

ارائه‌ی مدل تیم‌سازی متخصصان با در نظر 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 علاوه بر 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 زیرمجموعه‌ی از متخصصان در دسترس و حل دقیق مسئله‌ی تیم‌سازی -- که علاوه بر تأمین تخصص‌ها و مهارت‌های مورد نیاز، بهترین تعاملات را با یکدیگر داشته باشند -- یک مدل بهینه‌سازی ریاضی خطی توسعه داده شده است. از آنجا که اطلاعات مربوط به سابقه‌ی همکاری متخصصان در دسترس 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.

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 مورد نیاز همیشه ممکن نباشد. به عبارت دیگر به افراد کارهایی سپرده می‌شد که در آن تخصص نداشتند. از این رو اثربخشی تیم با خطر تنزل شدید مواجه بوده است.

به تدریج 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 زیرمجموعه‌ی از افراد در دسترس برای پوشش دادن مهارت‌های مورد نیاز هستیم به نحوی که بتوانند برای پیشبرد پروژه‌ها و فعالیت‌ها بهترین تعامل را داشته باشند.

پژوهشگران برای مدل‌سازی مسئله‌ی تیم‌سازی، مدل‌های بهینه‌سازی متعددی را

* نویسنده مسئول

تاریخ: دریافت ۱۳۹۴/۸/۲۳، اصلاحیه ۱۳۹۵/۲/۱۶، پذیرش ۱۳۹۵/۷/۱۳.

DOI: 10.24200/165.2018.5603

برای کمیته‌کردن 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 در نظر گرفتن 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 در سال‌های اخیر انجام شده 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 در نظر گرفتند 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 خطی بودن مسئله نهایتاً با استفاده از روش‌های ابتکاری یک مسئله‌ی واقعی از تیم‌سازی را حل کردند. در حالی که ارزیابی کیفیت روش‌های ابتکاری و فراابتکاری به دلیل 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 به عنوان 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

بزرگ، برای پیشینه کردن میزان تعاملات میان افراد انتخابی که نیازهای تخصصی مورد نیاز را پوشش دهند، در نظر گرفته شده است. در بخش بعدی به مرور پیشینه پرداخته می شود. مدل تیم سازی بر مبنای نیازمندی های یاد شده 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 نتیجه گیری از پژوهش حاضر ارائه خواهد شد.

درواقع آن ها ظرفیت متخصصان را به جای پوشش مهارت ها به عنوان محدودیت ها در نظر گرفتند و تلاش کردند تا هزینه ی ارتباطات اجتماعی را کمینه کنند. یکی دیگر از پژوهش های مرتبط با تیم سازی در سال ۲۰۱۱ توسط سرخی و همکاران^[۱۱] انجام گرفت. آن ها تیم سازی را با در نظر گرفتن هزینه ی ارتباط و تفاوت سطوح خیرگان انجام داده اند. پژوهش های دیگری در زمینه تیم سازی متخصصان با استفاده از شبکه ی همکاری آنان انجام گرفته است که هر کدام به ابعاد دیگری از مسئله اشاره کرده اند. از جمله ی آن ها می توان به کار چنگ و همکاران^[۱۲] اشاره کرد. آن ها راهکار خود در خصوص تعداد افراد مورد نیاز از هر مهارت را در قالب الگوریتم های ابتکاری سریعی معرفی کردند که با رویکردی حریمانه می کوشد بهترین شبکه ی تأمین کننده ی نیازمندی های مهارتی را بیابد. در سال ۲۰۱۴ کامل و همکاران^[۱۳] پژوهشی دیگر را در زمینه تیم سازی متخصصان با در نظر گرفتن شبکه ی همکاری افراد از منظر مکان و موقعیت افراد انجام داده اند.

۳. معرفی مدل تیم سازی

۱.۳. مفروضات

مفروضات اصلی در این مدل شامل موارد زیر است:

- هر فرد می تواند دارای یک یا چند مهارت مشخص باشد.
- میزان سابقه ی همکاری میان دو متخصص به صورت وزن همکاری در نظر گرفته می شود به گونه یی که هرچه میزان سابقه ی همکاری میان دو متخصص بیشتر باشد وزن ارتباط نیز بیشتر است.

