



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

تصمیمات مکان یابی و ارسال مشترک برای خدمات فوریت‌های پزشکی

چکیده

هدف اصلی سامانه های خدمات فوریت های پزشکی نجات زندگی ها با فراهم کردن پاسخ سریع به فوریت ها است. عملکرد این سیستم ها تحت تأثیر مکان آمبولانس ها و تخصیص آنها به مشتریان است. ادبیات موضوعی گذشته پیشنهاد داده اند که اتخاذ تصمیمات همزمان مکانیابی و ارسال به طور بالقوه می تواند برخی سنجه های عملکرد نظیر زمان پاسخ را بهبود بخشد. ما یک فرمولبندی ریاضی را توسعه می دهیم که در آن یک مدل برنامه نویسی عددی که نمایانگر تصمیمات مکانیابی و ارسال است را با یک مدل ابرمکعب که نمایانگر اجزای صف بندی است و پدیده تراکم را ترکیب می کند. تصمیمات ارسال به عنوان یک فهرست اولویت ثابت برای هر مشتری مدل می شوند. به دلیل پیچیدگی مدل، یک چارچوب بهینه سازی را بر مبنای الگوریتم های ژنتیک توسعه می دهیم. نتایج ما نشان می دهد که کمینه سازی زمان پاسخ و بیشینه سازی پوشش را می توان با استفاده از قاعده پرکاربرد نزدیکترین ارسال به دست آورد. چارچوب بهینه سازی به طور سازگاری قادر است که بهترین جواب ها را حاصل کند (در مقایسه با روش های شمارش) و بدین ترتیب روش مناسبی در زمینه بهینه سازی معیارهای بهینه سازی جایگزین باشد. ما مزایای بالقوه رهیافت مشترک را با استفاده از شاخص عملکرد تعادل نشان می دهیم. نتیجه می گیریم که روش مشترک می تواند نگاه خوبی در مورد موازنه های ضمنی بین معیارهای بهینه سازی متناقض و متعدد بدهد.

کلمات کلیدی: مکانیابی/تخصیص در مراقبت های سلامت، مدل ابرمکعب، الگوریتم ژنتیک

1- مقدمه

سامانه های خدمات فوریت های پزشکی (EMS) یک خدمت عمومی است که مراقبت های ویژه خارج از بیمارستان و انتقال به یک مکان با مراقبت های معین را برای بیمارانی با بیماری ها و صدماتی که با فوریت های پزشکی سازگاری دارند فراهم می کند. هدف نهایی سامانه های EMS نجات زندگی است. توانایی این سامانه ها برای انجام مؤثر این کار، تحت تأثیر تخصیص منابع متعدد از جمله مکان سرورها، توزیع مناطق تقاضا

و قواعد توزیع سرورها است. اهداف مشترک متوسط زمان پاسخ را کمینه می کنند و یا بیشترین پوشش را ایجاد می کنند. ارتباط بین زمان پاسخ کمینه و بهبود بقا در کارهای متعددی نظیر Sanchez-Mangas, Arroyo (2010), García-Ferrer, de Juan (2010), McLay و Mayorga (2010) گزارش شده است. یک ناحیه تقاضا در صورتی پوشش داده می شود که حداقل یک مجموعه امکانات در یک آستانه فاصله/زمان معین از ناحیه تقاضا وجود داشته باشد. مفهوم پوشش مرتبط با در دسترس بودن امکانات رضایت بخش به جای وجود بهترین نوع ممکن از آن امکانات است (Asgari, Heidari, Farahani, Hosseininia, & Goh, 2012; Li, Zhao, Zhu, Wyatt (2011) اشاره کردند که روش پوشش بیشینه متداول ترین روش مورد استفاده توسط فعالانف پژوهشگران و قانونگذاران است.

از دیرباز، تصمیمات مکان و توزیع به طور جداگانه به هم نزدیک بوده اند حتی با این که مطالعات مختلف نشان داده اند احتمال مشغول بودن سرورها (و در نتیجه زمان پاسخ و پوشش در بین دیگر شاخص های عملکرد) به مکان سرور و انتخاب استراتژی های توزیع سرور حساس است (Batta, Dolan, & Krishnamurthy, 1981; Larson & Odoni, 1989). ارسال آمبولانس فرایند تخصیص یک آمبولانس خاص به منظور پاسخ به یک تماس فوریتی است. یک سیاست ارسال آمبولانس می تواند با استفاده از روش های توزیع مختلف شکل گیرد و هیچ سیاست منحصر به فردی وجود ندارد که برای همه سامانه ها مناسب باشد (Li et al., 2011). همین نویسندگان تأکید دارند که یک سیاست ارسال باید برای دستیابی به اهداف مشخص و شاخص های عملکرد تعریف شده توسط ارائه دهندگان و قانونگذاران EMS تعریف شود. در این کار، سیاست های ارسال را در نظر می گیریم که در آن یک لیست منحصر به فرد با هر منطقه تقاضا وجود دارد که سرورهای در دسترس (آمبولانس ها) یا یک زیرمجموعه از آنها را به ترتیب اولویت ارسال، رتبه بندی می کند.

در این کار، در ابتدا یک مدل ریاضی ارائه می کنیم که مکان و تصمیمات ارسال را برای یک سامانه EMS جمع آوری می کند. این مدل بهینه سازی عددی غیرخطی مخلوط است که در آن حتی تولید برخی معادلات از نظر محاسباتی سنگین هستند و بنابراین کار حل کردن را سخت می کنند. مدل ابرمکعب با فراهم کردن یک مدل صریح از دینامیک صف بندی تصادفی استفاده می شود. مدل ریاضی با کمک تحلیل تصادفی نمونه های تولیدشده کوچک شکل می گیرد که هدف آن دو چیز است: 1) با وجود اندازه کوچک، میتوان به

طور کامل همه راه حل های امکان پذیر را شمرد و در نتیجه مورد بهینه را نیز شناسایی کرد که میتواند بعداً برای اهداف مقایسه ای در مقابل استراتژی های سریعتر/هوشمندتر نسبت به شمارش استفاده شود و 2) بعد از حل کردن یک مجموعه متنوع از نمونه ها، همچنین ممکن است که به برخی روندهای عمومی مشاهده شده در جواب های عمومی نیز (با توجه به زمان پاسخ و پوشش) اشاره کرد. دوم اینکه، ما یک چارچوب بهینه سازی برای حل مسأله مکان مشترک و ارسال مبتنی بر الگوریتم های ژنتیک ارائه می دهیم. ما یک روش حل ابتکاری برای حل مدل صریح سامانه ارائه می دهیم. کار ما با رهیافت های قبلی مربوط به این مسأله متفاوت است، به این صورت که ما شکل کلی سیاست ارسال را به عنوان یک فهرست اولویت ثابت فرض می کنیم و برای هیچ ترتیب خاصی از ارسال (مثلاً مبتنی بر فاصله) اولییتی را در نظر نمی گیریم. به جای آن، تصمیمات مکان و ارسال را در یک مدل ریاضی منحصر به فرد در نظر می گیریم و یک چارچوب بهینه سازی را برای جواب آن ایجاد می کنیم. در حقیقت از آنجاییکه یک بخش واحدی از نواحی تقاضای تخصیص یافته به یک سرور خاص است، می توان گفت که یک نتیجه غیر مستقیم از مدل ما نیز یک استراتژی جداسازی است: برای هر سرور در دسترس، همه نواحی دارنده آن به عنوان اولین سرور مرجح، بخش سرور را تشکیل خواهند داد.

یافته های ما بیان می کنند که در حقیقت قاعده ارسال مشترک مبتنی بر نزدیکترین سرور در دسترس منتهی به بهترین جواب ها می شود زمانی کاتالیزگر زمان پاسخ میانگین کمینه و مکان ها به طور همزمان بهینه می شوند. بالعکس، اگر هدف بیشینه کردن پوشش مورد انتظار باشد، آنگاه جواب بهینه با استفاده از قاعده نزدیکترین ارسال متفاوت خواهد بود. با این حال، بهترین جواب های مبتنی بر پوشش، افزایشی در این شاخص نشان می دهند (با توجه به پوشش به دست آمده در کمینه کردن زمان پاسخ میانگین) که نسبتاً کوچک است (3.15٪ افزایش میانگین-95٪ CI: 2.75-3.55٪) در مقایسه با فدا شدن زمان پاسخ (65.2٪ افزایش متوسط-95٪ CI: 56.33-74.24٪). اگرچه این اعداد متناظر با نتایج میانگین برای نمونه های کوچک است، نمونه های بزرگتر رفتار مشابهی را نشان دادند. روش بهینه سازی با سازگاری خوبی، جواب های خوبی را به دست داد یعنی یک شکاف 1٪ در مقایسه با بهترین جواب های به دست آمده برای روش های شمارش کامل یا جزئی، که از لحاظ محاسباتی سنگین تر هستند.

