Industrial Management Journal

Print ISSN: 2008-5885

Online ISSN: 2423-5369

Distribution Center Positioning and Territory Design in Supply Chain

Foroogh Ghollasimood

Ph.D. Candidate, Department of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Engineering, Yazd University, Yazd, Iran. E-mail: forooghghollasi@gmail.com

Hasan Hoseini-nasab

*Corresponding author, Prof., Department of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Engineering, Yazd University, Yazd, Iran. E-mail: hhn@yazd.ac.ir

Javad Tayyebi

Assistant Prof., Department of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Engineering, Birjand Industrial University, Birjand, Iran. E-mail: javadtayyebi@birjand.ac.ir

Mohammadbaqer Fakhrzad

Associate Prof., Department of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Engineering, Yazd University, Yazd, Iran. E-mail: mfakhrzad@yazd.ac.ir

Abstract

Objective: In this paper, we investigate a new optimization for territory design in the distribution system and allocation of the customers to supply centers which are considered as territory centers using MIP model. The objective is to balance the work load through minimizing the maximum differences the minimum customers allocated to the various centers. The study constraints guarantee continuity of the territories and the lack of gaps in the territories. Also, other constraints include allocation of a center to each territory and exclusive allocation of each customer to only one territory.

Methods: Since, territory design and positioning are among NP-hard issues, in order to solve real-world case and big problems we have to propose meta-heuristic algorithms. For this purpose, in this paper, a grey wolf optimizer and a salp optimizer algorithm are proposed. Based on the literature review, it is very difficult to use encoding-decoding solution without any modifier algorithm. Therefore, we design a novel solution scheme based on a minimum spanning tree in order to obviate the complexities, guarantee the continuity of the territory structures and the lack of gaps, and generate feasible solutions.

Results: Computational results on random instances showed that the proposed algorithms can effectively help to generate reasonable responses.

Conclusion: The model proposed here could be a useful tool to aid the decision-making in distribution management, as well as for the better organization of any distribution.

Keywords: Territory design, Location, Distribution system, MIP model, Meta-heuristic algorithm.

Citation: Ghollasimood, F., Hoseini-nasab, H., Tayyebi, J., & Fakhrzad, M.B. (2019). Distribution Center Positioning and Territory Design in Supply Chain. *Industrial Management Journal,* 11(1), 133-156. (*in Persian*)

Industrial Management Journal, 2019, Vol. 11, No.1, pp. 133-156

DOI: 10.22059/imj.2019.269061.1007518

Received: June 26, 2018; Accepted: January 05, 2019

© Faculty of Management, University of Tehran

Archive of SID

www.SID.ir

فصلنامه مدیریت صنعتی
شاپا چاپی: ۵۸۸۵-۲۰۰۸
شاپا الکترونیکی: ۵۳۶۹-۲۴۲۳

مکان‌یابی مراکز توزیع و بلوک‌بندی مناطق جمعیتی در زنجیره توزیع کالا

فروغ قلاسی مود
دانشجوی دکتری، گروه مهندسی صنایع، پردیس دانشگاه یزد، یزد، ایران. رایانامه: forooghghollasi@gmail.com

حسن حسینی نسب
* نویسنده مسئول، استاد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده صنایع، دانشگاه یزد، یزد، ایران. رایانامه: hhn@yazd.ac.ir

جواد طیبی
استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده صنایع دانشگاه صنعتی بیرجند، بیرجند، ایران. رایانامه: javadtayyebi@birjand.ac.ir

محمدباقر فخرزاد
دانشیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده صنایع دانشگاه یزد، یزد، ایران. رایانامه: mfakhrzad@yazd.ac.ir

چکیده

هدف: در این تحقیق به بهینه‌سازی مسئله بلوک‌بندی مشتریان در سیستم توزیع کالا و تخصیص هم‌زمان آنها به مراکز تأمین به‌عنوان مراکز بلوک‌ها با استفاده از مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط پرداخته شده است. تابع هدف مسئله، به ایجاد تعادل بارکاری از طریق کمینه‌سازی تفاضل مقدار بیشینه و کمینه مشتریان تخصیص‌یافته به مراکز مختلف می‌پردازد. محدودیت‌های مسئله ساختار پیوستگی بلوک‌ها و عدم وجود سوراخ در آنها را تضمین می‌کند. همچنین تضمین تخصیص یک مرکز برای هر بلوک و تخصیص منحصر به فرد مشتریان به یک بلوک از محدودیت‌های دیگر مسئله است.

روش: با توجه به اینکه مسئله بلوک‌بندی و مکان‌یابی از مسائل ان پی سخت است، برای حل در ابعاد متوسط و بزرگ باید از الگوریتم‌های فراابتکاری استفاده کرد. بنابراین در این تحقیق برای حل مسئله، دو الگوریتم فراابتکاری گرگ خاکستری و ازدحام سالپ پیشنهاد شده است. در این پژوهش به‌منظور رفع مشکل اصلی استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری در مطالعات پیشین و رفع پیچیدگی به‌کارگیری ساختار مناسب برای نمایش پاسخ‌ها، در راستای تضمین ساختار پیوسته بلوک‌ها و عدم وجود سوراخ، از یک الگوریتم ابتکاری مبتنی بر کمینه درخت پوشا استفاده شده است که باعث تضمین پیوستگی بلوک‌ها می‌شود.

یافته‌ها: نتایج محاسباتی تحقیق روی مثال‌های عددی تصادفی انجام‌شده، نشان می‌دهد الگوریتم ابتکاری دارای کارایی مناسب در تولید پاسخ‌های موجه است.

نتیجه‌گیری: توسعه نتایج تحقیق می‌تواند به‌عنوان ابزار مدیریتی مناسب در اختیار مدیران بخش‌های مختلف زنجیره تأمین قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: بلوک‌بندی، مکان‌یابی، زنجیره توزیع کالا، مدل ریاضی، الگوریتم فراابتکاری.

استناد: قلاسی مود، فروغ؛ حسینی نسب، حسن؛ طیبی، جواد؛ فخرزاد، محمدباقر (۱۳۹۸). مکان‌یابی مراکز توزیع و بلوک‌بندی مناطق جمعیتی در زنجیره توزیع کالا. *مدیریت صنعتی*، ۱۱(۱)، ۱۳۳- ۱۵۶.

مدیریت صنعتی، ۱۳۹۸، دوره ۱۱، شماره ۱، صص. ۱۳۳- ۱۵۶
DOI: 10.22059/imj.2019.269061.1007518
دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۰۵، پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۱۵
© دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

بلوک‌بندی[۱] مناطق جمعیتی و مکان‌یابی[۲] تسهیلات یکی از فاکتورهای مهم در طرح‌ریزی زنجیره‌های تأمین[۳] است، زیرا انتخاب محل مناسب احداث مرکز ارائه خدمت، در ارتقای سطح دسترسی جامعه به خدمات مد نظر و همچنین کاهش هزینه‌های ستادی و عملیاتی نظام توزیع نقش بسزایی کالا دارد (فلین، پاگل و فوگیت[۴]، ۲۰۱۸). از طرفی دسته‌بندی مناسب مشتریان در هر مرکز باعث می‌شود سطح ایجاد هماهنگی در انجام برنامه‌ریزی‌های مناسب به‌منظور تأمین کالاهای اساسی مورد نیاز مشتریان، ارتقا یابد (کارپونارو، گیانوکارو و پونترالدولفو[۵]، ۲۰۰۲). این موضوع می‌تواند در مسئله توزیع کالاهای اساسی مورد نیاز جامعه که همواره باید با قیمت تعیین‌شده از طرف دولت در اختیار همگان قرار گیرد، دارای نمود بیشتری باشد. در واقع در این نوع مسائل هدف افزایش سطح سودآوری از طریق افزایش سطح قیمت‌ها نیست، زیرا قیمت کالاهای اساسی به‌طور مشخص از طرف دولت تعیین می‌شود (لامبر و کوپر[۶]، ۲۰۰۰). در حقیقت مراکز توزیع این کالاها مسئول ارائه خدمت و تأمین نیاز مشتریان بدون توجه زیاد به سطح سودآوری مستقیم خود هستند، زیرا می‌توانند با ارائه خدمات و توزیع کالاها به‌صورت مناسب تسهیلاتی مانند کاهش سطح مالیات را کسب کنند که این موضوع باعث ایجاد مزیت رقابتی برای مراکز ارائه خدمت می‌شود (کریستوفر[۷]، ۲۰۱۶). دولت نیز به‌عنوان نهاد مسئول در این حوزه سعی می‌کند تا حد امکان مسئولیت توزیع کالاها را بین مراکز به‌صورت متعادل تقسیم کند (تان[۸]، ۲۰۰۱). بنابراین می‌توان به این موضوع در قالب یک مسئله بهینه‌سازی توجه کرد. در این تحقیق به‌منظور یکپارچه‌سازی تصمیم‌های مکان‌یابی مراکز و همچنین تخصیص مشتریان به هر مرکز به‌صورت بلوک‌های مشخص، از یک مدل ریاضی استفاده شده است. در واقع در این مدل تصمیم‌های مربوط به مکان‌یابی مراکز ارائه خدمت و تخصیص مشتریان به هر مرکز به‌صورت هم‌زمان انجام می‌شود. طبق مرور ادبیات تحقیق، مطالعه‌ای که به بررسی این موضوع در قالب مدل برنامه‌ریزی پرداخته باشد، مشاهده نشده است. البته برخی از محققان با استفاده از ابزارهایی مانند داده‌کاوی (وانگ، گوناسکاران، نگی و پاپادوپولوس[۹]، ۲۰۱۶)، طراحی مدل‌های مفهومی ارزیابی عملکرد (بونجینگ، چانواراسوس و لرتونگساتین[۱۰]، ۲۰۱۵)، استفاده از ابزار ای.آر.پی (پتاک و اسکراجِنهیم[۱۱]، ۲۰۱۶) و ارزیابی آماری (ویسنر، تان و لیانگ[۱۲]، ۲۰۱۴) سعی بر ایجاد ساختاری مناسب برای حل این مسئله داشتند که به‌طور مشخص نمی‌توانند به‌عنوان ابزارهای بهینه‌سازی سراسری استفاده شوند.

در تعریف کلی، بلوک‌بندی مناطق جمعیتی به‌معنای گروه‌بندی مناطق کوچک (واحدهای پایه‌ای)[۱۳] به گروه‌های بزرگ‌تر (بلوک) است (گارفینکل و نِمهاسِر[۱۴]، ۱۹۷۰). بلوک‌های ایجادشده در یک منطقه در حالت بهینه باید دارای ویژگی‌هایی مانند تعادل[۱۵] (اندازه جمعیت، فاصله مناطق از یکدیگر و درصد بیکاری)، پیوستگی[۱۶]، فشردگی[۱۷] و بدون

1. Territory
2. Location
3. Supply Chain
4. Flynn, Pagell & Fugate
5. Carbonara, Giannoccaro & Pontrandolfo
6. Lambert & Cooper
7. Christopher
8. Tan
9. Wang, Gunasekaran, Ngai & Papadopoulos
10. Boonjing, Chanvarasuth & Lertwongsatien
11. Ptak & Schragenheim
12. Wisner, Tan & Leong
13. Basic Units
14. Garfinkel & Nemhauser
15. Balance
16. Contiguity
17. Compactness

Archive of SID

www.SID.ir

سوراخ[1] باشند (باقیر[2]، ۲۰۰۲). برای حل مسئله بلوک‌بندی در کاربردهای دنیای واقعی لازم است ارتباطات بین مناطق، در ساختاری شبکه‌ای نشان داده شود (لیبِراتور و کاماچو کولادوس[3]، ۲۰۱۶). این ساختار به‌صورت گراف بدون جهت $G = (V, E)$ بوده که در آن V مجموعه رئوس (شهرها یا مناطق جمعیتی) و E مسیرهای ارتباطی بین رئوس است. در این مجموعه، هر رأس v_i گراف با دو مشخصه برداری عمودی و افقی (x_i, y_i) نشان داده می‌شود. هر مسئله بلوک‌بندی مناطق جمعیتی را می‌توان با یک مسئله بلوک‌بندی گراف[4] هم‌ارز در نظر گرفت (تِرَن، دینه و گاسکون[5]، ۲۰۱۷).

