌کنند و از اصطلاح رایانش ابری به معنای یک شکل از محاسبات بر پایه‌ی اینترنت صحبت به میان می‌آورند. در رایانش ابری می‌توان خدمات (از جمله: سرورها، نرم‌افزارها و برنامه‌های کاربردی) را به شخص یا کامپیوترهای یک سازمان از طریق اینترنت تحویل داد. رایانش ابری می‌تواند به تعداد زیادی از نگرانی‌های مربوط به تولید شبکه‌ای خاتمه دهد. رایانش ابری مفهوم‌های جدیدی از هماهنگی و مجازی‌سازی را به نمایش می‌گذارد. هدف اصلی این تکنولوژی فراهم کردن مدل‌های توزیع مناسب بر روی تقاضا با بالاترین سطح اطمینان، مقیاس‌پذیری، در دسترس بودن و عملکرد می‌باشد. رایانش ابری یک افق جدیدی است که در آن همه‌چیز به عنوان یک سرویس در نظر گرفته می‌شود. برای مثال نرم‌افزار، سکو و زیر ساختار به عنوان یک سرویس در نظر گرفته می‌شود.

در سال ۲۰۱۲ دکتر ژو بر اساس مفهوم رایانش ابری، ساخت و تولید ابری را تعریف کرد. با در نظر گرفتن ایده ژو در بحث ساخت و تولید ابری می‌توان به دو شکل از رایانش ابری استفاده کرد [۳۰]: ۱) استفاده از رایانش ابری در فضای ساخت و تولید: به آن معنا که امور مربوط به ساخت و تولید که از جنس محاسباتی می‌باشد را در فضای رایانش ابری انجام داده و نتیجه را به فضای ساخت و تولید ابری وارد کرد. ۲) تقلید از رایانش ابری در فضای ساخت و تولید: به آن معنا که در تعریف رایانش ابری به‌جای منابع محاسباتی از منابع ساخت و تولیدی و قابلیت‌های متناظر استفاده می‌شود. منابع ساخت و تولیدی در واقع همان دستگاه‌های ساخت و تولید و ماشین‌های تولیدی هستند. منظور از قابلیت ساخت و تولید دانشی است که جنبه‌ی فیزیکی ندارد و از طریق ابر در اختیار دیگران قرار می‌گیرد. از جمله قابلیت‌های ساخت و تولید می‌توان «مدیریت به عنوان یک سرویس» و «نگهداری و تعمیرات به عنوان یک

1. National Institute of Standards and Technology

سرویس» اشاره کرد. در راستای آشنایی بیشتر، یک مدل مفهومی از تولید ابری در شکل ۱ به تصویر کشیده شده است [۳۱]. همچون یک زنجیره تأمین، هدف غایی از توسعه یک مدل تولید ابری پاسخگویی به نیازهای مشتریان از طریق بهینه‌سازی تعاملات و یکپارچه‌سازی فرآیندهای تأمین، تولید و سیستم‌های لجستیکی است [۳۲]. با این حال تفاوت‌های اساسی بین مدیریت زنجیره تأمین و مدل تولید ابری وجود دارد. تولید ابری مدلی سرویس محور و زنجیره تأمین سیستمی با محوریت محصول است به این معنی که کلیه سازوکارهای یک زنجیره تأمین در راستای ارائه محصولات (یا خدمات) مشخصی ایجاد می‌گردند حال آنکه در مدل تولید ابری صرفاً از طریق فروش سرویس‌ها (مثلاً سرویس ماشین‌کاری یا سرویس جوشکاری) ارزش‌افزوده ایجاد می‌شود. در نتیجه مدل تولید ابری لزوماً جهت ساخت یک یا چند محصول مشخص ایجاد نمی‌شود و در آن علاوه بر امکان فروش سرویس‌های تکی می‌توان از طریق یکپارچه‌سازی و ترکیب سرویس‌ها نسبت به ارضای طیف وسیع‌تری از تقاضاهای پیچیده و سفارشی اقدام نمود. تولید ابری یک مدل تولیدی کاملاً کششی است که به محض دریافت تقاضای مشتری در جهت تولید آن برنامه‌ریزی می‌کند حال آنکه زنجیره تأمین‌های بسیاری با ساختار فشاری و یا فشاری-کششی متصور است. در یک زنجیره تأمین مشخص، هر موجودیت در قالب یکی از نقش‌های مشتری، تولیدکننده و یا تأمین‌کننده به ایفای نقش می‌پردازد [۳۳] اما ممکن است یک تأمین‌کننده در مدل تولید ابری در زمانی دیگر به عنوان یک مشتری فعالیت نماید. سیستم مدیریت متمرکز تولید ابری نیاز به عقد قراردادهایی همچون قراردادهای زنجیره تأمین را منتفی می‌سازد و یا حداقل ساختار قراردادها را دستخوش تغییر می‌نماید. ممکن است اطلاعات مورد نیاز اعضای یک زنجیره تأمین همیشه در دسترس آن‌ها نباشد حال آنکه در تولید ابری از طریق به‌کارگیری تکنولوژی‌های پیشرفته‌ای همچون اینترنت اشیا، کلیه ذی‌نفعان به محض نیاز می‌توانند به اطلاعات لازم دسترسی داشته باشند.



شکل (۱): تصویر انتزاعی از مدل ساخت و تولید ابری

۳- تعریف و مدل‌سازی ریاضی مسئله ترکیب سرویس‌ها

در مدل ساخت و تولید ابری، تقاضای یک مشتری (که به عنوان مثال می‌تواند ساخت یک قطعه مکانیکی پیچیده باشد) به ابر تولید ارائه می‌شود و مدیران ابر وظیفه بررسی، تفسیر، انجام و تحویل نیاز مشتری ضمن در نظرگیری کیفیت سرویس را بر عهده خواهند داشت. اگر از دیدگاه ابر تولیدی، تقاضای یک مشتری با استفاده از یک سرویس مجزا قابل ارضا نباشد، احتمالاً ترکیبی از سرویس‌های ابری به منظور پاسخگویی به نیاز مشتری استفاده خواهد شد. از آن جایی که مجموعه‌ای از سرویس‌های ابری توانایی انجام عملیات یکسانی دارند، سرویس‌های متعددی به منظور ارضای نیاز مشتری متصور می‌گردد. لذا سؤال اساسی در مسئله ترکیب سرویس‌ها این است که چگونه بهترین سرویس(های) محتمل انتخاب شوند به‌طوری‌که ترکیب بهینه سرویس‌ها محقق شده باشد. این موضوع می‌تواند در قالب یک مسئله بهینه‌سازی چندهدفه با مجموعه‌ای از محدودیت‌های طراحی، کیفیت، هزینه، زمان و غیره مدل شود و جزء مسائل NP-Complete محسوب می‌شود [۲۰]. در این مسئله n سرویس در یک ترکیب $(S_1,\ldots, S_n)$ وجود دارد که به ازای هر یک از آن‌ها سرویس‌های کاندید دارای توانایی عملیاتی مشابه اما کیفیت، هزینه و زمان متفاوت می‌باشند. چهار ساختار کنترلی معمول در ترکیب سرویس‌ها شامل حالت‌های متوالی، حلقه‌ای، موازی و ترکیبی می‌باشد که در شکل ۲ و شکل ۳ به نمایش گذاشته شده‌اند [۲۰]. مطابق با این اشکال، در ساختار متوالی سرویس‌ها با ترتیب مشخصی صورت می‌پذیرند و قبل از اتمام یک سرویس امکان انجام سرویس بعدی وجود نخواهد داشت. این در حالی است که انجام هم‌زمان چندین سرویس در حالت موازی ترکیب سرویس‌ها فراهم خواهد بود. ساختار حلقه‌ای در واقع همان ساختار متوالی است که به تعداد از پیش تعیین شده‌ای (K) تکرار می‌شود. در واقع، پس از انجام آخرین سرویس در ساختار حلقه‌ای، مجدداً به ابتدای سیکل مراجعه شده و فرآیند مذکور K تکرار صورت خواهد گرفت. مسئله‌ای که از ادغام حداقل دو مورد از ساختارهای متوالی، موازی و حلقه‌ای حاصل شده باشد، ساختار ترکیبی دارد.

۳-۱- پارامترها و متغیرهای تصمیم مسئله ترکیب سرویس‌ها

برای مدل‌سازی مسئله، ضمن بهره‌گیری از مدل ریاضی ارائه شده در منبع [۱۸]، پارامترها و متغیرهای تصمیم به قرار زیر تعریف می‌شوند:

C_{ij} هزینه به‌کارگیری و آماده‌سازی منبع j برای پاسخ به سرویس i.

T_{ij} زمان به‌کارگیری و آماده‌سازی منبع j برای پاسخ به سرویس i.

Rl_j قابلیت اطمینان استفاده از منبع j.

Avl_j دسترس‌پذیری به منبع j.

D_{kl} فاصله بین دو منبع k و l.

t_{kl} زمان حمل و نقل بین دو منبع k و l.

R_i مجموعه منابعی که قابلیت پاسخگویی به سرویس i را دارند.

C_{max} حداکثر هزینه قابل پرداختِ مشتری جهت دریافت تقاضا.

T_{max} حداکثر زمان قابل قبولِ مشتری جهت دریافت تقاضا.

Rl_{min} حداقل قابلیت اطمینان لازم برای هر منبع.

Avl_{min} حداقل دسترس‌پذیری لازم برای هر منبع.

N تعداد سرویس‌های موجود برای پاسخ‌گویی به نیاز مشتریان.

M تعداد منابع یا کارخانه‌های موجود.

K تعداد تکرار ساختار حلقه‌ای ترکیب سرویس‌ها.

S مجموعه سرویس‌هایی که به صورت متوالی می‌باشند.

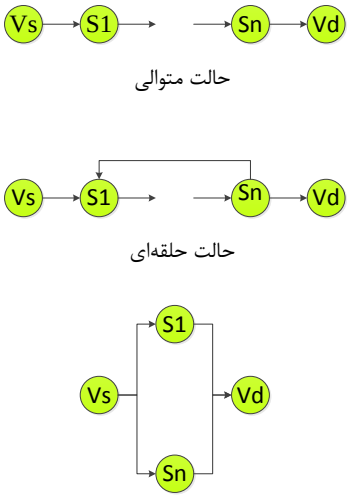
P مجموعه سرویس‌هایی که به صورت موازی می‌باشند.

L مجموعه سرویس‌هایی که به صورت حلقه‌ای می‌باشند.

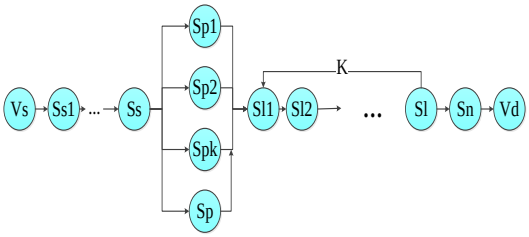
x_{ij} متغیر تصمیم: در صورت انجام سرویس i توسط منبع j مقدار یک و در غیر این صورت مقدار صفر اختیار می‌کند.

y_{ikl} متغیر تصمیم: در صورت وجود حمل و نقل بین دو منبع k و l زمانی که منبع k سرویس i را انجام داده است مقدار یک و در غیر این صورت مقدار صفر را اختیار می‌نماید.

z_{ikl} متغیر تصمیم: همانند y_{ikl} تعریف می‌شود با این تفاوت که حمل و نقل در مسیر معکوس ترکیب سرویس‌هاست.