بقیه این مقاله به صورت پیش رو سازمان یافته است. در بخش 2 مسأله به همراه یک بازنگری از ادبیات موضوعی مربوط ارائه می شود. سپس، در بخش 3، مدل ریاضی ارائه می شود. بخش 4 یک مطالعه موردی و همچنین خلاصه ای از نتایج و کاربردها را ارائه می دهد. بخش 5 یک توصیف مشروح از چارچوب بهینه سازی مبتنی بر الگوریتم های ژنتیک ارائه می دهد و بخش 6 مطالعه های موردی را معرفی می کند که در آن روش بهینه سازی به کار برده شده است. بخش های 7 و 8، بحث روی نتایج و نتیجه گیری را به ترتیب ارائه می دهند. به عنوان بخشی از نتیجه گیری، تعمیم های ممکن از کار ذکر می شوند.

2- ارائه مسأله و ادبیات موضوعی مرتبط

در بازنگری مدلها از سوی Goldberg در جهت توسعه وسایل EMS (Goldberg, 2004)، بیان شد که کار اندکی در زمینه ارسال آمبولانس ها انجام شده است. عقیده مشابهی توسط Lee (2011) بیان شد که سهم مربوط به ارسال آمبولانس در آن بسیار اندک بود. در این زمینه، Galvao and Morabito (2008) و Iannoni, Morabito, and Saydam (2011) به عنوان یک تعمیم جالب، فهرست های توزیع مختلف را استفاده کردند به جای این که فرض کنند برای مجموعه معینی از مکانها ترتیب ارسال مبتنی بر قاعده نزدیکترین ارسال باشد.

ما یک مدل ریاضی پیشنهاد می دهیم که با جستجوی اولیه جواب های بهینه بر طبق پوشش بهینه یا زمان پاسخ کمینه، تصمیمات ارسال و مکان را برای خودرو های EMS ترکیب می کند. تصمیمات ارسال به عنوان یک اولویت ثابت مدل می شود به این معنی که یک فهرست منحصر به فرد مرتبط با هر مشتری وجود دارد که سرورهای در دسترس (آمبولانس ها) را با توجه به اولویت ارسال رتبه بندی می کند. این فهرست با وجود تغییرات در حالت سیستم تغییری نمی کند. با این حال، واحد خاصی که برای پاسخ به هر تماس از منطقه تقاضا ارسال می شود از قبل معلوم نیست، زیرا تخصیص وابسته به در دسترس بودن سرورها (حالت سیستم) در زمانی است که تماس دریافت می شود. (Levine 1986 و Katakakis) به برخی از نتایج نظریه تصمیم گیری مارکوف اشاره می کنند که نشان می دهد که هنگامی که تعداد حالت های سیستم و تعداد اقدامات در دسترس برای انجام در هر حالت (تخصیص منابع) محدود هستند و با این کار فایده در نظر گرفتن سیاست های

قطعی را در نظر می‌گیرد: یک سیاست قطعی وقتی رخ می‌دهد که سامانه در یک حالت خاص باشد، مجموعه اقدامات در دسترس جهت انجام، معین است و تنها به حالت واقعی وابسته است (در این مورد، که سرورها مشغول و یا بیکار هستند).

سرورها در یک سامانه EMS نوعی 1) از نظر فضایی در منطقه توزیع شده اند؛ 2) بار سامانه یا با توجه به مشارکت بین یکدیگر به اشتراک می‌گذارند و 3) مشخصه‌های عملیاتی مختلفی نظیر مناطق اولویت مختلف دارند (Galvao & Morabito, 2008). این مشخصه‌ها به تدریج در روش‌های مختلفی برای برنامه‌ریزی سامانه‌های EMS استفاده می‌شوند. تراکم نیز یک پدیده نوعی مربوط به سامانه‌های EMS است. بر اساس نتایج Chiyoshi, Galvao (2005) و Morabito (2005) حجم تماس‌ها برای خدمات می‌تواند آمبولانس را در 20٪ یا 30٪ زمان خود مشغول نگه دارد.

دو تلاش اولیه برای توسعه مدل‌های پوشش اساسی مجموعه پوشش دهنده مسأله مکان (SCLP) توسط ReVelle, Toregas, Swain, و Bergman (1971) و مسأله پوشش مکان بیشینه (MCLP) توسط Church and ReVelle (1974) انجام شد. تعمیم‌هایی برای این دو مدل اساسی در ادامه ارائه شد. مدل‌های TEAM و FLEET توسط Schilling, Elzinga, Cohon, Church, و ReVelle (1979) و مدل MCLP را بهبود بخشیدند. پوشش چندگانه تقاضاهای در مدل‌های BACOP1 و BACOP2 توسط Hogan و ReVelle (1986) انجام شد و DSM و DDSM توسط Gendreau, Laporte و Semet (1997, 2001) اضافه شد. مسأله p-median توسط Hakimi (1964) معرفی شد. مدل p-median در برنامه‌ریزی و توزیع امکانات برای EMS در کار Carbone (1974) و Carson و Batta (1990) به کار گرفته شد.

ماهیت مدل‌های تعیین مکان اساسی، قطعی است و بنابراین سامانه را به طور دقیق ارائه نمی‌دهد (Brotcorne et al., 2003; Jia, Ordóñez, & Dessouky, 2007a). مدل‌های پوشش اساسی هنگامی که تجهیزات مکان ثابت هستند، به کار می‌آیند، اما در مورد یک سامانه EMS، به محض این که یک واحد ایستگاه خود را برای پاسخ به یک درخواست خدمت ترک می‌کند، دیگر نقاط تقاضا که باید توسط واحد پوشش داده شوند دیگر تحت پوشش نخواهند بود. کار انجام شده توسط Snyder (2004) مدل‌های متعددی را بازنگری می‌کند.

کند که به تغییرات در ورودی‌ها نظیر زمانهای تقاضا و سفر می‌پردازند تا بدین ترتیب عدم قطعیت را مورد توجه قرار دهند. همین کار به اهمیت تراکم نیز پرداخت. (Daskin (1983 مدل پوشش بهینه انتظاری (MEXCLP) که شامل مدلسازی اجزای تراکم بود را توسعه داد. Hogan و (1986) Revelle (مسأله بیشینه‌سازی دسترسی به مکان (MALP I و II) را معرفی کردند و پس از آن Marianov و ReVelle (1996)) آن را بهبود بخشیدند. Farahani و همکاران (2012) یک بازنگری وسیع و به روز در مورد مسأله های مکان یابی تجهیزات انجام دادند. Arabani و Farahani (2012) یک نظرسنجی در مورد پویایی مکانهای تجهیزات انجام دادند.

کار انجام شده توسط Larson (1974) برای اولین بار از نظریه صف بندی اجزا در مدل‌های مکان یابی تجهیزات با معرفی مدل ابرمکعب استفاده کرد. Larson (1975) بعداً یک تقریب برای مدل ابرمکعب به دلیل سخت بودن محاسبات معرفی کرد. Chiyoshi, Galvao و Morabito (2001) بعد از مقایسه روش‌های مختلف بیان کردند که ابرمکعب تنها مدلی است که دارای قابلیت‌هایی برای ارائه دقیق یک سامانه است. کاربردها و تعمیم‌های مختلفی از مدل ابرمکعب برای سامانه EMS نظیر کارهای Brandeau و Chiu (1989) و (Mendonca and Morabito (2001) , Atkinson, Kovalenko و Kuznetsov, and Iannoni and Morabito (2007) و Mykhalevych (2008) و Iannoni, Morabito, and (2007) و Galvao and Morabito (2008) and Geroliminis, Karlaftis, and Saydam (2008), Galvao and Morabito (2009) ارائه شد. به خوبی نشان داده شده است که مدل ابرمکعب یک ابزار توصیفی برای تحلیل سناریو است و به عنوان یک مدل بهینه‌سازی طراحی نشده است. با این حال، می‌توان آن را در یک چارچوب بهینه‌سازی وارد کرد. Batta و همکاران (1989) MEXCLP را با مدل ابرمکعب در یک الگوریتم جستجوی محلی و تسلسلی ترکیب کردند. Aytug و Saydam (2002) جستجوی محلی را با الگوریتم ژنتیک جایگزین کردند. Iannoni and Morabito (2007) و Iannoni و همکاران (2008) و Geroliminis, Kepaptsoglou, and Karlaftis (2011) برای حل مسأله مکانیابی مدل ابرمکعب را در الگوریتم‌های ژنتیک وارد کردند. در این مقاله، ما نیز از مدل ابرمکعب برای مدل کردن صریح سامانه استفاده می‌کنیم. در حالی که تقریب‌های ابرمکعب (Jarvis, 1985; Larson, 1975) می‌تواند منتهی به روش

های حل سریعتری شود اما جواب صریحی را ارائه نمی دهند. بنابراین، همانطور که قبلا بیان شد، روش ما برای یافتن یک راه حل ابتکاری برای مسأله تقریبی است که در مقابل یک جواب صریح برای یک مسأله تقریبی است. کار آتی مرتبط با موضوعات مقیاس پذیری روش پیشنهادی در بخش 8 ذکر می شود.

3- مدل ریاضی

مدل ما متفاوت با ادبیات موضوعی است بدین صورت که ما تصمیمات مکان و ارسال را در یک چارچوب منفرد جمع می کنیم، در حالی که مراجع ذکر شده یک سیاست ارسال اولیه مبتنی بر نزدیکترین رابطه را فرض می کنند.