۲.۳. پارامترها و اندیس ها

پارامترها و اندیس های مدل تیم سازی به صوت زیر است:

I : تعداد افراد کاندیدا برای تیم سازی؛

S : تعداد مهارت های مورد نیاز برای تیم سازی؛

$i, j = 1, \dots, I$: اندیس افراد،

$s = 1, \dots, S$: اندیس مهارت ها،

U : پیشینه ی تعداد اعضای تیم؛

K_s : کمینه ی تعداد اعضای مورد نیاز هر مهارت؛

A_{ij} : برابر با مقدار ۱ اگر میان فرد i و فرد j سابقه ی همکاری وجود داشته باشد و در غیر این صورت 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 این صورت 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 به عنوان عضو تیم انتخاب شود؛
 r_{ij} : متغیر دودویی برابر ۱ است اگر میان دو عضو i, j تیم ارتباط همکاری وجود داشته باشد.

بزرگ، برای پیشینه کردن میزان تعاملات میان افراد انتخابی که نیازهای تخصصی مورد نیاز را پوشش دهند، در نظر گرفته شده است.

در بخش بعدی به مرور پیشینه پرداخته می شود. مدل تیم سازی بر مبنای نیازمندی های یاد شده 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 نتیجه گیری از پژوهش حاضر ارائه خواهد شد.

۲. مرور پژوهش های پیشین

مسئله ی تیم سازی ناظر بر انتخاب زیرمجموعه یی از افراد موجود دارای مهارت است به طوری که بتوانند زیرمجموعه یی از مهارت ها را ارضا کنند. پس دور از ذهن نیست که تعداد قابل توجهی از پژوهش های انجام شده در این راستا در حوزه ی تحقیق در عملیات مطرح شده باشد.^[۱۵] فرمول سازی مسئله ی تیم سازی به عنوان برنامه ریزی خطی صحیح (ILP)^۱ و سپس تمرکز بر روی یافتن انطباق بهینه ی میان افراد و الزامات عملکردی مورد تقاضا اولین رویکرد از منظر حوزه ی بهینه سازی به مسئله ی تیم سازی بوده است. این مسئله از آنجا که قابل کاهش^۲ به مسئله ی پوشش^۳ است و در زمره ی مسائلی مطرح می شود که در زمان اقتصادی قابل حل نیست، انتظار می رود که برای حل آن از الگوریتم های جست و جوی^۴ رایج نظیر انواع الگوریتم های ابتکاری^۵ و فراابتکاری^۶ استفاده شود. از این رو در پیشینه این مسئله به کرات به وسیله ی روش هایی چون شبیه سازی تیرید تدریجی^۷،^[۶] الگوریتم شاخه و برش^۸ یا الگوریتم ژنتیک^[۱۱] حل شده است.

یک مجموعه از افراد را، که در قالب یک تیم در نظر گرفته می شوند، نمی توان ماشین هایی دانست که قرار است صرفاً به هم متصل شوند و انجام وظیفه کنند. آن ها در هر صورت انسان و دارای تمام خصوصیات انسانی هستند. از این رو در نظر گرفتن اخلاق و طبیعت افراد در کیفیت عملکرد تیم ضروری به نظر می رسد. ضرورت همکاری اثربخش میان اعضا در یک تیم توسط محققان در نظر گرفته شده است. در سال ۲۰۰۴ چن و لین^[۱۲] از آزمون مایرز-بریگز^{۱۰} برای اندازه گیری خصوصیات شخص و ارزیابی ارتباطات درونی به عنوان اعضای تیم استفاده کردند. یک سال بعد در پژوهش دیگری فیتز پاتریک و اسکین^[۱۷] شاخص KCI^{۱۱} را برای اندازه گیری خوی و طبیعت اعضا برای اندازه گیری کیفیت تیم به کار بردند.