در رابطه با کاربرد بلوک‌بندی در زمینه‌های مختلف تحقیقات بسیاری ارائه شده است. از جمله نخستین تحقیقات انجام‌شده، می‌توان به پژوهش قیگی، پولیافیتو و زُپولی[6] (۱۹۷۵) اشاره کرد. در این تحقیق هر منطقه از تعداد معینی جوامع غیرقابل تفکیک با جمعیت متمرکز معین تشکیل شده است. مینیکاردی، پولیافیتو و زُپولی[7] (۱۹۸۱) در مقاله خود به تجزیه یک ناحیه جغرافیایی به تعداد غیرمشخصی بلوک غیرهمپوشان اشاره کردند. آنها به‌منظور دستیابی به نواحی اولیه متراکم برای کاهش روند محاسبات در تولید بلوک‌های موجه دو روش ابتکاری معرفی کردند. پزلا، بنانو و نیکولتی[8] (۱۹۸۱) به ارائه روشی برای بلوک‌بندی مناطق جغرافیایی در یک ناحیه پرداختند، به‌گونه‌ایی که تخصیص بهینه خدمات در دسترس باشد. لین وکائو[9] (۲۰۰۸) به معرفی یک مدل بهینه‌سازی مختلط عدد صحیح برای تعیین برنامه بلوک‌بندی زیر نواحی جمع‌آوری زباله‌های جامد شهری پرداختند. چن و یوم[10] (۲۰۱۰) معیار امنیت عمومی جدیدی به‌منظور تعریف سطح تابع امنیت ارائه کردند. بنزارتی، سهین و دالری[11] (۲۰۱۳) به مسئله بلوک‌بندی در زمینه مدیریت عملیات خاص برای مواجه شدن با خدمات مراقبت بهداشت خانگی پرداختند. جنبه‌های نوآوری پژوهش آنها شامل فرمول‌بندی مسئله بلوک‌بندی مراقبت بهداشت خانگی به‌عنوان مدل برنامه‌ریزی مختلط عدد صحیح است که معیارهایی از قبیل تفکیک‌پذیر بودن واحدهای اساسی، فشردگی، تعادل حجم کار بین منابع انسانی و سازگاری را در نظر می‌گیرد (بنزارتی و همکاران، ۲۰۱۳). دآسیس، فرنکا و آسبرتی[12] (۲۰۱۴) به بررسی مسئله بلوک‌بندی مجدد چندمعیاره تعدیل‌شده برای قرائت کنتور برق با توجه به معیارهای فشردگی و همگنی بلوک‌ها پرداختند. بوستچ، کالکسیکس و لاپورته[13] (۲۰۱۴) به ارائه یک روش ابتکاری برای مسائل بلوک‌بندی در زمینه مسیریابی کمان پرداختند. کلادس، لیبراتور و آنگولا[14] (۲۰۱۵) به بررسی مسئله چندشاخصه بلوک‌بندی پلیس پرداختند. مدل ارائه‌شده در این پژوهش نخستین مدل برای مسئله بلوک‌بندی پلیس است که مشخصه‌های منطقه، ریسک، فشردگی و حمایت متقابل را در نظر می‌گیرد. آیالا، ولارده، مرکادو و فرناندز[15] (۲۰۱۶) به حل مسئله بلوک‌بندی شبکه جاده‌ها با تعدادی بلوک مشخص برای تخصیص به مکان‌های مرکزی و مسیرها از طریق ارائه یک مدل ریاضی عدد صحیح پرداختند. این مسئله توجه سازمان‌های بسیاری از جمله ادارات پست و شهرداری‌ها به‌منظور انجام خدمات شهری و زمستانی، نگهداری جاده‌ها و بازیابی زباله‌های شهری را به خود جلب کرد. رضوی، سوخکیان و زیارتی (۱۳۹۰) به‌منظور حل مسئله طراحی سیستم توزیع، الگوریتم‌هایی

1. Hole
2. Baqir
3. Liberatore & Camacho-Collados
4. Graph Partitioning
5. Tran, Dinh & Gascon
6. Ghiggi, Puliafito & Zoppoli
7. Minciardi, Puliafito & Zoppoli
8. Pezzella, Bonanno & Nicoletti
9. Lin & Kao
10. Chen & Yum
11. Benzarti, Sahin & Dallery
12. De Assis, Franca & Usberti
13. Butsch, Kalcsics & Laporte
14. Camacho-Collados, Liberatore & Angulo
15. García-Ayala, González-Velarde, Ríos-Mercado & Fernández

Archive of SID

www.SID.ir

مبتنی بر الگوریتم کلونی مورچگان توسعه دادند. مهرگان، جعفرنژاد و محمدی (۱۳۹۷) به‌منظور حمل‌ونقل مواد در سیستم توزیع کالا به ارائه مدلی چندهدفه پرداختند. شاهین، جبل عاملی و جبارزاده (۱۳۹۵) به مکان‌یابی هاب‌های توزیع کالا در سیستم توزیع و پخش محصولات در زنجیره تأمین چندسطحی پرداختند. وکیلی، حسینی مطلق، غلامیان و جوکار (۱۳۹۶) مسئله طراحی سیستم توزیع کالا را با در نظر گرفتن موجودی، بررسی کردند.

جدول ۱. تحقیقات انجام‌شده در حوزه بلوک‌بندی گراف و قلمرو بر اساس روش‌های حل

نویسنده (نویسندگان)	موضوع مسئله	نوع مدل	نوع رویکرد		
			قطعی	ابتکاری	فراابتکاری
شیرابه[1] (۲۰۱۲)	مسئله حمل‌ونقل اتوبوس	تک‌هدفه		✓	
داتا، فیگوئرا،گورتانی و مورتن[2] (۲۰۱۳)	سلامت	چندهدفه			✓
بنزارتی و همکاران (۲۰۱۳)	مراقبت بهداشت خانگی	چندهدفه	✓		
مرکادو و پرز[3] (۲۰۱۳)	مسئله توزیع	تک‌هدفه	✓		
دآسیس و همکاران (۲۰۱۴)	قرائت کنتور برق	چندهدفه			✓
لی، چرچ و گودچایلد[4] (۲۰۱۴)	استفاده از زمین شهری	تک‌هدفه	✓		
استینر، داتا، نتو، اسکارپین و فیگوئرا[5] (۲۰۱۵)	سلامت	چندهدفه			✓
لین، چین، فو و تسو[6] (۲۰۱۷)	سلامت	تک‌هدفه			✓
ترن و همکاران (۲۰۱۷)	سلامت	تک‌هدفه			✓
کونگ، ژو و وانگ[7] (۲۰۱۸)	سیستم توزیع[8]	تک‌هدفه			✓
زائو، وانگ و پنگ[9] (۲۰۱۸)	سیستم حمل‌ونقل ریلی	تک‌هدفه		✓	
تحقیق حاضر	سیستم توزیع	تک‌هدفه			✓

به‌منظور حل مسائل بلوک‌بندی روش‌های بسیاری گسترش یافته که عمده این تحقیقات بر پایه الگوریتم‌های فراابتکاری است. علاوه بر الگوریتم ژنتیک، برخی دیگر از الگوریتم‌های فراابتکاری در حل مسئله بلوک‌بندی گراف استفاده شده‌اند که تحقیقات پایه‌ای آنها عبارت‌اند از: ۱. شبیه‌سازی تبرید (بروکس و مورگان[10]، ۱۹۹۵)، ۲. جست‌وجوی ممنوعه (بزکایا، ارکوت ولاپورت[11]، ۲۰۰۳)، ۳. ترکیب شبیه‌سازی تبرید و جست‌وجوی ممنوعه (بانوس، جیل، پاچتر و اُرتگا[12]، ۲۰۰۷)، ۴. ازدحام ذرات[13] (وانگ، وو و مائو[14]، ۲۰۰۷) و ۵. تکامل تفاضلی[15] (داتا و فیگوری[16]، ۲۰۱۱).

1. Shirabe
2. Datta, Figueira, Gourtani & Morton
3. Ríos-Mercado & López-Pérez
4. Li, Church & Goodchild
5. Steiner, Datta, Neto, Scarpin & Figueira
6. Lin, Chin, Fu & Tsui
7. Kong, Zhu & Wang
8. Distribution System
9. Zhao, Wang & Peng
10. Brooks & Morgan
11. Bozkaya, Erkut & Laporte
12. Baños, Gil, Paechter & Ortega
13. Particle Swarm Optimization
14. Wang, Wu & Mao
15. Differential Evolution
16. Datta & Figueira

Archive of SID

www.SID.ir

مطابق با مرور ادبیات، پژوهشی مبنی بر استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی به‌منظور بهینه‌سازی مسئله توزیع کالا با در نظر گرفتن تصمیم‌های یکپارچه مکان‌یابی و بلوک‌بندی مشاهده نشده است. این در حالی است که در بسیاری از کشورهای پیشرفته دنیا، مسئله توزیع کالاهای اساسی مورد نیاز جامعه از طریق مراکز تعیین‌شده از طرف دولت به‌عنوان یک مشکل در برنامه‌ریزی مد نظر است (کونور و ژونس[1]، ۲۰۱۶). بنابراین ارائه چارچوبی مناسب برای حل این مسئله به کمک ابزارهای بهینه‌سازی ضروری به نظر می‌رسد (کالکسیس[2]، ۲۰۱۵). موضوع دیگری که باید به آن توجه شود این است که در مدل‌های بلوک‌بندی، پیوستگی همواره به‌عنوان محدودیتی دشوار شناخته می‌شود (کالکسیس، ۲۰۱۵). برخی از محققان سعی بر طراحی محدودیت‌های ریاضی برای برآورده کردن این ویژگی داشتند (لی، وانگ و لاپورته[3]، ۲۰۱۶؛ لیبراتور و همکاران، ۲۰۱۶ و فراگوسو، رگو و بوشنکوو[4]، ۲۰۱۶)، اما علی‌رغم تمام تلاش‌ها، محدودیت‌های طراحی‌شده دارای کارایی مناسبی نیستند (کالکسیس، ۲۰۱۵). از طرفی، با وجود تعدد تحقیقات انجام‌شده در این زمینه، تحقیقات اندکی به بررسی این مسئله به‌عنوان یک تحقیق مستقل در کاربردهای عملی پرداختند (فراهانی، فلاح، روئیز، حسینی و عسگری[5]، ۲۰۱۸). از این رو ارائه چارچوبی مشخص برای بررسی و حل این محدودیت دارای اهمیت بالایی است. بنابراین نوآوری‌های تحقیق را می‌توان شامل ارائه یک مدل ریاضی برای مکان‌یابی و بلوک‌بندی مناطق جمعیتی به‌صورت یکپارچه با در نظر گرفتن محدودیت‌های ایجاد پیوستگی و عدم وجود سوراخ در نظر گرفت. البته استفاده از الگوریتم‌های حل جدید و مقایسه با سایر الگوریتم‌ها نیز نوآوری دیگری از جنبه محاسباتی تحقیق مد نظر است.