1-3 فرضیات

فرض می شود که سامانه سرویس را برای یک ناحیه جغرافیایی J فراهم می کند که به نواحی سرویس، نواحی تقاضا، تقسیم می شود، سلول ها یا اتم ها آیتم های دیگر هستند که برای این تقسیم بندی ها استفاده شده اند. تعداد معینی از سرورها در نقاط $i \in I \subset J$ واقع شده اند. تقاضا ها فقط در مرکز هر ناحیه سرویس با درخواست های پواسون زمانی همگن برای خدمت ایجاد می شوند میل به آهنگ افزایش نمایی دارند. Larson and Odoni (1981) نشان دادند که انحراف منطقی از این فرض آخر به طور چشمگیری دقت مدل را تغییر نمی دهد.

هر ناحیه سرویس j یک بخش f_j از کل تقاضا را ایجاد می کند $(\sum_j f_j = 1)$. پس کل تقاضا λ است و تقاضای هر ناحیه $\lambda_j \equiv \lambda f_j$ است. یک ناحیه پاسخ اولیه سرور (بخش *district*) شامل نواحی سرویس است که سرور به آنها در صورت دسترسی ارسال می شود. هنگامی که یک درخواست سرویس دریافت می شود، اگر سرور پاسخ اولیه در دسترس باشد، فوراً ارسال می شود. سرور به محل حادثه می رود و پس از گذشت یک بازه زمانی و قبل از تخصیص به درخواست بعدی به ایستگاه خود برمیگردد. اگر سرویس پاسخگو در زمان دریافت درخواست مشغول باشد، بر مبنای فهرست اولویت ثابت و با توجه به سرورهای موجود برای هر ناحیه تقاضا سرور دیگری اختصاص می یابد. فهرست اولویت می تواند شامل همه سرورهای در دسترس در سامانه در

دسترس (بک آپ کل) یا تنها یک زیرمجموعه از آنها (بک آپ جزئی) می شود. اگر همه سرورها مشغول باشند، درخواست از دست رفته تلقی می شود (این معمولا به این معنی است که باید با یک سرور خارجی پاسخ داده شود). مدل اساسی نیز فرض می کند که سرورها یکسان هستند و این که زمان سرویس هر واحد پاسخ برای هر تماس دارای یک توزیع نمایی با میانگین $1/\mu$ است (این فرض منطقی است اگر زمانهای سفر در مقایسه با کل زمان سرویس کوتاه باشد، این موضوع در نواحی شهری صدق می کند). زمان سرویس برای یک پاسخ شامل زمان تنظیم، زمان سفر از ایستگاه به محل حادثه، زمان حضور در صحنه حادثه، زمان پیگیری مربوطه و زمان برگشت به ایستگاه می شود. بازه زمان پاسخ زمانی است مابین ارسال آمبولانس تا رسیدن آن به سر صحنه.

2-3 فرمول بندی

در فرمول بندی پیش رو، J نشان دهنده نواحی سرویس است؛ I سایت های مکان بالقوه است $|I| \leq |J|$ ؛ N تعداد کل واحدهای پاسخ (سرورها) است؛ t_{nj} زمان پاسخ میانگین برای سرور n برای رسیدن به ناحیه j در زمان دسترسی است؛ λ تقاضای پهنای شبکه کل (درخواست ها/زمان واحد) است؛ f_j کسری از بار پهنای شبکه تولید شده از ناحیه $j \in J$ است؛ E_{nj} مجموعه حالت هایی است که در آن سرور n سرویس مرجح برای ناحیه j است؛ C_N ها رئوس یک ابرمکعب N بعدی هستند؛ d_{ij}^-, d_{ij}^+ فاصله های صعودی و نزولی همینگ بین رئوس B_j و B_i هستند $(d_{ij}^- + d_{ij}^+ = d_{ij})$ و λ_{ij}, μ_{ij} آهنگ های میانگین صعودی و نزولی هستند که در آنها گذار از حالت i به حالت j متناظر با رئوس B_j و B_i انجام می شود به شرطی که سامانه در حالت i باشد. در نهایت، ما متغیرهای تصمیم گیری را داریم:

$$x_i = \begin{cases} 1 & \text{اگر ما یک خودرو در سایت بالقوه } i \text{ قرار دهیم} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$$

$$y_{ij}^l = \begin{cases} 1 & \text{اگر خودرو واقع شده در } i \text{ دارای اولویت } l \text{ تا ناحیه } j \text{ داشته باشد.} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$$

در ادامه متغیرهای کمکی تصمیم را بیان می کنیم: ρ_{nj} کسری از ارسالها است که واحد n به ناحیه j می فرستد، $n = 1, 2, \dots, N$ ؛ $P(B_k)$ یک احتمال حالت پایای متناظر با رأس B_k ، $k = 1, 2, \dots, 2^N$ است. معادله (1) تابع هدف است، زمان پاسخ میانگین (MRT)؛ قید (2) تعداد سرورهایی که باید مستقر شوند، و قید (3) قید تجمع برای متغیر تصمیم x_i است. قید (4) کسری از همه ارسال ها را محاسبه می کند که سرور n را به ناحیه j با استفاده از نظریه صف بندی استاندارد و فرض یک سامانه ظرفیت خط صفر (تماسهایی که به هنگام شلوغی همه سرورها دریافت می شوند، از دست می روند)؛ معادله (5) نشان دهنده معادلات موازنه هستند که احتمالات حالت پایای حالت معین فرایند مارکوف زمان پیوسته را با N سرور نشان می دهد. توجه کنید که اگرچه فرض شده بود که آهنگ سرویس برای همه سرورها برابر باشد اما یکسان بودند و بیان کلی داده شده با این معادله به سرورهای مختلف اجازه می دهد که آهنگ های سرویس مختلف داشته باشند.

برای مشاهده جزئیات محاسبه μ_{ij} و λ_{ij} Geroliminis و همکاران (2009) را ببینید.

قید (6) اطمینان می دهد که مجموع احتمالات برابر با یک است. معادله (7) قید تجمع برای متغیر تصمیم y_{ij} است؛ قید (8) ارتباط منطقی بین تصمیم مکان و تخصیص یک مکان در فهرست اولویت یک ناحیه تقاضا بیان می کند و در آخر قیدهایی (9) و (10) اطمینان می دهند که یک فهرست تقدم کامل برای هر ناحیه تقاضا وجود دارد و این که در فهرست تقدم هر ناحیه تقاضا، هر سرور تنها یک بار دیده می شود. مدل کامل داده شده با (1)–(10) مسأله اساسی بهینه سازی را می دهد که در آن مکان سرورها و قاعده ارسال برای هر ناحیه تقاضا، تصمیماتی هستند که باید اتخاذ شوند. همچنین توجه کنید که احتمالات حالت پایا متغیرهای کمکی هستند که برای هر ترکیب کامل از تصمیمات مکان و ارسال تغییر می کنند.

مسأله بهینه سازی به صورت زیر فرمولبندی می شود:

$$\text{Minimize } MRT = \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^J \rho_{nj} t_{nj} \quad (1)$$

s.t:

$$\sum_{i=1}^I x_i = N \quad (2)$$

$$x_i \in \{0, 1\}, \quad i \in \mathbf{I} \quad (3)$$

$$\rho_{nj} = f_j \frac{\sum_{B_i \in E_{nj}} P(B_i)}{1 - P(B_{2^n})} \quad n = 1, \dots, N; \quad j \in \mathbf{J} \quad (4)$$

$$P(B_j) \left[\begin{array}{l} \sum_i \lambda_{ij} + \sum_i \mu_{ij} \\ B_i \in C_N : d_{ij}^+ = 1 \quad B_i \in C_N : d_{ij}^- = 1 \end{array} \right] \\ = \sum_i \mu_{ij} P(B_i) + \sum_i \lambda_{ij} P(B_i) \quad j = 1, \dots, 2^N \quad (5)$$

$$B_i \in C_N : d_{ij}^- = 1 \quad B_i \in C_N : d_{ij}^+ = 1$$

$$\sum_{i=1}^{2^N} P(B_i) = 1 \quad (6)$$

$$y_{ij}^l \in \{0, 1\} \quad i \in \mathbf{I}; j \in \mathbf{J}; l = 1, \dots, N \quad (7)$$

$$x_i \geq y_{ij}^l \quad i \in \mathbf{I}; j \in \mathbf{J}; l = 1, \dots, N \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^N y_{ij}^l = 1 \quad i \in \mathbf{I}; j \in \mathbf{J} \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^I y_{ij}^l = 1 \quad j \in \mathbf{J}; l = 1, \dots, N \quad (10)$$

مدل ارائه شده رسماً متناظر با یک مسئله NP-Hard (Geroliminis et al., 2009). این یک مدل برنامه نویسی غیر خطی مخلوط است که یک زیرمدل صف بندی متناظر با فرایند مارکوف زمانی پیوسته است. با داشتن یک مجموعه خاص از مکانها برای سرورهای در دسترس و یک فهرست اولویت برای هر ناحیه تقاضا با توجه به همان سرورها، لازم است که در ابتدا معادلات موازنه شار که در (5)، (6) داده شده است را قبل از اینکه قادر باشیم مقدار تابع هدف را محاسبه کنیم، حل کنیم. این معادلات اگرچه به صورت فشرده نوشته شده است، اما نه به سادگی تعیین می شوند و نه به راحتی حل می شود. تعداد معادلات موازنه شار برابر با 2^N است، بنابراین، تعداد معادلاتی که باید زیرمسئله را حل کند به طور نمایی و با توجه به تعداد سرورها رشد می کند. (Galvao and Morabito (2008) بیان کرده اند که در حقیقت زمان کامپیوتر مورد نیاز برای تولید ضرایب سامانه خطی باید بالاتر از زمان لازم برای حل آن باشد. این به دلیل روابط پیچیده تحمیل شده از سوی تصمیمات مکان و ارسال مرکب است. معادلات موازنه شار منجر به یک دستگاه معادلات خطی می شود که حل صریح آن نیازمند محاسبه معکوس ماتریس ضرایب است. اندازه ماتریس به طور نمایی رشد می کند، بنابراین، زمان صرف شده برای انجام یک تک تکرار جهت ارزیابی یک راه حل بالقوه بسیار سنگین می تواند باشد.