موضوع ساختار ارتباطی میان افراد حاضر در تیم ها اولین بار در سال ۲۰۰۴ در پژوهشی توسط گاستون و همکاران^[۸] در نظر گرفته شده است. نویسندگان در این مقاله نشان داده اند که تنظیم ساختار ارتباطی میان افراد، از آنجا که بر تیم سازی های درون یک سازمان مؤثر است، چقدر می تواند بر کارایی سازمانی تأثیرگذار باشد. لاپاس و همکاران^[۴] اولین بار مسئله ی تیم سازی را در سال ۲۰۰۹ با تأکید بر اهمیت در نظر گرفتن شبکه ی اجتماعی میان افراد متخصص و هزینه ی ارتباط میان آن ها مطرح کردند. آن ها دو روش ابتکاری مبتنی بر درخت اشتیر^{۱۲} به نام Enhanced-Steiner و Cover-Steiner را برای حل مسئله ی تیم سازی در شرایطی که هر فعالیت تنها یک نفر را برای هر مهارت نیاز دارد، پیشنهاد دادند.

پژوهش هایی که در سال های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ انجام شد به ترتیب حول تعریف یک تابع هدف برای تخصیص فعالیت ها به متخصصان هنگام تشکیل تیم ها^[۶] و حل مسئله ی یافتن بهترین k تیم از متخصصان^[۹] بود. مجومدر و همکاران^[۱۰] نیز در سال ۲۰۱۲ محدودیت های ظرفیت را به گونه یی در مدلشان در نظر گرفتند که اطمینان حاصل شود هیچ متخصصی به فعالیتی بیش از ظرفیتش تخصیص نیابد.

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 برقرار گردد، تابع هدف مدل شامل بیشینه‌کردن میزان همکاری اعضای تیم است.

$$\text{Max} \sum_{i \in I} \sum_{j \in I} W_{ij} r_{ij} \quad (1)$$

۵.۳. محدودیت‌های تخصیص مهارت‌ها

$$x_i \leq \sum_{s \in S} S A_{si} \quad \forall i \in I \quad (2)$$

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.

$$K_s \leq \sum_{i \in I} x_i S A_{si} \quad \forall s \in S \quad (3)$$

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

۶.۳. محدودیت‌های شبکه‌ی همکاری

$$x_i \leq \sum_{j \in I} x_j A_{ij} \quad \forall i \in I \quad (4)$$

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

$$2r_{ij} \leq x_i + x_j \quad \forall i, j \in I \quad (5)$$

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

۷.۳. محدودیت تعداد اعضای تیم

$$\sum_{i \in I} x_i \leq U \quad (6)$$

محدودیت ۶ بیشینه‌ی تعداد اعضای تیم را تعیین می‌کند.

$$x_i, r_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in I$$

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 به‌گونه‌ی انجام‌شده است که در صورت وجود یک فرد با مهارت‌های موردنیاز ولی بدون هیچ‌گونه سابقه‌ی همکاری با دیگران در میان کاندیدها، 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

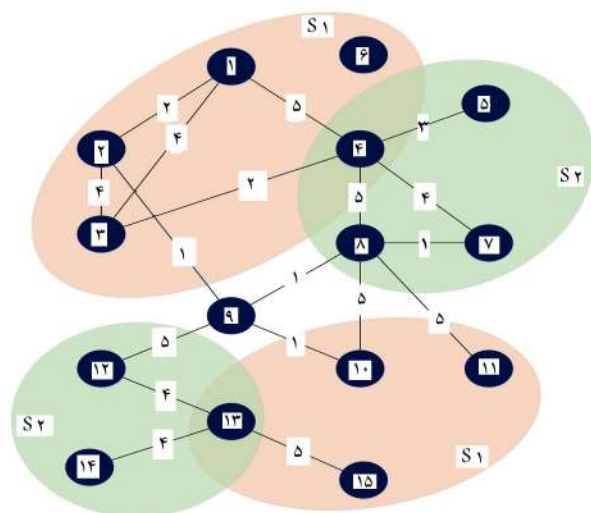
باشد و مسئله‌ی ما فاقد جواب موجه می‌شود. پس می‌توان در شرایطی که وجود ارتباط همکاری برای ما ضرورت جدی ندارد محدودیت ۴ را آزاد کرد. به دلیل اینکه تابع هدف به دنبال تیمی با بیشترین سابقه‌ی همکاری می‌گردد، اولویت انتخاب با اعضای دارای ارتباط با وزن بالا است.

۴. حل عددی

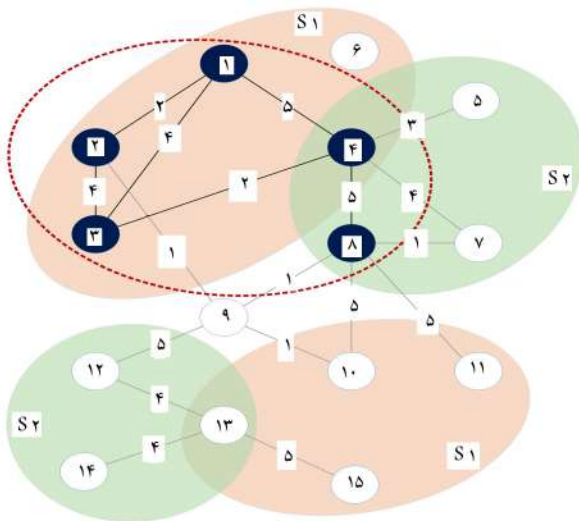
به‌منظور سنجش و ارزیابی مدل دو آزمایش عددی انجام می‌گیرد. آزمایش اول برای درک کامل مدل، شامل یک مسئله‌ی عددی تیم‌سازی از مجموعه‌ی محدود از متخصصان با مهارت‌های محدود است و آزمایش دوم شامل تیم‌سازی از میان مجموعه‌ی انبوه از متخصصان با استفاده از داده‌های DBLP است. با به‌کارگیری این مجموعه‌ی داده‌ها یعنی 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-i7 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

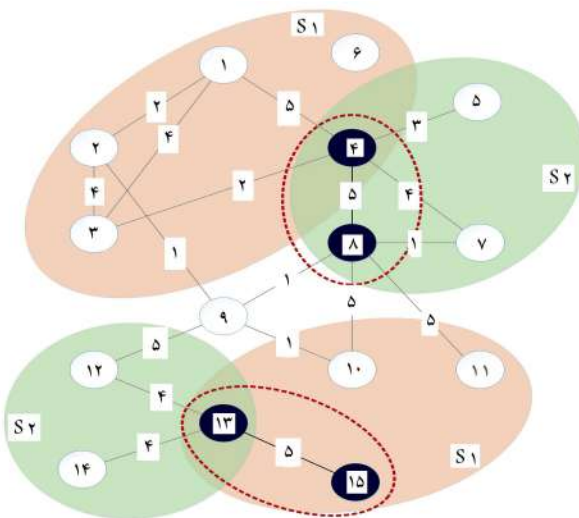
یک مجموعه‌ی ۱۵ نفره از متخصصان را در نظر می‌گیریم. این افراد دارای مهارت ۱، مهارت ۲، مهارت ۳ و ۴ به‌طور هم‌زمان هستند یا دارای هیچ مهارتی نیستند. میان برخی از این متخصصان در گذشته همکاری مشترکی وجود داشته است. این همکاری در قالب شکل ۱ به‌صورت پال‌ها و گره‌ها نمایش داده‌شده است. گره‌ها در این شکل نشان‌دهنده‌ی متخصصان و پال‌ها نشان‌دهنده‌ی وجود سابقه‌ی همکاری میان آنان است. عدد نمایش داده‌شده بر روی پال‌ها نشان‌دهنده‌ی وزن همکاری میان آن‌هاست به‌گونه‌ی که عدد بیشتر نشان‌دهنده‌ی سابقه‌ی همکاری بیشتر میان آنان است. مهارت هر یک از متخصصان نیز در این شکل نشان داده شده است. ۱ نشان‌دهنده‌ی افراد دارای مهارت ۱ و ۲ نشان‌دهنده‌ی افراد دارای مهارت ۲ است. ماتریس W_{ij} وزن همکاری میان متخصصان را نشان می‌دهد. این ماتریس



شکل ۱. شبکه‌ی همکاری متخصصان.



شکل ۲. تیم تشکیل شده مسئله‌ی ۱ - حالت ۱.



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

همان‌گونه که در شکل ۳ نشان داده شده است، مدل معرفی شده 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 پایگاه داده‌ی DBLP به عنوان مجموعه‌ی داده استفاده شده است که از طریق پورتال DBLP برای عموم دسترس پذیر است. داده‌های مورد استفاده در این مقاله، بخشی از داده‌های پژوهش‌فرهادی و همکاران^[۱۴] است. این داده‌ها مربوط به تاریخ ۱۲ آوریل ۲۰۰۶ و حاوی اطلاعات مقالات منتشر شده در کنفرانس‌هایی در زمینه‌های پایگاه داده‌ها، داده‌کاوی، هوش

نشان دهنده‌ی تعداد مقالات منتشر شده به صورت مشترک میان دو متخصص است. هر چه همکاری مشترک میان دو فرد در گذشته بالاتر باشد این مقدار بیشتر است و هر چه همکاری در گذشته کمتر باشد، این مقدار کمتر است. ماتریس SA_{si} مهارت هر فرد را نشان می‌دهد.

$$W_{ij} =$$

-	۲	۴	۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
-	۴	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
-	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	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	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	۰
-	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
-	۱	۵	۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
-	۱	۰	۵	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	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	۰	۰
-	۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
-	۴	۵	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	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

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

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 به گونه‌یی که از هر مهارت دستکم ۱ نفر در تیم وجود داشته باشد:

جواب حالت ۱:

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

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

$$Z = ۲۲$$

همان‌گونه که در شکل ۲ نشان داده شده است، مدل معرفی شده 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 به گونه‌یی که از هر مهارت دستکم ۳ نفر در تیم وجود داشته باشد:

جواب حالت ۲:

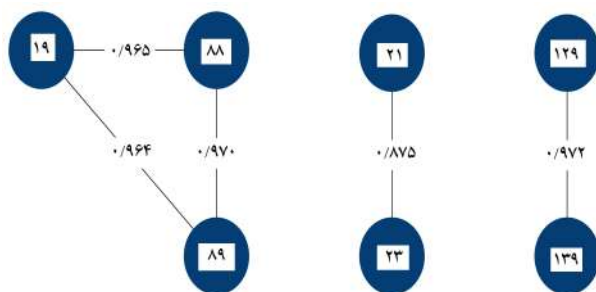
$$x_i = \begin{bmatrix} ۰ & ۰ & ۰ & ۱ & ۰ & ۰ & ۰ & ۱ & ۰ & ۰ & ۰ & ۰ & ۱ & ۰ & ۱ \end{bmatrix}$$

$$x = \begin{bmatrix} x_۴ & x_۸ & x_۱۳ & x_۱۵ \end{bmatrix}$$

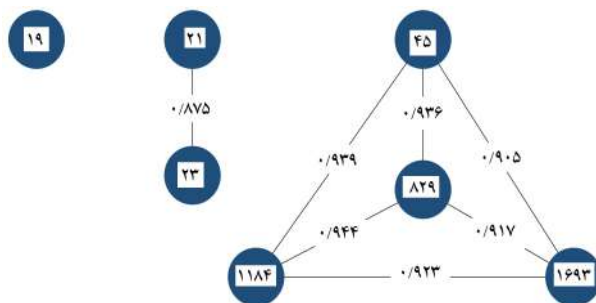
$$Z = ۱۰$$

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

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



شکل ۴. تیم تشکیل شده مسئله ۲ - حالت ۱.