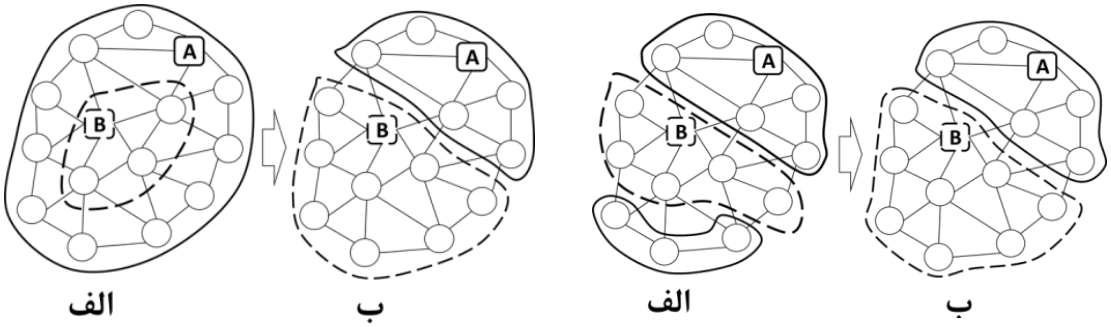
روش‌شناسی پژوهشی

مسئله توزیع کالاهای اساسی همواره به‌عنوان یک مشکل مدیریتی در زنجیره تأمین مورد توجه بوده است (هوگوس[6]، ۲۰۱۸)، زیرا به‌طور مستقیم با نیازهای اولیه جامعه سر و کار دارد. در این زنجیره توزیع، دولت به‌عنوان تصمیم‌گیرنده اصلی مسئولیت انتخاب مکان‌های توزیع کالا و همچنین تنظیم میزان بارکاری هر مرکز را به عهده دارد. به‌منظور جلوگیری از ایجاد ازدحام در مراکز که برای جامعه، به ایجاد مشکل دسترسی به کالاها منجر می‌شود، دولت مراکزی را به‌عنوان مراکز توزیع انتخاب کرده و مشتریان را در قالب بلوک‌هایی به این مراکز تخصیص می‌دهد. البته این بدان معنا نیست که هر مشتری فقط و فقط می‌تواند از همان مرکزی که بدان تخصیص پیدا کرده کالا دریافت کند، اما به‌منظور تخمین میزان کالاهای ارسالی به هر مرکز لازم است سطح تقاضا مشخص شود که این موضوع از طریق انجام بلوک‌بندی‌ها میسر می‌شود. موضوع مهم در ایجاد بلوک‌های مشتریان، در نظر گرفتن محدودیت‌های ساختاری است. در حقیقت هر بلوک باید دارای ساختاری متعارف باشد که این مسئله به‌طور دقیق همان محدودیت‌های جبری موجود در مسئله بلوک‌بندی است. به بیان دیگر بلوک‌ها باید دارای ساختار پیوسته و بدون وجود سوراخ باشند. شکل ۱ نمایی از ساختار مناسب بلوک‌ها را نشان می‌دهد.

1. Konur & Geunes
2. Kalcsics
3. Lei, Wang & Laporte
4. Fragoso, Rego & Bushenkov
5. Farahani, Fallah, Ruiz, Hosseini & Asgari
6. Hugos

Archive of SID

www.SID.ir



الف. پیوستگی در بلوک‌ها ب. عدم وجود سوارخ در بلوک‌ها

شکل ۱. مثالی از پیوستگی و عدم وجود سوراخ در بلوک‌ها

مطابق شکل بالا می‌توان مشاهده کرد که عدم پیوستگی و وجود سوراخ در بلوک‌ها باعث ایجاد ساختارهایی نامتعارف شده که در مدل پیشنهادی به‌منظور جلوگیری از تولید این گونه پاسخ‌ها، محدودیت‌هایی در نظر گرفته شده است.

یک بلوک پیوسته معادل یک جزء از یک گراف هم‌بند است که در آن یک و تنها یک ارتباط بین هر دو نقطه وجود دارد و یک جریان واحد را از هر رأس دیگر دریافت می‌کند. بر اساس این تعریف، شیرابه (۲۰۰۹) مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلطی بر اساس رویکرد جریان مطرح کرده که بلوک‌های پیوسته را تضمین می‌کند. شایان توجه است، محدودیت‌های تضمین پیوستگی ارائه‌شده در مقاله شیرابه (۲۰۰۹) که مبتنی بر جریان است، به‌عنوان ساختاری کلی در تحقیقات بسیاری از جمله کیم، دین، کیم و چان[1] (۲۰۱۶) و کینگ، جکوبسون و سول[2] (۲۰۱۸) استفاده شده و محققان با توجه به شرایط مسئله مد نظر خود، در سایر بخش‌های مدل از جمله تابع هدف، تغییراتی اعمال کرده‌اند. در این پژوهش نیز از این محدودیت‌ها به‌منظور تضمین پیوستگی بلوک‌ها استفاده شده است. اما در ساختار مدل ارائه‌شده توسط شیرابه، متغیرهای تصمیم زیادی در نظر گرفته شده که باعث پیچیدگی زیاد مسئله می‌شود. همچنین در آن برای تضمین عدم وجود سوارخ هیچ محدودیتی در نظر گرفته نشده است. در این تحقیق با ایجاد تغییراتی در مدل شیرابه، محدودیت‌هایی به‌منظور تضمین پیوستگی با متغیرهای کمتر و همچنین ایجاد تضمین در عدم تشکیل سوراخ در بلوک‌ها ایجاد شده است. نمادها و علائم مورد نیاز در تعریف ساختار جبری مدل ریاضی به‌صورت زیر ارائه می‌شود.

مجموعه‌ها

V: مجموعه واحدهای پایه، نودها $i,j \in V\ ,\ i,j = 1,2,\dots,|V|$

P: مجموعه بلوک $p,p' \in P\ and\ \ p,p' = 1,2,\dots,|P|$

A: مجموعه زوج‌های واحدهای پایه مجاور

1. Kim, Dean, Kim & Chun
2. King, Jacobson & Sewell

Archive of SID

www.SID.ir

پارامترها

a_i: جمعیت در گره i

متغیرهای تصمیم‌گیری

x_{ip}: متغیر باینری که برابر است با ۱، اگر گره i به بلوک p اختصاص داده شود.

w_{ip}: متغیر باینری که برابر است با ۱، اگر گره i به‌عنوان مرکز بلوک p انتخاب شده باشد.

y_{ijp}: مقدار جریان از گره i به گره j برای بلوک p

z: یک متغیر حقیقی غیرمنفی که ارزش تابع هدف را نشان می‌دهد.

رابطه ۱) $Min: Z$

رابطه ۲) $\sum_{i\in V}\alpha_i x_{ip} - \sum_{i\in V}\alpha_i x_{ip'} \le z \qquad \forall p,p' \in P: p \ne p'$

رابطه ۳) $\sum_{p\in P} x_{ip} = 1 \qquad \forall i, V$

رابطه ۴) $\sum_{i\in V} w_{ip} = 1, \qquad \forall p \in P,$

رابطه ۵) $\sum_{j:(i,j)\in A} y_{ijp} - \sum_{j:(j,i)\in A} y_{jip} \ge x_{ip} - |V| w_{ip}, \qquad \forall p\in P,\ \forall i \in V,$

رابطه ۶) $\sum_{j:(j,i)\in A} y_{jip} \le (|V|-1)x_{ip}, \qquad \forall p\in P,\ \forall i \in V,$

رابطه ۷) $x_{ip}, w_{ip} \in \{0,1\}, \qquad \forall p\in P,\ \forall i \in V,$

رابطه ۸) $y_{ijp} \ge 0 \qquad \forall p\in P, \forall (i,j) \in A$

تابع هدف ۱، همراه با مجموعه محدودیت‌های ۲، حداکثر تفاوت بین تعداد متقاضیان در بلوک‌های مختلف را به حداقل می‌رساند. مجموعه محدودیت‌های ۲ اطمینان حاصل می‌کنند که هر واحد پایه‌ای فقط به یک بلوک اختصاص می‌یابد. بر اساس مجموعه محدودیت‌های ۳، فقط یک واحد پایه‌ای باید به‌عنوان مرکز هر بلوک انتخاب شود. مجموعه محدودیت‌های ۵ و ۶ پیوستگی و عدم وجود سوراخ در هر بلوک را تضمین می‌کنند. محدودیت‌های ۷ و ۸ به‌ترتیب محدودیت‌های یکپارچگی و غیرمنفی بودن متغیرهای تصمیم را اعمال می‌کنند.

نحوه عملکرد محدودیت‌های ۵ و ۶ در تولید پاسخ‌های موجه بدین صورت است که در ابتدا باید حداقل یکی از نقاط مجاور هر مرکز به آن تخصیص پیدا کنند. سپس مطابق با ساختار مجاورت[1] سایر نقاط شبکه، فقط گره‌هایی می‌توانند به یک مرکز تخصیص یابند که حداقل به یکی از گره‌های مجاور آن مرکز اتصال داشته باشند. آنگاه خود این گره جدید نیز به مجموعه گره‌های مجاور مرکز اضافه شده و می‌تواند به‌عنوان یک کانال ارتباطی روی کوتاه‌ترین مسیر بین نقاط برای پیوستن سایر نقاط بدان مرکز عمل کند. بدین صورت تضمین می‌شود ساختار تمام بلوک‌ها به‌صورت

1. Adjency

Archive of SID

www.SID.ir

پیوسته و بدون وجود سوراخ ایجاد شود. در واقع می‌توان گفت این دو محدودیت از یک ساختار مبتنی بر جریان پیروی می‌کنند. یک رأس زمانی می‌تواند به یک پهنه تخصیص یابد که حداقل یک واحد جریان y_{jip} از مرکز آن پهنه به آن رأس ارسال شود. محدودیت ۶ تضمین می‌کند که حداکثر جریان خروجی از مرکز i به سایر رئوس پهنه بیش از تعداد رئوس (منهای یک) نیست، یعنی هر پهنه شامل یک مرکز و حداکثر $|V|-1$ رأس است. محدودیت ۵ بیان می‌کند زمانی رأس i (به‌شرطی که مرکز پهنه نباشد) به پهنه p تخصیص می‌یابد که تفاضل جریان خروجی از ورودی آن بیشتر از یک باشد، یعنی حداقل یک واحد جریان از مرکز دریافت کند. در حالتی که رأس i مرکز پهنه p است ($w_{ip}=1$) این محدودیت بی‌اثر می‌شود، زیرا سمت چپ محدودیت نام‌برده عددی منفی می‌شود.

روش حل

با توجه به اینکه تصمیم‌گیری درباره بلوک‌بندی ـ مکان‌یابی از رده تصمیم‌های سطح استراتژیک است، حصول نتایج با کیفیت بالا دارای اهمیت بسیاری است. اما با توجه به اینکه مسئله بلوک‌بندی مکان‌یابی از رده مسائل ان پی سخت[1] است، به دست آوردن نتایج مناسب با استفاده از مدل ریاضی، اغلب بسیار مشکل بوده و زمان حل مسئله تا حدی افزایش می‌یابد که در عمل قابل استفاده نیست. یکی از رویکردهای معمول در حل مسائل ناچندجمله‌ای سخت، استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری است. این الگوریتم‌ها معمولاً در زمان مناسب قادر به ارائه پاسخ‌های مناسب هستند. استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری جدید علاوه بر گسترش دامنه بررسی این الگوریتم‌ها در مسائل مختلف، باعث می‌شود تلاش‌هایی به‌منظور حصول پاسخ‌های بهتر در مسائل دنیای واقعی انجام پذیرد. بنابراین در این تحقیق برای نخستین بار از الگوریتم‌های ازدحام سالپ[2] و گرگ خاکستری[3] در حل مسئله بلوک‌بندی استفاده می‌شود.

الگوریتم‌های فراابتکاری پیشنهادی

نکته مهم در استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری در مسائل بلوک‌بندی، برآورده کردن محدودیت‌های پیوستگی و عدم وجود سوراخ است. در تمام تحقیقات انجام‌شده، نمایش پاسخ ارائه‌شده به‌صورت مستقیم قادر به تولید پاسخ‌های موجه نبوده و به‌منظور موجه‌سازی پاسخ‌ها، از الگوریتم‌های اصلاح‌کننده استفاده شده است (کالکسیس، ۲۰۱۵). اما این الگوریتم‌ها تأثیر بسیار زیادی بر زمان اجرا دارد و کارایی آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این تحقیق به‌منظور ارائه نمایش پاسخ‌های موجه بدون استفاده از الگوریتم‌های اصلاح‌شونده، از رویکردی ابتکاری استفاده شده است. در واقع در این الگوریتم پاسخ‌ها همواره به‌صورت موجه تولید می‌شوند. به‌منظور تشریح ساختار الگوریتم پیشنهادی نیاز است در ابتدا تعاریف پایه ارائه شوند.

تعاریف اولیه

درخت[4]: گرافی که فاقد دور بوده و هم‌بند باشد را یک درخت گوییم. در یک گراف $G(V,A)$ زیر گرافی که همه رئوس را شامل شده و خود یک درخت باشد را درخت فراگیر نامیم.

1. NP-hard
2. Salp Swarm
3. GreyWolf
4. Tree

Archive of SID

www.SID.ir

برش[1]: مجموعه‌ای از یال‌ها که حذف آنها یک گراف هم‌بند را به دو مؤلفه هم‌بندی تبدیل می‌کند. هر برش را می‌توان با مجموعه یال‌های آن نمایش داد. طریقه دیگر نمایش یک برش، مشخص کردن مجموعه رئوس هر مؤلفه است.

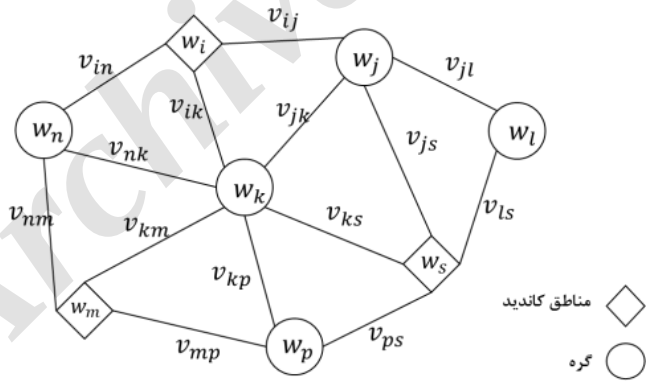
برش اساسی[2]: برای یک گراف داده‌شده یک درخت فراگیر از آن را در نظر بگیرید. با حذف هر یال از این درخت مجموعه رئوس گراف به دو مؤلفه افراز می‌شوند. به برش متناظر با این افراز، برش اساسی گفته می‌شود.

روش ابتکاری برای تولید پاسخ‌های اولیه

یکی از نوآوری‌های مهم این مقاله، ارائه رویکردی جدید به‌منظور کدگذاری پاسخ‌ها است. همان‌طور که بیان شد، در تمامی تحقیقات پیشین، به‌منظور موجه‌سازی پاسخ‌ها از الگوریتم‌های اصلاح‌شونده استفاده شده است. اما رویکرد ابتکاری پیشنهادی برای نمایش پاسخ ارائه‌شده در این مقاله، به‌طور مستقیم به‌منظور تولید پاسخ‌های پیوسته، پاسخ‌هایی موجه تولید می‌کند. اما به هر حال نیاز است برای تضمین فشردگی پاسخ‌ها از یک الگوریتم اصلاح‌شونده ساده استفاده شود. این روش مطابق با گام‌های زیر اجرا می‌شود.

گام نخست: ابتدا رشته‌ای دارای اعداد پیوسته با اندازه $|Cand|$ در نظر گرفته که تعداد $|K|$ عضو بزرگ‌تر این رشته به‌عنوان مراکز انتخابی در نظرگرفته می‌شود. همچنین به هر گره عددی تصادفی به‌عنوان وزن گره (w_i) تخصیص داده می‌شود. سپس وزن هر یال بین دو گره از جمع وزن رئوس آن حاصل می‌شود.

$$w_i + w_j = v_{ij}$$ رابطه ۹)



شکل ۲. ساختار ابتدایی گراف تولید پاسخ

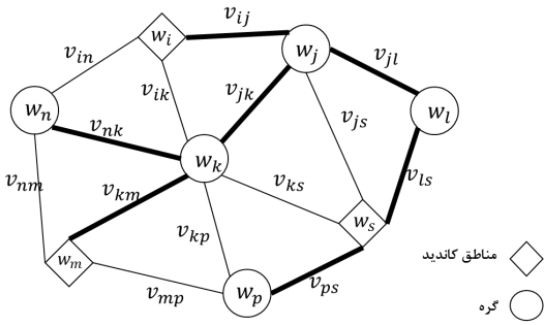
گام دوم: با توجه به مقادیر (v_{ij})، کمینه درخت پوشا تشکیل شده و یال‌های موجود در درخت به‌صورت نزولی در مجموعه (F) ذخیره می‌شوند. فرض می‌کنیم:

$$v_{ij} < v_{jk} < v_{jl} < v_{ls} \dots < v_{mp}$$ رابطه ۱۰)

1. Cut
2. Fundemental Cut

Archive of SID

www.SID.ir

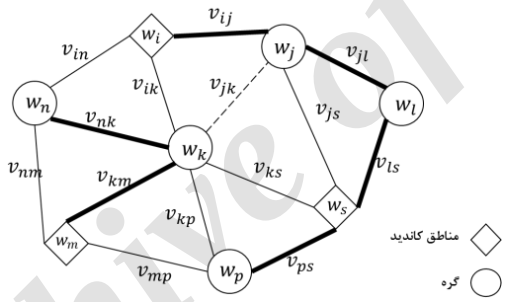


شکل ۳. ساختار گام دوم گراف تولید پاسخ

رابطه ۱۱) $$F = \{v_{ij}, v_{jk}, v_{jl}, v_{ls}, v_{ps}, \dots, v_{mp}\}$$

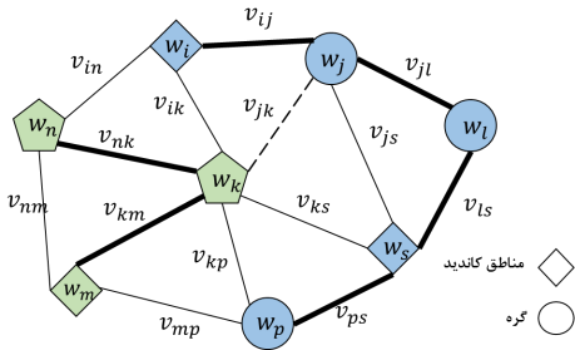
گام سوم: تعداد $(|K| - ۱)$ کوچک‌ترین یال درخت انتخاب و حذف می‌شود. فرض می‌کنیم:

رابطه ۱۲) $$|K| = 2$$



شکل ٤. ساختار گام سوم گراف تولید پاسخ

گام چهارم: گره‌های موجود در هر یک از درخت‌های جدید، یک بلوک مستقل را تشکیل می‌دهند. البته باید به محدودیت تعداد گره‌های موجود در هر بلوک نیز توجه کرد. اگر بلوک ایجادشده در محدودیت بیان‌شده صدق نکند، باید دوباره به گام سوم رجوع کرده و یال دیگری انتخاب کرد.

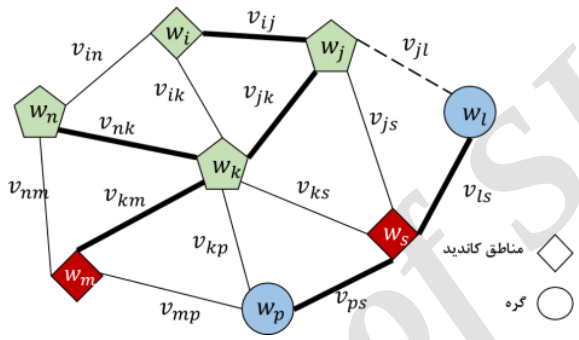


شکل ۵. ساختار گام نهایی گراف تولید پاسخ

Archive of SID

www.SID.ir

در شکل بالا، مشاهده می‌شود گره‌های n, k و m به یک بلوک و گره‌های p, s, l, j و i به بلوکی دیگر تخصیص یافته است. همان‌طور که بیان شد، بلوک‌های تشکیل‌شده دارای ساختاری کاملاً پیوسته هستند. اما مشکلی که در این ساختار وجود دارد، عدم تضمین تشکیل بلوک‌هایی با ویژگی فشردگی به‌صورت مستقیم است. برای رفع این مشکل، باید در انتخاب یال حذف‌شده محدودیت در نظر گرفت. بدین صورت که اگر پس از حذف یال انتخابی، بلوک‌های تشکیل‌شده فشرده نباشند، باید به گام سوم رجوع کرده و یال دیگری انتخاب کرد. بدین صورت بلوک‌هایی به وجود می‌آیند که دارای ساختارهایی پیوسته و فشرده هستند. از آنجا که تشکیل کمینه درخت پوشا پیچیدگی بالایی نداشته و به‌سرعت انجام می‌شود (گراهام و هل[1]، ۱۹۸۵)، می‌توان گفت این رویکرد به حافظه بسیار کمی نیاز دارد.



شکل ٦. ساختار نهایی گراف تولید پاسخ

از آنجا که در مسئله این تحقیق مکان‌یابی و بلوک‌بندی به‌صورت هم‌زمان انجام می‌شود، باید در هر بلوک حداقل یکی از نقاط بالقوه برای احداث مرکز وجود داشته باشد. بدین منظور برای انتخاب مراکز بلوک‌ها از بین مناطق بالقوه، از یک رشته از اعداد پیوسته با اندازه تعداد مناطق بالقوه $|Cand|$ استفاده می‌شود که تعداد $|K|$ عضو بزرگ‌تر این رشته به عنوان مراکز انتخابی در نظر گرفته می‌شود. در روند انتخاب یال و حذف آن به‌منظور تشکیل بلوک‌ها، باید توجه کرد که حتماً یکی از نقاط انتخابی در هر بلوک وجود داشته باشد. در صورت عدم وجود یکی از نقاط انتخابی در بلوک‌ها، به گام سوم رفته و روند تکرار می‌شود.

الگوریتم ژنتیک (GA)

الگوریتم ژنتیک[2] توسط هالند در سال ۱۹۷۳ ابداع شده است (فاروقی و آرکات[3]، ۲۰۱۸). ساختار این الگوریتم بدین صورت است که در ابتدا به‌طور تصادفی مجموعه‌ای از راه حل‌ها برای مسئله تولید می‌شوند. این مجموعه راه حل را جمعیت (یا نسل) اولیه و هر عضو آن که در واقع یک راه حل است را یک کروموزوم می‌نامند. در هر تکرار الگوریتم ژنتیک، مجموعه‌ای از راه حل‌های جدید که فرزندان نامیده می‌شوند، با استفاده از اعمال عملگرهای ژنتیک روی کروموزوم‌های نسل فعلی (والدین) تولید می‌شوند.

1. Graham & Hell
2. Genetic
3. Farughi, & Arkat

Archive of SID

www.SID.ir

عملگر هم‌گذری[1] و عملگر جهش[2]، عملگرهای اصلی الگوریتم ژنتیک برای تولید فرزندان هستند. هم‌گذری فرایندی است که در آن، با ترکیب اطلاعات دو والد، یک (یا چند) راه حل جدید به‌عنوان فرزند، تولید می‌شود. در تحقیق ارائه‌شده، هم‌گذری به‌عنوان عملگر اصلی و جهش به‌عنوان دومین عملگر اعمال خواهد شد. عملگر هم‌گذری مورد استفاده از نوع دو نقطه برش است. عملگر جهش نیز از طریق انتخاب چند ژن از کروموزوم و تعویض مقادیر آنها، اعمال می‌شود. پس از این مرحله، عملگر جایگزینی اعمال می‌شود. در این تحقیق برای عمل جایگزینی از استراتژی نمونه تصادفی باقی‌مانده بدون جایگزینی (جیانگ، چین، وانگ، کو و تسو[3]، ۲۰۱۷) استفاده می‌شود.

الگوریتم ازدحام سالپ (SSA)

برای مدل‌سازی ریاضی زنجیره‌های سالپ، جمعیت ابتدا به دو گروه رهبر و پیروان تقسیم می‌شود. رهبر در مقابل زنجیره است، در حالی که بقیه سالپ‌ها به‌عنوان پیروان در نظر گرفته می‌شوند. همان‌طور که از نام آنها مشخص است، رهبر ازدحام را هدایت می‌کند و پیروان یکدیگر (و رهبر را به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم) را دنبال می‌کنند. به‌طور مشابه با تکنیک‌های مبتنی بر ازدحام، موقعیت اسلپ‌ها در یک فضای جست‌وجو n بعدی تعریف شده است که n، تعداد متغیرهای داده‌شده مسئله است. موقعیت کلیه سالپ‌ها در یک ماتریس دوبعدی به نام x ذخیره می‌شود. همچنین فرض شده است که منبع غذایی به نام F در فضای جست‌وجو به‌عنوان هدف ازدحام وجود دارد. شبیه‌سازی سالپ در مرجع (میرجلیلی و همکاران[4]، ۲۰۱۷) بیان شده است.

الگوریتم گرگ خاکستری (GWO)

الگوریتم گرگ خاکستری نخستین بار توسط میرجلیلی در سال ۲۰۱۴ ابداع شده است. در این الگوریتم با استفاده از شیوه زندگی گرگ‌ها و نحوه شکار، مدلی طراحی شده است که در فضای پاسخ به‌دنبال یافتن پاسخ بهینه خواهد بود. شرح ساختار این الگوریتم را می‌توان در مرجع (میرجلیلی، میرجلیلی و لویس[5]، ۲۰۱۴) مطالعه کرد. باید توجه داشت که ساختار الگوریتم‌های گرگ خاکستری و سالپ به‌صورت پیوسته است. بنابراین نمی‌توان در این الگوریتم‌ها به‌صورت مستقیم از اعداد صحیح استفاده کرد، زیرا در روند انجام محاسبات مشکلات جبری به وجود خواهد آمد. بدین منظور در فاز تولید پاسخ‌ها با استفاده از درخت، یک رشته به‌طول تعداد یال‌های حذف‌شده تولید می‌شود که اعداد داخل آن در بازه $[1, |P|]$ به‌صورت تصادفی و از جنس اعداد حقیقی مثبت تولید می‌شود که در آن $|P|$ بیانگر تعداد کل بلوک‌ها است. سپس هر عدد تولیدشده به‌صورت جزء صحیح محاسبه می‌شود. بدین صورت می‌توان تضمینی برای استفاده مناسب از ساختار الگوریتم‌های پیوسته نیز ایجاد کرد.

یافته‌های پژوهش

در این قسمت به‌منظور اعتبارسنجی مدل‌ها و الگوریتم‌های ارائه‌شده، مثال‌هایی در ابعاد کوچک، متوسط و بزرگ طراحی

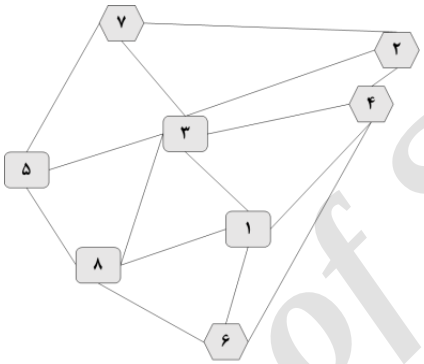
1. Crossover operator
2. Mutation operator
3. Jiang, Chin, Wang, Qu & Tsui
4. Mirjalili et. al
5. Mirjalili, Mirjalili & Lewis

Archive of SID

www.SID.ir

و بررسی می‌شوند. مدل‌های ارائه‌شده به کمک حل‌کننده سیپلکس حل می‌شوند. الگوریتم‌های ارائه‌شده نیز به کمک نرم‌افزار متلب به حل مسائل می‌پردازند. معیارهای مقایسه بین پاسخ‌های حاصل از حل دقیق به کمک نرم‌افزار و الگوریتم‌های ارائه‌شده شامل زمان حل و گپ موجود میان پاسخ‌ها است.

به‌عنوان نخستین مثال، فرض می‌شود ناحیه‌ای با هشت نقطه جمعیتی مد نظر است. مدیران قصد دارند به‌منظور ارتقای سطح مدیریتی سیستم توزیع موجود، دو منطقه را به‌عنوان مراکز مدیریتی انتخاب کرده و با توجه به معیار متعادل‌سازی بارکاری، سایر مناطق را به این مراکز تخصیص دهند. مشخص است که تخصیصات بایستی مطابق با معیارهای مسئله بلوک‌بندی باشد. ساختار گرافیکی و اطلاعات مورد نیاز برای حل مسئله نیز در قالب شکل ۷ و جدول ۲ ارائه می‌شود.



شکل ۷. ساختار گرافیکی ناحیه مورد مطالعه مثال ۱

در شکل ۷، مربع‌ها بیانگر نقاط جمعیتی و شش‌ضلعی‌ها نشان‌دهنده نقاط کاندید برای انتخاب به‌عنوان مراکز بلوک‌ها هستند.

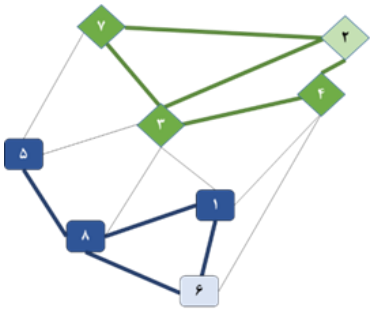
جدول ۲. اطلاعات مربوط به موقعیت، جمعیت و شبکه ارتباطات نقاط مثال نخست

شماره	مناطق بالقوه	ارتباطات نقاط								جمعیت	مختصات	
۱		۱	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۱۸۵	۲۴	۷۲
۲	✓	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۷۲۹۸	۸۴	۹۲
۳		۱	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۵۵۶	۶۶	۶۵
۴	✓	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۷۸۲۷	۷۷	۹۱
۵		۱	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۹۸۰	۸۳	۲۷
۶	✓	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۴۴۲۲	۱۶	۷۸
۷	✓	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۵۸۷	۹۶	۴۱
۸		۰	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۳۷۰	۵۵	۴۸

شایان توجه است که حل این مسئله شامل ۱۶۱ متغیر تصمیم و ۴۴ محدودیت است. مشاهده می‌شود مناطق ۲، ۴، ۶ و ۷ به‌عنوان مکان‌های بالقوه برای انتخاب مرکز مدیریتی در نظر گرفته می‌شوند.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۸. ساختار شبکه ارائه‌شده مناطق مثال ۱

مشاهده می‌شود از بین مناطق بالقوه، مناطق ۲ و ۶ به‌عنوان مراکز مدیریتی انتخاب شده‌اند. مقدار تابع هدف مسئله برابر است با ۱۵۶۸/۵۲ که با توجه به ماهیت محاسباتی آن (اختلاف بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین مقدار فاصله ـ جمعیت در هر بلوک)، بیشینه مقدار برابر با ۱۰۴۱۴۱/۹۶ و کمینه مقدار برابر ۱۰۲۵۷۳/۴۴ است.

تحلیل حساسیت: فرض می‌شود ناحیه‌ای با ۲۵ منطقه جمعیتی مد نظر است. از آنجا که مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار در مکان‌یابی تسهیلات و بلوک‌بندی مناطق شامل تعداد بلوک‌های مد نظر و البته تعداد مکان‌های بالقوه است، حساسیت مدل ارائه‌شده در تغییر پارامترها بررسی می‌شود.

تغییر تعداد بلوک‌ها: زمان حل مسئله با توجه به تعداد بلوک‌های مد نظر، در جدول ۳ ارائه می‌شود. البته با توجه به اینکه تصمیم‌گیری در رابطه با مکان‌یابی تسهیلات و بلوک‌بندی مناطق از دسته تصمیم‌های سطح استراتژیک سازمان‌ها است، می‌توان از زمان حل مسئله چشم‌پوشی کرد. اما در این قسمت هدف از ارائه زمان حل مسئله، نشان دادن میزان حساسیت مدل در تغییر تعداد بلوک‌ها است.

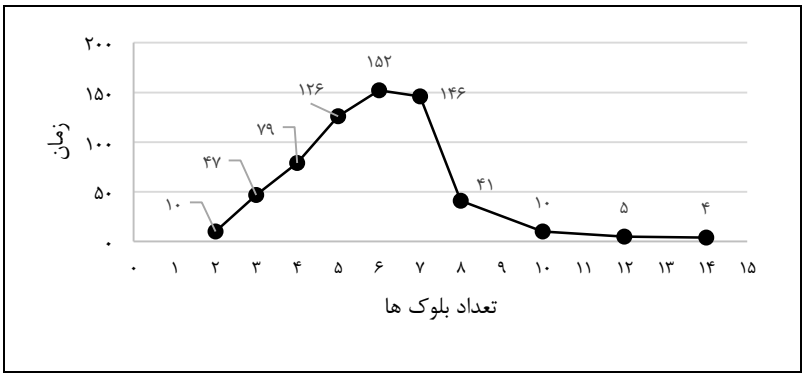
جدول ۳. حساسیت مدل پیشنهادی نسبت به تغییر تعداد بلوک‌ها

ردیف	تعداد بلوک	کمینه	بیشینه	تابع هدف	زمان
۱	۲	۸۵۲۲۳۷/۱۱	۸۵۸۶۸۷/۲۲	۶۴۵۰/۱۰	۱۰
۲	۳	۶۷۳۶۴۳/۳۹	۶۷۶۷۱۰/۵۱	۳۰۶۷/۱۲	۴۷
۳	۴	۲۹۷۰۸۶/۴۱	۳۰۱۵۸۷/۹۵	۴۵۰۱/۵۴	۷۹
۴	۵	۲۶۲۱۲۷/۹۵	۲۷۴۷۴۱/۷۹	۱۲۶۱۳/۸۳	۱۲۶
۵	۶	۲۰۰۵۹۵/۹۷	۲۱۵۷۱۴/۷۷	۱۵۱۱۸/۷۹	۱۵۲
۶	۷	۶۱۷۷۷/۳۰	۸۹۳۲۶/۰۸	۲۷۵۴۸/۷۷	۱۴۶
۷	۸	۵۷۱۰۷/۰۹	۷۵۶۲۴/۶۲	۱۸۵۱۷/۵۳	۴۱
۸	۱۰	۲۴۳۸۳/۱۲	۵۹۹۴۶/۶۵	۳۵۵۶۳/۵۲	۱۰
۹	۱۲	۴۰۸۵	۲۹۰۷۴/۴۷	۲۴۹۸۹/۴۷	۵
۱۰	۱۴	۰	۲۶۲۵۱/۳۱	۲۶۲۵۱/۳۱	۴

طبق اطلاعات جدول ۵ می‌توان مشاهده کرد که در ابتدا زمان حل کم بوده و رفته رفته با افزایش تعداد بلوک‌ها زمان حل افزایش می‌یابد. این روند افزایشی نیز پایدار نبوده و با افزایش تعداد بلوک‌ها روند کاهشی پیدا می‌کند. روند تغییر زمان حل با توجه به تعداد بلوک‌ها در شکل ۹ نشان داده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۹. حساسیت مدل پیشنهادی نسبت به تغییر تعداد بلوک‌ها

تغییر تعداد مکان‌های بالقوه: همانند قسمت قبل، تغییرات زمان حل در مقایسه با تغییر تعداد مکـان‌هـای بـالقوه در قالب جدول ۴ ارائه می‌شود.

جدول ٤. حساسیت مدل پیشنهادی در مقایسه با تغییر تعداد مکان‌های بالقوه

تعداد مکان‌های بالقوه	کمینه	بیشینه	تابع هدف	زمان
۴	۲۹۷۰۸۶/۴۱	۳۰۱۵۸۷/۹۵	۴۵۰۱/۵۴	۳
۶	۲۹۷۰۸۶/۴۱	۳۰۱۵۸۷/۹۵	۴۵۰۱/۵۴	۴
۸	۲۹۷۰۸۶/۴۱	۳۰۱۵۸۷/۹۵	۴۵۰۱/۵۴	۶
۱۰	۲۹۷۰۸۶/۴۱	۳۰۱۵۸۷/۹۵	۴۵۰۱/۵۴	۱۰
۱۲	۲۹۷۰۸۶/۴۱	۳۰۱۵۸۷/۹۵	۴۵۰۱/۵۴	۴۱
۱۴	۲۹۷۰۸۶/۴۱	۳۰۱۵۸۷/۹۵	۴۵۰۱/۵۴	۷۶
۱۶	۲۹۷۰۸۶/۴۱	۳۰۱۵۸۷/۹۵	۴۵۰۱/۵۴	۱۸۷
۲۰	۲۹۷۰۸۶/۴۱	۳۰۱۵۸۷/۹۵	۴۵۰۱/۵۴	۱۱۴۷

شایان ذکر است، تعداد بلوک‌ها در این مثال برابر با ۴ بوده و مکان‌های انتخابی نیز ثابت است.

مشاهده می‌شود با افزایش تعداد مکان‌های بالقوه، زمان حل مسئله به‌شدت تحت تأثیر قرار مـی‌گیـرد. شـکل ۱۰ این میزان حساسیت را به‌شکل مناسب‌تری نشان می‌دهد.

شکل ۱۰. حساسیت مدل پیشنهادی در مقایسه با تغییر تعداد مکان‌های بالقوه

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵. مقایسه پاسخ‌های حاصل از حل سیپلکس و الگوریتم‌های پیشنهادی

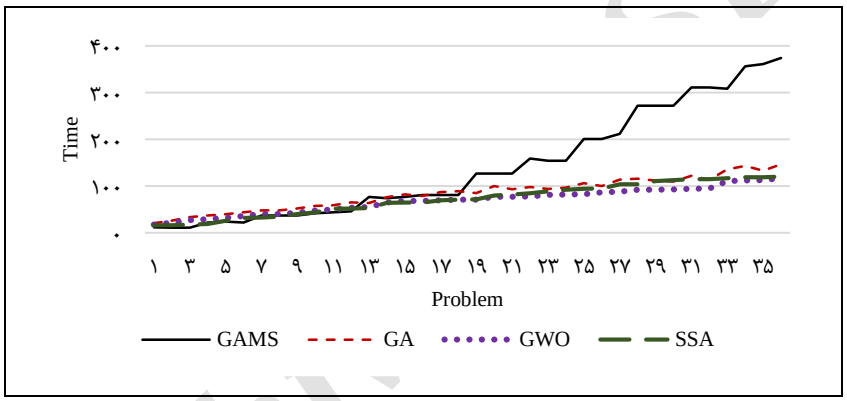
رئوس	بلوک‌ها	رئوس بالقوه	مثال	سیپلکس		ژنتیک		گرگ خاکستری		ازدحام اسلپ		
				زمان (ثانیه)	تابع هدف	زمان (ثانیه)	تابع هدف	اختلاف	زمان (ثانیه)	تابع هدف	اختلاف	زمان (ثانیه)	تابع هدف	اختلاف
۵۰	۲	۵	۱	۱۲	۴۶۴۸۸۶۵۴/۱۴	۲۱	۴۹۲۳۴۳۷۵/۹	۵/۷۹	۱۸	۴۸۸۵۴۹۲۶/۶۴	۴/۸۴	۱۶	۴۷۴۳۲۳۷۳/۸۲	۱/۹۹
			۲	۱۱	۹۷۹۸۳۲۹۶/۴۶	۲۶	۱۰۶۰۶۶۱۶۷/۹	۷/۶۲	۲۲	۱۰۴۵۰۸۹۸۴	۶/۲۴	۱۶	۱۰۲۰۷۸۹۸۴/۳	۴/۰۱
			۳	۱۱	۱۰۳۱۷۶۶۵۵/۸۲	۳۴	۱۱۴۰۰۸۸۹۸/۵	۹/۵۰	۲۷	۱۱۱۳۵۸۵۶۴/۶	۷/۳۵	۱۸	۱۰۷۴۷۹۱۲۲/۴	۴/۰۰
		۸	۱	۲۲	۷۲۰۷۶۷۱۹/۵۴	۳۷	۷۸۹۵۶۰۰۹/۹۶	۸/۷۱	۲۹	۷۶۶۳۹۱۷۵/۸۹	۵/۹۵	۱۹	۷۷۸۴۲۸۵۷/۱	۷/۴۱
			۲	۲۴	۹۶۹۴۴۸۸۳/۹۵	۴۰	۱۰۵۹۷۳۰۰۴/۲	۸/۵۲	۳۲	۱۰۲۹۲۶۳۸۳/۳	۵/۸۱	۲۶	۱۰۲۵۸۷۰۷۶/۲	۵/۵۰
			۳	۲۲	۱۲۳۴۰۰۳۹۰/۸۷	۴۴	۱۳۳۰۲۲۷۹۱/۸	۷/۲۳	۳۶	۱۳۱۴۵۸۴۳۶/۴	۶/۱۳	۳۲	۱۳۰۷۹۲۰۷۴/۳	۵/۶۵
	۴	۱۰	۱	۳۷	۷۷۵۰۱۵۰۱/۰۵	۴۸	۸۴۰۹۱۲۴۲/۸۸	۷/۸۴	۴۰	۸۲۷۰۱۸۵۱/۷۷	۶/۲۹	۳۳	۸۲۲۶۰۰۹۳/۲۱	۵/۷۸
			۲	۳۷	۳۸۲۴۴۱۸۰/۷۶	۴۸	۴۱۴۳۱۱۱۴/۲۴	۷/۶۹	۴۰	۴۰۲۶۳۴۷۳/۵	۵/۰۲	۳۵	۴۰۲۴۰۵۲۷	۴/۹۶
			۳	۳۷	۴۸۱۸۲۱۸۹/۴۱	۵۲	۵۲۲۵۲۷۹۰/۸۵	۷/۷۹	۴۳	۵۱۴۲۴۸۵۰/۷۶	۶/۳۱	۴۰	۴۹۶۶۱۳۸۲/۶۲	۲/۹۸
		۱۲	۱	۴۲	۶۴۰۶۸۴۷۰/۸۱	۵۸	۷۰۱۷۵۳۷۴/۹۴	۸/۷۰	۴۸	۶۷۶۶۹۱۱۸/۸۷	۵/۳۲	۴۴	۶۸۷۴۵۴۶۹/۱۸	۶/۸۰
			۲	۴۴	۱۱۱۳۷۰۷۷۷/۵۲	۵۹	۱۱۷۰۱۷۹۴۶/۴	۴/۸۳	۵۰	۱۱۴۵۳۳۷۰۷/۶	۲/۷۶	۵۲	۱۱۵۸۴۷۸۸۲/۸	۳/۸۶
			۳	۴۶	۷۳۱۶۷۹۱۱/۷۱	۶۵	۷۶۸۳۲۲۰۷/۵۶	۴/۷۷	۵۴	۷۴۷۲۶۳۸۸/۲۳	۲/۰۹	۵۲	۷۵۳۹۲۲۱۶/۲۳	۲/۹۵

www.SID.ir

ارزیابی کارایی الگوریتم‌های پیشنهادی

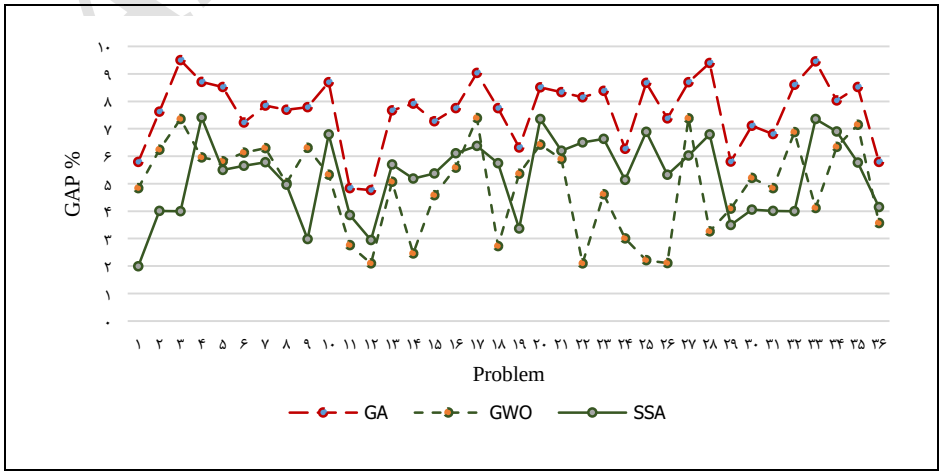
در این قسمت مثال‌های عددی برای ارزیابی کارایی الگوریتم‌ها جمع‌آوری شده‌اند. همه این مثال‌ها به‌صورت تصادفی تولید شده‌اند. همچنین برای آزمون هر مسئله، الگوریتم‌های پیشنهادی ده مرتبه تکرار شده و بهترین حل به‌دست‌آمده از این تکرارها با یکدیگر مقایسه شده‌اند. در جدول ۵، مثال‌هایی با ابعاد کوچک (۵۰ گره) طراحی شده است. به‌منظور بررسی دقیق‌تر رفتار مدل ارائه‌شده و الگوریتم‌های پیشنهادی، تعداد بلوک‌ها و نیز تعداد مناطق بالقوه تغییر کرده و پاسخ‌های مختلف با یکدیگر مقایسه می‌شوند.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، پاسخ‌های حاصل از حل الگوریتم‌های پیشنهادی در مقایسه با مدل ارائه‌شده دارای کیفیت مناسبی هستند. به‌طوری که بیشترین گپ محاسباتی برابر با ۹/۵ درصد است. همچنین مطابق با شکل ۱۱ می‌توان مشاهده کرد که زمان مدل ارائه‌شده به‌صورت نمایی افزایش می‌یابد، اما افزایش زمان الگوریتم‌های پیشنهادی دارای ساختاری منطقی و افزایشی تدریجی است.



شکل ۱۱. نمودار مقایسه زمان حل نمودهای مختلف

در رابطه با نحوه عملکرد الگوریتم‌ها نیز می‌توان گفت الگوریتم‌های GWO و SSA در مقایسه با الگوریتم ژنتیک گپ محاسباتی کمتری دارند. این موضوع را می‌توان در شکل ۱۲ مشاهده کرد.



شکل ۱۲. نمودار مقایسه گپ بین پاسخ‌های حاصل از حل نمودها توسط الگوریتم‌ها با سیپلکس

www.SID.ir

در جدول ۶ تعدادی مثال در ابعاد متوسط ارائه شده است که مطابق آن می‌توان مشاهده کرد الگوریتم ژنتیک در مقایسه با الگوریتم‌های GWO و SSA، زمان محاسباتی بیشتری دارد. همچنین در تمامی نمودها، پاسخ‌های ارائه‌شده توسط الگوریتم‌های GWO و SSA دارای کیفیت بالاتری هستند.

جدول ٦. مقایسه پاسخ‌های حاصل حل از نمودهای مختلف به کمک الگوریتم‌های پیشنهادی در ابعاد متوسط

ازدحام اسلپ		گرگ خاکستری		ژنتیک		مثال	رئوس بالقوه	بلوک ها	رئوس
تابع هدف	زمان (ثانیه)	تابع هدف	زمان (ثانیه)	تابع هدف	زمان (ثانیه)				
۹۸۷۰۵۳/۹۵	۸۰۷	۱۰۲۹۴۸۹/۳۰	۷۳۱	۱۰۴۱۴۳۱/۳۸	۸۷۹	۱	۱۰	۲	۵۰۰
۱۰۸۶۵۵۲/۷۱	۸۰۹	۱۱۰۲۰۳۶/۵۵	۷۹۰	۱۱۱۶۱۴۲/۶۲	۹۰۸	۲			
۸۴۵۱۶۵/۹۴	۸۰۹	۸۴۰۱۵۰/۸۵	۸۲۰	۸۵۸۳۵۰/۵۳	۱۰۱۵	۳			
۱۲۸۵۴۸۹/۰۵	۹۱۳	۱۲۹۲۸۸۴/۸۴	۸۹۳	۱۳۰۶۵۸۹/۴۲	۱۰۶۵	۱	۱۵		
۱۲۸۰۸۲۸/۴۵	۹۱۵	۱۲۴۳۶۹۷/۸۰	۹۶۳	۱۳۱۳۸۷۳/۸۲	۱۰۶۹	۲			
۱۵۲۱۶۴۲/۷۱	۹۹۳	۱۵۱۰۷۸۶/۴۱	۹۸۸	۱۵۳۸۰۷۶/۴۵	۱۱۶۳	۳			
۹۶۸۲۱۲/۹۱	۱۰۶۶	۹۷۶۷۱۵/۱۳	۱۰۰۴	۹۹۸۷۸۸/۸۹	۱۱۶۶	۱	۱۰	۴	
۱۱۶۳۸۲۹/۸۴	۱۰۶۷	۱۱۷۴۶۱۷/۲۵	۱۰۱۶	۱۲۰۲۳۳۸/۲۲	۱۱۹۰	۲			
۸۱۵۰۳۲/۲۴	۱۱۲۰	۸۱۹۲۶۹/۰۲	۱۰۲۶	۸۳۷۲۱۱/۰۲	۱۲۲۰	۳			
۱۴۰۹۳۹۶/۷۴	۱۱۴۰	۱۴۶۳۳۱۷/۰۰	۱۰۳۱	۱۵۰۵۸۹۹/۵۲	۱۲۴۸	۱	۱۲		
۱۳۲۶۹۵۰/۲۵	۱۱۹۰	۱۳۸۰۳۹۴/۸۸	۱۰۳۶	۱۴۱۲۸۳۴/۱۶	۱۲۵۱	۲			
۱۲۴۹۷۶۸/۹۸	۱۲۲۷	۱۲۲۹۴۷۲/۴۸	۱۰۷۸	۱۲۷۵۳۸۹/۲۴	۱۳۳۵	۳			
۱۲۷۸۲۴۲/۹۶	۱۲۶۹	۱۳۳۱۶۸۹/۰۹	۱۱۳۷	۱۳۵۳۶۶۱/۹۶	۱۴۷۰	۱	۱۵	۸	
۱۴۱۸۷۵۰/۵۹	۱۳۴۶	۱۳۸۲۶۲۴/۶۹	۱۱۷۰	۱۴۵۲۰۹۱/۲۳	۱۵۸۲	۲			
۱۴۵۶۲۹۴/۷۶	۱۳۶۸	۱۴۷۶۴۲۹/۸۰	۱۳۹۶	۱۴۹۳۴۰۸/۴	۱۶۷۹	۳			

در رابطه با کیفیت پاسخ‌ها نیز می‌توان گفت، اختلاف پاسخ‌های ارائه‌شده توسط الگوریتم GA با دو الگوریتم GWO و SSA قابل مشاهده است، به‌طوری که کمترین گپ محاسباتی الگوریتم ژنتیک با دو الگوریتم دیگر ۱/۰۹ درصد و بیشترین گپ محاسباتی ۶/۴۰ درصد است. در حقیقت الگوریتم‌های GWO و SSA در مقایسه با الگوریتم GA، عملکرد بهتری دارند. اما هم از نظر زمان حل و هم از نظر کیفیت پاسخ‌ها، الگوریتم‌های GWO و SSA بسیار شبیه به هم هستند و نمی‌توان به‌طور مطلق درباره برتری یکی از آنها نظری داد.

بحث

در این تحقیق مسئله بلوک‌بندی مناطق جمعیتی با توجه به مکان‌یابی تسهیلاتی برای مدیریت امور مربوط به مناطق تحت پوشش هر بلوک بررسی شده است. مدل ارائه‌شده در این تحقیق را می‌توان به‌عنوان یک مدل پایه برای این بحث

Archive of SID

www.SID.ir

در نظر گرفت، زیرا مسئله بلوک‌بندی و مکان‌یابی به ساده‌ترین شکل خود ارائه شده است. تابع هدف این مدل به کمینه‌سازی اختلاف بیشینه و کمینه مجموع مقدار فاصله ـ جمعیت در بلوک‌ها می‌پردازد. شاید به نظر برسد که این مسئله دقیقاً هم‌ارز با مسئله مکان‌یابی ـ تخصیص است. در حالی که در مسئله مکان‌یابی - تخصیص اگر هر منطقه به مرکز موجود تخصیص نیابد، نمی‌توان هیچ تضمینی برای پیوستگی و عدم وجود تخصیصات نامتعارف برای آن در نظر گرفت. حال اگر هر نقطه جمعیتی به نزدیک‌ترین مرکز موجود تخصیص یابد، آن گاه مقدار به‌دست‌آمده با مقدار بهینه برای بلوک‌بندی ـ مکان‌یابی فاصله خواهد داشت، زیرا ممکن است مقدار متعادل‌کننده تابع هدف برای یک بلوک با مرکزیت مشخص، در نقطه‌ای غیر از نزدیک‌ترین نقطه به آن قرار داشته باشد. بنابراین علی‌رغم وجود تفاوت عمده در نتایج و ساختار مسائل مکان‌یابی ـ تخصیص و بلوک‌بندی ـ مکان‌یابی، وجه تمایز آنها در مدل، فقط در وجود محدودیت ارائه شده است. این مدل می‌تواند برای بسیاری از مسائل که به وجود مرزبندی‌های مشخص نیاز دارند، استفاده شود. برای مثال می‌توان به مسئله گشت‌زنی پلیس اشاره کرد. در این مسائل، برای هر گروه گشت‌زنی با توجه به محل قرارگیری مرکز پلیس آن ناحیه، بلوکی مشخص می‌شود. البته برای این مسئله خاص می‌توان به طراحی مسئله بلوک‌بندی ـ مکان‌یابی ـ مسیریابی کمان پرداخت. بنابراین نتیجه گرفته می‌شود استفاده از این مدل، می‌تواند طیف وسیعی از مسائل را پوشش دهد. از نظر دسته‌بندی مسائل نیز می‌توان بلوک‌بندی ـ مکان‌یابی را زیرمجموعه‌ای از مکان‌یابی ـ تخصیص در نظر گرفت. به بیان دیگر، مسئله بلوک‌بندی ـ مکان‌یابی حالات خاصی از مسئله مکان‌یابی ـ تخصیص را پوشش می‌دهد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش مسئله بلوک‌بندی مناطق متقاضی در سیستم توزیع کالا و تخصیص هم‌زمان آنها به مراکز تأمین به عنوان نقاط مرکزی بلوک‌ها تحت عنوان یک مسئله برنامه‌ریزی ریاضی بررسی شده است. تابع هدف مسئله به متعادل‌سازی بارکاری موجود در هر پهنه می‌پردازد که در نهایت باعث ایجاد تعادل در ساختار اجرای خدمات خواهد شد. این متعادل‌سازی از طریق تفاضل مقدار بیشینه و کمینه مشتریان تخصیص‌یافته به مراکز مختلف حاصل می‌شود. محدودیت‌های اصلی مسئله شامل ایجاد پیوستگی در ساختار پهنه‌ها و تخصیص مناسب مناطق به هر پهنه و متناسب با آن تعیین مراکز پهنه‌ها است. با توجه به اینکه مسئله مکان‌یابی و بلوک‌بندی از رده مسائل ناچندجمله‌ای سخت است، برای حل آن در ابعاد بزرگ از الگوریتم‌های فراابتکاری گرگ خاکستری و ازدحام سالپ استفاده شده است. نوآوری برجسته این تحقیق شامل توسعه یک روش تولید پاسخ مبتنی بر گراف است که از مفهوم کمینه درخت پوشا بهره می‌برد. در این نمایش پاسخ، نیازی به استفاده از ساختارهای اصلاح‌کننده نبوده و پاسخ‌های تولیدشده به‌طور مستقیم دارای ساختاری موجه خواهند بود. به‌منظور ارزیابی کارایی مدل ارائه‌شده در ابتدا به‌عنوان نخستین مثال، ناحیه‌ای با هشت نقطه جمعیتی در نظر گرفته شده است که مدیران قصد دارند به‌منظور ارتقای سطح مدیریتی سیستم توزیع موجود، دو منطقه را به‌عنوان مراکز مدیریتی انتخاب کرده و با توجه به معیار متعادل‌سازی بارکاری، سایر مناطق را به این مراکز تخصیص دهند. پس از حل مدل به کمک حل‌کننده Cplex، می‌توان مشاهده کرد که با افزایش تعداد بلوک‌ها زمان حل مسئله به‌صورت مشهودی افزایش می‌یابد. این روند افزایشی نیز پایدار نبوده و با افزایش تعداد بلوک‌ها روند کاهشی

Archive of SID

www.SID.ir

پیدا می‌کند. همچنین می‌توان مشاهده کرد که با افزایش تعداد مکان‌های بالقوه، زمان حل مسئله به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در بخش ارزیابی کارایی الگوریتم‌های پیشنهادی نیز می‌توان مشاهده کرد که پاسخ‌های حاصل از حل الگوریتم‌های پیشنهادی در مقایسه با مدل ارائه‌شده دارای کیفیت مناسبی هستند. به‌طوری که بیشترین گپ محاسباتی برابر با ۹/۵ درصد است. در رابطه با نحوه عملکرد الگوریتم‌ها نیز می‌توان گفت الگوریتم‌های GWO و SSA در مقایسه با الگوریتم ژنتیک گپ محاسباتی کمتری دارند. در یک جمع‌بندی می‌توان گفت الگوریتم‌های GWO و SSA در مقایسه با الگوریتم GA، عملکرد بهتری دارند. اما هم از نظر زمان حل و هم از نظر کیفیت پاسخ‌ها، الگوریتم‌های GWO و SSA بسیار شبیه به هم هستند و نمی‌توان به‌طور مطلق در رابطه با برتری یکی از آنها نظری ارائه داد.

با توجه به اینکه توسعه نتایج تحقیق می‌تواند به‌عنوان ابزار مدیریتی مناسب در اختیار مدیران بخش‌های مختلف زنجیره تأمین قرار گیرد، به‌منظور گسترش مسئله برخی پیشنهادها در ادامه ارائه می‌شود.

۱. در نظر گرفتن معیار ایجاد تعادل در بارکاری پهنه‌ها بر اساس جریان کالاهای مورد استفاده توسط متقاضیان تخصیص یافته به هر بلوک.
۲. استفاده از توابع هدف چندگانه مانند کمینه‌سازی تعداد ارتباطات بین بلوک‌ها به منظور تأمین کالاهای مورد نیاز خود.
۳. در نظر گرفتن بلوک‌بندی بر اساس نوع کالا، بدین صورت که کالاهای اساسی از کالاهای غیرضروری جدا شده و برای هر دسته محصولات بلوک‌بندی در رده‌های مختلف انجام پذیرد.
۴. با توجه به اینکه تخمین نیاز واقعی هر مشتری در شرایط دنیای واقعی کاری تقریباً دشوار است، بنابراین همواره سطح عدم قطعیت مشخصی در داده‌های این بخش موجود است. و می‌توان به منظور حل این مشکل از ساختارهای مبتنی بر عدم قطعیت مانند برنامه‌ریزی استوار بهره برد.

منابع

رضوی، مریم؛ سوخکیان، محمدعلی؛ زیارتی، کورش (۱۳۹۰). ارایه الگوریتم فراابتکاری مبتنی بر سیستم کلونی مورچگان برای مسئله مکان‌یابی مسیریابی با چندین انبار و فرض تخصیص چندین مسیر به هر وسیله نقلیه. *نشریه مدیریت صنعتی*، ۳(۶)، ۱۷-۳۸.

شاهین، مهدی؛ جبل عاملی، محمد سعید؛ جبارزاده، آرمین (۱۳۹۵). مکان‌یابی هاب سلسله مراتبی چند روش حمل و نقلی و چند کالایی در فضای غیرقطعی. *نشریه مدیریت صنعتی*، ۸(۴)، ۶۲۵-۶۵۸.

مهرگان، محمدرضا؛ جعفرنژاد، احمد؛ محمدی، میلاد (۱۳۹۷). ارائه مدل چندهدفه برای حمل‌ونقل زمینی مواد خطرناک در شبکه هاب (مطالعه موردی: شرکت ملی پخش فراورده‌های نفتی). *نشریه مدیریت صنعتی*، ۱۰(۲)، ۲۰۱-۲۲۰.

وکیلی، پریزاد؛ حسینی مطلق، سیدمهدی؛ غلامیان، محمدرضا؛ جوکار، عباس (۱۳۹۶). ارائهٔ مدل ریاضی مسیریابی ـ موجودی چندمحصوله برای اقلام دارویی در زنجیرهٔ تأمین سرد و روش حل ابتکاری مبتنی بر جست‌وجوی همسایگی انطباقی. *نشریه مدیریت صنعتی*، ۹(۲)، ۳۸۳-۴۰۷.

Archive of SID

www.SID.ir

References

Baños, R., Gil, C., Paechter, B., & Ortega, J. (2007). A hybrid meta-heuristic for multi-objective optimization: MOSATS. *Journal of Mathematical Modelling and Algorithms*, 6(2), 213-230.

Baqir, R. (2002). Districting and government overspending. *Journal of political Economy*, 110(6), 1318-1354.

Benzarti, E., Sahin, E., & Dallery, Y. (2013). Operations management applied to home care services: Analysis of the districting problem. Decision Support Systems, 55(2), 587-598 .

Boonjing, V., Chanvarasuth, P. & Lertwongsatien, C. (2015). An Impact of Supply Chain Management Components on Firm Performance. *Paper presented at the Proceedings of the 6th International Conference on Engineering, Project and Production Management*.

Bozkaya, B., Erkut, E., & Laporte, G. (2003). A tabu search heuristic and adaptive memory procedure for political districting. *European journal of operational research*, 144(1), 12-26.

Brooks, S. P., & Morgan, B. J. (1995). Optimization using simulated annealing. *The Statistician*, 44(2), 241-257 .

Butsch, A., Kalcsics, J., & Laporte, G. (2014). Districting for arc routing. *INFORMS Journal on Computing*, 26(4), 809-824.

Camacho-Collados, M., Liberatore, F., & Angulo, J. (2015). A multi-criteria police districting problem for the efficient and effective design of patrol sector. *European journal of operational research*, 246(2), 674-684.

Carbonara, N., Giannoccaro, I., & Pontrandolfo, P. (2002). Supply chains within industrial districts: A theoretical framework. *International Journal of Production Economics*, 76(2), 159-176.

Chen, X., & Yum, T.-S. P. (2010). Patrol districting and routing with security level functions. Paper presented at the Systems Man and Cybernetics (SMC), *2010 IEEE International Conference on*.

Christopher, M. (2016). *Logistics & supply chain management*. Pearson UK.

Camacho-Collados, M., Liberatore, F., & Angulo, J. M. (2015). A multi-criteria police districting problem for the efficient and effective design of patrol sector. *European journal of operational research*, 246(2), 674-684.

Datta, D., Figueira, J., Gourtani, A., & Morton, A. (2013). Optimal administrative geographies: an algorithmic approach. *Socio-Economic Planning Sciences*, 47(3), 247-257.

Datta, D., & Figueira, J. R. (2011). Graph partitioning by multi-objective real-valued metaheuristics: A comparative study. *Applied soft computing*, 11(5), 3976-3987.

De Assis, L. S., Franca, P. M., & Usberti, F. L. (2014). A redistricting problem applied to meter reading in power distribution networks. *Computers & Operations Research*, 41, 65-75.

Farahani, R. Z., Fallah, S., Ruiz, R., Hosseini, S., & Asgari, N. (2018). OR models in urban service facility location: a critical review of applications and future developments. *European journal of operational research*, 276(1), 1-27.

Archive of SID

www.SID.ir

Farughi, H., & Arkat, J. (2018). Healthcare Districting Optimization Using Gray Wolf Optimizer and Ant Lion Optimizer Algorithms (case study: South Khorasan Healthcare System in Iran). *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, 12(1), 119-131.

Flynn, B., Pagell, M., & Fugate, B. (2018). Survey Research Design in Supply Chain Management: The Need for Evolution in Our Expectations. *Journal of Supply Chain Management*, 54(1), 1-15.

Fragoso, R., Rego, C., & Bushenkov, V. (2016). Clustering of territorial areas: A multi-criteria districting problem. *Journal of Quantitative Economics*, 14(2), 179-198.

García-Ayala, G., González-Velarde, J. L., Ríos-Mercado, R. Z., & Fernández, E. (2016). A novel model for arc territory design: promoting Eulerian districts. *International Transactions in Operational Research*, 23(3), 433-458.

Garfinkel, R.S., & Nemhauser, G.L. (1970). Optimal political districting by implicit enumeration techniques. *Management Science*, 16(8), B-495-B-508.

Ghiggi, C., Puliafito, P., & Zoppoli, R. (1975). A combinatorial method for health-care districting. *Paper presented at the IFIP Technical Conference on Optimization Techniques*, PP. 116-130.

Graham, R. L., & Hell, P. (1985). On the history of the minimum spanning tree problem. *Annals of the History of Computing*, 7(1), 43-57.

Hugos, M. H. (2018). *Essentials of supply chain management*. John Wiley & Sons.

Jiang, S., Chin, K.-S., Wang, L., Qu, G., & Tsui, K. L. (2017). Modified genetic algorithm-based feature selection combined with pre-trained deep neural network for demand forecasting in outpatient department. *Expert systems with applications*, 82, 216-230.

Kalcsics, J. (2015). *Districting problems Location science*. Springer. (pp. 595-622).

Kim, K., Dean, D. J., Kim, H., & Chun, Y. (2016). Spatial optimization for regionalization problems with spatial interaction: a heuristic approach. *International Journal of Geographical Information Science*, 30(3), 451-473.

King, D. M., Jacobson, S. H., & Sewell, E. C. (2018). The geo-graph in practice: creating United States Congressional Districts from census blocks. *Computational Optimization and Applications*, 69(1), 25-49.

Kong, Y., Zhu, Y., & Wang, Y. (2018). A center-based modeling approach to solve the districting problem. *International Journal of Geographical Information Science*, 1-17. Published online: 21 May 2018.

Konur, D., & Geunes, J. (2016). Integrated districting, fleet composition, and inventory planning for a multi-retailer distribution system. *Annals of Operations Research*, 1-33.

Lambert, D. M., & Cooper, M. C. (2000). Issues in supply chain management. *Industrial marketing management*, 29(1), 65-83.

Lei, H., Wang, R., & Laporte, G. (2016). Solving a multi-objective dynamic stochastic districting and routing problem with a co-evolutionary algorithm. *Computers & Operations Research*, 67, 12-24.

Archive of SID

www.SID.ir

Li, W., Church, R. L., & Goodchild, M. F. (2014). An extendable heuristic framework to solve the p-compact-regions problem for urban economic modeling. *Computers, Environment and Urban Systems*, 43, 1-13.

Liberatore, F., & Camacho-Collados, M. (2016). A comparison of local search methods for the multicriteria police districting problem on graph. *Mathematical Problems in Engineering*, 2016(3), 1-13.

Lin, H.-Y., & Kao, J.-J. (2008). Subregion districting analysis for municipal solid waste collection privatization. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 58(1), 104-111.

Lin, M., Chin, K.-S., Fu, C., & Tsui, K.-L. (2017). An effective greedy method for the Meals-On-Wheels service districting problem. *Computers & Industrial Engineering*, 106, 1-19.

Mehregan, M., Jafarnejad, A., Mohammadi, M. (2018). Proposing a Multi-objective Model for Ground Transportation of Hazardous Materials in the Hub Network (Case Study: National Iranian Oil Products Distribution Company). *Industrial Management Journal*, 10(2), 201-220. (*in Persian*)

Minciardi, R., Puliafito, P., & Zoppoli, R. (1981). A districting procedure for social organizations. *European journal of operational research*, 8(1), 47-57.

Mirjalili, S., Gandomi, A. H., Mirjalili, S. Z., Saremi, S., Faris, H., & Mirjalili, S. M. (2017). Salp Swarm Algorithm: A bio-inspired optimizer for engineering design problems. *Advances in Engineering Software*, 114, 163-191.

Mirjalili, S., Mirjalili, S. M & ,.Lewis, A. (2014). Grey wolf optimizer. *Advances in Engineering Software*, 69, 46-61.

Pezzella, F., Bonanno, R., & Nicoletti, B. (1981). A system approach to the optimal health-care districting. *European journal of operational research*, 8(2), 139-146.

Ptak, C. A., & Schragenheim, E. (2016). *ERP: tools, techniques, and applications for integrating the supply chain*. Crc Press.

Razavi, M., Soukhakian, M. A. & Ziarati, K. (2011). A Meta Heuristic Algorithms Based on Ant Colony System For Solving Multi Depots Location-routing Problem with Multiple Using of Vehicle. *Industrial Management*, 3(6), 17-38. (*in Persian*)

Ríos-Mercado, R. Z., & López-Pérez, J. F. (2013). Commercial territory design planning with realignment and disjoint assignment requirements. *Omega*, 41(3), 525-535.

Shahin, M., Jabalameli, M. S., Jabbarzadeh, A. (2017). Multi-modal and multiproduct hierarchical hub location under uncertainty. *Industrial Management*, 8(4), 625-658. (*in Persian*)

Shirabe, T. (2009). Districting modeling with exact contiguity constraints. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 36(6), 1053-1066.

Shirabe, T. (2012). Prescriptive modeling with map algebra for multi-zone allocation with size constraints. *Computers, Environment and Urban Systems*, 36(5), 456-469.

Steiner, M. T. A., Datta, D., Neto, P. J. S., Scarpin, C. T., & Figueira, J. R. (2015). Multi-objective optimization in partitioning the healthcare system of Parana State in Brazil. *Omega*, 52, 53-64.

Archive of SID

www.SID.ir

Tan, K. C. (2001). A framework of supply chain management literature. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 7(1), 39-48 .

Tran, T.-C., Dinh, T. B., & Gascon, V. (2017). Meta-heuristics to Solve a Districting Problem of a Public Medical Clinic. Paper presented at the Proceedings of the Eighth. *International Symposium on Information and Communication Technology*.

Vakili, P., Hosseini-Motlagh,S.M., Gholamian, M.R, Jokar,A. (2017). A developed model and heuristic algorithm for inventory routing problem in a cold chain with pharmaceutical products. *Industrial Management*, 9(2), 383-407.(*in Persian*)

Wang, G., Gunasekaran, A., Ngai, E. W., & Papadopoulos, T. (2016). Big data analytics in logistics and supply chain management: Certain investigations for research and applications. *International Journal of Production Economics*, 176, 98-110.

Wang, T., Wu, Z., & Mao, J. (2007). A new method for multi-objective tdma scheduling in wireless sensor networks using pareto-based pso and fuzzy comprehensive judgement. *High Performance Computing and Communications* (pp. 144-155): Springer.

Wisner, J. D., Tan, K.-C., & Leong, G. K. (2014). *Principles of supply chain management: A balanced approach*. Cengage Learning.

Zhao, J., Wang, D., & Peng, Q. (2018). Optimizing the Train Dispatcher Desk Districting Problem in High-Speed Railway Network. *Transportation Research Board 97th Annual Meeting*, 2018-1-7 to 2018-1-11.

Archive of SID

www.SID.ir