گفته شده است که بیشینه کردن پوشش متداولترین روش برای برنامه‌ریزی سامانه های EMS است. به جای پوشش استاندارد، از مفهوم پوشش انتظاری که توسط (Ingolfsson, Budge, and Erkut (2008) ارائه شده است استفاده می کنیم، که در آن تراکم سامانه و به طور بالقوه تغییرپذیری در زمانهای پاسخ ها را در نظر می گیرد. معادلات پیش رو نحوه محاسبه پوشش انتظاری را تشریح می کند:

$$\text{Ex. Cov} = \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N P_{jj(n)} (1 - P_{j(n)}) \prod_{u=1}^{n-1} P_{j(u)} \quad (11)$$

که در آن $P_{j,i}$ احتمال این است که ایستگاه i گره j را پوشش می دهد، P_i متناظر با احتمال اشغال بودن ایستگاه i است و $j(n)$ مربوط به n مین ایستگاه مرجح برای گره تقاضای j است. توجه کنید که $P_{j,i}$ می تواند به عنوان یک متغیر باینری استفاده شود که نشان می دهد آیا آستانه پوشش توسط سرورهای در دسترس برآورده می شود یا خیر، اما میتواند به صورت احتمال این که در این آستانه معین پوشش امکان پذیر است استفاده شود. معادله (11) در مدل بهینه سازی برای مواردی که در آن ما به بیشینه پوشش انتظاری نگاه می کنیم جایگزین معادله (1) میشود.

4- مطالعه موردی

در این بخش، یک مطالعه موردی معرفی می کنیم که به اندازه کافی کوچک است و می تواند همه جوابهای ممکن را شمارش کند و همچنین موقدار بهینه را شناسایی کند. به دلیل اندازه کوچک، ما نیز از جواب صریح برای مدل ابرمکعب جایگذاری شده استفاده می کنیم. برای این مثال ما از ناحیه مربع در صفحه دکارتی استفاده می کنیم و فرض می کنیم که پنج ناحیه تقاضا داریم، که داوطلب نواحی برای سه سرور در دسترس هستند. مکانهای نواحی تقاضا در هر زوج مرتب داخل یک شبکه می تواند واقع شود که از (0,0) شروع می شود و به (10,10) در صفحه می رسد. تقاضا برای هر ناحیه بین 1 تا 20 تماس/دوره-زمان تغییر می کند.

برای تولید نمونه های مختلف ما از اعداد تصادفی به صورت زیر استفاده می کنیم. مختصات (X,Y) برای هر پنج ناحیه تقاضا با تولید اعداد یکنواخت بین 0 و 10 به دست می آیند. برای هر یک از نواحی تقاضا، تقاضا با تولید اعداد صحیح یکنواخت بین 1 و 20 به دست می آیند. فواصل بین نواحی تقاضا متناظر با فواصل زاویه راست هستند. مکانهای بهینه به انتخاب متریک فاصله حساس نیستند (Benveniste, 1985). آهنگ

سرویس برای سرورها بر مبنای فرض یک مقدار خاص برای به کارگیری کلی سامانه یعنی $\rho = \lambda/3\mu$ تخصیص می یابد. همانند کار انجام شده توسط Budge, Ingolfsson, and Erkut (2009) and Chiyoshi et al. (2001) که در آن ρ بین 0.1 و 0.9 تغییر می کند، سه سناریوی متفاوت برای کاربرد برای هر ترکیبی از مکان نواحی تقاضا و تقاضاها ارزیابی می شود که در آن $\rho = 0.1, 0.5, 0.9$. سرعت سرور برابر با 1.0 واحد فاصله/زمان فرض می شود. آستانه بیشینه استفاده شده برای پوشش 7.0 واحد فاصله است. 100 مجموعه مختلف از مکان ها تولید شده است و از آنجایی که برای هر یک از آنها، سه سناریو برای آهنگ های سرویس در نظر گرفته شده است، 300 نمونه مختلف را تولید می کنیم.

یکی از مسائل که به صورت تصادفی تولید شده است (جدول 1) و جواب بهینه برای MRT (جدول 2) بعد از شمارش در ادامه تشریح می شود. جالب توجه است که تعداد جوابهای ممکن 77,760 است. $\binom{5}{3} = 10$ مکان ممکن وجود دارد. هر ناحیه تقاضا دارای یک فهرست مرتب از سرورها دارد و از آنجایی که سه سرور وجود دارد هر مشتری می تواند 3! فهرست واحد داشته باشد. تعداد کل جواب ها $10 \times 3!^5 = 77,760$ است. توجه کنید که دربرگرفتن ناحیه تقاضای دیگر می تواند منجر به افزایش تعداد جوابها به 466,560 شود. به بیان دیگر، تعداد جوابهای ممکن با عامل 3! افزایش می یابد. از اینرو، فضای جستجوی برای مسأله اندازه واقعی بسیار بزرگ است و شمارش به عنوان یک روش جایگزین مناسب نیست.

Locations			
Index	x-Coord	y-Coord	Demand
1	10	5	20
2	1	1	18
3	7	9	12
4	2	7	8
5	6	1	6

جدول 1

Performance indicator					
ρ	St. Cov.	Ex. Cov.	MRT	$P[111]$	Optimal locations
0.1	1.0	0.954	2.123	0.003	1-2-3
0.5	1.0	0.721	4.340	0.134	1-2-3
0.9	1.0	0.517	5.355	0.309	1-2-4

جدول 2

در جدول 2، $St. Cov$ بیان کننده محاسبه اساسی پوشش است، از اینرو هر ناحیه تقاضا پوشش داده شده در نظر گرفته می شود اگر حداقل یک آمبولانس در فاصله 7.0 یا واحد فاصله کمتر واقع باشد؛ $St. Cov = 1.0$ به معنی پوشش کامل است. با این حال، این تعریف از پوشش تراکم سامانه را مورد توجه قرار نمی دهد، از اینرو، ما از $(Eq. (11) Ex. Cov)$ استفاده می کنیم. $(Eq. (1) MRT)$ زمان پاسخ میانگین سامانه است. پنجمین ستون متناظر با احتمال که اشغال بودن (همه سرورها در حال سرویس دهی تماس ها باشند) است و بنابراین، تماس های جدید رد می شوند. آخرین ستون نشان دهنده مکانهای بهینه سرورها هستند.

در نگاه اول، نتایج جدول 2 مطابق انتظار هستند. از سوی دیگر، افزایش کاربرد کلی، که اساسا به معنی کاهش آهنگ خدمت و در عین حال ثابت نگه داشتن آهنگ تماس است منجر به افزایش زمان پاسخ انتظاری و همچنین افزایش احتمال اشغال می شود. از سوی دیگر، می توانیم ببینیم که پوشش استاندارد نمی تواند پدیده تراکم را در نظر بگیرد. پوشش انتظاری داده شده در (11) به وضوح تحت تأثیر کاربرد کلی است.

ما با شمارش تعداد کلی 300 مسأله با اندازه کوچک را برای زمان پاسخ کمینه و پوشش انتظاری بیشینه محاسبه می کنیم. همانطور که انتظار می رود، برطبق بحث ارائه شده در بخش 2، برای هر یک از 300 مسأله، جواب بهینه که MRT را کمینه می کند همانند جوابی است که در آن مکانها بهینه شده اند و یک فهرست ارسال در نزدیکترین خودرو استفاده می شود. ما همچنین مشاهده کردیم که هنگامی که وابستگی های وجود دارد (سرورهای متعددی در فواصل کمینه از یک ناحیه تقاضای معین وجود دارد)، تنها یکی از ترکیب ها منتهی به جواب بهینه می شود در صورتی که استفاده از دیگر رتبه بندی های ارسال که مبتنی بر قاعده نزدیکترین است (به دلیل وابستگی ها) منجر به افزایش مقدار تابع هدف می شود که در بدترین حالت زیر 2% است. توجه کنید که تغییر فهرست اولویت یک ناحیه تقاضای منفرد، حتی اگر برای آن ناحیه تقاضا سرورهای متعددی وابسته باشند، شاخص های عملکرد سامانه تغییر می کنند.

