مهندسی صنایع و مدیریت شریف، (تابستان ۱۳۹۷)
دوره‌ی ۱-۳۴، شماره‌ی ۱/۲، ص. ۲۷-۴۲

Original Article

ارائه‌ی مدل تیم‌سازی متخصصان با درنظر گرفتن شبکه‌ی همکاری و مهارت

محمد فتحیان * **(استاد)**
محمد ساعی‌شاهی (دانشجوی دکتری)
دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران

انتخاب بهترین ترکیب از متخصصان برای تشکیل تیم پروژه همواره یکی از مهم‌ترین مسائل تصمیم‌گیری برای پیش‌برد پروژه‌ها و تحقیقات است. اعضای یک تیم علاوه‌بر ضرورت تخصص در زمینه‌ی مورد نظر و توانمندی در تأمین مهارت‌های مورد نیاز فعالیت‌های پروژه، باید همکاری و تعامل مناسبی با یکدیگر داشته باشند. در این پژوهش، برای یافتن زیرمجموعه‌یی از متخصصان دردسترس و حل دقیق مسئله‌ی تیم‌سازی ــ که علاوه‌بر تأمین تخصص‌ها و مهارت‌های موردنیاز، بهترین تعاملات را با یکدیگر داشته باشند ــ یک مدل بهینه‌سازی ریاضی خطی توسعه داده شده است. از آنجا که اطلاعات مربوط به سابقه‌ی همکاری متخصصان دردسترس است، مدل می‌کوشد ترکیبی از افراد را بیابد که بهترین سابقه‌ی همکاری را با یکدیگر دارند. برای بررسی و ارزیابی کارایی و عملکرد مدل، یک مسئله‌ی واقعی و یک مسئله‌ی مصنوعی ارائه شده است. نتایج اجرای مدل روی این مسائل حاکی از توانمندی مدل در حل مسئله مورد نظر است.

واژگان کلیدی: تیم‌سازی، شبکه‌ی همکاری متخصصان، مدل بهینه‌سازی.

fathian@iust.ac.ir
saeishahi@ind.iust.ac.ir

۱. مقدمه

بشر موجودی اجتماعی است و همواره درصدد بوده است نیازها و خواسته‌های خود را از طریق فعالیت‌های گروهی تأمین کند. ایجاد گروه‌ها و تیم‌ها در گذشته بیشتر تابع جغرافیا و محدودیت‌های مکانی بود. افرادی در کنار یکدیگر تشکیل یک تیم می‌دادند که محل زندگی آن‌ها به هم نزدیک بوده است. مثلاً افرادی که در روستاها زندگی می‌کردند و شغل آن‌ها کشاورزی بود غالباً برای انجام فعالیت‌های خود با یکدیگر بسیج می‌شدند و با همکاری با یکدیگر از عهده‌ی امورات برمی‌آمدند. بدیهی است در چنین شرایطی احتمال آن می‌رود که تأمین همه‌ی قابلیت‌ها و منابع موردنیاز همیشه ممکن نباشد. به‌عبارت‌دیگر به افراد کارهایی سپرده می‌شد که در آن تخصص نداشتند. ازاین‌رو اثربخشی تیم با خطر تنزل شدید مواجه بوده است.

به‌تدریج که گرایش جوامع به تخصص‌گرایی، ظهور وسایل نقلیه پرسرعت، و نیز ارتباط از طریق اینترنت محدودیت‌های مکانی را مرتفع کرد، مسئله‌ی ساختن اثربخش‌ترین تیم متخصص مطرح شد. در چنین شرایطی، اگرچه گزینه‌های مناسب بیشتری برای تیم‌سازی در اختیار بود، موضوع نحوه‌ی تعامل افراد در تیم مسئله‌ساز شد. بنابراین، در شرایط جدید به دنبال زیرمجموعه‌یی از افراد دردسترس برای پوشش‌دادن مهارت‌های موردنیاز هستیم به‌نحوی‌که بتوانند برای پیشبرد پروژه‌ها و فعالیت‌ها بهترین تعامل را داشته باشند.

پژوهشگران برای مدل‌سازی مسئله‌ی تیم‌سازی، مدل‌های بهینه‌سازی متعددی را برای کمینه‌کردن تعداد افراد موجود در تیم و ارضای محدودیت‌های مربوط به پوشش مهارت‌های مورد نیاز توسعه داده‌اند.[۱-۳] اما اغلب این مدل‌ها موضوع تعاملات میان افراد را پوشش نمی‌دهد. در سال ۲۰۰۹ لاپاس و همکاران[۴] بر اهمیت تعاملات میان افراد متخصص و درنظرگرفتن هزینه‌ی این تعاملات در مسئله‌ی تیم‌سازی تأکید کردند. آن‌ها بدون ارائه‌ی مدل ریاضی و با استفاده از یک روش ابتکاری، مسئله‌ی مذکور را حل کردند. در پژوهش‌هایی که درسال‌های اخیر انجام‌شده نیز از روش‌های فراابتکاری استفاده شده و توجهی به مدل ریاضی مسئله‌ی نشده است. در سال ۲۰۰۹ هینگون و همکاران[۱] ارتباطات میان افراد را با عنوان میزان آشنایی در طول زمان درنظرگرفتند و در ابتدا با ارائه‌ی یک مدل فازی میزان مهارت افراد را اندازه‌گیری و سپس با ارائه‌ی یک مدل ریاضی غیر خطی مسئله‌ی تیم‌سازی را حل کردند، که به دلیل غیر خطی‌بودن مسئله نهایتاً با استفاده از روش‌های ابتکاری یک مسئله‌ی واقعی از تیم‌سازی را حل کردند. درحالی‌که ارزیابی کیفیت روش‌های ابتکاری و فراابتکاری به‌دلیل حل غیر دقیق آن‌ها منوط به مقایسه‌ی آن‌ها با نتایج حاصل از اجرای مدل بهینه‌سازی متناظر است.