شکل (۲): ساختار متوالی، حلقه‌ای و موازی ترکیب سرویس‌ها



شکل (۳): نمایش ساختار ترکیبی سرویس‌ها

نکته قابل توجه در تعریف متغیر تصمیم yikl (و یا z_{ikl}) در نظرگیری آن به صورت سه‌بُعدی است به نحوی که بتوان حمل‌ونقل‌های تکراری بین دو منبع اما در مراحل مختلف

پاسخگویی به تقاضای مشتری را تفکیک کرد. در واقع از آنجایی که ممکن است در مراحل مختلف مسئله بین دو منبع حمل و نقل صورت پذیرد، انجام سرویس iام نیز به تعریف متغیر افزوده می‌شود تا بدین طریق امکان محاسبات حمل و نقل بین دو منبع یکسان اما در زمان‌های متفاوت وجود داشته باشد. در مدل‌سازی فوق فرض شده است که ساختارهای متوالی، موازی و حلقه‌ای ترکیب سرویس‌ها (همانند شکل ۳) یکپارچه هستند و صرفاً در یک بخش از مسئله ترکیب سرویس‌ها تجمیع شده‌اند. با توجه به این موارد، توضیحات مدل‌سازی عدد صحیح مسئله ترکیب سرویس‌ها در فضای ساخت و تولید ابری به صورت زیر ارائه می‌شود.

۳-۲- تشریح مدل ریاضی مسئله ترکیب سرویس‌ها

مدل ریاضی عدد صحیح مسئله ترکیب سرویس‌ها در قالب مجموعه روابط (۱۲-۱) نشان داده شده است. جهت تشریح تفاوت‌های این مدل در مقایسه با ادبیات موضوع می‌توان گفت: ساختارهای متوالی، موازی و حلقه‌ای در واقع حالات خاصی از مسئله ترکیب سرویس‌ها با ساختار ارائه شده در شکل ۳ (ساختار ترکیبی) هستند. در نتیجه، مدل ریاضی پیشنهادی صرفاً به ساختار ترکیبی مسئله می‌پردازد به‌طوری‌که ضمن حذف برخی از پارامترها و متغیرها امکان ارائه مدل برای هر یک از ساختارهای متوالی، موازی و حلقه‌ای ترکیب سرویس‌ها وجود داشته باشد. همچنین، برخلاف بسیاری از مدل‌های ریاضی ترکیب سرویس‌ها که هزینه‌ها و زمان‌های مرتبط با حمل و نقل بین منابع تولیدی را مدنظر قرار نمی‌دهند، مدل پیشنهادی مبحث حمل و نقل را در ساختار ترکیبی سرویس‌ها مورد توجه قرار می‌دهد.

هر یک از توابع هدف مورد اشاره در روابط (۱) و (۲) متناسب با نوع سرویس‌ها دسته‌بندی و در سه گروه سرویس‌های متوالی، موازی و حلقه‌ای تفکیک می‌شوند. در رابطه (۱) هزینه تولید و حمل و نقل در ساختار متوالی ترکیب سرویس‌ها به وسیله عبارت $\sum_{i\in S}\sum_{j\in R_i} C_{ij}x_{ij} + \sum_{i\in S}\sum_{k=1}^{M}\sum_{l=1}^{M} d_{kl}y_{ikl}$ محاسبه می‌شود. همچنین، هزینه تولید و حمل و نقل در ساختار موازی برابر با $\sum_{i\in P}\sum_{j\in R_i} C_{ij}x_{ij} + \sum_{i\in P}\sum_{k=1}^{M}\sum_{l=1}^{M} d_{kl}y_{ikl}$ خواهد بود. از آنجایی که در این حالت سرویس‌ها به‌صورت موازی در حال انجام هستند، حمل و نقل بین منابع موازی وجود نخواهد داشت. با این حال خروجی فعالیت کلیه منابع موازی به اولین منبع غیر موازی تالی ارسال خواهد شد. این مهم توسط مقداردهی به متغیر y در محدودیت‌ها تضمین می‌شود. در رابطه (۱) عبارت $\left\{K\left(\sum_{i\in L}\sum_{j\in R_i} C_{ij}x_{ij} + \sum_{i\in L}\sum_{k=1}^{M}\sum_{l=1}^{M} d_{kl}y_{ikl}\right) + (K-1)\sum_{k=1}^{M}\sum_{l=1}^{M} d_{kl}z_{max\{L\},k,l}\right\}$ هزینه تولید و حمل و نقل مربوط به ساختار حلقه‌ای ترکیب سرویس‌ها را محاسبه می‌نماید به‌طوری‌که در آن مسیر رو به جلو بین منابع تولیدی K مرتبه طی شده و بین دو منبع انتهایی و ابتدایی حلقه (K-1) مرتبه حمل و نقل (در مسیر معکوس و مشخص شده با متغیر z) صورت می‌پذیرد. در تابع هدف زمان بیان شده به وسیله رابطه (۲)، عبارت $\sum_{i\in S}\sum_{j\in R_i} T_{ij}x_{ij} + \sum_{i\in S}\sum_{K=1}^{M}\sum_{l=1}^{M} t_{kl}y_{ikl}$ زمان تولید و حمل و نقل ساختار متوالی سرویس‌ها را محاسبه می‌کند. عبارت $Max_{i\in P,\, j\in R_i \,\&\, k,l\in\{1,2,\ldots,M\}}\{T_{ij}x_{ij} + t_{kl}y_{ikl}\}$ زمان مربوط به تولید و حمل و نقل در ساختار موازی سرویس‌هاست که در واقع برابر با بیشینه مجموع زمان انجام سرویس‌ها و زمان حمل و نقل آن‌ها خواهد بود. زمان تولید و حمل و نقل سرویس‌ها در ساختار حلقه‌ای و در مسیر رو به جلو با عبارت $K\left\{\sum_{i\in L}\sum_{j\in R_i} T_{ij}x_{ij} + \sum_{i\in L}\sum_{k=1}^{M}\sum_{l=1}^{M} t_{kl}y_{ikl}\right\}$ بیان شده و عبارت $(K-1)\sum_{k=1}^{M}\sum_{l=1}^{M} t_{kl}z_{max\{L\},k,l}$ نیز زمان حمل و نقل در مسیر معکوس را محاسبه می‌کند.

تخصیص سرویس به منبع: محدودیت نشان داده شده در رابطه (۳) بیانگر آن است که هر سرویس تنها باید توسط یک منبع انجام پذیرد. این محدودیت یکی از شباهت‌های بین مسئله ترکیب سرویس‌ها و مسئله تخصیص استاندارد است. البته در مسئله ترکیب سرویس‌ها هر منبع لزوماً امکان انجام کلیه سرویس‌ها را ندارد و این در حالی است که در مسئله تخصیص استاندارد هر منبع می‌تواند کلیه سرویس‌ها را انجام دهد.

تخصیص منبع به سرویس: زمانی که سرویس‌ها به صورت موازی انجام می‌شوند، محدودیت (۴) فعال می‌گردد. با توجه به انجام موازی کلیه سرویس‌ها، محدودیت مذکور تضمین می‌کند که هر یک از منابع حداکثر نسبت به انجام یک سرویس موازی اقدام خواهند نمود؛ به عبارت دیگر، این محدودیت بیانگر آن است که یک منبع توانایی انجام بیش از یک سرویس (در حالت پردازش موازی سرویس‌ها) را ندارد.

$$C = \left\{\sum_{i\in S}\sum_{j\in R_i} C_{ij}x_{ij} + \sum_{i\in S}\sum_{k=1}^{M}\sum_{l=1}^{M} d_{kl}y_{ikl}\right\} + \left\{\sum_{i\in P}\sum_{j\in R_i} C_{ij}x_{ij} + \sum_{i\in P}\sum_{k=1}^{M}\sum_{l=1}^{M} d_{kl}y_{ikl}\right\} + \left\{K\left(\sum_{i\in L}\sum_{j\in R_i} C_{ij}x_{ij} + \sum_{i\in L}\sum_{k=1}^{M}\sum_{l=1}^{M} d_{kl}y_{ikl}\right) + (K-1)\sum_{k=1}^{M}\sum_{l=1}^{M} d_{kl}z_{max\{L\},k,l}\right\} \quad (۱)$$

$$T=\left\{\sum_{i\in S}\sum_{j\in R_i}T_{ij}x_{ij}+\sum_{i\in S}\sum_{k=1}^{M}\sum_{l=1}^{M}t_{kl}y_{ikl}\right\}+\left\{Max_{\substack{i\in P,\ j\in R_i\ \&\\ k,l\in\{1,2,...,M\}}}\{T_{ij}x_{ij}+t_{kl}y_{ikl}\}\right\}$$
$$+\left\{K\left(\sum_{i\in L}\sum_{j\in R_i}T_{ij}x_{ij}+\sum_{i\in L}\sum_{k=1}^{M}\sum_{l=1}^{M}t_{kl}y_{ikl}\right)+(K-1)\sum_{k=1}^{M}\sum_{l=1}^{M}t_{kl}z_{max\{L\},k,l}\right\} \quad (۲)$$

$$\sum_{j\in R_i}x_{ij}=1 \qquad \forall i=1,....,N \quad (۳)$$

$$\sum_{i\in P}x_{ij}\le 1 \qquad \forall j=1,...,M \quad (۴)$$

$$x_{ik}+x_{(i+1)l}-(M'+\varepsilon)y_{ikl}\le 2-\varepsilon \qquad \forall i\in S,L \qquad \forall k,l=1,...,M \quad (۵)$$

$$x_{ik}+x_{max\{p\}+1,l}-(M'+\varepsilon)y_{ikl}\le 2-\varepsilon \quad \forall i\in P \ \forall k,l=1,...,M \quad (۶)$$

$$x_{min\{L\},k}+x_{max\{L\},l}-(M'+\varepsilon)z_{max\{L\},k,l}\le 2-\varepsilon \qquad \forall k,l=1,...,M \quad (۷)$$

$$Avl_j\ge Avl_{\min}x_{ij} \quad \forall i=1,...,N \ \ \forall j=1,...,M \quad (۸)$$

$$Rl_j\ge Rl_{\min}x_{ij} \quad \forall i=1,...,N \ \ \forall j=1,...,M \quad (۹)$$

$$C\le C_{\max} \quad (۱۰)$$

$$T\le T_{\max} \quad (۱۱)$$

$$x_{ij}=0,1 \ \ y_{ikl}=0,1 \ \ z_{ikl}=0,1 \ \ \forall i=1,...,N \ \ \forall j,k,l=1,...,M \quad (۱۲)$$

حمل و نقل در ساختار متوالی: رابطه (۵) بیانگر آن است که اگر در حالت متوالی (و یا حلقه‌ای رو به جلو) دو سرویس i و i+۱ به ترتیب توسط دو منبع k و l انجام شوند، در آن صورت بایستی بین دو منبع k و l حمل و نقل صورت گیرد. لذا متغیر y_{ikl} مقدار یک اختیار می‌نماید و این مهم نشان‌دهنده آن است که در صورت انجام دو سرویس متوالی توسط دو منبع مشخص، حمل و نقل بین آن دو انجام خواهد پذیرفت. در رابطه (۵-۷) M' یک عدد مثبت بسیار بزرگ است.

حمل و نقل در ساختار موازی: بین منابع انجام دهنده سرویس‌های موازی حمل‌ونقلی وجود ندارد بلکه خروجی فعالیت‌های موازی برای اولین منبع انجام دهنده پردازش غیر موازی (max{p}+۱) ارسال خواهد شد. در نتیجه مطابق رابطه (۶) متغیرهای حمل و نقل مربوطه مقدار ۱ اختیار خواهند کرد.

حمل و نقل در ساختار حلقه‌ای: مطابق رابطه (۷) اگر بین منابع انتها (max{L}) و ابتدای (min{L}) یک حلقه حمل و نقل وجود داشته باشد، متغیر $z_{max\{L\},k,l}$ مقدار یک و در غیر این صورت مقدار صفر اختیار می‌کند.

دسترس‌پذیری به هر منبع: رابطه (۸) محدودیت نشان‌دهنده دسترس‌پذیری هر منبع است که بایستی از یک مقدار مشخص از پیش تعیین شده بیشتر باشد. دسترس‌پذیری هر منبع، امکان به‌کارگیری آن منبع را نشان داده و در واقع به معنای آن است که آیا منبع در صورت نیاز آزاد می‌باشد یا خیر.

قابلیت اطمینان هر منبع: مطابق رابطه (۹) قابلیت اطمینان هر منبع بایستی از یک میزان حداقلی بیشتر باشد. قابلیت اطمینان مربوط به یک منبع در واقع بیان‌کننده‌ی آن است که منبع با چه اطمینانی توانایی پاسخ به سرویس را دارد.

حد بالای هزینه: محدودیت یاد شده در رابطه (۱۰) بیانگر حد بالای هزینه قابل پرداخت توسط مشتری است. این مقدار از جمله پارامترهای مسئله است که توسط مشتری بیان می‌شود. محدودیت (۱۰) تأثیری در مقدار توابع هدف بهینه ندارد و تنها پذیرش یا عدم پذیرش مقدار بهینه توسط مشتری را می‌نمایاند. این محدودیت در صورتی که هزینه بهینه ترکیب سرویس‌ها کمتر از C_{max} باشد، بی‌اثر خواهد بود و در غیر این صورت ترکیب بهینه سرویس‌ها را نشدنی خواهد ساخت بدین مفهوم که ارائه‌دهندگان سرویس‌های ابری امکان ترکیب سرویس با هزینه کمتر از مقدار مدنظر مشتری را ندارند.

حد بالای زمان: حد بالای زمان مدنظر مشتری که در رابطه (۱۱) آورده شده است همانند محدودیت رابطه‌ی (۱۰) تأثیری در مقدار بهینه توابع هدف نداشته و صرفاً پذیرش یا عدم پذیرش مقدار تابع هدف زمان توسط مشتری را بیان می‌دارد.

متغیرهای صفر و یک مسئله: متغیرهای تصمیم تنها می‌توانند مقادیر صفر و یک را اختیار کنند که این مهم در رابطه (۱۲) نشان داده شده است. در صورتی که متغیر تصمیم x_{ij} مقدار یک را اختیار کند، تخصیص سرویس i به منبع j انجام می‌گیرد و در غیر این صورت مقدار متغیر برابر با صفر خواهد بود. در صورتی که متغیر تصمیم y_{ikl} (و یا z_{ikl}) مقدار یک اختیار کند، حمل و نقل بین دو منبع k و l به ازای انجام سرویس i توسط منبع k صورت می‌پذیرد و در غیر این صورت بین دو منبع حمل‌ونقلی وجود نخواهد داشت.

۳-۳- خطی سازی مدل ریاضی مسئله ترکیب سرویس‌ها

مدل ریاضی عدد صحیح ارائه شده در بخش قبل، به دلیل محاسبه زمان تولید و حمل و نقل در ساختار موازی سرویس‌ها از طریق عبارت $Max_{i\in P,\ j\in R_i\ \&k,l\in\{1,2,...,M\}}\{T_{ij}x_{ij}+t_{kl}y_{ikl}\}$ در رابطه (۲)، غیرخطی است. با این حال، خطی سازی مدل با استفاده به‌راحتی ممکن خواهد بود و در راستای انجام این مهم فرض می‌شود که $W=Max_{i\in P,\ j\in R_i\ \&k,l\in\{1,2,...,M\}}\{T_{ij}x_{ij}+t_{kl}y_{ikl}\}$ و سپس مجموعه جدیدی از محدودیت‌ها به مدل ریاضی بخش قبل افزوده می‌گردد.

رابطه (۱۳) و (۱۴) به ترتیب تابع هدف زمان و مجموعه محدودیت‌های جدید را در مدل خطی سازی شده نشان می‌دهند. باقی قسمت‌های مدل ریاضی بخش قبل بدون هرگونه تغییری در مدل خطی استفاده می‌گردند.

۴- تولید مسئله نمونه و نتایج محاسباتی

جهت به‌کارگیری مدل ریاضی ارائه شده در بخش ۳ و اعتبارسنجی آن نیاز به تعریف پارامترها و همچنین توسعه مسئله نمونه وجود دارد. با توجه به عدم وجود مسائل نمونه استاندارد در ادبیات مسئله ترکیب سرویس‌های ساخت و تولید ابری، در این تحقیق دو مسئله نمونه مبتنی بر جغرافیای کشور ایران و داده‌های واقعی در نظر گرفته شده است. در این مسائل نمونه، کشور ایران به عنوان فضای تولیدی ابری متصور شده و مرکز هر استان به‌عنوان یک فراهم‌کننده منبع (کارخانه تولیدی) شناسایی می‌گردد. کشور ایران شامل ۳۰ استان (پارامتر M) بوده و مطابق با این مهم، فرضیات زیر به هنگام تولید مجموعه داده مدنظر واقع می‌شوند:

- ✓ در هر یک از مراکز استان‌های کشور ایران (که در ادامه این مقاله شهر نامیده می‌شوند) یک منبع تولیدی جهت پاسخ‌گویی به سرویس‌ها وجود دارد.
- ✓ فاصله بین شهرها (که یک ماتریس M×M می‌باشد) به‌صورت واقعی استخراج شده و با سرعت ۱۲۰ کیلومتر در ساعت طی می‌شوند. فرض سرعت به منظور محاسبه زمان حمل و نقل بین دو شهر در نظر گرفته شده است.
- ✓ زمان و هزینه جابجایی برای انجام دو سرویس متوالی توسط منبع یکسان صفر منظور می‌شود.
- ✓ جدول تخصیص سرویس‌ها (که تعداد آن‌ها با پارامتر N مشخص می‌شود) به منابع تولیدی به صورت تصادفی (یک ماتریس N×M می‌باشد) تنظیم می‌گردد. در تنظیم این جدول هر شهر حداقل یک سرویس را پشتیبانی می‌کند و هر سرویس حداقل توسط یک شهر پشتیبانی می‌گردد. تعداد شهر پشتیبان برای یک سرویس با پارامتر β نشان داده می‌شود که مقدار پیش‌فرض آن برابر با ۱ است مگر خلاف آن مورد اشاره قرار گیرد.
- ✓ ماتریس هزینه ساخت و تولید (یک ماتریس N×M می‌باشد) سرویس i توسط منبع j که با نماد C_{ij} نمایش داده می‌شود به‌صورت تصادفی بین ۵۰ تا ۱۰۰ واحد پولی مقدار دارد.
- ✓ ماتریس زمان تولید (یک ماتریس N×M می‌باشد) سرویس i توسط منبع j که با نماد T_{ij} نمایش داده می‌شود به‌صورت تصادفی بین ۰ تا ۵۰ واحد زمانی مقدار دارد.
- ✓ ماتریس دسترس‌پذیری یک ماتریس 1×M می‌باشد و برای منبع j به صورت تصادفی مقداری بین ۰/۵ و ۱ را اختیار می‌نماید.
- ✓ ماتریس قابلیت اطمینان یک ماتریس 1×M می‌باشد و برای منبع j به صورت تصادفی مقداری بین ۰/۶ و ۱ را اختیار می‌نماید.
- ✓ در این تحقیق، حداقل دسترس‌پذیری قابل قبول برای هر منبع ۰/۶ و حداقل قابلیت اطمینان مورد انتظار برای هر منبع ۰/۷ در نظر گرفته شده است. ارائه‌دهندگان سرویس‌های ابری (تصمیم-گیرنده مسئله ترکیب سرویس‌ها) می‌توانند با تنظیم اعداد مذکور دسترس‌پذیری و یا قابلیت اطمینان سرویس‌های ابری را کاهش و یا افزایش دهند.

ضریب تبدیل فاصله حمل‌ونقل (d_{ij}) به تابع هزینه برابر یک فرض می‌شود.

۴-۱- تعریف مسئله نمونه نخست و رویکردهای حل آن

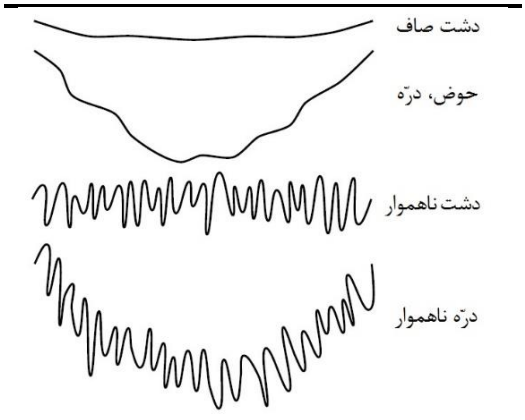
در مسئله نمونه نخست، پانزده سرویس ساخت و تولید ابری با ساختار متوالی انجام می‌گیرند و به عنوان مثال می‌توان ساختار تولید شیر گاز را مطابق با مسئله نمونه در نظر گرفت. زمانی که ابعاد مسئله مورد بررسی بالا نباشد، استفاده از روش‌های دقیق جهت حل مسئله ممکن خواهد بود. در این پژوهش، در راستای حل دقیق مسئله از الگوریتم شاخه و کران و تبدیل تابع چندهدفه به تابع تک هدفه (ضمن به‌کارگیری روش وزنی ساده) استفاده می‌شود. در الگوریتم‌های دقیق دستیابی به جواب بهینه مسئله (در صورت وجود) تضمین شده است. الگوریتم شاخه و کران نیز یکی از الگوریتم‌های بسیار پرکاربرد در حل دقیق مدل‌های عدد صحیح می‌باشد. ایده الگوریتم شاخه و کران تقسیم ناحیه شدنی (در صورت نیاز) به زیر بخش‌های کوچک‌تر و تعیین کران برای هر یک از آن زیر بخش‌هاست. در واقع روش شاخه و کران مسئله اصلی را به زیر مسائل کوچک‌تر تقسیم نموده و پس از تعیین جواب زیر مسائل جواب مسئله اصلی را استخراج می‌کند. با توجه به فرضیات مسئله در بازه‌ی ایجاد مقادیر تصادفی هزینه و زمان‌های تولیدی و همچنین پیمایش مسافت ۱۲۰ کیلومتری در ۶۰ دقیقه، مقادیر وزنی تابع هزینه و زمان به ترتیب (۱/۳) و (۲/۳) در نظر می‌شود تا بدین طریق مقادیر توابع هدف مذکور همگن باشد. کد نویسی حل دقیق مسئله نمونه با استفاده از نرم‌افزار IBM ILOG CPLEX Optimization Studio V۱۲,۶,۱ انجام شده و کلیه نتایج محاسباتی مورد اشاره در این تحقیق نیز ضمن استفاده از کامپیوتر با مشخصات Intel™ Core i۵, ۲,۰۰ GHz CPU با of RAM ۴,۰۰ GB به دست آمده است.

از آنجایی که با افزایش ابعاد مسئله بهینه‌سازی، پیچیدگی‌های محاسباتی نیز بیشتر می‌شود، دیگر نمی‌توان از روش‌های حل دقیق جهت حل مسئله بهینه‌سازی (در زمان معقول) بهره گرفت. در چنین شرایطی معمولاً ضمن به‌کارگیری روش‌های فراابتکاری می‌توان به جواب بهینه و یا نزدیک به بهینه با زمان حل قابل قبول رسید. در ادامه این مطالعه ضمن استفاده از رویکرد آنالیز چشم‌انداز[1] متناسب‌ترین الگوریتم فراابتکاری در راستای حل مسئله ترکیب سرویس‌ها انتخاب شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد.

1. Landscape Analysis

آنالیز چشم‌انداز

در مورد حل مسائل بهینه‌سازی با استفاده از روش‌های فراابتکاری نمی‌توان به‌طور قطع ادعا کرد که یک الگوریتم مشخص، متناسب‌ترین الگوریتم برای رسیدن به جواب بهینه و یا نزدیک به بهینه است. برای مثال اگر الگوریتم A برای حل یک مسئله خاص بهتر از الگوریتم B باشد، ممکن است الگوریتم B برای حل یک مسئله دیگر (یا حتی یک نمونه دیگر از همان مسئله) بهتر از الگوریتم A عمل نماید. به همین منظور برای مشخص شدن آن‌که کدام دسته از الگوریتم‌های فراابتکاری برای حل مسئله مورد بررسی مناسب می‌باشند، می‌توان مسئله را از حیث چشم‌انداز فضای حل تحلیل نمود. در واقع، به هنگام طراحی یک الگوریتم فراابتکاری ویژگی‌هایی از قبیل نحوه نمایش جواب، همسایگی و چگونگی تبیین تابع هدف (که بیانگر چشم‌انداز مسئله هستند) تأثیر بسزایی در عملکرد الگوریتم خواهند داشت [۳۴]. اگر فضای جستجو به عنوان یک بستر در نظر گرفته شود، مطابق شکل ۴، این چشم‌انداز می‌تواند به شکل دشت و درّه هموار و یا ناهموار و غیره باشد. با توجه به شکل چشم‌انداز، الگوریتم‌های فراابتکاری مبتنی بر یک و یا جمعیتی از جواب‌ها مؤثر واقع می‌شوند.



شکل (۴): انواع مختلف چشم‌انداز یک مسئله [۳۴].

به واسطه محاسبه شاخص‌هایی همچون ناهمواری و توزیع تابع برازندگی (که در واقع توزیع بهینه‌های محلی مسئله را بیان می‌دارد)، می‌توان ایده‌ای از چشم‌انداز فضای حل مسئله ترکیب سرویس‌ها را به دست آورد. در ادامه و با توجه به نتایج تحلیل چشم‌انداز امکان انتخاب الگوریتم فراابتکاری مناسب فراهم می‌آید. در این مقاله، آنالیز چشم‌انداز بر مبنای مسئله نمونه نخست و ضمن به‌کارگیری الگوریتم جست‌وجوی محلی صورت پذیرفت. بدین منظور، تعداد ۱۰۰ راه‌حل تصادفی آغازین (که جمعیت U نامیده می‌شود)، با استفاده از الگوریتم جست‌وجوی محلی به ۱۰۰ راه‌حل بهینه محلی (که جمعیت O نامیده می‌شود) تبدیل شدند. در ادامه و با توجه به توضیحات زیر تحلیل چشم‌انداز صورت گرفت.

توزیع و همبستگی از جمله شاخص‌های آماری هستند که در آنالیز چشم‌انداز مورد استفاده قرار می‌گیرند. شاخص توزیع جهت مطالعه توپولوژی بهینه‌های محلی در چشم‌انداز مسئله بکار گرفته می‌شود و شامل مواردی از جمله الف) توزیع در فضای جستجو و ب) آنتروپی فضای جستجو است. شاخص همبستگی نیز در واقع بیان کننده ناهمواری چشم‌انداز می‌باشد و همبستگی بین کیفیت راه‌حل و فاصله متناظر با بهینه محلی را نشان می‌دهد. این شاخص معمولاً توسط ج) تابع خودهمبستگی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد [۳۴].

شاخص‌های آنالیز چشم‌انداز

الف) شاخص توزیع فضای جستجو: برای یک جمعیت از راه‌حل‌های P فاصله میانگین $dmm(P)$ و فاصله میانگین نرمال‌شده $Dmm(P)$ به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$dmm(P)=\frac{\sum_{s_1\in P}\sum_{s_2\in P,s_1\neq s_2} dist(s_1,s_2)}{|P|\cdot(|P|-1)} \quad (۱۵)$$

$$Dmm(P)=\frac{dmm(P)}{diam(S)} \quad (۱۶)$$

$$diam(P)=\max_{s_1,s_2\in P} dist(s_1,s_2) \quad (۱۷)$$

$$dist(s_1,s_2)=\sum_{i=1}^{n}|s_1(i)-s_2(i)| \quad (۱۸)$$

Dmm(p) مقداری بین صفر و یک دارد و میزان تمرکز جمعیت P در فضای جستجوی را نشان می‌دهد که در آن تعداد اعضای جمعیت P برابر با $|P|$ است. فاصله ضعیف (نزدیک به صفر) نشان می‌دهد که راه‌حل‌های جمعیت در محدوده کوچکی از فضای جستجو متمرکز شده‌اند و فاصله نزدیک به مقدار یک بیانگر آن است که راه‌حل‌ها در سراسر فضای جستجو توزیع شده‌اند. مطابق رابطه‌ی (۱۷)، قطر جمعیت P برابر با بیشینه فاصله بین اجزای جمعیت است. همچنین، مطابق رابطه (۱۸) فاصله $dist(s_1,s_2)$ برابر با جمع قدر مطلق درایه‌های متفاوت دو راه‌حل مدنظر می‌باشد. در نتیجه مقدار Δ_{Dmm} نشان‌دهنده انحراف از فاصله میانگین بین جمعیت U و جمعیت راه‌حل بهینه محلی O از طریق رابطه (۱۹) قابل محاسبه خواهد بود.

$$\Delta_{Dmm}=\frac{\left(Dmm(U)-Dmm(O)\right)}{Dmm(U)} \quad (۱۹)$$

ب) شاخص آنتروپی فضای جستجو: مفهوم آنتروپی در واقع بیان‌کننده‌ی تنوع و پراکندگی یک جمعیت خاص در فضای جست‌وجو است. ضعیف بودن آنتروپی برای یک مسئله خاص نشان‌دهنده تمرکز جواب‌های مسئله خواهد بود؛ به عبارت دیگر آنتروپی زیاد بیانگر توزیع راه‌حل‌ها در فضای جست‌وجو است. این شاخص برای یک جمعیت مشخص P در مسئله ترکیب سرویس‌ها به صورت زیر محاسبه می‌شود:

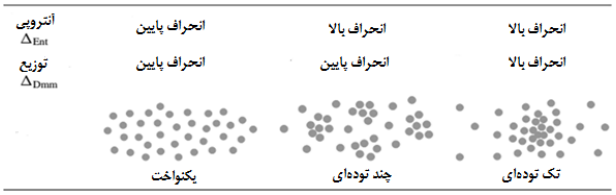
$$ent(P)=\frac{-1}{N\log N}\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M}\left(\frac{n_{ij}}{card(P)}\log\left(\frac{n_{ij}}{card(P)}\right)\right) \quad (۲۰)$$

که میزان آن بین صفر و یک خواهد بود و در آن n_{ij} برابر با تعداد دفعاتی است که منبع j جهت انجام سرویس i انتخاب

می‌شود. مقدار Δ_{ent} نیز نشان‌دهنده اختلاف آنتروپی جمعیت U و جمعیت راه‌حل بهینه محلی O است و توسط رابطه (۲۱) محاسبه می‌شود.

$$\Delta_{ent} = \frac{\left(ent(U) - ent(O)\right)}{ent(U)} \qquad (۲۱)$$

شکل ۵ نتیجه‌گیری‌های لازم پس از به دست آوردن مقادیر توزیع و آنتروپی را نشان می‌دهد که با استفاده از مقادیر متناظر می‌توان چشم‌انداز مسئله را شناسایی کرده و متناسب با آن الگوریتم فراابتکاری مناسب برای حل مسئله ترکیب سرویس‌ها را انتخاب نمود.



شکل (۵): نوع فضای جواب با در نظرگیری نتایج توزیع و آنتروپی [۳۴].

ج) شاخص تابع خودهمبستگی: تابع خودهمبستگی یک شاخص همبستگی است که به منظور اندازه‌گیری ناهمواری چشم‌انداز استفاده می‌شود. d فاصله‌ی بین راه‌حل‌ها در فضای جستجو را مشخص می‌کند. زمانی که مقدار $d=1$ همبستگی بین راه‌حل‌های همسایه اندازه‌گیری شده است. این تابع از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\rho(d) = \frac{\sum_{s,t\in S\times S, dist(s,t)=d} \left(f(s)-\bar{f}\right)\cdot\left(f(t)-\bar{f}\right)}{N\cdot\sigma_f^2} \qquad (۲۲)$$

که در آن $f(s)$ مقدار تابع برازندگی به ازای راه‌حل s و $\rho(d)\approx 0$ و $\rho(d)\approx 1$ به ترتیب نشان‌دهنده چشم‌انداز ناهموار و هموار هستند.

بررسی نتایج آنالیز چشم‌انداز

پس از انجام آنالیز چشم‌انداز فضای حل مسئله می‌توان نسبت به انتخاب الگوریتم‌های فراابتکاری مبتنی بر یک جواب، مبتنی بر جمعیت و یا ترکیبی از دو حالت اقدام کرد. همان‌طور که نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد، چشم‌انداز مسئله ترکیب سرویس‌ها ساختار تصادفی یکنواخت دارد و بهینه‌های محلی در فضای حل مسئله پراکنده شده‌اند.

جدول (۱): نتایج تحلیل چشم‌انداز در مسئله ترکیب سرویس‌ها

نام شاخص	مقدار شاخص
Δ_{Dmm}	۰/۰۳
Δ_{ent}	۰/۰۲
$\rho(d)$	۰/۱۱

همچنین، این نتایج بیان می‌دارند که چشم‌انداز مسئله ساختاری ناهموار دارد. در چنین مسئله‌ای، الگوریتم‌های مبتنی بر یک جواب می‌توانند با آغاز از هر پاسخ اولیه و پس از چند تکرار به یک بهینه محلی نائل آیند. لذا به منظور حل مسئله ترکیب سرویس‌ها، ساده‌ترین الگوریتم فراابتکاری مبتنی بر یک جواب، یعنی الگوریتم جست‌وجوی محلی نیز می‌تواند راهگشا باشد.

حل فراابتکاری مسئله نمونه‌ی نخست

زمانی که مسئله مورد بررسی از رده مسائل سخت بوده و زمان رسیدن به جواب بهینه آن‌ها در ابعاد بالا نمایی باشد، از الگوریتم‌های ابتکاری و فراابتکاری استفاده می‌شود. در این الگوریتم‌ها تضمینی برای رسیدن به جواب بهینه مسئله وجود ندارد ولی با سرعت بالا و قابل قبول یک جواب موجه از مسئله ایجاد می‌شود. الگوریتم‌های فراابتکاری دارای یک ساختار کلی هستند که بر اساس قوانین، معیارها و پارامترهای مختلف تعریف شده‌اند و بر اساس یک مسئله خاص باز تعریف می‌گردند. حتی برای یک مسئله خاص نیز با تغییر در قوانین، معیارها و پارامترها می‌توان نسخه‌های مختلفی از یک الگوریتم فراابتکاری را طراحی کرد. ساختار کلی الگوریتم‌های فراابتکاری شامل تبیین نحوه نمایش جواب (راه‌حل)، نحوه تولید جواب اولیه، همسایگی (نحوه تولید سایر جواب‌ها از روی جواب فعلی)، پالایش جواب‌ها، تنوع‌بخشی به جواب‌ها، اعمال قوانین اصلی الگوریتم و نحوه توقف الگوریتم خواهد بود. مطابق با نتایج تحلیل چشم‌انداز مسئله ترکیب سرویس‌ها از الگوریتم جست‌وجوی محلی به منظور حل مسئله بهره گرفته می‌شود.

الگوریتم جستجوی محلی از جمله قدیمی‌ترین و ساده‌ترین روش‌های فراابتکاری است که از یک جواب اولیه شروع کرده و در هر تکرار از الگوریتم در صورت دستیابی به جواب بهتر (در مقایسه با بهترین جواب تکرارهای قبلی)، راه‌حل را ذخیره می‌نماید. این فرآیند تا زمانی ادامه می‌یابد که تمام کاندیدهای همسایه جوابی بهتر از جواب فعلی ارائه ندهند و این به معنای آن است که بهترین محل یا جواب بهینه (محلی) حاصل آمده است. اگر جمعیت همسایه‌های موجود بسیار زیاد باشد، می‌توان مجموعه‌ای از همسایه‌ها را به عنوان جواب‌های کاندید در نظر گرفت. هدف اصلی از بررسی همسایه‌ها در الگوریتم جست‌وجوی محلی افزایش سرعت جستجو می‌باشد.

در حل مسئله نمونه نخست ترکیب سرویس‌ها با استفاده از الگوریتم جستجوی محلی، جواب اولیه به صورت تصادفی تولید می‌شود. مطابق با شکل ۶، نحوه نمایش جواب یک ماتریس $1\times N$ خواهد بود به‌طوری‌که مقدار درایه‌ی iام منبع مورد استفاده جهت انجام سرویس i را بیان می‌دارد. به عنوان مثال در شکل ۶، سرویس نخست توسط منبع موجود در مرکز استان چهارم و سرویس پنجم توسط منبع موجود در مرکز استان دوازدهم صورت می‌پذیرد. همچنین، شیوه انتخاب همسایگی روش اولین بهبود می‌باشد به‌طوری‌که یکی از ارائه‌های راه‌حل فعلی (یکی از سرویس‌ها در مسئله نمونه) به تصادف انتخاب می‌شود و منبع مورد استفاده جهت انجام سرویس به طریقی انتخاب می‌شود که میزان $\frac{1}{3}\left(C_{ij}+2T_{ij}\right)$ متناظر با آن به عنوان تخمینی از هزینه تحمیلی به تابع هدف وزین

کمینه باشد. بدین منظور از ماتریس تخصیص سرویس‌ها به منابع بهره گرفته می‌شود. در صورت بهبود تابع هدف جواب جدید جایگزین بهترین جواب در دسترس شده و در غیر این صورت همسایگی دیگری از جواب فعلی بررسی خواهد شد. فرآیند مذکور تا زمان مشاهده شرایط خاتمه، یعنی تکمیل ۱۰۰ تکرار از الگوریتم و یا عدم بهبود جواب در ۲۰ تکرار متوالی (تنظیم شده از طریق سعی و خطا)، ادامه می‌یابد و در پایان بهترین راه‌حل به عنوان خروجی الگوریتم گزارش می‌شود. لازم به توضیح است که می‌توان از روش‌های مبتنی بر طراحی آزمایش‌ها، همچون تحقیق [۳۵]، در راستای تنظیم پارامترهای الگوریتم‌های فراابتکاری بهره گرفت. با این حال، از آنجایی که الگوریتم جست‌وجوی محلی تعداد پارامتر کمی را شامل می‌شود، در این مقاله صرفاً از طریق سعی و خطا مقادیر مناسب پارامترها انتخاب گردید. علاوه بر این، الگوریتم جست‌وجوی محلی جهت حل مسئله نمونه ترکیب سرویس‌ها در نرم‌افزار متلب نسخه 12b برنامه‌نویسی و اجرا شد.

۴	۴	۱	۲۳	۱۲	۲۲	۱۹	۲۵	۱۶	۱۶	۱۲	۲۲	۲۲	۱۴	۱۴

شکل (۶): نحوه نمایش جواب در الگوریتم جست‌وجوی محلی

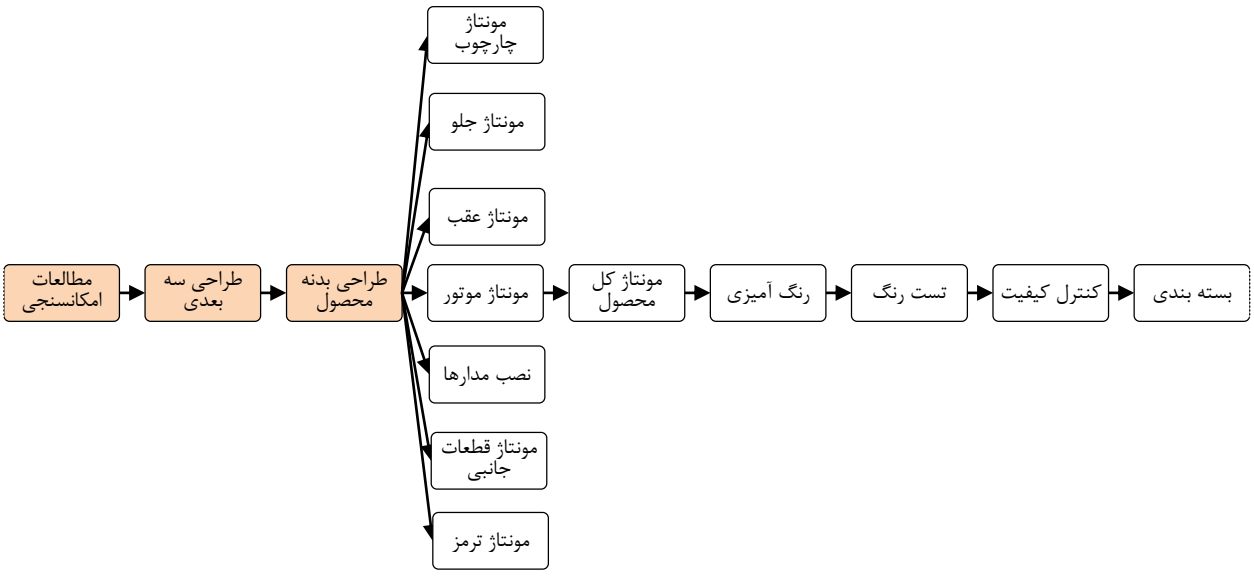
۴-۲- تعریف مسئله نمونه دوم

مطابق با شکل ۷، به منظور توسعه مسئله نمونه‌ی دوم یک ساختار ترکیبی از پانزده سرویس ساخت و تولید ابری در راستای تولید موتورسیکلت مدنظر قرار می‌گیرد که در آن سرویس‌های موردنیاز برای پاسخ به تقاضای مشتری در سه حالت متوالی، موازی و حلقه‌ای ترکیب شده‌اند. البته از آنجایی که خروجی سه فعالیت نخست از طریق رایانش ابری و بستر اینترنت قابل تحویل دهی هستند، هزینه حمل و نقل متناظر آن‌ها برابر صفر در نظر گرفته می‌شود. همچنین، سرویس نهایی یعنی «بسته‌بندی» نیز در محل انجام سرویس کنترل کیفیت صورت خواهد پذیرفت و لذا حمل و نقل بین منابع انجام دهنده دو سرویس نهایی متصور نیست. منابع موجود در هر یک از شهرهای ایران حداقل یک سرویس از لیست پانزده‌گانه سرویس‌ها را پشتیبانی می‌کند و هر یک از سرویس‌های مذکور نیز حداقل توسط یک منبع تولیدی قابل انجام هستند. سایر فرضیات و نتایج حاصل از تحلیل چشم‌انداز مسئله نمونه نخست، به هنگام حل مسئله نمونه دوم نیز معتبر خواهند بود.

۴-۳- مقایسه نتایج حل دقیق و فراابتکاری

مقایسه نتایج الگوریتم شاخه و کران و جست‌وجوی محلی برای حل مسئله ترکیب سرویس‌ها در مسئله نمونه‌ی نخست و مسئله نمونه‌ی دوم در جدول ۲ ارائه شده است. مطابق با این جدول، الگوریتم جست‌وجوی محلی پیشنهادی در بهترین تکرار برای هر دو مسئله نمونه‌ی اول و دوم موفق به ارائه پاسخ بهینه مسئله (خروجی الگوریتم شاخه و کران) شده است. نکته قابل توجه متوسط زمان حل الگوریتم جست‌وجوی محلی است که در مسئله نمونه‌ی اول و دوم به ترتیب با ۸۲ و ۷۰ درصد کاهش همراه بوده است. همچنین، متوسط میزان انحراف از مقدار تابع هدف بهینه برای الگوریتم جست‌وجوی محلی در مسئله نمونه‌ی اول و دوم به ترتیب ۵ و ۶ درصد محاسبه گردیده است.

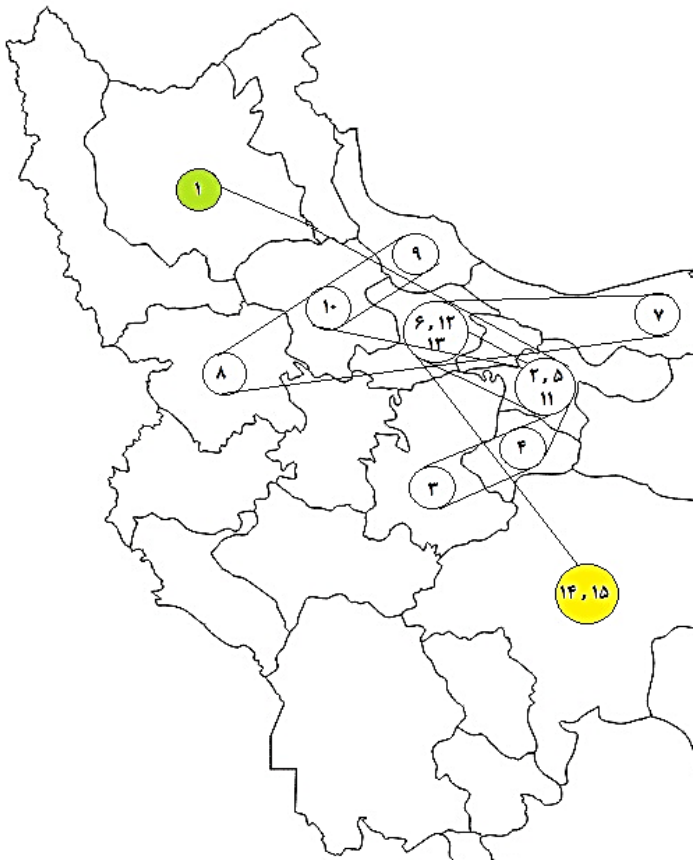
پس از حل مسئله نمونه‌ی دوم جواب بهینه به دست آمده از منظر حمل و نقل می‌تواند در قالب شکل ۸ نشان داده شود. دایره سبز شروع حرکت و دایره زرد پایان حرکت را به تصویر می‌کشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، پاسخ بهینه در منطقه شمال غربی کشور ایران متمرکز شده است و در واقع مدل ریاضیِ شامل هزینه و زمان حمل و نقل بین منابع تولیدی باعث شده است تا سر حد امکان از جابجایی بین منابع تولیدی با فواصل جغرافیایی بالا پرهیز شود.



شکل (۷): نمایش ترکیب سرویس‌ها در مسئله نمونه دوم: تولید موتورسیکلت

جدول (۲): مقایسه نتایج الگوریتم شاخه و کران و جست‌وجوی محلی برای مسئله نمونه‌ی نخست و مسئله نمونه‌ی دوم

مسئله نمونه‌ی نخست	الگوریتم شاخه و کران	
	مقدار تابع هدف	۲۴۵۹
	راه‌حل بهینه	X=[۴-۴-۱-۲۳-۱۲-۲۲-۱۹-۲۵-۱۶-۱۶-۱۲-۲۲-۲۲-۴-۴]
	زمان حل	۱/۹۹ ثانیه
	الگوریتم جست‌وجوی محلی	
	مقدار بهترین تابع هدف	۲۴۵۹
	مقدار متوسط تابع هدف (در ۱۵ تکرار)	۲۵۸۸
	متوسط زمان حل	۰/۳۶ ثانیه
	متوسط میزان انحراف از مقدار تابع هدف بهینه	۵/۲ درصد
مسئله نمونه‌ی دوم	الگوریتم شاخه و کران	
	مقدار تابع هدف	۳۰۶۲
	راه‌حل بهینه	X=[۱۱-۱۲-۱-۲۳-۱۲-۲۲-۱۷-۲۵-۱۴-۱۶-۱۲-۲۲-۲۲-۴-۴]
	زمان حل	۲/۰۳ ثانیه
	الگوریتم جست‌وجوی محلی	
	مقدار بهترین تابع هدف	۳۰۶۲
	مقدار متوسط تابع هدف (در ۱۵ تکرار)	۳۲۴۸
	متوسط زمان حل	۰/۶۲ ثانیه
	متوسط میزان انحراف از مقدار تابع هدف بهینه	۶/۱ درصد



شکل (۸): نمایش حمل و نقل بین منابع تولیدی در حل بهینه مسئله نمونه دوم (اعداد در شکل بالا نشان‌دهنده شماره سرویس هستند).

شکل ۱۰ نیز همگرایی الگوریتم جستجوی محلی پیشنهادی را در سه اجرای مختلف از الگوریتم در حل مسئله نمونه دوم نشان می‌دهد. در تکرار آغازین اجرای R_1، الگوریتم راه حل آغازین با اختلاف حدود ۲۵۰ واحدی از مقدار بهینه تابع هدف را انتخاب می‌نماید و موفق می‌شود در طی ۱۰۰ تکرار پاسخ را بهبود داده و سرانجام به مقدار بهینه تابع هدف دست یابد. راه‌حل تصادفی آغازین در اجرای R_2 از کیفیت

مناسبی برخوردار است و لذا الگوریتم در طی ۱۸ تکرار پاسخ بهینه را به دست می‌آورد. در تکرار ۷۴ام از اجرای R_3، الگوریتم به جواب بهینه نائل می‌آید و از آنجایی که امکان بهبود پاسخ بهینه وجود ندارد، پس از ۲۰ تکرار (شرط توقف ثانویه الگوریتم) متوقف می‌گردد. در واقع شرط توقف دوم، باعث کاهش زمان محاسباتی الگوریتم در صورت دستیابی به جواب‌های یکسان در ۲۰ تکرار انتهایی الگوریتم خواهد شد.

حل مسئله نمونه نخست با ابعاد بزرگ‌تر

مدل ریاضی پیشنهادی در مقایسه با مدل‌های موجود در ادبیات از منظر مدل کردن ساختار ترکیبی سرویس‌ها و همچنین در نظرگیری مبحث حمل و نقل نوآوری دارد. لذا لازم بود تا صحت و اعتبار مدل‌سازی از طریق حل مسائل مختلف مورد ارزیابی قرار گیرد. با توجه به عدم وجود مسائل نمونه استاندارد در ادبیات مسئله ترکیب سرویس‌های ساخت و تولید ابری، دو مسئله نمونه با ساختارهای متفاوت از ترکیب سرویس‌ها و مبتنی بر جغرافیای کشور ایران و داده‌های واقعی توسعه یافت. در مدل ریاضی پیشنهادی سه پارامتر M، N و β (به ترتیب تعداد منابع، تعداد سرویس‌های موجود برای پاسخ‌گویی به نیاز مشتریان و حداقل تعداد شهر پشتیبان برای هر سرویس) مهم‌ترین اثر را بر روی زمان حل مسئله خواهند داشت که با توجه به مقدار آن‌ها در مسائل نمونه یعنی M=۳۰، N=۱۵ و β=۱، می‌توان ابعاد مسائل مورد بررسی را در طبقه مسائل با اندازه کوچک طبقه‌بندی کرد. طبیعی است که مسئله‌ی ترکیب سرویس‌ها با ابعاد کوچک را می‌توان با استفاده از روش‌های دقیق (و نرم‌افزارهایی همچون CPLEX) در مدت زمان کوتاهی و به صورت بهینه حل نمود. با این حال، موارد زیر از جمله دلایل اصلی (در به‌کارگیری آنالیز چشم‌انداز و) توسعه الگوریتم جستجوی محلی بود:

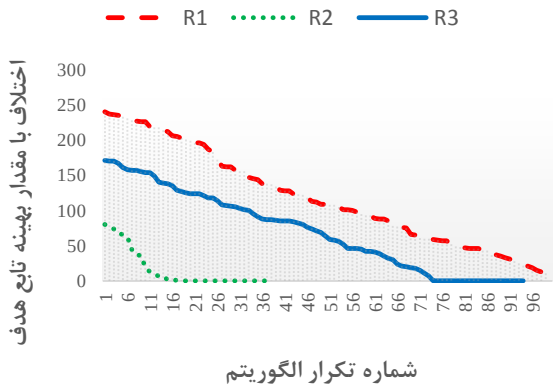
* در شرایط پیاده‌سازی عملیاتی تولید ابری، ممکن است در لحظه چندین تقاضای پیچیده و سفارشی از طرف مشتریان مختلف دریافت شود. علاوه بر این، هر تقاضا با مشخصات فوق‌الذکر احتمالاً به تعداد بیشتری از زیر فعالیت‌ها تجزیه خواهد شد و برای انجام هر یک از آن‌ها نیز تعداد سرویس‌های متعددی کاندید باشند؛ به عبارت دیگر، ابعاد مسائل ترکیب سرویس‌ها در فضای تولید ابری، می‌تواند بزرگ باشد. از سوی دیگر، مسئله ترکیب سرویس‌ها از منظر سطح تصمیم‌گیری (یعنی استراتژیک، تاکتیکی و عملیاتی) نیازمند یک تصمیم عملیاتی است و لذا این مهم باید در زمانی کوتاه صورت پذیرد. قطعاً الگوریتم‌های دقیق نمی‌توانند مسائل ترکیب سرویس‌ها با ابعاد بزرگ را در زمان قابل قبول برای تصمیمات عملیاتی به سرانجام برسانند.

* فراهم آورندگان ابری ممکن است بنا به دلایل مختلف درصدد سناریو پردازی در مسئله ترکیب سرویس‌ها باشند. به‌عنوان‌مثال، بررسی جواب مسئله پس از افزایش ۱۰ درصدی قیمت سرویس برخی از منابع یا پس از حذف برخی از سرویس‌های تولیدی انتخاب شده می‌توانند به عنوان سناریوهای جدید مورد تحلیل قرار گیرند. بدیهی است که به دلیل حجم بالای تقاضاهای دریافتی و سناریوهای احتمالی، دستیابی هر چه سریع‌تر به نتایج مطلوب خواهد بود به‌طوری‌که امکان اتخاذ تصمیم مقتضی در سریع‌ترین زمان ممکن فراهم آید. به‌کارگیری الگوریتم‌های دقیق به‌ویژه در ابعاد بزرگ از مسائل عملیاتی، می‌تواند فرآیند سناریو پردازی را با چالش عدم دستیابی به نتایج در زمان منطقی همراه سازد.

با توجه به موارد فوق، آنالیز چشم‌انداز مسئله ترکیب سرویس‌ها صورت پذیرفت تا بر مبنای آن الگوریتم فراابتکاری مناسب (در این تحقیق الگوریتم جستجوی محلی) مورد شناسایی قرار گیرد. در ادامه، نتایج حاصل از حل دو مسئله نمونه در ابعاد کوچک توسط الگوریتم فراابتکاری و الگوریتم شاخه و کران مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج مقایسه حکایت از عملکرد مناسب الگوریتم جستجوی محلی در حل مسئله ترکیب سرویس‌ها با ابعاد کوچک دارد.

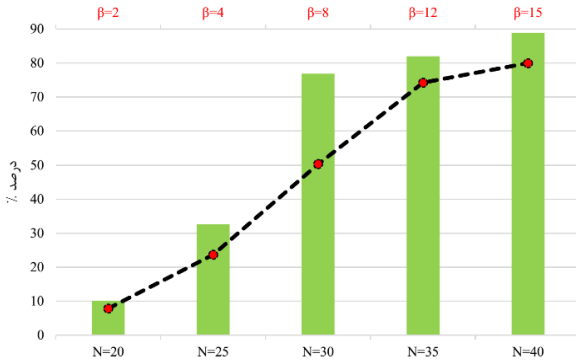
جدول (۳): مقایسه نتایج الگوریتم شاخه و کران و جست‌وجوی محلی برای مسئله نمونه‌ی نخست با ابعاد بزرگتر

الگوریتم	معیار عملکردی	β =۱					N=۱۵				
		N=۲۰	N=۲۵	N=۳۰	N=۳۵	N=۴۰	β =۲	β =۴	β=۸	β=۱۲	β=۱۵
الگوریتم شاخه و کران	مقدار تابع هدف	۳۰۰۲	۴۷۵۶	۶۲۳۲	۷۹۰۲	۹۴۲۵	۲۱۵۲	۱۸۰۷	۱۶۵۶	۱۰۲۳	۷۰۳
	زمان حل (ثانیه)	۲/۵۶	۵۳/۵	۱۰۲/۸۴	۱۷۶/۶	۲۴۲/۵۹	۲/۲۴	۳۷/۸	۱۲۴	۱۹۵/۲۲	۲۷۱/۱
الگوریتم جستجوی محلی	مقدار بهترین تابع هدف	۳۰۰۲	۴۷۵۶	۶۲۳۲	۷۹۰۲	۹۴۷۹	۲۱۵۲	۱۸۰۷	۱۶۵۶	۱۱۲۰	۸۲۴
	مقدار متوسط تابع هدف	۳۱۶۵	۴۹۶۱	۶۵۵۶	۸۲۱۰	۹۸۸۶	۲۲۵۷	۱۸۸۸	۱۷۱۷	۱۱۶۹	۸۶۶
	متوسط زمان حل (ثانیه)	۰/۴۵	۰/۷۲	۱/۲۶	۱/۹۱	۳/۱۸	۰/۴۲	۱/۱۵	۲/۰۵	۲/۶۳	۳/۳۹
	٪ انحراف از تابع هدف بهینه	۵/۴	۴/۳	۵/۲	۳/۹	۴/۸	۰/۴۸	۰/۴۵	۳/۷	۴/۴	۵/۱



شکل (۹): نمایش همگرایی الگوریتم جستجوی محلی پیشنهادی

در راستای ارزیابی عملکرد الگوریتم پیشنهادی در ابعاد بزرگ‌تر، مسئله نمونه نخست به ازای مقادیر مختلف N و β توسط الگوریتم شاخه و کران و جستجوی محلی حل و نتایج آن در جدول ۳ نشان داده شده است. مطابق با این جدول، زمان حل الگوریتم شاخه و کران با افزایش مقادیر پارامترهای N و β به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد به‌طوری‌که در مواردی حل مسئله عملیاتی ترکیب سرویس‌ها حدود ۵ دقیقه زمان صرف نموده است. این در حالی است که زمان حل الگوریتم جستجوی محلی در بدترین حالت کمتر از ۴ ثانیه و متوسط میزان انحراف از مقدار تابع هدف بهینه حداکثر ۵/۴ می‌باشد. همچنین، شکل ۱۰ بیان می‌دارد که با افزایش هر چه بیشتر مقادیر پارامترهای N و β نسبت زمان حل الگوریتم شاخه و کران به الگوریتم جستجوی محلی رشد چشمگیری دارد و در واقع هزینه محاسباتی الگوریتم فراابتکاری به‌مراتب کمتر خواهد بود. علاوه بر این، در ۷۰ درصد از مسائل بزرگ حل شده، بهترین مقدار تابع هدف حاصل از الگوریتم جستجوی محلی در طی ۳۰ تکرار، برابر با مقدار بهینه تابع هدف بوده است.



شکل (۱۰): نمایش نسبت زمان حل الگوریتم‌های شاخه و کران و جستجوی محلی برای مسئله نمونه‌ی نخست با ابعاد بزرگ‌تر

۴-۴- تحلیل آماری نتایج از طریق آزمون فرض

از جمله رویکردهای اثبات توانایی الگوریتم پیشنهادی استفاده از آزمون فرض است. بدین منظور بایستی یک سری مثال‌های متنوع (با تغییر در پارامترهای مسئله) به صورت تصادفی تولید کرده سپس هر مسئله یک بار توسط الگوریتم شاخه و کران (روش دقیق) و چند بار به وسیله الگوریتم فراابتکاری حل گردد. در صورت نرمال بودن داده‌ها از آزمون فرض توسط آماره تی استودنت[1] و در صورت نرمال نبودن از آزمون‌های غیر پارامتری استفاده می‌شود. از آنجایی که تعداد تکرار الگوریتم فراابتکاری در این بخش از مقاله ۳۰ تکرار در نظر گرفته شده است، می‌توان توزیع را نرمال دانست و از آزمون فرض تی استودنت بهره گرفت. مقادیر مورد مقایسه در آزمون فرض این مسئله در جدول ۴ معرفی شده است و بر مبنای آن‌ها دو معیار کیفیت تابع هدف و زمان حل بررسی می‌شود. آزمون‌های فرض مربوط به دو مشخصه در رابطه‌های (۲۳) و (۲۴) مشاهده می‌شود. در رابطه‌ی (۲۳) فرض صفر، برابری میانگین کیفیت یا مقدار تابع هدف الگوریتم فراابتکاری با مقدار تابع هدف الگوریتم شاخه و کران مقایسه می‌شود و فرض یک، بزرگ‌تر بودن میانگین مقدار تابع هدف الگوریتم فراابتکاری را نسبت به مقدار تابع هدف الگوریتم دقیق آزمون می‌کند. در حالی که در رابطه‌ی (۲۴) فرض صفر، کمتر بودن زمان حل الگوریتم دقیق در مقایسه با میانگین زمان حل الگوریتم فراابتکاری و فرض یک، بزرگ‌تر بودن زمان حل الگوریتم دقیق را نسبت به میانگین زمان حل الگوریتم فراابتکاری مورد آزمون قرار می‌دهد. نتایج آزمون‌های فرض انجام شده برای ده مسئله متنوع در جدول ۵ آورده شده است. شایان ذکر است که در صورت پذیرش فرض صفر نتیجه آزمون «بله» و در صورت رد فرض صفر نتیجه آزمون «خیر» است. در اولین آزمون، پذیرش فرض صفر توانایی الگوریتم برای رسیدن به جوابی نزدیک به جواب بهینه را نشان می‌دهد و در آزمون دوم رد فرض صفر، بیان‌کننده سرعت بیشتر الگوریتم فراابتکاری برای رسیدن به جواب بهینه یا نزدیک به بهینه است. با انجام آزمون فرض در سطح اطمینان ۹۸ درصد می‌توان نتیجه گرفت که در ۶۰ درصد مسائل مقدار تابع هدف الگوریتم فراابتکاری و الگوریتم شاخه و کران با هم برابر بوده و در ۱۰۰ درصد مسائل زمان حل الگوریتم فراابتکاری از الگوریتم دقیق شاخه و کران کمتر است.

جدول (۴): معیارهای عملکردی مورد استفاده در آزمون فرض

معیار عملکردی	معیار عملکردی
مقدار بهینه تابع هدف بر اساس الگوریتم شاخه و کران	Z_{opt}
مقدار متوسط تابع هدف در الگوریتم فراابتکاری	Z_{ave}
زمان حل بر اساس الگوریتم شاخه و کران	T
متوسط زمان حل تکرارهای الگوریتم فراابتکاری	T'

$$\begin{cases} H_0: \ Z_{ave} = Z_{opt} \\ H_1: \ Z_{ave} \geq Z_{opt} \end{cases} \quad (۲۳)$$

$$\begin{cases} H_0: \ T \leq T' \\ H_1: \ T > T' \end{cases} \quad (۲۴)$$

با توجه به توضیحات فوق به نظر می‌رسد الگوریتم جست‌وجوی می‌تواند به عنوان روشی کارا و مفید در حل مسئله ترکیب

1. T-Student

جدول (۵): نتایج آزمون فرض برای مقایسه عملکرد الگوریتم شاخه و کران و جست‌وجوی محلی برای مسئله نمونه‌ی نخست با ابعاد بزرگتر

آزمون فرض	معیار عملکردی	β =۱				N=۱۵					
		β=۱۲	β=۱۵	β=۱۲	β=۱۵	β=۱۲	β=۱۵	β=۱۲	β=۱۵	β=۱۲	β=۱۵
نتیجه آزمون فرض تابع هدف	نتیجه پذیرش فرض صفر	بله	بله	خیر	بله	خیر	بله	بله	بله	خیر	خیر
	مقدار p-value	۰/۰۲۶	۰/۰۳۱	۰/۰۰۲	۰/۰۳۳	۰/۰۰۱	۰/۱۵۲	۰/۰۹۵	۰/۱۶۰	۰/۰۱۱	۰/۰۰۶
	مقدار متوسط تابع هدف	۳۱۶۵	۴۹۶۱	۶۵۵۶	۸۲۱۰	۹۸۸۶	۲۲۵۷	۱۸۸۸	۱۷۱۷	۱۱۶۹	۸۶۶
نتیجه آزمون فرض زمان حل	نتیجه پذیرش فرض صفر	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر
	مقدار p-value	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	متوسط زمان حل (ثانیه)	۰/۴۵	۰/۷۲	۱/۲۶	۱/۹۱	۳/۱۸	۰/۴۲	۱/۱۵	۲/۰۵	۲/۶۳	۳/۳۹

سرویس‌ها مورد استفاده قرار گیرد. همچنین، نتایج به‌کارگیری این الگوریتم (از نظر مقدار تابع هدف ارائه شده و زمان حل) در واقع نتایج تحلیل چشم‌انداز را مورد تائید قرار می‌دهد و بدین طریق کارایی الگوریتم جست‌وجوی محلی چه از طریق آزمون فرض و شاخص‌های تحلیل چشم‌انداز و چه از طریق حل مسائل نمونه به اثبات می‌رسد. از این رو این الگوریتم می‌تواند در حل مسائل واقعی ترکیب سرویس‌ها به عنوان یک رویکرد مناسب مورد بهره‌برداری فراهم آورندگان فضای ساخت و تولید ابری واقع گردد.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