در ادامه به پوشش بیشینه $(Ex. Cov)$ نگاه می کنیم که در معادله (11) داده شده است. یک بار دیگر، همه جوابهای ممکن برای همه 300 نمونه را شمارش می کنیم تا قادر باشیم آنها را که پوشش بیشینه را تولید می کنند شناسایی کنیم. در این حالت توجه می کنیم که جوابهای بهینه از قاعده نزدیکترین ارسال پیروی

نمی کنند. همچنین مشاهده کردیم که جوابهای بسیاری وجود دارند که همان پوشش بهینه را برای نمونه خاص نمایش می دهند و این که زمان پاسخ بیشینه آن جواب ها یک تغییر بزرگ را ایجاد می کند. از آنجایی که زمان پاسخ نیز مهم است، در مواردی که جوابهای بهینه متعددی وجود داشته باشد، ما جوابی را انتخاب کرده ایم که که کمترین زمان پاسخ را داشته باشد. اگرچه جوابهای بهینه با توجه به پوشش مورد انتظار از یک سیاست تخصیص کوتاه بینانه پیروی نمی کنیم، همچنین توجه می کنیم که استفاده از این نوع سیاست می تواند منجر به کاهش در پوشش انتظاری شود که در همه موارد زیر 3.8% است. در حقیقت فرای نیمی از موارد کمتر از 1.0% است.

5- چارچوب بهینه سازی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک

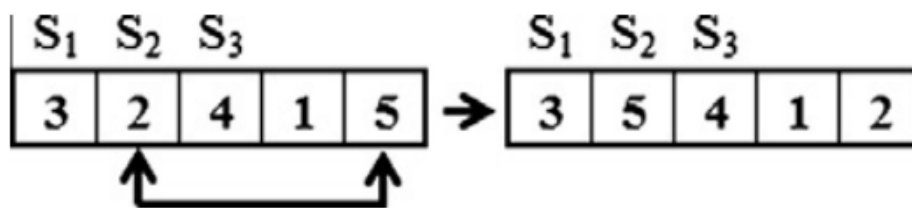
در ادامه یک چارچوب بهینه سازی برای حل مسأله ترکیبی مکان و ارسال برای سامانه های EMS ایجاد می کنیم. بهینه سازی مبتنی بر الگوریتم های ژنتیک است. در این بازنگری (Goldberg 2004) پیشنهاد می کند که استفاده از صف بندی فضایی (مدل ابرمکعب) یا روش های شبیه سازی جای گرفته در یک جستجوی ابتکاری بالاترین کاربرد برای کارهای برنامه ریزی EMS در دنیای واقعی دارد. (Aytug و Saydam 2002) نیز روی موفقیت الگوریتم های ژنتیک در حل مسائل ترکیبی نظر دارند به طوری که آنها را به داوطلب های قوی در زمینه حل مسأله تخصیص/مکانیابی آمبولانس تبدیل می کند. (Iannoni و Morabito 2007) و همچنین Iannoni و همکاران (2008) و Geroliminis و همکاران (2011) نیز مدل ابرمکعب را در الگوریتم های ژنتیک و برای حل مسأله مکانیابی استفاده کردند. بنا به گفته Geroliminis و همکاران (2009) تابع هدف MRT به عنوان تابعی از فضای مکان کمینه های محلی زیادی دارد که باعث می شود برای یک روش جستجوی سراسری نظیر الگوریتم های ژنتیک مناسب باشد. (Dessouky و Jia, Ordóñez, 2007b)) یک الگوریتم ژنتیک برای حل مسأله برپایی تجهیزات و پاسخگویی فوریتی در مقیاس وسیع پیشنهاد دادند. (Shariff, Moin, و Omar 2012) از الگوریتم ژنتیک برای حل مسأله MCLP که به مکانیابی تجهیزات سلامت در مالزی اعمال شده بود استفاده کردند.

1-5 نمایش راه حل

کار فعلی از ایده یک کروموزوم مرکب استفاده می کند. یعنی، یک کروموزوم که در حقیقت از کروموزومهای متعددی تشکیل شده است. این نمایش به ماهیت مسأله که در آن دو تصمیم گیری باید انجام شود، نزدیک است؛ یک تصمیم گیری برای مکان و یک تصمیم گیری برای ارسال. به این خاطر، این دو تصمیم در دو زیر کروموزوم کدگذاری می شوند. علاوه بر این، از آنجایی که تصمیم ارسال در حقیقت یک تصمیم به ازای هر ناحیه تقاضا است، باعث ایجاد ایده داشتن کروموزوم های جداگانه برای نمایش هر ناحیه تقاضا می شود. شکل 2 کروموزوم های مرکب را برای موردی که در آن سه سرور از بین 5 داوطلب باید جهت پاسخگویی به 5 ناحیه تقاضا استقرار یابند را نشان می دهد (هر پره تقاضا یک داوطلب برای استقرار یک سرور است). توجه کنید که کروموزوم ها به زیر کروموزوم ها تقسیم می شوند. اولی مربوط به تصمیم مکان است و بنابراین دارای اندازه 5 است که 3 مؤلفه اول مکان یک سرور را در حافظه خود دارند. زیر کروموزوم مکان اطلاعات بیشتر از حد نیاز را در حافظه خود دارد، زیرا تنها یک زیرمجموعه از مکانها، یک سرور خواهند داشت.

2-5 عملگر جهش

عملگر جهش استاندارد به طور تصادفی یک کروموزوم را از حوضچه انتخاب می کند و سپس هریک از ژن ها را با یک احتمال معین و به طور تصادفی تغییر می دهد. از آنجایی که ما از یک کروموزوم مرکب استفاده می کنیم، به محض این که یک کروموزوم برای جهش انتخاب شد، عملیات باید هر یک از زیر کروموزوم های آن را تجزیه و تحلیل کند. برای این که ما با زیر کروموزوم هایی کار می کنیم که یک جایگشت هستند، عملگر استاندارد جهش با یک عملگر سواپ (تبادل) جایگزین می شود. این عملگر به طور تصادفی موقعیت های دو ژن را درون کروموزومها مشابه شکل 1 تغییر و تبادل می دهد. توجه کنید که برای مکان زیر کروموزوم، سواپ سواپ به گونه ای انجام می شود که تبادل بین یک مکان اختصاص یافته در جواب فعلی و یک مکان کاندید که هنوز انتخاب نشده است انجام می شود. یعنی از سواپ هایی که روی جواب تأثیری ندارند پرهیز می کنیم.



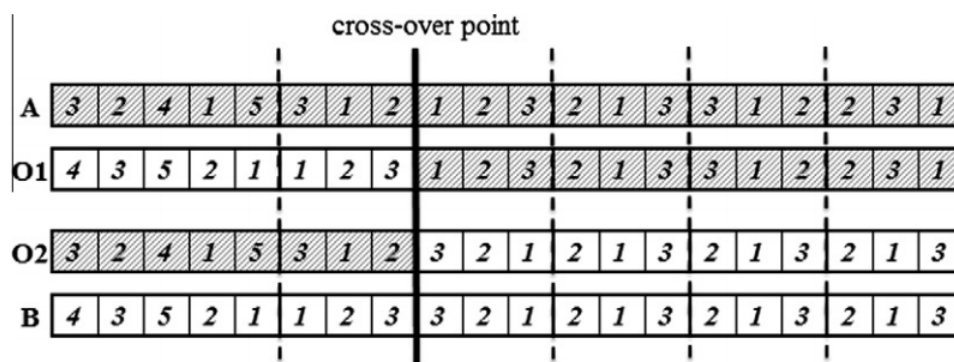
شکل 1

S ₁	S ₂	S ₃	1 th	2 nd	3 rd	1 th	2 nd	3 rd	1 th	2 nd	3 rd	1 th	2 nd	3 rd	1 th	2 nd	3 rd		
3	2	4	1	5	3	1	2	1	2	3	2	1	3	3	1	2	2	3	1
Location			Z ₁ -Dispatch			Z ₂ -Dispatch			Z ₃ -Dispatch			Z ₄ -Dispatch			Z ₅ -Dispatch				

شکل 2

3-5 عملگر تقاطع

یک عملگر تقاطع تک نقطه ای در به کارگیری الگوریتم ژنتیک استفاده می شود. باز ترکیب ژن ها در سطح زیر کروموزوم ها انجام می شود، که به این معنی است که نقاط تقاطع داوطلب متناظر با زیر کروموزوم ها هستند. برای درک بهتر این عملگر، یک مثال در شکل 3 یک مثال نمایش داده شده است. A و B دو والد هستند. O1 و O2 دو فرزند هستند که ممکن است ایجاد شوند. والد A سایه خورده است تا ژنهای بعد از عملگر تقاطع مربوط به آن ردگیری شوند. نقاط تقاطع ممکن با خط تیره های عمودی نشان داده می شوند.



شکل 3

4-5 جمعیت دهی

معمولا این موردی است که جمعیت دهی به طور تصادفی انجام می شود. وجود قیدها ما را ملزم می کند که جمعیت دهی های اولیه که جواب های شدنی را تولید می کنند توسعه دهیم. در این مورد، جمعیت برای هر زیرگروموزوم یک جواب شدنی را تولید می کند. با این حال امکان دارد که جوابهای اولیه "خوبی" را با داشتن آگاهی در مورد مسأله تولید کنیم. آزمون های اولیه در مورد به کارگیری الگوریتم ژنتیک با یک جمعیت که به شکل تصادفی ایجاد می شود، انجام می شود. براساس نتیجه حاصل از روش شمارش برای مطالعه موردی کوچک ارائه شده در بخش 4، یک روش جمعیت دهی بهتر پیشنهاد می شود. از آنجایی که به نظر می رسد استفاده از نزدیکترین ارسال، کمک مؤثری به کمینه کردن زمان پاسخدهی و همچنین فراهم کردن پوشش خوب می کند، خوب است که از اطلاعات به عنوان بخشی از فرایند جمعیت دهی استفاده کنیم. در حقیقت وقتی که یک مسأله با اندازه متوسط را حل می کنیم، مکانها در طول فرایند جمعیت دهی به شکل تصادفی تولید می شوند، اما ارسال مبتنی بر استفاده از نزدیکترین سرورها است.