شکل ۵. تیم تشکیل شده مسئله ۲ - 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 در نظر گرفتن شبکه همکاری و مهارت‌های مورد نیاز پرداخته شده است. مدل‌های بهینه‌سازی مطرح شده در

مصنوعی، و چندین موضوع مرتبط دیگر است. مقاله‌ها از کنفرانس‌های شناخته شده زیر در باره‌ی این حوزه‌ها استخراج شده‌اند:

{SIGMODE, VLDB, ICDE, ICOT, 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.

$$W_{ij} = \frac{|p_i \cap p_j|}{|p_i \cup p_j|} \quad (7)$$

که در این معادله p_i و p_j تعداد مقاله‌های چاپ شده 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 مورد نیاز (مهارت‌های ۵۰ الی ۶۰) را پوشش دهد. حالت ۱: در این حالت، مسئله را با استفاده از مدل معرفی شده در بخش ۳ با در نظر گرفتن تمام محدودیت‌ها حل می‌کنیم. در این حالت باید در تیم تشکیل شده، علاوه بر اعضای مهارت‌ها، هر فرد دست‌کم یک ارتباط با دیگر اعضای تیم داشته باشد.

جواب حالت ۱:

$$x = [x_{19} \ x_{21} \ x_{23} \ x_{88} \ x_{89} \ x_{129} \ x_{139}]$$

$$Z = 4,746$$

همان‌گونه که در شکل ۴ و جدول ۱ نشان داده شده است یک تیم ۷ نفره از میان ۲۰۶۷ نفر تشکیل شده 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 معرفی شده در بخش ۳ با آزاد کردن محدودیت ۴ حل می‌کنیم. در این حالت تیم تشکیل شده می‌تواند شامل افراد بدون ارتباط نیز باشد.

جواب حالت ۲:

$$x = [x_{19} \ x_{21} \ x_{23} \ x_{45} \ x_{829} \ x_{1184} \ x_{1693}]$$

$$Z = 6,439$$

همان‌گونه که در شکل ۵ و جدول ۲ نشان داده شده 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 شماره ۱۹ بدون هیچ‌گونه ارتباطی در تیم حضور دارد ولی همان‌طور که تابع هدف نشان می‌دهد جواب بهتری به ما داده است. این تیم در مجموع دارای ارتباطات قوی‌تری نسبت به تیم قبلی است ولی این ارتباط متوازن نیست.

پژوهش های مرتبط با این موضوع، غالباً بر روی مهارت افراد، ویژگی های شخصیتی، توانایی و هزینه های فرد تمرکز کرده اند. یکی دیگر از مسائل موجود در دیگر پژوهش ها، استفاده از روش های حل غیر دقیق مانند ابتکاری و غیر ابتکاری است. در این مقاله تلاش شده است با استفاده از روش های حل دقیق، یک مدل ریاضی خطی با زمان حل سریع توسعه داده شود که علاوه بر در نظر گرفتن ارتباط همکاری میان متخصصان به شیوه یی مناسب نیازهای مهارتی را پوشش دهد. برای ارزیابی مدل یک مسئله ی عددی مصنوعی و یک مسئله ی واقعی با استفاده از داده های موجود در پایگاه اینترنتی DBLP در نظر گرفته شده اند. این مدل یک مدل اولیه از تیم سازی است که می توان با تغییر برخی مفروضات مدل را در آینده توسعه داد. یکی از مفروضات این پژوهش، قطعی بودن وجود مهارت در متخصصان است که می توان برای واقعی تر کردن مسئله، میزان مهارت افراد را فازی در نظر گرفت. در نظر گرفتن هزینه ی به کارگیری، و نیز احتمال حضور افراد تا انتهای تیم نیز می تواند از موضوعات مهم در توسعه ی این مدل باشد.

جدول ۲. مهارت های اعضای تیم مسئله ۲ - حالت ۲.

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

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).