ساخت و تولید ابری با تشکیل خطوط تولید مجازی هزینه سرمایه‌گذاری اولیه را کاهش و سرعت تولید را افزایش خواهد داد. در این مقاله، ساختار ترکیبی مسئله ترکیب سرویس‌های ساخت و تولید ابری در قالب مدل ریاضی عدد صحیح چندهدفه ارائه گردید و این مهم از نوآوری‌های تحقیق حاضر به شمار می‌آید. همچنین، به عنوان یک نوآوری جدید، این پژوهش حمل و نقل بین منابع تولیدی (که از اصلی‌ترین تفاوت‌های ترکیب سرویس‌ها در رایانش ابری و تولید ابری به شمار می‌آید) را در توسعه مدل ریاضی لحاظ نمود. توسعه مسئله نمونه‌ی مبتنی بر واقعیت (ضمن در نظرگیری فواصل مراکز استان‌های ایران و تخمین زمان حمل و نقل بین آن‌ها) به عنوان داده‌های ورودی حل مسئله نیز صورت پذیرفت. در ادامه و به منظور حل مسئله ترکیب سرویس‌ها از رویکرد حل دقیق (الگوریتم شاخه و کران) و روش حل فراابتکاری بهره گرفته شد و ضمن مقایسه نتایج، الگوریتم جستجوی محلی به عنوان رویکردی کارا به محققین حوزه ترکیب سرویس‌های ساخت و تولید ابری پیشنهاد گردید. نکته حائز اهمیت این است که پیشنهاد الگوریتم جست‌وجوی محلی، برخلاف بسیاری از تحقیقات که بدون ارائه دلایل موجه نسبت به انتخاب الگوریتم فراابتکاری اقدام می‌کنند، بر اساس تحلیل چشم‌انداز فضای حل مسئله مطرح گردید و کیفیت نتایج محاسباتی (و همچنین نتایج آزمون فرض) نیز تحلیل‌های مذکور را تصدیق نمود. از جمله تحقیقات آتی در حوزه ترکیب سرویس‌های ساخت و تولید ابری می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- حل مسئله ترکیب سرویس‌ها با در نظرگیری اثرات محیط زیستی و اجتماعی.
- حل مسئله ترکیب سرویس‌ها در شرایط عدم قطعیت زمان اجرای سرویس‌ها یا زمان حمل و نقل بین منابع.

مراجع

[۱] کردگاری، عادله (۱۳۹۴). بهینه‌سازی مسئله ترکیب سرویس‌ها در فضای ساخت و تولید ابری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف، تهران.

[2] Zhang, L., Luo, Y., Tao, F., Li, B.H., Ren, L., Zhang, X., Liu, Y., (2014). "Cloud manufacturing: a new manufacturing paradigm, Enterprise Information Systems", 8(2): 167-187.

[3] Bai, L., Liu, M., (2008). "A fuzzy-set based semantic similarity matching algorithm for web service", In IEEE International Conference on Services Computing, 529-532.

[4] Bakhshi, M., Mardukhi, F., Nematbakhsh, N., (2010). "A fuzzy-based approach for selecting the optimal composition of services according to user preferences", In IEEE International Conference on Computer and Automation Engineering, (ICCAE), 129-135.

[5] Gabrel, V., Manouvrier, M., Megdiche, I., Murat, C., (2012). "A new 0–1 linear program for QoS and transactional-aware web service composition", In IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC), 845-850.

[6] Kang, G., Liu, J., Tang, M., Xu, Y., (2012). "An effective dynamic web service selection strategy with global optimal QoS based on particle swarm optimization algorithm", In IEEE 26th International Parallel and Distributed Processing, 2280-2285.

[7] Tao, C., Feng., Z., Xu, C., (2009). "Optimization of Web Service Composition Using Factored Markov Decision Process", Second International Workshop on Computer Science and Engineering, 93-96.

[8] Tao, F., Zhao, D., Zhang, L., (2010). "Resource service optimal-selection based on intuitionistic fuzzy set and non-functionality QoS in manufacturing grid system", Knowledge and information systems, 25(1): 185-208.

[9] Zhang, L., Yuan, W., Wang, W., (2005).

"Towards a Framework for Automatic Service Composition in Manufacturing Grid", Lecture Notes in Computer Science and Grid and Cooperative Computing (GCC), 238-243.

[10] Zhang, W., Chang, C.K., Feng, T., Jiang, H., (2010). "QoS-Based Dynamic Web Service Composition with Ant Colony Optimization", In COMPSAC, 10: 493-502.

[11] Huang, S., Zeng, S., Fan, Y., Huang, G.Q., (2010). "Optimal service selection and composition for service-oriented manufacturing network", International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 24(5): 416-430.

[12] Guo, H., Tao, F., Zhang, L., Su, S., Si, N., (2010). "Correlation-aware web services composition and QoS Computation Model in virtual enterprise", The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 51(8): 817-827.

[13] Tao, F., Zhang, L., Venkatesh, V.C., Luo, Y., Cheng, Y., (2011). "Cloud manufacturing: a computing and service-oriented manufacturing model, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers", Part B: Journal of Engineering Manufacture.

[14] Liu, W.N., Liu, B., Sun, D.H., (2013). "Multi-task oriented service composition in cloud manufacturing", Computer Integrated Manufacturing Systems, 19(1): 199-209.

[15] Li, B.H., Zhang, L., Wang, S.L., Tao, F., Cao, J.W., Jiang, X.D., Chai, X.D., (2010). "Cloud manufacturing: a new service-oriented networked manufacturing model", Computer Integrated Manufacturing Systems, 16(1): 1-7.

[16] Zou, G., Chen, Y., Yang, Y., Huang, R., Xu, Y., (2010). "AI planning and combinatorial optimization for web service composition in cloud computing", In Proceeding of international conference on cloud computing and virtualization, 1-8.

[17] Hu, Y., Tao, F., Zhao, D., Zhou, Z., (2009). "Manufacturing grid resource and resource service digital description", The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 44(10): 1024-1035.

[18] Tian, S., Liu, Q., Xu, W., Yan, J., (2013). "A Discrete Hybrid Bees Algorithm for Service Aggregation Optimal Selection in Cloud Manufacturing", In Intelligent Data Engineering and Automated Learning, 110-117.

[19] Ter Beek, M. H., Bucchiarone, A., Gnesi, S., (2007). "Formal methods for service composition", Annals of Mathematics, Computing & Teleinformatics, 1(5): 1-10.

[20] Tao, F., Qiao, K., Zhang, L., Li, Z., Nee, A.Y.C., (2012). "GA-BHTR: an improved genetic algorithm for partner selection in virtual manufacturing", International Journal of Production Research, 50(8): 2079-2100.

[21] Zhang, L., Guo, H., Tao, F., Luo, Y.L., (2010). "Flexible Management of Resource Service Composition in Cloud Manufacturing", IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, (IEEM), 2278-2282.

[22] Tao, F., Zhang, L., Lu, K., Zhao, D., (2012). "Research on manufacturing grid resource service optimal-selection and composition framework", Enterprise Information Systems, 6(2): 237-264.

[23] Jin, H., Yao, X., Chen, Y., (2015). "Correlation-aware QoS modeling and manufacturing cloud service composition", Journal of Intelligent Manufacturing.

[24] Lartigau, J., Xu, X., Nie, L., Zhan, D., (2015). "Cloud manufacturing service composition based on QoS with geo-perspective transportation using an improved Artificial Bee Colony optimisation algorithm", International Journal of Production Research, 53(14): 4380-4404.

[25] Zheng, H., Feng, Y., Tan, J., (2016). "A fuzzy QoS-aware resource service selection considering design preference in cloud manufacturing system", The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 84(1-4): 371-379.

[26] Xiang, F., Jiang, G., Xu, L., Wang, N., (2016). "The case-library method for service composition and optimal selection of big manufacturing data in cloud manufacturing system", The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 59-70.

[27] Zheng, H., Feng, Y., Tan, J., (2017). "A Hybrid Energy-Aware Resource Allocation Approach in Cloud Manufacturing Environment", IEEE Access, 5: 12648-12656.

[28] Lu, Y., Xu, X., (2017). "A semantic web-based framework for service composition in a cloud manufacturing environment", Journal of manufacturing systems, 42: 69-81.

[29] Akbaripour, H., Houshmand, M., van Woensel, T., Mutlu, N., (2017). "Cloud manufacturing service selection optimization and scheduling with transportation considerations: mixed-integer programming models", The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 95: 1-28.

[30] Xu, X., (2012). "From cloud computing to cloud manufacturing", Robotics and computer-integrated manufacturing, 28(1): 75-86.

[31] Wu, D., Greer, M.J., Rosen, D.W., Schaefer, D., (2013). "Cloud manufacturing: Strategic vision and state-of-the-art", Journal of Manufacturing Systems, 32(4): 564-579.

[۳۲] فتحاله، مهدی.، نجفی، مهدی. (۱۳۹۵). «توسعه الگوی مدیریت مالی زنجیره تأمین و تأمین مالی زنجیره‌ای»، نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید، ۹: ۲۵۷-۲۶۹.

[۳۳] فاروقی، هیوا.، اشرفی شفی، محمد (۱۳۹۶). «طراحی شبکه زنجیره تأمین چند سطحی با در نظر گرفتن راهبردهای پایای چندگانه در سطح مراکز توزیع»، نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید، ۱۰: ۵۳-۶۷.

[34] Talbi, E.G., (2009). "Metaheuristics: from design to implementation", John Wiley & Sons.
[35] Akbaripour, H., Masehian, E., (2013). "Efficient and robust parameter tuning for heuristic algorithms", International Journal of Industrial Engineering & Production Research, 24(2): 143-150.

IERPS Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems

ISSN: 2345-2269

Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems

Spring and Summer 2018, Volume 6., No. 12., pp.83-101
www.ier.basu.ac.ir

DOI: 10.22084/ier.2018.12114.1555

Cloud Manufacturing Service Composition: Mathematical Modeling and Metaheuristic Development Based on Landscape Analysis

A. Kerdegari[1], K. Eshghi[1,*], H. Akbaripour[1]

[1] Department of Industrial Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

***Article history*:**

Received 10 December 2016
Accepted 27 June 2018

***Keywords*:**

Cloud Manufacturing
Service Composition
Optimization
Local Search Algorithm
Landscape Analysis

ABSTRACT

Service Composition (SC) is an important problem in the Cloud Manufacturing (CM) paradigm in which, after receiving customers' requests, a composition of cloud services is determined for accomplishment of their needs. Actually, a customer's need is decomposed to some distinct tasks such that a manufacturing resource or a group of them can perform each task. The ultimate goal of SC is optimal assignment of tasks to resources while specific objective function(s) and constraint(s) are considered. In this paper, as the main contribution, an Integer Programming (IP) model of service composition problem is presented which includes transportation between manufacturing resources scattered over the globe. Then, two different scenarios of SC problem are generated such that each center of Iran's provinces includes a resource which can perform some pre-determined tasks. In addition, distance of center of Iran's provinces as well as transportation time between them are estimated based on real data. In order to solve the mentioned scenarios, Branch and Bound (B&B) exact algorithm is used. Furthermore, before developing a metaheuristic algorithm for implementation in service composition problem, landscape analysis of the problem is completed. Based on the results of this analysis, the problem has a random uniform nature and its local optima are scattered over the search space. As a result, simple single-solution based algorithms such as Local Search (LS) heuristic can be efficient in SC problem solving. Results of comparison between B&B and LS algorithms indicate superiority of LS in finding optimum or near-optimum solution with lower computational cost.

* Corresponding author. Koroush Eshghi
Tel.: 021-66165712; *E-mail address: eshghi@sharif.ir*