5-5 آهنگ های تقاطع و جهش-اندازه جمعیت

به منظور بررسی عملکرد مقادیر الگوریتم ژنتیک، آهنگ های جهش (P_m) و تقاطع (P_c) مورد نیاز هستند. (Iannoni et al. (2008 از $P_c = 0.5$ و $P_m = 0.06$ استفاده کردند در حالی که اندازه جمعیت برابر با $S = 100$ نفر بود. همچنین، (Aytug and Saydam (2002 $P_c = 0.6$ و $P_m = 0.03$ را پیشنهاد دادند، در حالی که اندازه جمعیت $S = \max(100; 0.75n)$ بود، که در آن n تعداد گره های مسأله ای است که باید حل بشود. نویسندگان استدلال کردند که برای تابع هدف با پتانسیل داشتن بهینه های محلی چندگانه، یک موازنه بین جهش و تقاطع انجام می شود و این که جمعیت های با اندازه بزرگ، عموم در کاهش زمان محاسبات، مطلوب هستند. همچنین بیان می شود که قاعده شست که در آن $P_m = 1/L$ است منتهی به نتایج خوبی می شود، در اینجا L طول کروموزوم است. به جای انتخاب مقادیر دلخواه برای این پارامترهای الگوریتم ژنتیک، در بخش بعد یک طرح تجربی برای تنظیم پارامترهای الگوریتم ژنتیک قبل از استفاده از آن معرفی

می کنیم. به کارگیری الگوریتم ژنتیک با استفاده از چارچوب الگوریتم ژنتیک جاوا انجام شده است که توسط Meffert, Meseguer, DMartf, Jerry, and Rotstan (2012) توسعه یافته است.

6- نتایج محاسباتی

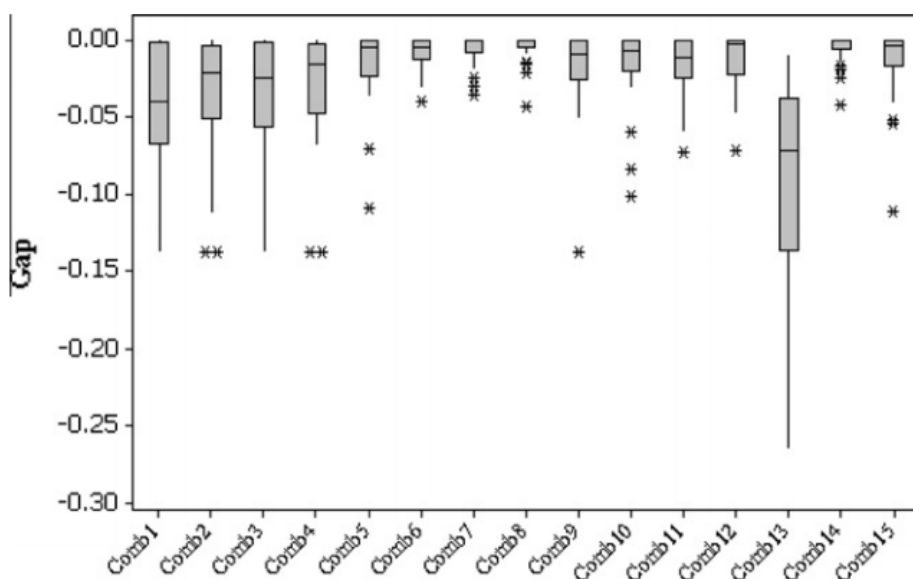
1-6 تنظیم الگوریتم ژنتیک

یک روش تنظیم برای یافتن مقادیر مناسب برای پارامترهای متعدد الگوریتم ژنتیک ایجاد شد. هدف از هر آزمایش رسیدن به اطلاعاتی است که کمترین استفاده از منابع را دارد. یک طرح تجربی مرکب مرکزی (CCD) استفاده شد و طبق (Montgomery 2008) به دلیل میزان بالای کارآمدی و انعطاف پذیری به طور گسترده ای استفاده شد. یک CCD به طور معمول برای مدل کردن یک مدل چندجمله ای درجه دو از یک متغیر مورد نظر استفاده می شود. با این حال، ترکیب مقادیر فاکتورهای پیشنهاد شده در CCD یک موازنه خوب بین پارامترهای مختلف الگوریتم ژنتیک و عملکرد کلی را فراهم می کند.

سه پارامتری که نیاز به تنظیم دارند عبارتند از: آهنگ جهش، آهنگ تقاطع و اندازه جمعیت. در طرح آزمایشی، پارامترها، فاکتور گفته می شوند و برای هر یک از این سه فاکتور، لازم است که مقدار بیشینه و کمینه مشخص شود. مقادیر بیشینه و کمینه که باید برای هر پارامتر مشخص شوند بر طبق توصیه های عمومی طراحی الگوریتم های ژنتیک از کارهای پیشین انتخاب شده اند (Aytug & Saydam, 2002; Ian- noni et al., 2008). همچنین CCD از نقطه میانی فاکتور (با مقادیر بیشینه و کمینه معین) و همچنین از نقاط به اصطلاح محوری استفاده می کند. نقاط محوری متناظر با مقادیر فاکتورهایی هستند که اطمینان ایجاد می کنند مقادیر پیش بینی شده سطح پاسخ مناسب، در صورتی که نقاط پیش بینی شده در همان فاصله یکسان از مرکز ناحیه طراحی باشند دارای واریانس یکسان هستند (Montgomery, 2008). برای سه فاکتور، یک CCD استاندارد نیازمند 20 اجرا است. 14 اجرای اول متناظر با ترکیبات مختلفی از ترازهای فاکتور هستند. در حالی که 6 اجرای آخر متناظر با آزمایش هایی است که در آن هر عامل در نقطه میانی خود واقع شده است. یک CCD استاندارد از همسازی استفاده نمی کند. ما از این روش (30 اجرا برای هر ترکیبی از فاکتورها)

استفاده می کنیم و با این روش به بهبود اهمیت آماری آزمون ها کمک می کنیم. به جای 6 اجرای آخر، که هر کدام با یک هم‌تاسازی همراه است، ما یک اجرای منفرد داریم که در آن فاکتورها در نقاط میانی خود واقع می شوند و ما آن را 30 بار تکرار می کنیم. ما 15 ترکیب از فاکتورها را که در جدول 3 آمده است، جستجو می کنیم.

نتایج حاصل از روش تنظیم در نمودار جعبه ای شکل 4 نشان داده شده است. این متناظر با بهینه سازی MRT است. همانطور که قبلا ذکر شد، برای هر ترکیب از فاکتورهای داده شده در جدول 3، الگوریتم ژنتیک 30 مرتبه اجرا شد و به نمونه های مختلفی اعمال شد و هر لحظه از یک بذر تصادفی مختلف استفاده شد. در هر مورد، 100 تکامل از الگوریتم ژنتیک مجاز بود. توجه داشتیم اجازه تکامل های بیشتر، منجر به بهبود بیشتر مقدار هدف نمی شود. به منظور داشتن یک نقطه مقایسه برای تنظیم الگوریتم ژنتیک، تنها مکان جواب ها برای مطالعه موردی $\binom{30}{3} = 4060$ تصمیم ممکن را شمارش می کنیم.



شکل 4

2-6 مطالعه موردی با اندازه متوسط

ما یک مسأله بزرگتر با اندازه متوسط و به عنوان یک پیشنهاد از MCLP (http://www.lac.inpe.br/lorena/correa/Q_MCLP_30.txt) (Correa, Chaves, &)

(Lorena, 2007) را حل کردیم. سناریوهای متعددی را تحلیل می کنیم که در آن تعداد سرورهایی که باید مکانیابی شوند تغییر می کند؛ در اینجا 3 و 4 آمبولانس در نظر گرفته شده اند. به دلیل تعداد کم آمبولانس ها ما از حل صریح مدل ابرمکعب استفاده می کنیم. آهنگهای سرور با انتخاب مقادیر خاص برای فاکتور کلی به دست می آیند: $\rho = \lambda / (N \times \mu)$. در حقیقت ρ بین 0.1 و 0.9 با گام افزایشی 0.1 تغییر می کند. برای سناریوهایی که 3 سرور دارند از بکآپ کامل استفاده می کنیم. این به این معنی است که هر ناحیه میتواند توسط هر یک از سرورها پاسخ داده شود. در مورد 4 سرور، از بکآپ جزئی استفاده می کنیم. بنابراین هر ناحیه تقاضا تنها مجاز به سرویس دهی توسط سه سرور است. دو دلیل برای انجام این روش وجود دارد که توسط (Geroliminis et al. (2009 پیشنهاد شده است: 1) از نقطه نظر تجربی، اجازه دادن به سرورهایی که رتبه چهارم و بالاتر دارند برای یک ناحیه تقاضا چندان مطلوب نیست؛ 2) محاسبه آهنگهای گذار برای مدل ابرمکعب جایگذاری شده خسته کننده است.

