جست‌وجوی محلی چند جهته در حل مسأله درخت فراگیر دو هدفه

فهیمه کرمی*، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه فردوسی مشهد ، fkarami.ie@gmail.com
مجید سالاری، عضو هیأت علمی گروه مهندسی صنایع، دانشگاه فردوسی مشهد، msalari@um.ac.ir

چکیده: روند رو به رشد استفاده از شبکه‌ها توجه زیادی را به خود جلب نموده و آنچه همواره مورد توجه بوده است، کاهش هزینه شبکه می‌باشد. در کنار هزینه، سادگی و عدم پیچیدگی شبکه به خصوص در شبکه‌های مخابراتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و تعریف مسأله به صورت مسأله دوهدفه بسیار مؤثر خواهد بود. در این مسأله، گراف بدون جهت حاوی یال‌های وزن‌دار و لیبل-گذاری شده در نظر گرفته شده است که وزن یال‌ها مشخص‌کننده هزینه هر یال و لیبل نوع وسیله ارتباطی میان دو گره می‌باشد. هدف از مسأله ارائه شده دستیابی به درختی فراگیر با حداقل تعداد لیبل و حداقل هزینه درخت می‌باشد. این مسأله در شبکه‌های مخابراتی، طراحی کامپیوتری و ... بسیار کاربرد دارد. برای رسیدن به جواب مسأله، برای هریک از اهداف موجود چندین نوع جست‌وجوی محلی تعریف شده و در ادامه روش ابتکاری MDLS[1] جهت حل این مسأله ارائه می‌گردد. نتایج محاسباتی، نشان-دهنده کارایی روش ارائه شده می‌باشد.

کلمات کلیدی: درخت فراگیر، بهینه‌سازی دوهدفه، روش ابتکاری.

۱. مقدمه

یکی از مسائل پایه‌ای در زمینه نظریه گراف، مسأله درخت فراگیر کمینه (MST[2]) می‌باشد که در طراحی کامپیوتری، شبکه‌های مخابراتی، پردازش تصویر، تشخیص اتوماتیک سخنرانی و مسائل شاخه‌بندی کاربرد دارد[۱]. در این مسأله گرافی بدون جهت به همراه یال‌های وزن‌دار در نظر گرفته شده است و هدف یافتن درختی با حداقل هزینه است. تاکنون انواع متفاوتی از این مسأله مدل‌بندی شده است. مسأله MLST[3] نمونه‌ای از این نوع مسائل می‌باشد که جهت کاهش پیچیدگی شبکه‌ها معرفی شده است[۲]. در این مسأله، گرافی بدون جهت، به همراه یال‌های لیبل‌گذاری شده در نظر گرفته شده است. هر یال دارای یک نوع لیبل از مجموعه لیبل‌های موجود می‌باشد و منظور از لیبل نوع وسیله ارتباطی میان دو گره می-باشد که به تعداد مشخصی موجود است. هدف از این مسأله، ایجاد درخت فراگیر با حداقل تعداد لیبل‌های متفاوت می‌باشد. با توجه به NP-hard بودن این مسأله، استفاده از روش‌های ابتکاری ضروری به نظر می‌رسد. از جمله روش‌های مورد استفاده الگوریتم ابتکاری حداکثر پوشش رئوس(MVCA[3]) [۳]، الگوریتم ژنتیک [۴] و جست‌وجوی محلی ترکیبی[۵] می‌باشد، در ادامه حالت تعمیم‌یافته‌ای از مسأله MST تحت عنوان مسائل محدودیت‌دار ارائه شد که یکی از این مسائل، مسأله LCMST[5] است که توسط Xiong و همکاران معرفی شد[۶]. این مسأله با محدود ساختن تعداد لیبل مورد استفاده در درخت، درختی با حداقل هزینه را ایجاد می‌کند[۶]. با توجه به این‌که این مسأله NP-complete است از این‌رو برای حل آن از دو نوع جست‌وجوی محلی و الگوریتم ژنتیک استفاده شده است[۶]. Xiong و همکاران نوع دیگری از مسائل محدویت‌دار تحت عنوان CCMLST[6] را نیز معرفی نمودند که در این مسأله، با محدود ساختن هزینه، درختی با حداقل تعداد لیبل ایجاد می‌گردد[۶]. با توجه به NP-complete بودن این مسأله، روش‌های مورد استفاده برای LCMST را روی این مسأله نیز پیاده‌سازی نمودند[۶]. در سال ۲۰۱۰ روش جست-وجوی همسایگی متغیر توسط Naji-Azimi و همکاران برای

---

* ارائه دهنده
۱ Multi-Directional Local Search
۲ Minimum Spanning Tree
۳ Maximum Vertex covering Problem
۴ Minimum Labeling Spanning Tree
۵ Label-Constrained Minimum Spanning Tree
۶ Cost-Constrained Minimum Label Spanning Tree

مسائل LCMST و CCMLST معرفی شد. آن‌ها برای حل مسأله، مدل ارائه شده توسط Xiong و همکاران را اصلاح نمودند؛ به این صورت که محدودیتی را جایگزین یکی از محدودیت‌های مسأله Xiong نموده و مدلی برای مسأله CCMLST با جریان چندکالایی ارائه دادند و همین رویه را برای مسأله LCMST به کار برده و نتایج حاصل را ارائه دادند[۷].

۲. معرفی مدل

در این مدل، گراف بدون جهت حاوی یال‌های وزن‌دار و لیبل-گذاری شده در نظر گرفته شده است که منظور از لیبل نوع وسیله ارتباطی میان دو گره(نوع یال) است، به طوریکه، هریک از لیبل‌ها به یک یا چند یال تخصیص داده شده‌اند. هدف از این مسأله، بهینه‌سازی تعداد لیبل و هزینه می‌باشد از این‌رو مسأله به صورت بهینه‌سازی دو هدفه و با دو هدف حداقل‌سازی هزینه و حداقل‌سازی تعداد لیبل مدل‌بندی می‌گردد.

۳. روش حل

برای حل مسأله با استفاده از روش‌های ابتکاری، تعدادی جست‌وجوی محلی برای هردو هدف تعریف می‌گردد.

جهت دستیابی به درختی با کمترین هزینه، ابتدا درخت اولیه-ای را به عنوان جواب اولیه در نظر گرفته و سپس با استفاده از دو روش جست‌وجوی محلی، جواب فعلی را بهبود می‌دهیم. برای ایجاد جواب اولیه، لیبل‌ها یکی یکی و بر اساس کمترین تعدا اجزای حاصل در گراف اضافه می‌گردد تا گرافی با یک جز، به عنوان جواب اولیه حاصل شود. نحوه عملکرد این جست-وجوهای محلی به این صورت است که لیبلی را به صورت تصادفی از میان لیبل‌های خارج از جواب انتخاب نموده و وارد مجموعه لیبل‌های جواب می‌کنیم سپس در راستای بهبود جواب، به صورت تصادفی لیبل‌های موجود در جواب را حذف نموده تا درخت فراگیری با کمترین هزینه ممکن بدست آید. در یکی از جست‌وجوهای محلی یک لیبل و در دیگری دو لیبل را وارد مجموعه جواب می‌کنیم.

جهت دستیابی به درختی با کمترین تعداد لیبل، ابتدا درخت اولیه‌ای به عنوان جواب اولیه در نظر گرفته می‌شود که این درخت با در نظر گرفتن تمامی لیبل‌های موجود ایجاد می‌گردد و سپس با استفاده از دو روش جست‌وجوی محلی، جواب فعلی را بهبود می‌دهیم. نحوه عملکرد این دو جست‌وجوی محلی به این صورت است که لیبل‌ها را یکی یکی از مجموعه جواب حذف نموده تا از مقدار محدود شده هزینه تجاوز نکند. در این دو روش، عملیات حذف به صورت تصادفی و برمبنای نسبت فراوانی یال‌های هر نوع لیبل به لگاریتم هزینه صورت می‌گیرد.

حال با توجه به ۴ جست‌وجوی محلی معرفی شده، روش MDLS را به‌کار می‌بریم. این روش، روشی ابتکاری است که برای حل بهینه‌سازی چندهدفه کاربرد دارد[۸]. ایده اصلی این روش استفاده از جست‌وجوهای محلی متفاوت برای هریک از اهداف موجود در مسأله است. این جست‌وجوهای محلی موجب بهبود جواب‌های مربوط به هریک از دو هدف موجود در بهینه-سازی دو هدفه می‌گردد. این روش شامل ۳ مرحله می‌باشد که عبارتند از: (۱) انتخاب جواب، (۲) اجرای جست‌وجوی محلی روی جواب مربوط به هر هدف و ایجاد جواب جدید، (۳) پذیرش یا رد جواب‌های جدید.

۴. نتایج

جهت بررسی کارایی روش ارائه شده، مجموعه‌ای از داده‌ها در نظر گرفته شده است. در این مجموعه از داده‌ها، تعداد گره‌ها و لیبل‌های گراف از ۱۰ تا ۲۰۰ عدد متغیر است. روش ارائه شده برای هریک از مجموعه داده‌ها اجرا و نتایج حاصل با نتایج دو مسأله LCMST و CCMLST مقایسه شده است. تفاوت مقادیر هریک از اهداف با مقادیر دقیق در بسیاری از موارد معادل صفر و در سایر موارد، ناچیز و نزدیک به صفر است که کارایی روش ارائه شده را اثبات می‌کند.

۵. مراجع

[۱] Graham RL, Hell P.(۱۹۸۵). "On the history of the minimum spanning tree problem," *Annals of the History of Computing* ۷(۱):۴۳-۵۷.
[۲] Chang RS, Leu SJ.(۱۹۹۷). "The minimum labeling spanning trees," *Information Processing Letters*. ۶۳(۵):۲۷۷-۸۲.
[۳] Krumke SO, Wirth HC. (۱۹۹۸)."On the minimum label spanning tree problem," *Information Processing* Letters.۶۶(۲):۸۱-۵.
[۴] Xiong Y, Golden B, Wasil E.(۲۰۰۵). "A one-parameter genetic algorithm for the minimum labeling spanning tree problem," *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*.۹(۱):۵۵-۶۰.
[۵] Consoli S, Darby-Dowman K, Mladenovic N, Moreno-Perez JA(۲۰۰۷). "Solving the minimum labelling spanning tree problem using hybrid local search," *Tech. Rep., Brunel University*.
[۶] Xiong Y, Golden B, Wasil E, Chen S.(۲۰۰۸). "The label-constrained minimum spanning tree problem," In: Raghavan S, Golden B, Wasil E, editors. *Telecommunications Modeling, Policy, and Technology. Berlin: Springer*. p. ۳۹-۵۸.
[۷] Naji-Azimi Z, Salari M, Golden B, S. Raghavan, Toth P.(۲۰۱۰). "Variable neighborhood search for the cost constrained minimum label spanning tree and label constrained minimum spanning tree problems," *Computers & Operations Research*. ۳۷:۱۹۵۲-۶۴.
[۸] Tricoire, F. (۲۰۱۲). "Multi-directional local search," *Computers & Operations Research*, ۳۹(۱۲), ۳۰۸۹-۳۱۰۱.

فهرست نویسندگان مقالات هفتمین کنفرانس بین المللی تحقیق در عملیات ایران

نام خانوادگی - نام	کد مقاله	شماره صفحه در کتابچه	عنوان مقاله
Adjogble Franck	A-10-58-2	۵۲۸	Selecting Best Supplier by Symmetric Weights as a Secondary Goal in Cross-Ef
Demeulemeester Erik	A-10-192-1	۵۰۵	Using the maximum covering location model to control projects progress
Hladik Milan	A-10-458-1	۴۶۶	Inverse data envelopment analysis with interval data
Horacek Joraslav	A-10-798-1	۴۴۶	Solving global optimization problems by interval linear relaxation
Milan Hladik	A-10-798-1	۴۴۶	Solving global optimization problems by interval linear relaxation
ابراهیم نژاد سعداله	A-10-386-1	۳۷۲	اولویت‌بندی معیارهای انتخاب تأمین‌کننده برون‌سپاری
ابراهیم نژاد علی	A-10-282-1	۳۹۹	روش جدیدی برای حل مسایل حمل نقل فازی با استفاده از تابع رتبه بندی
ابراهیم نژاد علی	A-10-481-1	۴۴۹	An Improved Solution Approach for Linear Programming with Fuzzy Variables
ابراهیمی بهلول	A-10-328-1	۲۸۶	مدل برنامه‌ریزی خطی جدید برای تعیین واحد تصمیم‌گیری کارا در روش DEA
ابراهیمی بهلول	A-10-328-2	۴۵۳	Notes on "Information technology project evaluation: An integrated data envelopment analysis
ابراهیمی خامنه ملینا	A-10-354-1	۵۵۴	Efficiency Evaluation of Emergency department for Tehran University of medical sciences' hc
ابراهیمی زاده امیر	A-10-504-1	۵۰۷	(A case study in HOMA airlines)New mathematical formulations for Hub Maximal
ابراهیمی علیرضا	A-10-390-1	۲۶۳	مدیریت ریزش کارکنان با استفاده از تکنیک های داده کاوی
ابراهیمیان شیاده سید کمیل	A-10-383-1	۸۱	ارائه روش بهینه سازی استوار برای حل یک مدل برنامه ریزی اصلی در زنجیره تامین در شرایط عدم قطعیت
ابری حوریه	A-10-595-1	۳۷۳	ارائه مدلی جهت زمان بندی کلاس های دانشگاهی با در نظر گرفتن حداکثر رضایت مندی دانشجویان و اساتید
ابوالقاسمی پریسا	A-10-496-1	۵۸	ارائه یک شرط سکانت اصلاح شده ترکیبی برای بهینه سازی نامقید
ابوسعیدی لیلا	A-10-338-1	۴۷۱	A ۳/۲ -approximation algorithm for BPP
ابوسعیدی لیلا	A-10-469-1	۴۹۴	A linear ranging approximation algorithm for BPP
ابوطالبیان نادر	A-10-148-1	۲۰۵	بهره گیری از نظریه ی صف در کاهش زمان ماند و معطلی تریلرهای ورودی به کارخانه ی ذوب آهن اصفهان جهت بارگیری مح
ابویی فاطمه	A-10-552-1	۳۶۳	بکارگیری تکنیک تصمیم گیری چند معیاره در رتبه بندی راهبردهای تدوین شده بانک مسکن چهار محال و بختیاری
ابویی مهریزی فرزانه	A-10-497-1	۱۹۵	بهینه سازی پارامترهای شبکه های عصبی RBF با رهیافت الگوریتم ژنتیک
اتحادی سعید	A-10-420-1	۱۲۶	حل مسائل مکان‌یابی هاب با در نظر گرفتن محدودیت طول صف

ارائه مدل مسیریابی در شرایط بحران با در نظر گرفتن اختلال در مسیر	۲۳۱	A-10-747-1	زنده دل محمد
ارائه مدل برنامه ریزی چندهدفه برای مکان یابی تسهیلات سلامت و حل آن به روش محدودیت اپسیلون	۲۳۷	A-10-736-1	زنده دل محمد
روشی جدید در رتبه بندی به کمک رفع ایراد مدل LJK	۳۷۷	A-10-694-1	زندیه پریسا
Pareto Approach to Multi-Objective Parallel Machines Scheduling with Time Win	۵۲۹	A-10-34-4	زندیه م.
طراحی و پیاده سازی الگوریتم ستون سازی برای حل مسائل ترکیبی	۲۲۵	A-10-731-1	زیارتی کوروش
Data Simulation from Marshall-Olkin extended G-Distributions	۵۶۳	A-10-269-2	زیاری سارا
طراحی و تحلیل مدل بهینه گسترش عملکرد کیفیت (QFD) به منظور حداکثر کردن رضایت مشتری با استفاده از مدل کانو(	۱۵۰	A-10-709-1	زیگلری فاطمه
شبیه‌سازی خروجی سالن رنگ به منظور تعیین تعداد بهینه بافر بدنه رنگی، مطالعه موردی : شرکت پارس خودرو	۱۱۹	A-10-759-1	زین علیان حامد
Using the maximum covering location model to control projects progress	۵۰۵	A-10-192-1	سابقی نرجس
برنامه ریزی خطی فازی نوع-۲ بازه ای	۱۶۳	A-10-394-1	سارانی اسما
A new nonmonotone global Barzilai-Borwain gradient method for unconstrained	۴۲۶	A-10-49-1	سارانی فرهاد
A Novel Approach for solving a class of fuzzy optimal control problems	۴۳۹	A-10-298-1	سارانی فرهاد
طراحی مقاوم پارامترهای بحرانی مدیریت عملیات زنجیره تامین مطالعه موردی: شرکت قالبهای صنعتی سایپا	۲۹۲	A-10-228-1	ساعتی صابر
بهبود قابلیتهای چابکی زنجیره تامین شرکت ماهان ریس طبرستان با استفاده از روش آنتروپی شانون	۱۷۰	A-10-201-1	ساعتی مهتدی صابر
پژوهش در خصوص تأثیر اجرای رویکرد شش سیگما بر رقابت پذیری شرکت های مخابراتی استان سیستان و بلوچستان	۱۲۵	A-10-503-1	سالاری احمدعلی
اولویت بندی و ارزیابی راهبرد های وظیفه ای بازاریابی با استفاده از منطق فازی	۲۹۷	A-10-503-2	سالاری احمدعلی
پژوهش در خصوص تأثیر اجرای رویکرد شش سیگما بر رقابت پذیری شرکت های مخابراتی استان سیستان و بلوچستان	۱۲۵	A-10-503-1	سالاری روح الله
اولویت بندی و ارزیابی راهبرد های وظیفه ای بازاریابی با استفاده از منطق فازی	۲۹۷	A-10-503-2	سالاری روح الله
پژوهش در خصوص تأثیر اجرای رویکرد شش سیگما بر رقابت پذیری شرکت های مخابراتی استان سیستان و بلوچستان	۱۲۵	A-10-503-1	سالاری سمانه
اولویت بندی و ارزیابی راهبرد های وظیفه ای بازاریابی با استفاده از منطق فازی	۲۹۷	A-10-503-2	سالاری سمانه
ارائه یک مدل مکان‌یابی- مسیریابی برای جمع‌آوری کالاهای بازگشتی با برگشت‌های وابسته به قیمت	۱۲۹	A-10-634-2	سالاری مجید
جست وجوی محلی چند جهته در حل مسأله درخت فراگیر دو هدفه	۳۴۵	A-10-477-1	سالاری مجید
طراحی مدل دو سطحی در مسائل ممانعت شبکه با ظرفیت تجهیزات و بودجه ممانعت محدود	۱۵	A-10-714-1	سالاری مجید
ارائه یک مدل غیر خطی برای مسأله مدیریت موجودی دو سطحی تحت سیاست تولید سفارشی	۱۲۴	A-10-288-2	سائیل پور سعید
Solving Stochastic Optimal Control Problems by ۲-D Stochastic Fourier-Hermite ,	۴۸۵	A-10-262-1	سبحانی امیرحسین
بکارگیری یک مدل فرا ابتکاری جدید برای حل مسئله بهینه سازی شاخص محور سبد سهام	۳۰۹	A-10-204-3	سبزواری سمیرا