در مقاله‌ی حاضر، برای یافتن پاسخی دقیق برای مسئله‌ی مذکور، از سابقه‌ی همکاری میان متخصصان، شبکه‌ی همکاری آن‌ها استخراج و سپس تعداد دفعات حضور هم‌زمان هر زوج متخصص به‌عنوان میزان تعاملات آن‌ها وارد مدل می‌شود. تمرکز این مدل بر یافتن متخصصانی است که برای تأمین تعداد مشخصی مهارت، بهترین شبکه‌ی تعاملات را به ارمغان بیاورند. از این رو، برای اولین بار، حل دقیق مسئله‌ی تیم‌سازی با استفاده از مدل ریاضی خطی با زمان حل مناسب برای مسائل

* نویسنده مسئول
تاریخ: دریافت ۱۳۹۴/۸/۲۳، اصلاحیه ۱۳۹۵/۲/۱۶، پذیرش ۱۳۹۵/۷/۱۳.
DOI:10.24200/J65.2018.5603

بزرگ، برای بیشینه‌کردن میزان تعاملات میان افراد انتخابی که نیازهای تخصصی مورد نیاز را پوشش دهند، درنظر گرفته شده است.

در بخش بعدی به مرور پیشینه پرداخته می‌شود. مدل تیم‌سازی بر مبنای نیازمندی‌های یادشده در بخش ۳ تشریح خواهد شد. بخش ۴ به نتایج عددی حاصل از اجرای مدل روی مسائل مختلف اختصاص داده شده است و در بخش ۵ یک نتیجه‌گیری از پژوهش حاضر ارائه خواهد شد.

۲. مرور پژوهش‌های پیشین

مسئله‌ی تیم‌سازی ناظر بر انتخاب زیرمجموعه‌یی از افراد موجود دارای مهارت است به‌طوری‌که بتوانند زیرمجموعه‌یی از مهارت‌ها را ارضا کنند. پس دور از ذهن نیست که تعداد قابل‌توجهی از پژوهش‌های انجام‌شده در این راستا در حوزه‌ی تحقیق در عملیات مطرح‌شده باشد.[۲و۵] فرمول‌سازی مسئله‌ی تیم‌سازی به‌عنوان برنامه‌ریزی خطی صحیح (ILP)[۱] و سپس تمرکز بر روی یافتن انطباق بهینه‌ی میان افراد و الزامات عملکردی مورد تقاضا اولین رویکرد از منظر حوزه‌ی بهینه‌سازی به مسئله‌ی تیم‌سازی بوده است. این مسئله ازآنجا که قابل کاهش[۲] به مسئله‌ی پوشش[۳] است و در زمره‌ی مسائلی مطرح می‌شود که در زمان اقتصادی قابل‌حل نیست، انتظار می‌رود که برای حل آن از الگوریتم‌های جست‌وجوی[۴] رایج نظیر انواع الگوریتم‌های ابتکاری[۵] و فرا‌ابتکاری[۶] استفاده شود. ازاین‌رو در پیشینه این مسئله به‌کرات به‌وسیله‌ی روش‌هایی چون شبیه‌سازی تبرید تدریجی[۷،۶] الگوریتم شاخه و برش[۸][۳] یا الگوریتم ژنتیک[۹][۱] حل‌شده است.

یک مجموعه از افراد را، که در قالب یک تیم در نظر گرفته می‌شوند، نمی‌توان ماشین‌هایی دانست که قرار است صرفاً به هم متصل شوند و انجام وظیفه کنند. آن‌ها درهرصورت انسان و دارای تمام خصوصیات انسانی هستند. ازاین‌رو درنظرگرفتن اخلاق و طبیعت افراد در کیفیت عملکرد تیم ضروری به نظر می‌رسد. ضرورت همکاری اثربخش میان اعضا در یک تیم توسط محققان درنظر گرفته شده است. در سال ۲۰۰۴ چن و لین[۲] از آزمون مایرز ـ بریگز[۱۰] برای اندازه‌گیری خصوصیات شخص و ارزیابی ارتباطات درونی به‌عنوان اعضای تیم استفاده کردند. یک سال بعد در پژوهش دیگری فیتزپاتریک و اسکین[۷] شاخص KCI [۱۱] را برای اندازه‌گیری خوی و طبیعت اعضا برای اندازه‌گیری کیفیت تیم به‌کار بردند.

موضوع ساختار ارتباطی میان افراد حاضر در تیم‌ها اولین بار در سال ۲۰۰۴ در پژوهشی توسط گاستون و همکاران[۸] در نظر گرفته شده است. نویسندگان در این مقاله نشان داده‌اند که تنظیم ساختار ارتباطی میان افراد، ازآنجاکه بر تیم‌سازی‌های درون یک سازمان مؤثر است، چقدر می‌تواند برکارایی سازمانی تأثیرگذار باشد.

لاپاس و همکاران[۴] اولین بار مسئله‌ی تیم‌سازی را در سال ۲۰۰۹ با تأکید بر اهمیت در نظرگرفتن شبکه‌ی اجتماعی میان افراد متخصص و هزینه‌ی ارتباط میان آن‌ها مطرح کردند. آن‌ها دو روش ابتکاری مبتنی بر درخت اشتینر[۱۲] به نام Cover-Steiner و Enhanced-Steiner را برای حل مسئله‌ی تیم‌سازی در شرایطی که هر فعالیت تنها یک نفر را برای هر مهارت نیاز دارد، پیشنهاد دادند.

پژوهش‌هایی که در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ انجام شد به‌ترتیب حول تعریف یک تابع هدف برای تخصیص فعالیت‌ها به متخصصان هنگام تشکیل تیم‌ها[۶] و حل مسئله‌ی یافتن بهترین k تیم از متخصصان[۹] بود. مجومدر و همکاران[۱۰] نیز در سال ۲۰۱۲ محدودیت‌های ظرفیت را به‌گونه‌یی در مدلشان در نظر گرفتند که اطمینان حاصل شود هیچ متخصصی به فعالیتی بیش از ظرفیتش تخصیص نیابد. درواقع آن‌ها ظرفیت متخصصان را به‌جای پوشش مهارت‌ها به‌عنوان محدودیت‌ها درنظر گرفتند و تلاش کردند تا هزینه‌ی ارتباطات اجتماعی را کمینه کنند. یکی دیگر از پژوهش‌های مرتبط با تیم‌سازی در سال ۲۰۱۱ توسط سرخی و همکاران[۱۱] انجام گرفت. آن‌ها تیم‌سازی را با درنظرگرفتن هزینه‌ی ارتباط و تفاوت سطوح خبرگان انجام داده‌اند. پژوهش‌های دیگری در زمینه‌ی تیم‌سازی متخصصان با استفاده از شبکه‌ی همکاری آنان انجام گرفته است که هرکدام به ابعاد دیگری از مسئله اشاره کرده‌اند. از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به کار چنگ و همکاران[۱۲] اشاره کرد. آن‌ها راهکار خود در خصوص تعداد افراد مورد نیاز از هر مهارت را در قالب الگوریتم‌های ابتکاری سریعی معرفی کردند که با رویکردی حریصانه می‌کوشد بهترین شبکه‌ی تأمین‌کننده‌ی نیازمندی‌های مهارتی را بیابد. در سال ۲۰۱۴ کامل و همکاران[۱۳] پژوهشی دیگر را در زمینه‌ی تیم‌سازی متخصصان با درنظرگرفتن شبکه‌ی همکاری افراد از منظر مکان و موقعیت افراد انجام داده‌اند.

۳. معرفی مدل تیم‌سازی

۱.۳. مفروضات

مفروضات اصلی در این مدل شامل موارد زیر است:

- هر فرد می‌تواند دارای یک یا چند مهارت مشخص باشد.
- میزان سابقه‌ی همکاری میان دو متخصص به‌صورت وزن همکاری درنظر گرفته می‌شود به‌گونه‌یی که هرچه میزان سابقه‌ی همکاری میان دو متخصص بیشتر باشد وزن ارتباط نیز بیشتر است.

۲.۳. پارامترها و اندیس‌ها

پارامترها و اندیس‌های مدل تیم‌سازی به صوت زیر است:

I: تعداد افراد کاندیدا برای تیم‌سازی؛

S: تعداد مهارت‌های موردنیاز برای تیم‌سازی؛

i, j: اندیس افراد، $i, j = ۱, ..., I$؛

s: اندیس مهارت‌ها، $s = ۱, ..., S$؛

U: بیشینه‌ی تعداد اعضای تیم؛

K_s: کمینه‌ی تعداد اعضای موردنیاز هر مهارت؛

A_{ij}: برابر با مقدار ۱ اگر میان فرد i و فرد j سابقه‌ی همکاری وجود داشته باشد و در غیر این‌صورت برابر با مقدار صفر است؛

W_{ij}: ماتریس وزن ارتباطات (میزان همکاری) کاندیداها؛

SA_{si}: برابر با مقدار ۱ اگر فرد i مهارت s را داشته باشد و در غیر این‌صورت برابر با مقدار صفر است.

۳.۳. متغیرها

متغیرهای تصمیم مدل شامل موارد زیر است:

x_i: متغیر دودویی برابر ۱ است اگر متخصص i به‌عنوان عضو تیم انتخاب شود؛

r_{ij}: متغیر دودویی برابر ۱ است اگر میان دو عضو i, j تیم ارتباط همکاری وجود داشته باشد.

۴.۳. تابع هدف

از آنجا که با حل مدل حاضر انتظار می‌رود تیمی تشکیل شود که علاوه بر تأمین مهارت‌های موردنیاز، بیشترین میزان همکاری میان آن‌ها برقرارگردد، تابع هدف مدل شامل بیشینه‌کردن میزان همکاری اعضای تیم است.

$$\text{Max} \sum_{i\in I}\sum_{j\in I} W_{ij} r_{ij} \qquad (۱)$$

۵.۳. محدودیت‌های تخصیص مهارت‌ها

$$x_i \le \sum_{s\in S} SA_{si} \qquad \forall i \in I \qquad (۲)$$

محدودیت ۲ تضمین می‌کند اعضای تیم دارای دست‌کم یکی از مهارت‌های مورد نیاز باشند یا به تعبیر دیگر این محدودیت منجر به حذف افراد بدون مهارت می‌شود.

$$K_s \le \sum_{i\in I} x_i SA_{si} \qquad \forall s \in S \qquad (۳)$$

محدودیت ۳ کمینه‌ی تعداد افراد موردنیاز از هر مهارت را تعیین می‌کند.

۶.۳. محدودیت‌های شبکه‌ی همکاری

$$x_i \le \sum_{j\in I} x_i A_{ij} \qquad \forall i \in I \qquad (۴)$$

محدودیت ۴ تضمین می‌کند که دست‌کم یک ارتباط میان اعضای تیم با دیگر اعضای تیم وجود دارد.

$$۲r_{ij} \le x_i + x_j \qquad \forall i,j \in I \qquad (۵)$$

محدودیت ۵ ارتباط میان اعضای تیم را برای استفاده از تابع تعیین می‌کند. در صورتی که هر دوکاندیدای i و j هم‌زمان در تیم حضور داشته باشند مقدار r_{ij} برابر با یک خواهد شد و در غیر این‌صورت برابر با صفر خواهد شد.

۷.۳. محدودیت تعداد اعضای تیم

$$\sum_{i\in I} x_i \le U \qquad (۶)$$

محدودیت ۶ بیشینه‌ی تعداد اعضای تیم را تعیین می‌کند.

$$x_i, r_{ij} \in \{۰, ۱\} \qquad \forall i,j \in I$$

متغیرهای مسئله نیز از نوع دودویی هستند.

همان‌گونه که بیان شد هدف از این مدل، دستیابی به یک تیم از متخصصان برای ارضای مهارت‌های موردنیاز با بیشترین سابقه‌ی همکاری است. از این‌رو مدل‌سازی به‌گونه‌یی انجام‌شده است که در صورت وجود یک فرد با مهارت‌های موردنیاز ولی بدون هیچ‌گونه سابقه‌ی همکاری با دیگران در میان کاندیداها، به دلیل وجود محدودیت ۴ هیچ‌گاه به‌عنوان عضو تیم انتخاب نشود. در این حالت در برخی شرایط ممکن است فردی که هم مهارت موردنیاز و هم ارتباط همکاری داشته باشد وجود نداشته باشد و مسئله‌ی ما فاقد جواب موجه می‌شود. پس می‌توان در شرایطی که وجود ارتباط همکاری برای ما ضرورت جدی ندارد محدودیت ۴ را آزاد کرد. به‌دلیل اینکه تابع هدف به دنبال تیمی با بیشترین سابقه‌ی همکاری می‌گردد، اولویت انتخاب با اعضای دارای ارتباط با وزن بالاست.

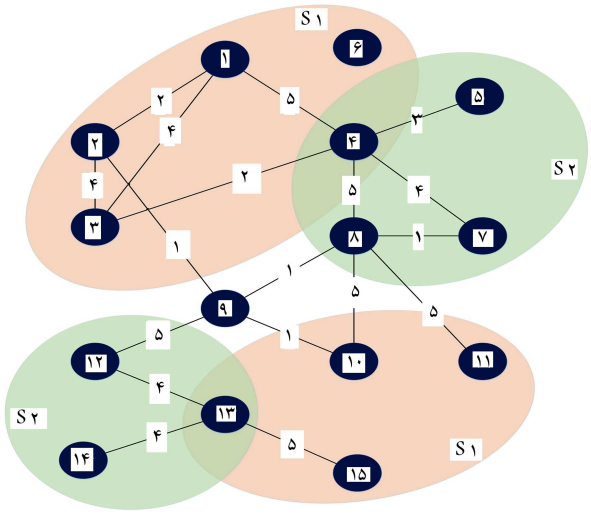
۴. حل عددی

به‌منظور سنجش و ارزیابی مدل دو آزمایش عددی انجام می‌گیرد. آزمایش اول برای درک کامل مدل، شامل یک مسئله‌ی عددی تیم‌سازی از مجموعه‌یی محدود از متخصصان با مهارت‌های محدود است و آزمایش دوم شامل تیم‌سازی از میان مجموعه‌یی انبوه از متخصصان با استفاده از داده‌های DBLP است. با به‌کارگیری این مجموعه‌ی داده‌ها یعنی شبکه‌ی همکاری متخصصان و مجموعه‌ی مهارت‌های هر یک از متخصصان، داده‌های ورودی مدل تکمیل می‌شود. سپس مدل روی هر یک از این مسائل اجرا می‌شود. برای اجرای مدل از کدنویسی در نرم‌افزار GAMS و از رایانه‌ی Core-i۷ که حافظه‌ی جانبی (RAM) آن معادل ۸ گیگابایت است، استفاده شده است. نتایج به‌دست‌آمده از اجرای مدل برای هر مسئله در زیربخش مربوط ارائه شده است.

۱.۴. مسئله‌ی ۱

یک مجموعه‌ی ۱۵ نفره از متخصصان را در نظر می‌گیریم. این افراد دارای مهارت ۱، مهارت ۲، مهارت ۱ و ۲ به‌طور هم‌زمان هستند یا دارای هیچ مهارتی نیستند.

میان برخی از این متخصصان در گذشته همکاری مشترکی وجود داشته است. این همکاری در قالب شکل ۱ به‌صورت یال‌ها و گره‌ها نمایش داده‌شده است. گره‌ها در این شکل نشان‌دهنده‌ی متخصصان و یال‌ها نشان‌دهنده‌ی وجود سابقه‌ی همکاری میان آنان است. عدد نمایش داده‌شده بر روی یال‌ها نشان‌دهنده‌ی وزن همکاری میان آن‌هاست به‌گونه‌یی که عدد بیشتر نشان‌دهنده‌ی سابقه‌ی همکاری بیشتر میان آنان است. مهارت هر یک از متخصصان نیز در این شکل نشان داده شده است. $S۱$ نشان‌دهنده‌ی افراد دارای مهارت ۱ و $S۲$ نشان‌دهنده‌ی افراد دارای مهارت ۲ است. ماتریس W_{ij} وزن همکاری میان متخصصان را نشان می‌دهد. این ماتریس



شکل ۱. شبکه‌ی همکاری متخصصان.

نشان‌دهنده‌ی تعداد مقالات منتشرشده به‌صورت مشترک میان دو متخصص است. هر چه همکاری مشترک میان دو فرد درگذشته بالاتر باشد این مقدار بیشتر است و هر چه همکاری درگذشته کمتر باشد، این مقدار کمتر است. ماتریس SA_{si} مهارت هر فرد را نشان می‌دهد.

$$W_{ij} = \begin{bmatrix} - & ۲ & ۴ & ۵ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ \\ & - & ۴ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۱ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ \\ & & - & ۲ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ \\ & & & - & ۳ & ۰ & ۵ & ۴ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ \\ & & & & - & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ \\ & & & & & - & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ \\ & & & & & & - & ۱ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ \\ & & & & & & & - & ۱ & ۵ & ۵ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ \\ & & & & & & & & - & ۱ & ۰ & ۵ & ۰ & ۰ & ۰ \\ & & & & & & & & & - & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ \\ & & & & & & & & & & - & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ \\ & & & & & & & & & & & - & ۴ & ۰ & ۰ \\ & & & & & & & & & & & & - & ۴ & ۵ \\ & & & & & & & & & & & & & - & ۰ \\ & & & & & & & & & & & & & & - \end{bmatrix}$$

$$SA_{si} = \begin{bmatrix} ۱ & ۱ & ۱ & ۱ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۱ & ۱ & ۰ & ۱ & ۰ & ۱ \\ ۰ & ۰ & ۰ & ۱ & ۱ & ۰ & ۱ & ۱ & ۰ & ۰ & ۰ & ۱ & ۱ & ۱ & ۰ \end{bmatrix}$$

حالت ۱: هدف ما تشکیل یک تیم ۵ نفره از میان ۱۵ نفر از این متخصصان است که مهارت‌های ۱ و ۲ را پوشش دهند به‌گونه‌یی که از هر مهارت دست‌کم ۱ نفر در تیم وجود داشته باشد:

جواب حالت ۱:

$$x_i = \begin{bmatrix} ۱ & ۱ & ۱ & ۱ & ۰ & ۰ & ۰ & ۱ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ \end{bmatrix}$$

$$x = \begin{bmatrix} x_۱ & x_۲ & x_۳ & x_۴ & x_۸ \end{bmatrix}$$

$$Z = ۲۲$$

همان‌گونه که در شکل ۲ نشان داده شده است، مدل معرفی‌شده از میان ۱۵ نفر از متخصصان، بهترین تیم ۵ نفره شامل نفرات ۱، ۲، ۳، ۴ و ۸ را انتخاب می‌کند. این افراد مهارت‌های ۱ و ۲ را پوشش می‌دهند و بیشترین میزان همکاری میان آن‌ها برقرار است. مقدار تابع هدف در این مسئله برابر با جمع اعداد روی یال‌ها یا همان وزن همکاری آن‌ها یعنی ۲۲ است.

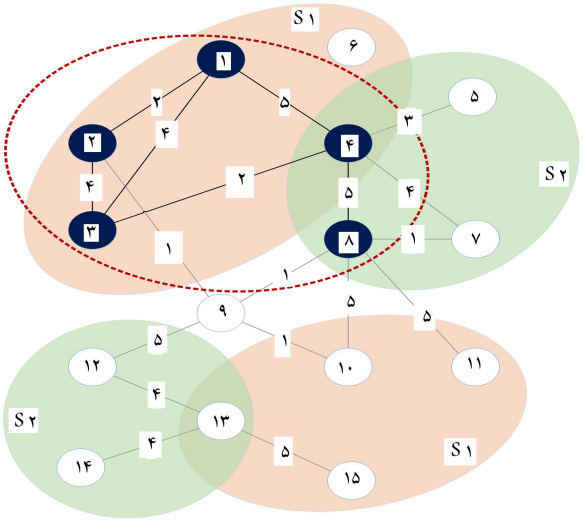
حالت ۲: هدف تشکیل یک تیم ۴ نفره از میان ۱۵ نفر از متخصصان است که مهارت‌های ۱ و ۲ را پوشش دهند به‌گونه‌یی که از هر مهارت دست‌کم ۳ نفر در تیم وجود داشته باشد:

جواب حالت ۲:

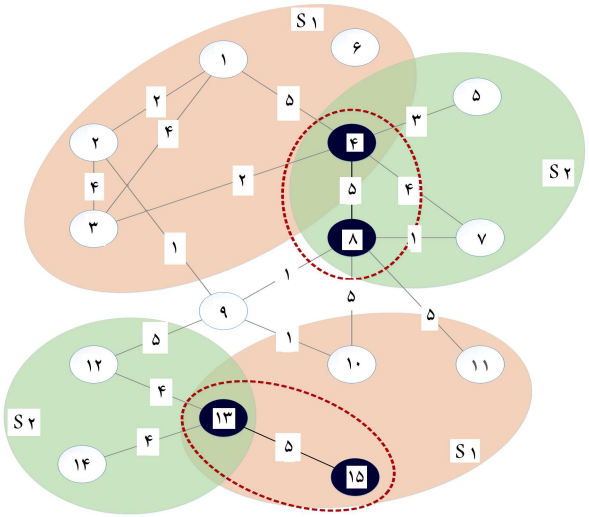
$$x_i = \begin{bmatrix} ۰ & ۰ & ۰ & ۱ & ۰ & ۰ & ۰ & ۱ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۱ & ۰ & ۱ \end{bmatrix}$$

$$x = \begin{bmatrix} x_۴ & x_۸ & x_{۱۳} & x_{۱۵} \end{bmatrix}$$

$$Z = ۱۰$$



شکل ۲. تیم تشکیل‌شده مسئله‌ی ۱ ـ حالت ۱.



شکل ۳. تیم تشکیل شده مسئله ۱ ـ حالت ۲.

همان‌گونه که در شکل ۳ نشان داده‌شده است، مدل معرفی‌شده از میان ۱۵ نفر از متخصصان، بهترین تیم ۴ نفره شامل نفرات ۴، ۸، ۱۳ و ۱۵ را انتخاب می‌کند. در این تیم دست‌کم سه نفر دارای مهارت ۱ و سه نفر دارای مهارت ۲ هستند (فرد ۸ و ۱۳ هم‌زمان هر دو مهارت را دارند) که بیشترین میزان همکاری میان آن‌ها برقرار است. مقدار تابع هدف در این مسئله برابر با جمع اعداد روی یال‌ها یا همان وزن همکاری آن‌ها یعنی ۱۰ است.

۲.۴. مسئله‌ی ۲

۱.۲.۴. مجموعه‌ی داده

برای ارزیابی مدل با استفاده از داده‌های واقعی، از پایگاه‌داده‌ی DBLP به عنوان مجموعه‌ی داده استفاده شده است که از طریق پورتال DBLP برای عموم دسترس‌پذیر است. داده‌های مورد استفاده در این مقاله، بخشی از داده‌های پژوهش فرهادی و همکاران[۱۴] است. این داده‌ها مربوط به تاریخ ۱۲ آوریل ۲۰۰۶ و حاوی اطلاعات مقالات منتشرشده در کنفرانس‌هایی در زمینه‌های پایگاه‌داده‌ها، داده‌کاوی، هوش

مصنوعی، و چندین موضوع مرتبط دیگر است. مقاله‌ها از کنفرانس‌های شناخته‌شده زیر درباره‌ی این حوزه‌ها استخراج شده‌اند:

{SIGMODE, VLDB, ICDE, ICDT, EDBT, PODS, WWW, KDD, SDM, PKDD, ICDM, STACS, STOC, FOCS, SODA, UAI, COLT, ECML}.

مجموعه مهارت هر یک از نویسندگان، شامل اصطلاحات و عباراتی است که در دست‌کم دو عنوان از مقاله‌های آنان در DBLP ظاهر شده باشد. دو نویسنده زمانی به یکدیگر متصل هستند که تجربه‌ی همکاری در دست‌کم دو مقاله‌ی مشترک با هم را داشته باشند. وزن ارتباط یا همان وزن روی یال‌های اتصالی میان دو نویسنده با رابطه‌ی ۷ محاسبه می‌شود.

$$W_{ij} = \frac{|p_i \cap p_j|}{|p_i \cup p_j|} \qquad (۷)$$

که در این معادله p_i و p_j تعداد مقاله‌های چاپ‌شده توسط نویسنده‌ی i و j است. در این مجموعه داده، ۲۰۶۷ نویسنده، ۱۰۰۰ مهارت متمایز، و ۴۱۹۵ یال (ارتباط همکاری) وجود دارد.

۲.۲.۴. هدف

هدف از این مسئله تشکیل یک تیم ۷ نفره از میان ۲۰۶۷ نفر از متخصصان است که این تیم ۱۱ مهارت موردنیاز (مهارت‌های ۵۰ الی ۶۰) را پوشش دهد.

حالت ۱: در این حالت، مسئله را با استفاده از مدل معرفی‌شده در بخش ۳ با درنظرگرفتن تمام محدودیت‌ها حل می‌کنیم. در این حالت باید در تیم تشکیل‌شده، علاوه بر ارضای مهارت‌ها، هر فرد دست‌کم یک ارتباط با دیگر اعضای تیم داشته باشد.

جواب حالت ۱:

$$x = \begin{bmatrix} x_{۱۹} & x_{۲۱} & x_{۲۳} & x_{۸۸} & x_{۸۹} & x_{۱۲۹} & x_{۱۳۹} \end{bmatrix}$$

$$Z = ۴/۷۴۶$$

همان‌گونه که در شکل ۴ و جدول ۱ نشان داده‌شده است یک تیم ۷ نفره از میان ۲۰۶۷ نفر تشکیل‌شده است که هر عضو این تیم دست‌کم یک ارتباط با دیگر اعضای تیم دارد و به تعبیر دیگر عضو بدون ارتباط در تیم وجود ندارد. این تیم همچنین تمام مهارت‌های مورد نیاز را ارضا می‌کند.

حالت ۲: در این حالت مسئله را با استفاده از مدل معرفی‌شده در بخش ۳ با آزاد کردن محدودیت ۴ حل می‌کنیم. در این حالت تیم تشکیل‌شده می‌تواند شامل افراد بدون ارتباط نیز باشد.

جواب حالت ۲:

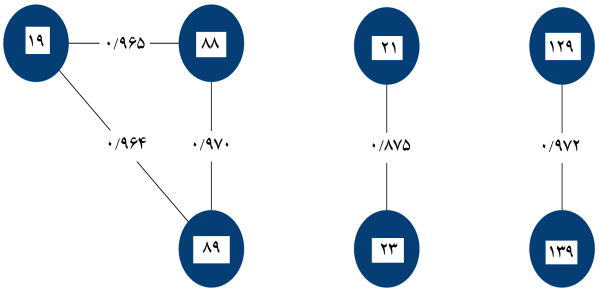
$$x = \begin{bmatrix} x_{۱۹} & x_{۲۱} & x_{۲۳} & x_{۴۵} & x_{۸۲۹} & x_{۱۱۸۴} & x_{۱۶۹۳} \end{bmatrix}$$

$$Z = ۶/۴۳۹$$

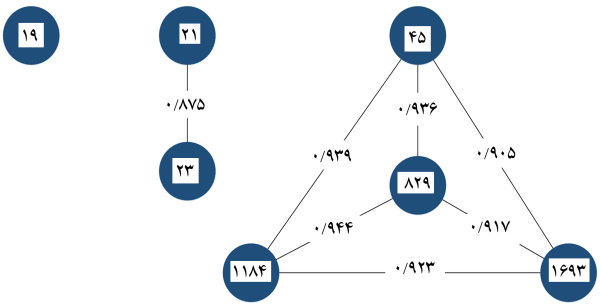
همان‌گونه که در شکل ۵ و جدول ۲ نشان داده‌شده است یک تیم ۷ نفره از میان همه‌ی متخصصان تشکیل شده است که تمام مهارت‌های مورد نیاز را پوشش می‌دهند که لزوماً تمام افراد با دیگران ارتباط ندارند و فرد شماره‌ی ۱۹ بدون هیچ‌گونه ارتباطی در تیم حضور دارد ولی همان‌طور که تابع هدف نشان می‌دهد جواب بهتری به ما داده است. این تیم درمجموع دارای ارتباطات قوی‌تری نسبت به تیم قبلی است ولی این ارتباط متوازن نیست.

جدول ۱. مهارت‌های اعضای تیم مسئله ۲ ـ حالت ۱.

		اعضاء تیم						
		۱۹	۲۱	۲۳	۸۸	۸۹	۱۲۹	۱۳۹
مهارت‌ها	۵۰						*	
	۵۱	*			*	*		
	۵۲	*						
	۵۳	*				*		
	۵۴	*					*	*
	۵۵	*						
	۵۶		*					
	۵۷		*	*				*
	۵۸			*				
	۵۹			*				
	۶۰			*				*



شکل ۴. تیم تشکیل‌شده مسئله‌ی ۲ ـ حالت ۱.



شکل ۵. تیم تشکیل‌شده مسئله‌ی ۲ ـ حالت ۲.

همان‌گونه که از نتایج حل مسئله با استفاده از مدل معرفی شده در این پژوهش مشاهده می‌شود، یک تیم با تعداد مورد نظر که مهارت‌های مورد نیاز را پوشش می‌دهند، پیشنهاد داده شده است. حل مسئله با استفاده از نرم افزار GAMS با استفاده از رایانه‌ی ذکر شده در ابتدای این بخش حدود ۱۶ ثانیه زمان برده است.

۵. نتیجه‌گیری

در این مقاله به مسئله‌ی تیم‌سازی متخصصان با درنظرگرفتن شبکه همکاری و مهارت‌های موردنیاز پرداخته شده است. مدل‌های بهینه‌سازی مطرح‌شده در

جدول ۲. مهارت‌های اعضای تیم مسئله ۲ ـ حالت ۲.

		اعضاء تیم						
		۱۹	۲۱	۲۳	۴۵	۸۲۹	۱۱۸۴	۱۶۹۳
مهارت‌ها	۵۰				*			
	۵۱	*						
	۵۲	*						
	۵۳	*						
	۵۴	*				*	*	*
	۵۵	*						
	۵۶		*					
	۵۷		*	*				
	۵۸			*				
	۵۹			*				
	۶۰			*				

پژوهش‌های مرتبط با این موضوع، غالباً بر روی مهارت افراد، ویژگی‌های شخصیتی، توانایی و هزینه‌های فرد تمرکز کرده‌اند. یکی دیگر از مسائل موجود در دیگر پژوهش‌ها، استفاده از روش‌های حل غیر دقیق مانند ابتکاری و غیر ابتکاری است. در این مقاله تلاش شده است با استفاده از روش‌های حل دقیق، یک مدل ریاضی خطی با زمان حل سریع توسعه داده شود که علاوه‌بر درنظرگرفتن ارتباط همکاری میان متخصصان به شیوه‌یی مناسب نیازهای مهارتی را پوشش دهد. برای ارزیابی مدل یک مسئله‌ی عددی مصنوعی و یک مسئله‌ی واقعی با استفاده از داده‌های موجود در پایگاه اینترنتی DBLP در نظرگرفته شده‌اند. این مدل یک مدل اولیه از تیم‌سازی است که می‌توان با تغییر برخی مفروضات مدل را در آینده توسعه داد. یکی از مفروضات این پژوهش، قطعی بودن وجود مهارت در متخصصان است که می‌توان برای واقعی‌تر کردن مسئله، میزان مهارت افراد را فازی درنظر گرفت. درنظرگرفتن هزینه‌ی به کارگیری، و نیز احتمال حضور افراد تا انتهای تیم نیز می‌تواند از موضوعات مهم در توسعه‌ی این مدل باشد.

پانوشت‌ها

1. integer linear programming
2. reducible
3. set-covering problem
4. search algorithm
5. heuristic
6. meta-heuristic
7. simulated annealing
8. branch and cut algorithm
9. genetic algorithm
10. MyersBriggs
11. Kolbe Conative index
12. Steiner tree

منابع (References)

1. Hyeongon, W., Seungjin, O., Jungtae, M. and Mooyoung, J. "A team formation model based on knowledge and collaboration", *Expert Syst. Appl.* **36**(5), pp. 9121-9134 (2009).
2. Chen, S.J. and Lin, L."Modeling team member characteristics for the formation of a multifunctional team in concurrent engineering", *IEEE Trans Eng Manag*, **51**(2), pp. 111-124 (2004).
3. Zakarian, A. and Kusiak, A. "Forming teams: An analytical approach", *IIE Transactions*, **31**, pp. 85-97 (2004).
4. Lappas, T., Liu, K. and Terzi, E. "Finding a team of experts in social networks", KDD'09. Paris: ACM (2009).
5. Baykasoglu, A., Dereli, T. and Das, S. "Project team selection using fuzzy optimization approach", *Cybern. Syst.*, **38**(2), pp. 155-185 (2007).
6. Anagnostopoulos, A., Becchetti, L., Castillo, C., Gionis, A. and Leonardi, S. "Power in unity: Forming teams in large-scale community systems", *Proceedings of ACM International Conference on Information and*, pp. 599-608 (2010).
7. Fitzpatrick, E.L. and Askin, R. "Forming effective worker teams with multi-functional skill requirements", *Comput Ind Eng*, **48**(3), pp. 593-608 (2005).
8. Gaston, M., Simmons, J. and DesJardins, M. "Adapting network structures for efficient team formation", *Proceedings of the AAAI Fall Symposium on Artificial Multi-Agent Learning* (2004).
9. Kargar, M. and An, A. "Discovering top-k teams of experts with/without a leader in social networks", *Proceedings of ACM International Conference on Information and Knowledge Management*, pp. 985-994 (2011).
10. Majumder, A., Datta, S. and Naidu, K. "Capacitated team formation problem on social networks", *Proceedings of ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, pp. 1005-1013 (2012).
11. Sorkhi, M., Hashemi, S. and Hamzeh, A. "An effective expert team formation in social networks based on skill grading", *Proceedings of IEEE international conference on data mining workshops (ICDMW'11)*, pp. 366-372 (2011).
12. Cheng, L., Man, S. and Shou, L. "On team formation with expertise query in collaborative", Knowl Inf Syst (2013).
13. Kamel, K., Al Aghbari, Z. and Kamel, I. "Realistic team formation using navigation and homophily", *2014 International Conference on Big Data and Smart Computing*, pp. 197-203 (2014).
14. Farhadi, F., Hoseini, E., Hashemi, S. and Hamzeh, A. "TeamFinder: A Co-clustering based framework for finding an effective team of experts in social networks", *12th IEEE International Conference on Data Mining Workshops. Belgium*, pp. 107-114 (2012).