در ادامه به بهینه سازی سامانه برای بیشینه کردن پوشش بهینه می پردازیم. یک روش مشابه با چیزی که در بخش 6-1 انجام شد برای تنظیم الگوریتم ژنتیک و برای تابع هدف جدید انجام می شود. در این مورد، ترکیب 7 (از جدول 3) بهترین نتایج را نشان داد و بنابراین به عنوان مقادیری برای پارامترهای الگوریتم ژنتیک استفاده شد. روش شمارش تصمیمات مکان به همراه سیاست کوتاه ترین ارسال مجددا برای شناسایی جواب با بیشترین پوشش مورد انتظار استفاده شد. عملکرد الگوریتم ژنتیک با جواب حاصل از شمارش مقایسه شد. پوشش کل Gap و الگوریتم ژنتیک در مقایسه با روش شمارش 0.87% بود. ضریب میانگین کلی تغییر پوشش بیشینه 0.0136 بود. این عملکرد الگوریتم ژنتیک را می سنجد و نشان می دهد که الگوریتم ژنتیک به طور سازگار قادر به دستیابی به همان جواب یا بسیار نزدیکتر از آن در روش شمارش شده است. در مقایسه با راه حلی که زمان پاسخ را کمینه می کند، بهبود میانگین در پوشش 7.9% (95% CI: 6.64–9.09%) است. با این حال، این افزایش ناخوشایند است و باعث قربانی شدن MRT می شود که به طور متوسط دارای رشد میانگین 16.35–21.97% (95% CI: 16.35–21.97%) است. مجددا بیان می کنیم که پوشش میانگین جوابی که MRT را کمینه می کند به طور میانگین 7.2% کمتر از بیشینه حاصل از شمارش است در حالی

که افزایش در MRT به طور میانگین 19.2٪ خواهد بود که نتیجه بیشینه سازی پوشش است. روش مکانیابی و تخصیص مشترک قادر به بهبود جواب حاصل از ترکیب شمارش مکانها و سیاست نزدیکترین ارسال نبود.

Combination	P_m	P_c	Pop. size
1	0.02	0.4	30
2	0.05	0.4	30
3	0.02	0.6	30
4	0.05	0.6	30
5	0.02	0.4	100
6	0.05	0.4	100
7	0.02	0.6	100
8	0.05	0.6	100
9	0.01	0.5	65
10	0.059	0.5	65
11	0.036	0.332	65
12	0.036	0.668	65
13	0.036	0.5	6
14	0.036	0.5	123
15	0.036	0.5	65

جدول 3

Combination	Median gap (%)	Conf. interval	
		Lower	Upper
Comb7	-0.191	-0.823	-0.058
Comb8	-0.208	-0.476	-0.049
Comb14	-0.271	-0.712	-0.109

جدول 4

3-6 مطالعه موردی شهرستان هانوفر

در اینجا ما یک مطالعه موردی با استفاده از داده های واقعی بخش EMS آتش نشانی شهرستان هانوفر (Hanover, VA) را مورد استفاده قرار می دهیم. شهرستان با هدف برنامه ریزی به 122 ناحیه تقاضا تقسیم شده بود. 16 مقام داوطلب برای 5 آمبولانس در نظر گرفته شده بود. کل آهنگ تقاضا 1/2 تماس بر ساعت بود. زمان سرویس میانگین به ازای هر تماس 74 دقیقه بود و فرض می شد که مستقل از ناحیه تقاضایی باشد که سرویس می گیرد. سامانه 474 متر مربع و جمعیت 100,000 نفری را پوشش می داد. برای این مطالعه موردی، ما از بکآپ جزئی استفاده می کنیم که به هر ناحیه تقاضا اجازه می دهد که تنها با سه سرور در دسترس

از 5 سرور خدمات بگیرد. فاکتور کاربرد برای این سیستم واقعی $\rho = 0.2$ است. با این حال، ما دو تغییر را در نظر می‌گیریم، افزایش تقاضا به ترایت با فاکتور 1.5 و 2 (که کاربرد کلی را افزایش می‌دهد، ρ). برای این مطالعه موردی، از روش صریح برای حل کردن مدل ابرمکعب استفاده می‌کنیم (با پنج سرور تعداد حالت‌ها 32 است). زمان اجرای میانگین الگوریتم ژنتیک برای هر سناریو از این مطالعه 280 s بود. جدول 6 نتایج مربوط به سناریوهای هانوفر را نشان می‌دهد. شکاف گزارش شده در جدول 6 (ستون سوم) مقایسه‌ای بین MRT حاصل شده با استفاده از روش تخصیص/مکانیابی مشترک و بهترین جواب پیدا شده با استفاده از حل یک مسأله صرف مکان که در آن قاعده ارسال همیشه نزدیکترین خودرو در دسترس را می‌فرستد، آمده است. همانطور که مقادیر شکاف نشان می‌دهند، روش مشترک قادر است که نتایج را برای MRT ایجاد کند که در حدود 1% از همان معیار با استفاده از روش مکانیابی صرف به دست می‌آید. ستون چهارم نشان دهنده پوشش انتظاری همراه با جوابی است که زمان پاسخ را کمینه می‌کند در حالی که ستون آخر، نشان دهنده پوشش بیشینه ممکن است (با حل مدل با هدف بیشینه کردن پوشش انتظاری به دست می‌آید).

ρ	3 Servers scenarios			4 Servers scenarios		
	MRT	Gap (%)	CV	MRT	Gap (%)	CV
0.1	0.587	-0.26	0.0039	0.485	-0.51	0.0054
0.2	0.649	-0.07	0.0015	0.518	-0.27	0.0043
0.3	0.679	-0.08	0.0022	0.536	-0.37	0.0050
0.4	0.703	-0.02	0.0009	0.542	-0.53	0.0041
0.5	0.722	-0.02	0.0001	0.544	-0.78	0.0068
0.6	0.737	-0.03	0.0012	0.551	-0.46	0.0071
0.7	0.750	-0.14	0.0054	0.591	-1.46	0.0160
0.8	0.759	-0.04	0.0014	0.602	-0.98	0.0117
0.9	0.767	0.00	0.0000	0.621	-1.00	0.0113

جدول 5

ρ	Min. MRT	Gap MRT (%)	Exp. Cov.	Max. Ex. Cov.
0.2	4.53	-1.48	0.88	0.89
0.3	4.82	-1.08	0.83	0.85
0.4	4.97	-1.03	0.78	0.81

جدول 6

تا کنون یک چارچوب بهینه سازی برای مسأله تخصیص/مکانیابی معرفی کرده ایم، با اینحال، توجه داشته ایم که برای دو تابع هدفی که از همه متداولتر هستند، روش مشترک ارزشی را اضافه نمی کند زیرا به نظر می رسد که استفاده از یک سیاست کوتاهترین برای دستیابی به جواب بهینه یا نزدیک به بهینه کافی باشد. از اینرو توجه خود را به محاسبه شاخص های دیگر عملکرد سیستم جلب می کنیم. بویژه، کارهای دیگر اهمیت یافتن جوابهایی که در آن بار کار به طور مساوی در بین سرورهای در دسترس تقسیم شده است را بیان کرده اند و بقیه نیز بیان کرده اند که زمانهای پاسخ منفرد مطلوب باشد (زمان پاسخ میانگین برای هر ناحیه تقاضا) که به میزان زیادی در بین نواحی تقاضا تغییر نمی کند. هر دو شاخص عملکرد همراه با ایده تعادل است هم از نقطه نظر داخلی و هم از نقطه نظر خارجی. در جدول 7 ما ضریب تغییر (CV) را برای هر دوی بار کارهای منفرد میانگین و زمان های پاسخ میانگین ارائه می کنیم که از جواب هایی ناشی می شود که زمان پاسخ میانگین بهینه می کنند. در این جدول نمونه های متعددی از مقادیر بالای CV (به عنوان مثال $0.5 \geq$) مشاهده می شود که بیان کننده تغییرپذیری بالا در بین بارکارهای سرور یا زمان پاسخ نواحی تقاضا است.

در بین نمونه های مختلف از مطالعه موردی این می توانیم ببینیم که تغییر پذیری در زمانهای پاسخ فردی روبه رشد است (جدول 7 را ببینید)، از این رو، تلاش می کنیم که شاخص عملکرد با استفاده از رهیافت بهینه سازی که در اینجا توسعه داده شده است بهبود یابد. معادله (1) زمان پاسخ میانگین را برای سیستم می دهد و برای این کار زمان پاسخ برای ناحیه تقاضا را در بر می گیرد. ما از ضریب تغییر (CV) زمانهای پاسخ فردی به عنوان معیارهای جدید بهینه سازی استفاده می کنیم. دوباره، لازم بود که الگوریتم ژنتیک را با تابع هدف جدید تنظیم کنیم. پارامترهای الگوریتم ژنتیک که بهترین عملکرد را داشتند همانند بهینه سازی MRT بودند. ما از روش شمارش تصمیمات مکان برای دستیابی به نقطه مرجع CV کمینه برای زمانهای پاسخ استفاده می کنیم و جوابهای آنها را با آنها می که روش تخصیص/مکانیابی مشترک به دست می آیند مقایسه می کنیم. جدول 8 نتایج نمونه های مختلف مسأله را مقایسه می کند که همه آنها از سه سرور استفاده می کنند.

ρ	3 Servers – CV		4 Servers – CV	
	Workload	Ind. MRT	Workload	Ind. MRT
0.1	0.387	0.594	0.357	0.605
0.2	0.250	0.590	0.105	0.529
0.3	0.039	0.565	0.318	0.489
0.4	0.029	0.541	0.335	0.436
0.5	0.038	0.549	0.325	0.512
0.6	0.018	0.539	0.317	0.501
0.7	0.031	0.531	0.612	0.556
0.8	0.028	0.525	0.609	0.551
0.9	0.025	0.520	0.605	0.548

جدول 7

ρ	Min CV Ind. RT		Delta CV (%)	Trade-offs (%)	
	Enum.	Loc./Disp.		MRT	Ex. Cov.
0.1	0.489	0.364	-25.577	37.853	-11.980
0.2	0.504	0.355	-29.652	32.423	-10.461
0.3	0.496	0.367	-25.948	24.485	-4.603
0.4	0.478	0.375	-21.571	19.698	-3.981
0.5	0.465	0.380	-18.285	16.345	-3.911
0.6	0.458	0.384	-16.154	13.764	-3.497
0.7	0.454	0.389	-14.300	11.954	-3.472
0.8	0.481	0.392	-18.636	11.051	-3.098
0.9	0.476	0.397	-16.534	9.612	-3.022

جدول 8

7- خلاصه نتایج و بحث

ما آزمایش های محاسباتی سنگینی را با استفاده از 300 مطالعه موردی کوچک (شمارش بیش از 70000 جواب برای هر نمونه) انجام داده ایم. ما به دنبال یک فهم بهتر از مزایای بالقوه به هنگامی که تصمیمات اریال و مکانیابی برای یک سیستم EMS با هم دیگر گرفته می شدند، بودیم. نمونه ها به صورت تصادفی ایجاد می شدند در نتیجه هیچ نتیجه دلخواهی از تصمیماتی که گرفته می شدند حاصل نمی شد. اگرچه ادبیات موضوعی گذشته پیشنهاد می دادند که وجود نواحی تقاضا با آهنگهای کاملا متفاوت می تواند منتهی به موقعیت هایی شود که در آن ارسال مبتنی برقاعده نزدیکترین، بهینه نیست، اما نتایج ما در توافق با برخی از مراجع دیگر بود که نشان می دهند سیاست کوتاه ترین می تواند منجر به نتایج بهینه شود. ما به آهنگهای تقاضا اجازه می دهیم که بین 1 و 20 تغییر کنند، بنابراین، اختلاف را در آهنگ های تقاضا ایجاد می کنیم. چیزی که دریافتیم این بود که اگر سیاست های ارسال به صورت یک فهرست اولویت ثابت مربوط به هر ناحیه تقاضا طراحی شوند،

آنگاه تمرکز بر یافتن مکانهای خوب و ترکیب آنها با استفاده از قاعده نزدیکترین ارسال میتواند به نتیجه مطلوب کمینه کردن زمان پاسخ میانگین بیانجامد.

نتایج حاصل از عملکرد جایگزین نظیر آنهایی که در جدول 7 نمایش داده شده است مشاهدات دیگری را پیشنهاد می دهد. با داشتن مقادیر CV عجیب نیست که در برخی موارد نواحی تقاضا مقدار MRT دوبرابر مقدار مربوط به نواحی دیگر باشد و یا یک آمبولانس بارکار بیشتری در مقایسه با دیگر نواحی داشته شد. جوابهایی که از نقطه نظر زمان پاسخ میانگین، خوب هستند می توانند شاخص های عملکرد دیگری داشته باشند که اثر منفی بر روی کار بگذارند. از آنجایی که بهینه سازی با یک هدف منفرد انجام می شود، هیچ تضمینی برای عملکرد خوب با توجه به دیگر معیارها وجود ندارد. نتایج ما نشان داده اند که بهینه سازی MRT نیز منجر به مقادیر خوبی برای پوشش انتظاری می شود. یعنی به دلیل این که این دو، معمولترین شاخص ها در برنامه ریزی سیستم های EMS هستند، مناسبند. ما مزایای بالقوه رهیافت مشترک را با در نظر گرفتن یک شاخص عملکرد تعادل از نقطه نظر کاربر یعنی ضریب تغییر برای زمانهای پاسخ را مورد بررسی قرار می دهیم. در این مورد، رهیافت مشترک قادر بود جواب های بهتری نسبت به آنهایی که می توان با استفاده از سیاست کوتاه ترین تخصیص به دست آورد، پیدا کند. البته، بهبود در هدف تعادل مشابه آنچه استفاده کرده ایم دارای ترتیب و توالی است، دیگر شاخص های عملکرد نظیر MRT و پوشش را تغییر می دهد. این به نظر تصمیم گیرنده مربوط است که بخواهد موازنه بین این موارد را انجام بدهد یا خیر.

هدف اصلی ما توسعه یک چارچوب بهینه سازی برای مسأله تخصیص/مکانیابی مشترک برای سامانه های EMS بود. ما مدل ریاضی و یک روش حل ابتکاری را بر مبنای الگوریتم های ژنتیک ترکیب کردیم تا بتوانیم نمونه های بزرگتری را حل کنیم که در آن شمارش دیگر یک انتخاب نباشد. ما قادر بودیم اعتبار رهیافت خود را ثابت کنیم. الگوریتم ژنتیک میتواند یک جواب کاملا یکسان و یا بسیار نزدیک به جوابهایی روش های شمارش کامل و یا جزئی حاصل می شد را به دست بیاورد. در مورد کمینه سازی MRT یا بیشینه سازی پوشش انتظاری متوجه شدیم که رهیافت جامع مزایای قابل لمسی را حاصل نمی کند. رهیافت بسیار ساده تر که تنها تصمیم مکانیابی ترکیب شده با تخصیص کوتاهترین سرور را بر مبنای نزدیک ترین فاصله در نظر می گیرد، کافی خواهد بود.

یک توضیح عام در مورد رفتار مشاهده شده این خواهد بود که MRT و پوشش انتظاری در حقیقت یک تابع از فاصله (زمان) بین سرورها و نواحی تقاضا هستند. از این رو مکانهایی که فاصله کلی را بین سرور ها و مشتریان کاهش می دهند تمایل به برتری روش بهینه سازی دارند. اگرچه در این حالت، ما می توانستیم یک روش بهینه سازی را پیشنهاد دهیم که در آن تصمیمات مکانهای بهینه باشند که با استفاده از قاعده نزدیکترین ارسال ترکیب شوند، اما ما هر دو مجموعه از تصمیمات را به عنوان قسمتی از چارچوب بهینه سازی حفظ می کنیم. باور داریم که این موضوع مهم است زیرا فرصتی برای تلاش در زمینه بهینه سازی دیگر شاخص های عملکرد را می دهد به طوری که می توانیم موازنه ها را ببینیم که به عنوان نتیجه حاصل شده و روی کمینه کردن زمان پاسخ یا پوشش بیشینه تمرکز دارند. این حقیقت که جواب هایی که زمان پاسخ را کمینه می کنند به طور همزمان پوشش انتظاری خوبی را فراهم می کنند مناسب است زیرا این دو متداولترین معیارها هستند. یک نگاه مهم دیگر نیز وجود دارد: قانون گذاری ها اغلب به عنوان آستانه پوشش اعمال می شوند که منجر به بیشینه سازی پوشش به عنوان معیار بهینه سازی مرجح می شود. با این حال، نتایج ما نشان می دهند که روش بیشینه سازی پوشش می تواند منجر به قربانی کردن زمان پاسخ شود به طوری که نمی تواند بهره حاصل در پوشش را جبران کند. در عوض، کمینه کردن زمان پاسخ یک موازنه خوب را با توجه به پوشش بیشینه فراهم می کند.

به عنوان جهت دهی برای تحقیق آتی تلاش خواهیم کرد که دیگر شاخص های عملکرد سامانه های EMS را شناسایی کنیم که برای آنها مسأله مکان مشترک و ارسال منجر به بهره های بالایی شود. دیگر فضای بالقوه برای پژوهش آتی در زمینه مقیاس پذیری است. در مورد محدودیت های رهیافت خود در زمینه به کارگیری مدل مشترک و روند حل آن در مسائل واقعی آگاهی داریم که اساسا به این دلیل است که حل صریح مدل ابرمکعب نیازمند زمان طولانی جهت محاسبات است (اشاره می کنیم که حل صریح برای مدل ابرمکعب نیازمند حل یک دستگاه معادلات است که اندازه آن به شکل نمایی و با توجه به تعداد سرورهای در دسترس سامانه افزایش می یابد). با این حال، روش های تقریب در دسترس که در ادبیات موضوعی پیشنهاد شده اند در چارچوبهای فراابتکاری بهینه سازی پیشنهاد شده اند، از این رو بار محاسباتی را کاهش می دهند و امکان حل نمونه های بزرگتر را ایجاد می کنند.



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی