

تخمین ضرایب علیت در نقشه راهبردی سازمان به کمک آموزش نقشه شناختی فازی با الگوریتم جستجوی گرانشی

علی جهان‌بیگی، منصور شیخان و محسن روحانی

روش، سازمان از چهار دیدگاه (با نام‌های مالی، مشتری، فرایندهای داخلی و رشد) مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در دیدگاه مالی، سازمان با شاخص‌های مالی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و مشخص می‌شود که آیا در ایجاد ارزش افزوده برای ذی‌نفعان موفق بوده است؟ در دیدگاه مشتری، شاخص‌های رضایت مشتری و جذب مشتریان جدید مورد توجه است. در حقیقت، سازمان از منظر مشتری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در روش کارت امتیازی متوازن، بین دیدگاه‌ها ارتباط منطقی نیز وجود دارد. در این روش اعتقاد بر این است که جهت موفقیت در شاخص‌های مالی باید در سایر دیدگاه‌ها نیز عملکرد مناسب داشت و لذا در صورت تحقق اهداف برنامه‌ریزی شده در دیدگاه مشتری، به سود مالی نیز خواهیم رسید. به همین ترتیب، جهت دستیابی به رضایت مشتریان باید فرایندهای درون‌سازمانی نیز بهبود یافته و لذا دیدگاه سوم مورد توجه قرار می‌گیرد. در دیدگاه سوم، باید اهدافی جهت تحقق اهداف موجود در دیدگاه‌های مالی و مشتری داشت و آنها را مورد پایش و ارزیابی قرار داد. در دیدگاه چهارم، بسترهای لازم جهت تحقق سایر اهداف باید مورد توجه قرار گیرد و سازمانی می‌تواند در اهداف مالی و مشتری موفق باشد که همواره در رشد و یادگیری باشد. لذا در روش کارت امتیازی متوازن، از منظر چهارم نیز سازمان مورد پایش و ارزیابی قرار می‌گیرد. با اجرای این روش، مدیریت پیچیده سازمان‌های امروزی ساختارمند شده و از جنبه‌های مختلف ارزیابی عملکرد به کمک مدیران می‌آید [۱].

با توسعه و به کارگیری مدیریت مبتنی بر راهبرد^۲ در سازمان‌ها و لزوم پایش اجرای صحیح آنها، روش کارت امتیازی متوازن در سال ۱۹۹۶ توسعه داده شد تا این روش به ابزاری جهت اجرای نظام مدیریت مبتنی بر راهبردها تبدیل گردد [۲]. در توسعه این روش، راهبردهای سازمان در قالب چهار دیدگاه مورد نظر شکل گرفته و با شاخص‌های مناسب، اجرای آنها و درصد تحقق اهداف راهبردی کنترل می‌شود. مهم‌ترین ابزار در این روش، نقشه راهبردی^۳ می‌باشد. در صورت پیاده‌سازی صحیح این روش می‌توان نقشه راهبردی را ترسیم نمود. در نقشه راهبردی، روابط علت- معلولی بین عناصر راهبردی ترسیم شده و علاوه بر تسهیل در فهم راهبردهای سازمان، امکان تحلیل‌های عملکردی نیز فراهم می‌شود. نقشه راهبردی می‌تواند برای پیش‌بینی وضعیت اهداف راهبردی به کار آید و به عنوان یک ابزار تصمیم‌یار برای مدیران ارشد مورد استفاده قرار گیرد [۲]. در نقشه راهبردی، چهار طبقه وجود دارد که متناظر با چهار دیدگاه در روش کارت امتیازی متوازن می‌باشند و در هر طبقه، اهداف راهبردی مرتبط با هر دیدگاه قرار می‌گیرند. ارتباط بین اهداف راهبردی در نقشه ترسیم‌شده و شدت هر رابطه نیز با یک ضریب وزن به نام ضریب علیت^۴ مشخص می‌شود. همان‌طور که بیان شد، نقشه راهبردی برای مدیران

چکیده: بیش از دو دهه از معرفی روش کارت امتیازی متوازن جهت کنترل و پایش راهبردهای سازمان‌ها می‌گذرد. مهم‌ترین دستاورد این روش ترسیم نقشه راهبردی است. در این نقشه با ترسیم روابط علی بین اهداف راهبردی، امکان تحلیل‌های گوناگون فراهم شده و در تصمیم‌گیری مدیران نقش به‌سزایی دارد. برای دستیابی به یک نقشه راهبردی دقیق لازم است شدت هر رابطه علی به درستی تخمین زده شود. از این رو تخمین ضرایب این روابط در نقشه‌های راهبردی مورد توجه قرار گرفته است. از مهم‌ترین روش‌های موجود می‌توان روش‌های دیمتل و دلفی را نام برد که مبتنی بر نظرات کارشناسان می‌باشند. البته ممکن است نظرات کارشناسان در حوزه‌های پیچیده کسب و کار دقیق نباشند، لذا به کارگیری الگوریتم‌های هوش محاسباتی بر اساس داده‌های موجود برای تخمین دقیق‌تر ضرایب علی مفید است. مورد مطالعه این تحقیق، نقشه راهبردی یک مؤسسه مالی بوده که روابط بین اهداف راهبردی و ضرایب آنها به روش دلفی- فازی از نظرات کارشناسان از قبل تعیین شده‌اند. هدف اصلی در این مقاله، تخمین دقیق‌تر ضرایب علی به کمک داده‌های موجود و الگوریتم‌های هوش محاسباتی می‌باشد. بدین منظور، ابتدا نقشه راهبردی را به ازای هر هدف معلول موجود به چند نقشه شناختی فازی تجزیه کرده و سپس از الگوریتم جستجوی گرانشی برای آموزش هر نقشه شناختی فازی استفاده شده است. هدف از آموزش نقشه‌های شناختی، تعیین ضرایب علی بهینه بر اساس دو تابع هدف می‌باشد. تابع هدف اول، سعی در کاهش خطای پیش‌بینی مقادیر درصد تحقق اهداف راهبردی را داشته و تابع هدف دوم، ضرایب علی را در بازه تعیین‌شده توسط کارشناسان نگاه می‌دارد. نتایج به دست آمده از روش پیشنهادی، خطای مدل را نسبت به مدل کارشناسان کاهش داد. از مقایسه نتایج الگوریتم جستجوی گرانشی با سایر الگوریتم‌های بهینه‌یابی نیز مشاهده شد که الگوریتم جستجوی گرانشی در تعداد گام‌های کمتری در مقایسه با الگوریتم‌های بهینه‌یابی ازدحام ذرات و اجتماع مورچگان نقطه بهینه سراسری را می‌یابد.

کلیدواژه: الگوریتم جستجوی گرانشی، روش کارت امتیازی متوازن، نقشه راهبردی، نقشه شناختی فازی.

۱- مقدمه

روش کارت امتیازی متوازن^۱ برای نخستین بار در سال ۱۹۹۲ معرفی شد [۱]. در ارزیابی عملکرد به این روش تنها شاخص‌های مالی کافی نیستند، بلکه باید به سایر جنبه‌های سازمان نیز پرداخته شود. در این

این مقاله در تاریخ ۱ اردیبهشت ماه ۱۳۹۳ دریافت و در تاریخ ۲۰ آبان ماه ۱۳۹۳ بازنگری شد.

علی جهان‌بیگی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، (email: st_a_jahanbeigi@azad.ac.ir).

منصور شیخان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، (email: msheikh@azad.ac.ir).

محسن روحانی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، (email: m.rohani@niopdc.ir).

2. Strategy Management

3. Strategy Map

4. Causality Coefficient

1. Balanced Scorecard

باید اشاره کرد که نقشه شناختی فازی یک ابزار ساده ولی قدرتمند برای مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده است [۱۱] و کاربرد گسترده‌ای در حوزه‌های پزشکی [۱۲]، مهندسی [۱۱] و [۱۳]، اقتصاد [۱۴] و مدیریت [۱۵] دارد.

در تهیه نقشه‌های شناختی فازی معمولاً از تجمیع نظرات کارشناسان استفاده می‌شود. هر چند نظر کارشناسان حایز اهمیت است، لیکن برای تخمین دقیق‌تر ضرایب وزن از الگوریتم‌های یادگیری و روش‌های هوش مصنوعی استفاده می‌شود [۹].

نقشه راهبردی مؤسسه مورد مطالعه در این تحقیق، شامل ۱۷ هدف راهبردی است. درصد تحقق هر هدف راهبردی توسط شاخص‌های مرتبط با آنها سنجیده شده و به طور ماهیانه اندازه‌گیری می‌شوند. همچنین از قبل به روش دلفی- فازی و به کمک نظرات خبرگان روابط بین اهداف راهبردی شناسایی شده و برای ضرایب وزن هر رابطه، یک کمیت فازی برآورد شده است. در این تحقیق به ازای هر گره معلول و گره‌های علت آن در نقشه راهبردی، یک نقشه شناختی فازی ترسیم شده است. گره‌ها همان اهداف راهبردی و یال‌ها روابط علی بین آنها می‌باشند. مقادیر فعالیت اهداف راهبردی همان درصد تحقق هر هدف راهبردی هستند.

ساختار این مقاله بدین ترتیب است: ابتدا مروری بر روش‌های ساخت نقشه راهبردی داشته و سپس الگوریتم‌های آموزش نقشه‌های شناختی مورد بررسی قرار می‌گیرند. در بخش ۳ شرح مسأله و روش پیشنهادی برای تخمین دقیق‌تر ضرایب علی نقشه راهبردی مورد مطالعه به کمک الگوریتم جستجوی گرانشی (GSA) ارائه می‌شود. در بخش ۴ نتایج به دست آمده از الگوریتم جستجوی گرانشی با سایر الگوریتم‌های بهینه‌یابی مقایسه شده و در بخش ۵ نتایج مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند. در بخش ۶ نیز نتیجه‌گیری و پیشنهاد برای کارهای آتی ارائه می‌شود.

۲- مبانی تشکیل نقشه راهبردی

نقشه راهبردی دارای چهار طبقه متناظر با هر دیدگاه در روش کارت امتیازی متوازن می‌باشد. در پایین‌ترین طبقه، دیدگاه رشد و یادگیری، در طبقه بالایی آن، دیدگاه فرایندهای داخلی و در طبقات بعد به ترتیب دیدگاه‌های مشتری و مالی قرار دارند. در این نقشه هر کدام از اهداف راهبردی در دیدگاه متناظر با خود قرار می‌گیرد. به طور کلی اهداف در طبقات پایین‌تر، علت برای اهداف در طبقات بالایی نقشه می‌باشند و این جهت‌گیری کلی بین روابط وجود دارد. در حقیقت، تحقق اهداف در دیدگاه فرایندهای داخلی در گرو تحقق اهداف در دیدگاه رشد و یادگیری می‌باشد. به همین ترتیب، تحقق اهداف دیدگاه مشتری در گرو تحقق اهداف در دیدگاه فرایندهای داخلی بوده و دستیابی به اهداف دیدگاه مالی در گرو تحقق اهداف در سه دیدگاه دیگر می‌باشد. با ترسیم اهداف راهبردی در هر دیدگاه، نقشه راهبردی ترسیم می‌شود اما بخش مهم در این نقشه تعیین روابط علی بین اهداف راهبردی و ضرایب آنها است [۱۶]. در ادامه، روش‌های مورد مطالعه برای تخمین ضرایب علی در نقشه راهبردی مرور می‌شوند.

۲-۱ روش‌های تخمین ضرایب علی در نقشه راهبردی

در این تحقیق می‌خواهیم شدت روابط علی در نقشه راهبردی سازمان را تخمین بزنیم. تعداد کمی تحقیق مرتبط با این موضوع یافت شد که در ادامه به بیان آنها می‌پردازیم. در سال ۲۰۰۸، یک روش برای ساخت نقشه

ارشد و تصمیم‌گیری‌های سازمان بسیار اهمیت دارد و لذا در ساخت این نقشه و تعیین ضرایب علیت آن باید دقت شود [۳].

معمولاً از نظرات کارشناسان و به کمک روش‌های DEMATEL^۱ و دلفی نقشه راهبردی سازمان ترسیم می‌شود. در ترسیم یک نقشه راهبردی، تعیین روابط علی بین اهداف راهبردی و ضرایب آنها مهم است. البته ممکن است نظرات کارشناسان در حوزه‌های پیچیده کسب و کار، دقیق نباشند و از این رو با به کارگیری الگوریتم‌های هوش محاسباتی و به کمک داده‌های موجود سعی در تخمین دقیق‌تر ضرایب وزن دارند [۴] تا [۶].

در این تحقیق، نقشه راهبردی به کمک نقشه شناختی فازی مدل شده و از الگوریتم‌های آموزش این نقشه‌ها استفاده شده است. نقشه شناختی^۲ اولین بار در سال ۱۹۷۶ معرفی شد [۷]. نقشه شناختی یک گراف جهت‌دار بود که گره‌های آن، مفاهیم یک سیستم و یال‌ها روابط بین آنها را ترسیم می‌کردند. بر روی هر یال در یک نقشه شناختی، یک علامت مثبت یا منفی درج می‌شد. یال با علامت مثبت نشان‌دهنده یک رابطه علی مثبت و یال با علامت منفی، یک رابطه علی معکوس را مشخص می‌کرد. نقشه شناختی دارای یک ماتریس ارتباطات با مقادیر "صفر" یا "یک" بود. مقدار "صفر" نشان‌دهنده عدم وجود ارتباط و مقدار "یک" ارتباط بین دو گره را بیان می‌کرد. نقشه شناختی میزان شدت یک رابطه علی را بیان نمی‌کرد و این موضوع مورد توجه گروهی از محققان قرار گرفت تا ۱۰ سال بعد، نقشه شناختی فازی (FCM)^۳ معرفی شد [۸]. در نقشه شناختی فازی، شدت تأثیر در یک رابطه علی به کمک عبارات فازی تعیین می‌شود. در نهایت با فازی‌زدایی^۴، عبارات فازی به مقادیر یا ضرایب علیت تبدیل می‌شوند. این ضرایب در بازه [۱، -۱] قرار می‌گیرند. مقادیر وزن یا همان ضرایب علیت مثبت، نشان‌دهنده رابطه علی مستقیم و مقادیر وزن منفی، نشان‌دهنده رابطه علی معکوس می‌باشند. مقدار +۱ (-۱) به تأثیر بیشینه (کمینه) یک علت در معلول اشاره دارد و مقدار "صفر" نشان‌دهنده عدم وجود رابطه بین دو گره می‌باشد. برای یک نقشه شناختی فازی می‌توان مجموعه ضرایب علیت را با یک ماتریس ضرایب نمایش داد [۹].

در یک نقشه شناختی فازی، مقدار هر گره را در گام t ام با A_i^t نشان می‌دهیم. به مقدار هر گره، اصطلاحاً مقدار فعالیت^۵ آن گره نیز گفته می‌شود که در نقشه شناختی در بازه $[0, +1]$ تعریف می‌شود. مقدار "یک" نشان‌دهنده فعالیت بیشینه یک گره و مقدار "صفر" غیر فعال بودن آن گره را نشان می‌دهد.

در نقشه شناختی فازی برای تعیین مقدار فعالیت یک گره معلول که از سایر گره‌ها تأثیر می‌پذیرد از (۱) استفاده می‌شود

$$A_i^{t+1} = f(A_i^t + \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{ji} A_j^t) \quad (1)$$

در (۱)، A_i^{t+1} مقدار فعالیت گره i ام در گام $t+1$ ، w_{ji} میزان شدت رابطه بین گره‌های j و i و n مبین تعداد گره‌های تأثیرگذار بر گره i ام می‌باشد. برای این که مقدار محاسبه‌شده از (۱) در بازه $[0, +1]$ قرار گیرد از تابع f (به عنوان نمونه، تابع سیگموئید) استفاده می‌شود [۱۰].

1. Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
2. Cognitive Map
3. Fuzzy Cognitive Map
4. Defuzzification
5. Activation

۲-۲ الگوریتم‌های آموزش نقشه‌های شناختی فازی

الگوریتم‌های آموزش نقشه شناختی فازی در سه دسته مبتنی بر قاعده هب^۱، مبتنی بر جمعیت^۲ و ترکیبی قرار می‌گیرند. الگوریتم‌های دسته اول از قانون هب برای به روز رسانی مقادیر وزن یال‌ها استفاده می‌کنند. اولین الگوریتم ارائه‌شده در این مورد، الگوریتم یادگیری تفاضلی هب^۳ (DHL) نام داشت [۲۳]. بر اساس این الگوریتم اگر تغییر در مقدار فعالیت یک گره هم‌زمان با تغییر مقدار فعالیت گره دیگر باشد، نشان‌دهنده ارتباط بین آنها است. لذا اگر تغییرات دو گره هم‌خوانی داشته باشند، مقدار وزن یال بین آنها افزایش می‌یابد و در غیر این صورت مقدار وزن کاهش می‌یابد. ضرایب وزن در تکرارهای متوالی تا حصول مقادیر مطلوب به روز رسانی می‌شوند.

مشکل اصلی الگوریتم تفاضلی بررسی زوجی هر دو گره بود و از اثرات هم‌زمان چند گره بر یک گره صرف نظر می‌شد [۲۴]. جهت حل این مشکل، الگوریتم تفاضلی متوازن^۴ (BDA) معرفی گردید. در این الگوریتم الگوریتم تأثیر سایر گره‌ها بر یک گره نیز مورد بررسی قرار گرفته و به نسبت سهم هر گره، وزن یال‌ها به روز رسانی می‌شود. هر چند این الگوریتم مشکل الگوریتم تفاضلی را مرتفع نمود، لیکن فقط در نقشه‌های شناختی باینری به کار گرفته شد [۲۵].

الگوریتم دیگری نیز به نام الگوریتم یادگیری هب فعال^۵ (AHL) ارائه شده که ترتیبی از فعال شدن گره را دریافت کرده و بر این اساس ضرایب وزن یال‌ها را به روز رسانی می‌کند [۲۶]. با وجود این که نتایج این الگوریتم مطلوب بود، لیکن در بسیاری از کاربردها امکان تعیین ترتیب فعال‌سازی گره‌ها وجود ندارد [۲۴]. در ضمن، الگوریتم دیگری نیز با نام الگوریتم یادگیری هب غیر خطی^۶ (NHL) ارائه شده [۲۷] و همچنین نسخه دیگری از این الگوریتم به نام الگوریتم غیر خطی مبتنی بر داده‌ها^۷ (DD-NHL) معرفی شده است. نتایج نشان می‌داد در صورت وجود داده‌های کافی، الگوریتم غیر خطی مبتنی بر داده‌ها در تهیه نقشه شناختی از دقت بالاتری نسبت به الگوریتم غیر خطی برخوردار است [۲۴]. البته ترکیب الگوریتم هب غیر خطی با نظریه سیستم‌های خاکستری^۸ نیز ارائه شده که جهت تطبیق با خصوصیت عدم قطعیت در داده‌ها معرفی شده است [۲۷].

دسته دوم از الگوریتم‌های آموزش نقشه شناختی فازی، الگوریتم‌های مبتنی بر جمعیت می‌باشند. این الگوریتم‌ها شامل الگوریتم وراثتی، انواع الگوریتم‌های تکاملی و الگوریتم‌های بهینه‌یابی هوشمند هستند. اولین بار در سال ۲۰۰۱ از الگوریتم وراثتی جهت تعیین ضرایب یال‌ها در آموزش نقشه‌های شناختی استفاده شد. این الگوریتم به مجموعه‌هایی از زوج‌های ورودی و خروجی در قالب بردارهای حالت نیازمند است. در بسیاری از حوزه‌های کاربردی، تعیین بردارهای حالت و مشخص کردن ترتیب آنها دشوار است [۲۸].

در ادامه، الگوریتم بهینه‌یابی ازدحام ذرات^۹ (PSO) برای آموزش

راهبردی مبتنی بر تفکر سیستمی ارائه شد [۱۷]. در این روش از تجربیات مدیران سازمان‌ها جهت ترسیم روابط علی بین عناصر راهبردی استفاده شده و فواید و مشکلات پیش روی طراحی نقشه راهبردی مورد بررسی قرار گرفته است. یک سال بعد، روشی برای تشخیص و انتخاب اهداف راهبردی مناسب برای نقشه راهبردی بر مبنای ماتریس تحلیل نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها ارائه شد [۱۶]. برخی دیگر از مطالعات، روش‌های کمی و چندمعیاره را برای شناسایی روابط بین اهداف راهبردی به کار بردند. به عنوان نمونه در سال ۲۰۰۸ از تکنیک DEMATEL برای تشخیص روابط علی بین سیاست‌های تأثیرگذار در شرکت‌ها استفاده شده و دو عامل مهم و تأثیرگذار شناسایی شدند [۱۸]. روش DEMATEL ابتدا به وسیله یک پرسش‌نامه، شدت ارتباط‌های دوه‌دوی علی عناصر را به کمک نظرات کارشناسان تعیین می‌کند. کارشناسان بر اساس تجربیات و دانش خود، شدت ارتباط هر دو عنصر را با عبارات فازی تعیین می‌کنند. بدین ترتیب به ازای هر کارشناس یک ماتریس از شدت ارتباط‌ها داریم که آن را با Z^p نمایش می‌دهیم. پارامتر p مشخص‌کننده شماره کارشناس است. در مرحله بعد ماتریس Z از میانگین‌گیری نظرات کارشناسان تهیه شده و سپس آن را به‌هنگار می‌کنیم. بعد از انجام محاسبات بر روی ماتریس هنجار شده X ، ماتریس نهایی ضرایب علی T به دست می‌آید. در این ماتریس، سطرها و ستون‌ها همان عناصر روابط علی بوده و دو معیار از این ماتریس برای هر عنصر تعریف می‌شود. ابتدا پارامترهای D و R به ترتیب از جمع سطرها و ستون‌های متناظر با هر عنصر محاسبه شده و سپس معیارهای $D+R$ و $D-R$ محاسبه می‌شوند. در نهایت، معیارهای محاسبه‌شده فازی‌زدایی می‌شوند و برای هر عنصر یک جفت عدد به صورت $[D-R, D+R]$ حاصل می‌شود. معیار $D+R$ مشخص می‌کند که یک عنصر چه قدر بر سایرین تأثیر داشته و معیار $D-R$ نشان می‌دهد که یک عنصر به چه میزان از سایرین تأثیر می‌پذیرد. هرچه معیار اول بزرگ‌تر باشد، نشان‌دهنده نقش قوی‌تر علت برای عنصر است و روابط بیشتری را باید برای عنصر در نظر گرفت. اگر معیار دوم منفی باشد، نشان‌دهنده نقش معلول برای عنصر و اگر مثبت باشد، نشان می‌دهد که عنصر در گروه علت‌ها قرار می‌گیرد. بدین ترتیب روابط علی بین عناصر شفاف شده و ضرایب علی تعیین می‌شوند [۱۹].

در پژوهشی در سال ۲۰۱۱ از این تکنیک برای مدل‌سازی روابط بین اهداف در نقشه‌های راهبردی استفاده شد. البته نحوه استخراج نقشه راهبردی از تحلیل صورت‌گرفته در این پژوهش به صورت دقیق مشخص نشده است [۴]. در سال ۲۰۱۲ نیز از این روش برای ساخت نقشه راهبردی یک بانک استفاده شد [۵]. در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ از ترکیب روش‌های DEMATEL و تحلیل شبکه‌ای برای مدل‌سازی و تحلیل روش کارت امتیازی متوازن استفاده شد [۲۰] و [۲۱]. در سال ۲۰۱۴ نیز از ترکیب روش‌های تحلیل سلسله‌مراتبی و برنامه‌ریزی خطی برای طراحی نقشه راهبردی استفاده شد [۲۲].

همان‌طور که مشاهده می‌شود در مطالعات صورت‌گرفته عموماً از نظرات کارشناسان استفاده شده و تجمیع نظرات آنها منتج به ترسیم روابط علی و گاه تخمین ضرایب آنها می‌شود. در پژوهشی دیگر در سال ۲۰۱۳، نقشه راهبردی به کمک نقشه شناختی فازی مدل شده و از آن برای شبیه‌سازی و تحلیل‌های عملکرد سازمان و راهبردهای آن استفاده شده است [۱۵]. در پژوهش حاضر، نقشه راهبردی به کمک نقشه شناختی فازی مدل شده و از الگوریتم‌های هوشمند آموزش نقشه شناختی برای تخمین دقیق‌تر ضرایب علی بر اساس داده‌های موجود استفاده شده است. لذا در ادامه، الگوریتم‌های آموزش نقشه شناختی مرور می‌شوند.

1. Hebb
2. Population-Based
3. Differential Hebbian Learning
4. Balanced Differential Algorithm
5. Active Hebbian Learning
6. Nonlinear Hebbian Learning
7. Data-Driven NHL
8. Grey System Theory
9. Particle Swarm Optimization

جدول ۱: فهرست اهداف راهبردی بانک مورد مطالعه در این تحقیق.

عنوان هدف راهبردی	نام اختصاری
توسعه بخش تجهیز منابع	SG۱-۱
توسعه منابع سپرده‌های ارزان‌قیمت	SG۱-۲
توسعه خدمات الکترونیک و افزایش کیفیت	SG۲-۱
افزایش کاربرد خدمات الکترونیک	SG۲-۲
ارتقای رضایت مشتری	SG۳-۱
جذب مشتریان جدید	SG۳-۲
حرکت به سمت تعادل در نسبت تسهیلات به سپرده	SG۴
افزایش بهره‌وری نیروی انسانی	SG۵-۱
افزایش رضایت کارمندان	SG۵-۲
افزایش دانش نیروی انسانی	SG۵-۳
افزایش مهارت نیروی انسانی در جذب سپرده	SG۵-۴
کاهش مطالبات غیر جاری	SG۶
بهبود بازدهی و سودآوری	SG۷
افزایش سهم بانک در گردش و سرمایه‌گذاری بخش ساختمان	SG۸
افزایش درآمدهای کارمزمحور	SG۹
توسعه تسهیلات تجاری	SG۱۰
تقویت تأمین مالی از سایر ابزارهای غیر سپرده‌ای	SG۱۱

عامل واگذار می‌کرد [۱۴]. در سیستم چندعاملی^۵ هر عامل توسط الگوریتم الگوریتم ازدحام ذرات، نقشه‌شناختی خود را آموزش داده و در نهایت از تجمع آنها نقشه‌شناختی کامل به دست می‌آید. این راهکار جهت افزایش سرعت الگوریتم به کار گرفته شد. در سال ۲۰۱۲ نیز از الگوریتم بهینه‌یابی اجتماع مورچگان^۶ (ACO) بدین منظور استفاده شد [۳۲]. نتایج نتایج تجربی مشخص کرد که خطای مدل نسبت به الگوریتم‌های RCGA، NHL و DD-NHL کاهش داشته و این الگوریتم عملکرد بهتری در ساخت نقشه‌شناختی دارد. البته الگوریتم اجتماع مورچگان به بیش از یک مقدار فعالیت برای گره‌ها نیاز دارد.

دسته سوم از الگوریتم‌های آموزش نقشه‌شناختی، ترکیبی از دو دسته قبلی می‌باشند. برای نمونه از الگوریتم هب غیر خطی استفاده کرده و سپس به کمک الگوریتم تکاملی ضرایب وزن را دقیق‌تر تخمین زدند [۳۳].

۳- راه حل پیشنهادی برای تخمین دقیق‌تر ضرایب علی در نقشه راهبردی

۳-۱ تشریح مسأله

در این تحقیق از سند راهبردی موجود در یک بانک که در سال ۱۳۹۱ برای مدت پنج سال تهیه شده، استفاده شده است. در این سند بر اساس اسناد بالادستی سازمان، چشم‌انداز و مأموریت‌ها تدوین و به کمک تحلیل‌های مختلف از جمله ماتریس نقاط ضعف، قوت، تهدیدها و فرصت‌ها، راهبردها تعیین شده‌اند. بر اساس روش کارت امتیازی متوازن، اهداف بلندمدت راهبردی استخراج می‌شود. در سند راهبردی، ۱۷ هدف راهبردی به شرح جدول ۱ وجود دارد.

در مورد مطالعه این تحقیق، روابط بین اهداف راهبردی به کمک تجمیع نظرات کارشناسان شناسایی شده که در جدول ۲ مشاهده می‌شود. برای هر رابطه علی دو هدف وجود دارد که یکی علت برای تحقق دیگری بوده که معلول نامیده می‌شود. در جدول ۲ ضرایب علی نیز به دو صورت "فازی" و "فازی‌زدایی شده" مشاهده می‌شوند. این ضرایب نیز از طریق پرسش‌نامه از کارشناسان به صورت فازی تهیه شده و به روش دلفی-فازی تجمیع شده‌اند. روش دلفی اولین بار در اوایل دهه ۱۹۵۰ میلادی در نیروی هوایی آمریکا به منظور تجمیع نظرات خبرگان در مورد این که "انفجار چند بمب اتمی شوروی در آمریکا، موجب چه میزان خسارت می‌شود؟" شکل گرفت. نسخه فازی این روش در دهه ۱۹۸۰ میلادی معرفی شد. در این روش، نظرات فازی کارشناسان در قالب پرسش‌نامه اخذ شده و بعد از تجمیع، نتایج به همراه یک پرسش‌نامه خالی برای تجدید نظر دوباره به کارشناسان داده می‌شود. این کار تا رسیدن به اجماع و کاهش اختلافات ادامه پیدا می‌کند [۶] و [۳۴]. به هر حال، فرایند مذکور مد نظر این مطالعه نبوده و فقط از نقشه راهبردی ایجادشده در سازمان بر اساس این روش، استفاده خواهیم کرد.

در جدول ۲ تعداد ۲۳ رابطه علی و ضرایب آنها به روش فوق شناسایی شده که ما با استفاده از این جدول سعی می‌کنیم تا مقادیر ضرایب وزن نقشه‌شناختی را دقیق‌تر تخمین بزنیم.

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، در ستون اول ۱۰ هدف راهبردی نام برده شده که در نقش معلول هستند و سایر اهداف، بر این ۱۰ هدف تأثیرگذار می‌باشند.

نقشه‌شناختی به کار گرفته شد. تابع برازش^۱ در این الگوریتم و سایر الگوریتم‌های این دسته، میزان خطای مقادیر فعالیت پیش‌بینی شده است. مقادیر فعالیت پیش‌بینی شده توسط مدل به کمک (۱) یا شبیه این معادله محاسبه می‌شوند. در این الگوریتم، هدف یافتن ماتریس ضرایب از نقشه است که میزان تابع برازش را کمینه نماید. این الگوریتم، بازه‌های مجاز ضرایب وزن را به عنوان ورودی دریافت کرده و در این بازه‌ها مقادیر بهینه را بر اساس تابع برازش پیدا می‌کند. بازه‌های مجاز ضرایب وزن نیز توسط کارشناسان تعیین می‌شوند [۲۴]. در سال ۲۰۰۵، الگوریتم دیگری بر پایه الگوریتم ازدحام ذرات ارائه شد که در آن، بازه‌های تعیین‌شده ضرایب وزن دریافت شده و ماتریس ضرایب بهینه جهت کاهش میزان خطای مدل به دست می‌آید. در این الگوریتم نیز بازه‌های ضرایب وزن توسط کارشناسان تعیین شدند [۲۹].

از یک الگوریتم توسعه‌یافته وراثتی به نام RCGA^۲ با امکان کار با اعداد اعشاری نیز جهت تخمین ضرایب وزن اعشاری استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که نقشه‌های ایجادشده توسط این الگوریتم از کیفیت مطلوبی برخوردار هستند. این الگوریتم تنها با تکیه بر داده‌های موجود، روابط و ضرایب آنها را تعیین می‌کند و نیازی به دانش کارشناسان ندارد. منظور از دانش کارشناسان، تخمین اولیه کارشناسان از روابط و بازه ضرایب وزن می‌باشد. نسخه موازی این الگوریتم و راهکار تقسیم و حل آن^۳ جهت بهبود مقیاس‌پذیری الگوریتم نیز در سال‌های بعد ارائه گردید [۹] و [۳۰].

در سال ۲۰۰۷ از الگوریتم شبیه‌سازی تبرید^۴ (SA) نیز برای آموزش نقشه‌های شناختی استفاده شده که این الگوریتم سریع‌تر از الگوریتم وراثتی است [۳۱]. در سال ۲۰۱۱ نیز الگوریتمی ارائه شد که نقشه شناختی را به چند نقشه کوچک‌تر تقسیم کرده و هر قسمت را به یک

1. Fitness Function
2. Real-Coded Genetic Algorithm
3. Divide and Conquer
4. Simulated Annealing

5. Multi-Agent

6. Ant Colony Optimization

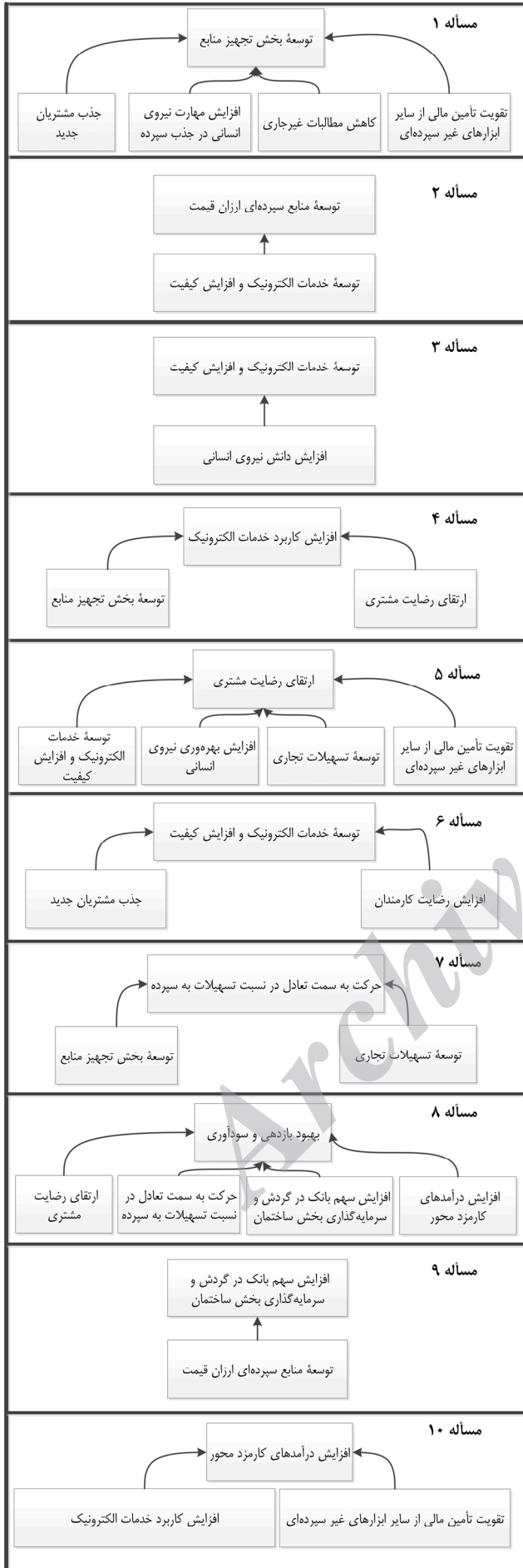
جدول ۲: روابط علی موجود بین اهداف راهبردی و ضرایب آنها.

هدف راهبردی معلول	هدف راهبردی علت	مقدار فازی مثلثی برای ضرایب وزن			مقدار فازی زدایی شده به روش مرکز ثقل
		حد پایین	حد میانی	حد بالا	
SG1-1	SG11	-0.695	-0.475	-0.26	-0.47472
SG1-1	SG3-2	0.125	0.225	0.435	0.3337
SG1-1	SG5-4	0.2325	0.4375	0.643	0.4375
SG1-1	SG6	0.01	0.25	0.265	0.0968
SG1-2	SG2-1	0.425	0.1	0.32	0.14706
SG2-1	SG5-3	0.3375	0.5625	0.788	0.5625
SG2-2	SG1-1	0.05	0.125	0.258	0.09164
SG2-2	SG3-1	0.6825	0.8875	0.955	0.84024
SG3-1	SG10	0.225	0.05	0.29	0.12042
SG3-1	SG11	0.225	0.05	0.29	0.12042
SG3-1	SG2-1	0.425	0.1	0.32	0.14706
SG3-1	SG5-1	0.14	0.3	0.51	0.31717
SG3-2	SG2-1	0.275	0.0625	0.298	0.0625
SG3-2	SG5-2	0.1225	0.2875	0.453	0.2875
SG4	SG10	0.385	-0.25	-0.04	-0.22477
SG4	SG1-1	0.5025	0.6875	0.86	0.68368
SG7	SG3-1	0.58	0.75	0.895	0.79274
SG7	SG4	0.635	-0.425	-0.22	-0.42437
SG7	SG8	0.15	0.375	0.273	0.10833
SG7	SG9	0.425	0.1	0.32	0.15425
SG8	SG1-2	0.03	0.75	0.295	0.13327
SG9	SG11	0.1925	0.3875	0.583	0.3875
SG9	SG2-2	0.66	0.85	0.94	0.8154

۳-۲ راه حل پیشنهادی

در این تحقیق بر اساس استقلال اهداف راهبردی معلول از یکدیگر، برای هر هدف راهبردی معلول و اهداف تأثیرگذار بر آن، یک نقشه شناختی فازی مدل‌سازی شده است. لذا ۱۰ نقشه شناختی فازی خواهیم داشت که هر کدام باید آموزش داده شوند و لذا هر کدام به عنوان یک مسأله هستند که باید حل شود. در هر نقشه شناختی یک گره معلول داریم که می‌خواهیم با شبیه‌سازی تأثیر سایر گره‌های علت، مقدار فعالیت آن گره معلول پیش‌بینی شود. سپس هر نقشه شناختی به کمک الگوریتم جستجوی گرانشی آموزش داده شده و ضرایب وزن تعیین شده توسط خبرگان بهبود می‌یابند. در حقیقت، نقشه کلی به چند نقشه شناختی فازی تجزیه شده و بعد از آموزش هر نقشه شناختی فازی و با جمع آنها، نقشه راهبردی به سادگی تهیه می‌شود. تخمین ضرایب نقشه راهبردی با این روش، جدید بوده و آموزش نقشه شناختی با الگوریتم جستجوی گرانشی نیز برای بار نخست در این تحقیق ارائه می‌شود. در شکل ۱ چگونگی تجزیه و مدل‌سازی نقشه راهبردی مورد مطالعه به ۱۰ نقشه شناختی فازی نشان داده شده است. با تعیین ضرایب وزن در هر نقشه شناختی فازی، در حقیقت ضرایب وزن نقشه راهبردی تعیین می‌شوند و لذا در ادامه باید هر نقشه را آموزش داده و ضرایب را به دست آورد.

در نقشه شناختی، هر گره دارای یک مقدار فعالیت است. برای نقشه‌های شناختی تشریح‌شده در این تحقیق، از درصد تحقق اهداف راهبردی استفاده شده است. جهت سنجش درصد تحقق اهداف از



شکل ۱: تبدیل نقشه راهبردی به ۱۰ نقشه شناختی فازی بر اساس روابط شناسایی شده بین اهداف راهبردی.

برای تابع هدف دوم (fit_2) از (۴) استفاده می‌شود. این معادله به گونه‌ای تعریف شده که چنانچه مقدار ضریب وزن درون بازه تعیین شده توسط خبرگان قرار بگیرد، مقدار آن صفر شود و در غیر این صورت میزان انحراف از بازه، قابل محاسبه باشد [۲۴] و [۲۹]

$$fit_2 = \sum_{i=1}^m H(\min_{w_i} - w_i) \times |\min_{w_i} - w_i| + H(w_i - \max_{w_i}) \times |w_i - \max_{w_i}| \quad (4)$$

\min_{w_i} و \max_{w_i} حدود بازه تعیین شده برای ضریب وزن w_i را بیان می‌کنند و m تعداد گره‌های تأثیرگذار بوده و تابع $H(\cdot)$ به صورت (۵) تعریف شده تا در صورتی که مقدار ضریب وزن خارج از بازه مجاز باشد، مقدار خطا را محاسبه کرده و در غیر این صورت میزان خطا صفر شود

$$H(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ 1, & x \geq 0 \end{cases} \quad (5)$$

در نهایت، تابع هدف کلی به صورت (۶) از تلفیق دو تابع هدف قبلی، محاسبه شده و الگوریتم سعی در کاهش مقدار آن را دارد

$$fitness_value = 0.5(fit_1 + fit_2) \quad (6)$$

در ادامه، الگوریتم جستجوی گرانشی تشریح می‌شود تا از آن برای آموزش نقشه‌شناختی فازی استفاده شود.

۳-۴ الگوریتم جستجوی گرانشی

الگوریتم جستجوی گرانشی توسط راشدی و همکاران در سال ۲۰۰۹ ارائه شد [۳۵] که بر مبنای قانون گرانش نیوتن می‌باشد. این قانون بیان می‌کند "هر ذره‌ای در جهان بر سایر ذرات نیرویی وارد می‌کند که بزرگی آن با مقدار جرم آنها رابطه مستقیم داشته و با فاصله بین آن دو رابطه معکوس دارد".

در این الگوریتم، ذرات به طور تصادفی در فضای جستجوی مسأله توزیع می‌شوند و لذا هر ذره شامل یک راه حل می‌باشد. در هر تکرار الگوریتم، ذرات بر اساس نیروهای وارد بر آنها حرکت می‌کنند و در موقعیت جدید قرار می‌گیرند. میزان حرکت ذرات بر اساس قانون دوم نیوتن بوده و مقدار جرم هر ذره با تابع هدف محاسبه می‌شود. ذرات با جرم سنگین‌تر نشان‌دهنده جواب بهتری برای مسأله می‌باشند. بر اساس قانون حرکت نیوتن، ذرات با جرم سنگین‌تر اینرسی بیشتری داشته و حرکت آنها کندتر می‌باشد و برعکس ذرات کوچک‌تر جابه‌جایی بیشتر داشته و عمدتاً به سمت جواب‌های بهینه حرکت می‌کنند [۳۵].

اگر n تعداد ابعاد مسأله باشد، موقعیت ذره i ام به صورت (۷) نمایش داده می‌شود که بیان‌گر یک راه حل است

$$X_i = (x_i^1, \dots, x_i^d, \dots, x_i^n) \quad (7)$$

در (۷)، x_i^d موقعیت مکانی ذره i ام در بعد d از فضای مسأله می‌باشد. نیروی وارد از ذره j ام بر ذره i ام به کمک (۸) محاسبه می‌شود

$$F_{ij}^d(t) = G(t) \frac{M_{pi}(t)M_{aj}(t)}{R_{ij}(t) + \epsilon} (X_j^d(t) - X_i^d(t)) \quad (8)$$

این معادله از قانون گرانش نیوتن استخراج شده و نیروی وارد بر جرم i ام از طرف جرم j ام را محاسبه می‌کند. پارامتر $M_{aj}(t)$ مقدار جرم گرانشی فعال ذره j ام و $M_{pi}(t)$ مقدار جرم گرانشی غیر فعال

شاخص‌های تدوین شده برای هر کدام استفاده می‌شود. به عنوان نمونه برای سنجش میزان دستیابی به هدف راهبردی "افزایش بهره‌وری نیروی انسانی" از تعدادی شاخص استفاده می‌شود. این شاخص‌ها عبارتند از "نسبت سود به کارکنان"، "نسبت سپرده به کارکنان"، "نسبت تسهیلات به کارکنان"، "درصد نیروی انسانی تحصیل کرده"، "مجموع ساعات آموزشی" و "سرانه بودجه رفاهی کارکنان".

هر شاخص دارای دو خصوصیت تحت عناوین "مقدار" و "هدف" می‌باشد. مقدار شاخص در مقاطع زمانی مختلف اندازه‌گیری شده و نشان‌دهنده عملکرد واقعی می‌باشد. هدف شاخص، مقدار مورد انتظار برای شاخص در مقاطع زمانی مختلف می‌باشد که توسط برنامه‌ریز تعیین می‌شود. هدف شاخص باید کمی باشد تا بتوان با مقدار شاخص آن را مقایسه نموده و میزان انحراف از برنامه را مورد پایش قرار داد. امتیاز شاخص، نشان‌دهنده میزان تحقق هدف شاخص بوده و معمولاً از نسبت مقدار شاخص به هدف آن محاسبه شده و بر حسب درصد بیان می‌شود. بعد از این که امتیاز هر شاخص به دست آمد، با محاسبه مجموع وزنی امتیازات شاخص‌های یک هدف راهبردی، درصد تحقق یا میزان دستیابی به آن هدف راهبردی سنجیده می‌شود.

در این تحقیق، درصد تحقق اهداف راهبردی در مقاطع ماهیانه از ابتدای سال ۱۳۹۱ تا پایان شهریور ماه ۱۳۹۲ محاسبه شده است. در ادامه، تابع هدف را تعریف کرده و از مقادیر درصد تحقق اهداف راهبردی به عنوان مقادیر فعالیت در نقشه‌های شناختی استفاده می‌شود.

۳-۳ تابع هدف

برای الگوریتم بهینه‌یابی دو هدف تعریف می‌شود: الف) کاهش خطای پیش‌بینی مقادیر درصد تحقق اهداف راهبردی و ب) ارائه مقادیر وزن در بازه تعیین شده توسط کارشناسان (این بازه همان کران پایین و بالای اعداد فازی مثلثی می‌باشد که از تجمیع نظرات کارشناسان به دست آمده است).

تابع هدف اول (fit_1) به صورت (۲) تعریف شده و برابر میانگین اندازه اختلاف مقدار محاسبه شده و مقدار واقعی گره معلول می‌باشد [۲۴] و [۲۸]

$$fit_1 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m |A_i^{estimate} - A_i^{actual}| \quad (2)$$

در (۲)، m تعداد داده‌های آموزشی در مقاطع زمانی مختلف می‌باشد. مقادیر فعالیت واقعی و محاسبه شده برای گره معلول در مقطع زمانی t به ترتیب با A_i^{actual} و $A_i^{estimate}$ نشان داده شده است. برای محاسبه مقدار فعالیت گره معلول از (۱) با کمی تغییر استفاده شده است [۲۴]. بدین ترتیب که در مسئله موردی این تحقیق، مقادیر فعالیت گره‌ها همان مقادیر درصد تحقق اهداف راهبردی می‌باشند و لذا تغییرات در هر گره می‌تواند علت تغییرات در گره دیگر باشد. بنابراین به جای استفاده از مقدار گره‌های علت از تغییرات آنها استفاده شده و (۳) به دست آمده است

$$A_i^{t+1} = A_i^t + \sum_{j=1}^n w_{ij} \Delta A_j \quad (3)$$

$$\Delta A_j = A_j^{t+1} - A_j^t$$

در (۳)، A_i^{t+1} مقدار گره i ام در گام $t+1$ و A_i^t مقدار آن در گام t می‌باشد. w_{ij} مقدار ضریب تأثیر رابطه علی بین گره‌های i و j است. ΔA_j برابر است با میزان تغییر مقدار فعالیت گره j ام در گام $t+1$ نسبت به مقدار قبلی خود در گام t و پارامتر n برابر تعداد گره‌های نقشه شناختی می‌باشد.

1. Active Gravitational Mass
2. Passive Gravitational Mass

جدول ۳: مقادیر پارامترهای الگوریتم جستجوی گرانشی.

پارامتر	توضیحات	مقدار (رابطه)
N	تعداد ذرات	۵۰
$Kbest$	تعداد ذرات تأثیرگذار	$Kbest = N[0.02 + (1 - \frac{iteration}{max_iteration}) \times 0.98]$
$G(t)$	ثابت گرانشی اولیه	۱
α	ضریب کاهش نمایی گرانش	۲۰
$max_iteration$	تعداد تکرارهای الگوریتم	۱۰۰

جدول ۵: مقادیر پارامترهای الگوریتم اجتماع مورچگان.

پارامتر	توضیحات	مقدار
$Number_ants$	تعداد مورچگان	۵۰
$max_iteration$	تعداد تکرارهای الگوریتم	۱۰۰
τ	میزان اولیه فرومون	۰.۱
α	میزان افزایش فرومون مسیر بهینه	۰.۴
ρ	میزان تبخیر فرومون	۰.۴

جدول ۴: مقادیر پارامترهای الگوریتم ازدحام ذرات.

پارامتر	توضیحات	مقدار
$swarm_size$	تعداد ذرات	۵۰
$max_iteration$	تعداد تکرارهای الگوریتم	۱۰۰
C_1	ضریب موقعیت بهینه محلی	۲.۲
C_2	ضریب موقعیت بهینه سراسری	۱.۸
W	ضریب اینرسی (سرعت قبلی ذره)	۰.۱۸

$$V_i^d(t+1) = rand \times V_i^d(t) + a_i^d(t) \quad (12)$$

در (۱۲)، a_i^d شتاب ذره i ام در بُعد d و V_i^d سرعت جاری ذره می‌باشد. بعد از محاسبه سرعت جدید، جابه‌جایی ذره i ام به صورت (۱۳) محاسبه می‌شود و در موقعیت جدید $X_i^d(t+1)$ قرار می‌گیرد

$$X_i^d(t+1) = X_i^d(t) + V_i^d(t+1) \quad (13)$$

در (۱۳)، $X_i^d(t)$ موقعیت قبلی ذره i ام در بُعد d از فضای مسأله می‌باشد. بدین ترتیب در هر گام، موقعیت ذرات بر اساس نیروهای وارد به روز رسانی می‌شود تا نقطه بهینه کشف شود. در ادامه، شبیه‌سازی آموزش نقشه‌های شناختی را تشریح کرده و نتایج به دست آمده ارائه می‌شود. شایان ذکر است که شبیه‌سازی و الگوریتم آموزش هر ۱۰ نقشه شناختی یکسان بوده و تنها متغیرها و مقادیر تغییر می‌کنند.

۴- شبیه‌سازی و نتایج

الگوریتم پیشنهادی برای هر مسأله به طور مجزا اجرا می‌شود و ضرایب وزن هر رابطه به نحوی تخمین زده می‌شوند که میزان تابع هدف ارائه‌شده در (۶) کمینه شود. در تابع هدف اول، به دنبال کاهش میزان خطای پیش‌بینی مقادیر درصد تحقق اهداف راهبردی هستیم. لذا بر اساس (۲) از میانگین اندازه اختلاف مقادیر پیش‌بینی با مقادیر واقعی گره معلول برای هر ماه استفاده می‌کنیم. مقادیر پیش‌بینی هر هدف معلول نیز بر اساس (۳) برای هر ماه محاسبه شده و در آن از ضرایب وزن مدل استفاده می‌شود. تابع هدف دوم در (۴) نیز میزان انحراف مقادیر وزن از بازه تعیین‌شده توسط کارشناسان را محاسبه می‌کند. برای مقایسه نتایج از خطای تابع هدف اول ($fit1$)، خطای تابع هدف دوم ($fit2$) و خطای تابع هدف نهایی ($fitness_value$) استفاده کرده که مقدار این خطاها به صورت مجموع برای ۱۰ مسئله موجود بیان می‌شوند. در این مورد، نتایج به دست آمده از الگوریتم جستجوی گرانشی با برخی الگوریتم‌های رقیب در حوزه آموزش نقشه شناختی فازی (مانند الگوریتم‌های بهینه‌یابی ازدحام ذرات [۲۹]، بهینه‌یابی اجتماع مورچگان [۳۲] و شبیه‌سازی تبرید [۳۱]) مقایسه شده است.

در جداول ۳ تا ۶ نیز به ترتیب مقادیر پارامترهای الگوریتم‌های جستجوی گرانشی، بهینه‌یابی ازدحام ذرات، بهینه‌یابی اجتماع مورچگان و شبیه‌سازی تبرید آورده شده‌اند.

ذره i ام می‌باشد. پارامتر $R_{ij}(t)$ فاصله اقلیدسی بین ذره i و j می‌باشد. پارامتر $G(t)$ ثابت گرانش بوده که با گذشت زمان بر اساس (۹) کاهش می‌یابد

$$G(t) = G(t) \times e^{-\frac{\alpha \cdot iteration}{max_iteration}} \quad (9)$$

در (۹)، $iteration$ شماره گام تکرار الگوریتم و $max_iteration$ حداکثر تعداد تکرار الگوریتم می‌باشد. α یک مقدار ثابت است و به گونه‌ای تنظیم می‌شود که با گذشت زمان مقدار G کاهش یابد.

برایند نیروهای وارد بر یک ذره به کمک (۱۰) به دست می‌آید. در این معادله دو نکته وجود دارد، نکته اول این است که مضارب تصادفی از نیروها با هم جمع می‌شوند تا خاصیت تصادفی الگوریتم حفظ شود. نکته دوم این که تنها تعدادی از نیروها با هم جمع می‌شوند و از تأثیر سایر نیروها صرف نظر می‌شود. در حقیقت نیروهای وارد از طرف ذرات بزرگ‌تر در محاسبه نیروی برآیند به کار گرفته می‌شوند. پارامتر $Kbest$ تعداد ذره‌های بزرگ تأثیرگذار در محاسبه نیروی برآیند را مشخص می‌کند. مقدار این پارامتر در ابتدای الگوریتم بزرگ بوده و با گذشت زمان کاهش می‌یابد. چون ذره‌های بزرگ‌تر راه حل‌های بهتر مسأله می‌باشند، لذا با کاهش مقدار $Kbest$ حرکت سایر ذره‌ها به سمت راه حل بهینه بیشتر می‌شود

$$F_i^d(t) = \sum_{j \in Kbest, j \neq i} rand \times F_{ij}^d(t) \quad (10)$$

پارامتر $F_i^d(t)$ مقدار نیروی برآیند وارد بر ذره i ام در بُعد d و گام t ، پارامتر $F_{ij}^d(t)$ مقدار نیروی وارد بر ذره i ام از طرف ذره j ام در بُعد d و گام t و $rand$ نیز یک عدد تصادفی در بازه $[0, +1]$ است.

بعد از محاسبه نیروی برآیند وارد بر یک ذره از تقسیم نیرو بر جرم، میزان شتاب ذره بر اساس (۱۱) محاسبه می‌شود

$$a_i^d = \frac{F_i^d}{M_{ii}} \quad (11)$$

در (۱۱)، M_{ii} مقدار جرم اینرسی ذره و a_i^d شتاب ذره i ام در بُعد d است.

بر اساس شتاب محاسبه‌شده، سرعت جدید ذره در گام $t+1$ بر اساس (۱۲) محاسبه می‌شود

جدول ۶: مقادیر پارامترهای الگوریتم شبیه‌سازی تبرید.

پارامتر	توضیحات	مقدار (رابطه)
T_1	دمای اولیه	۵۰۰۰
δ	کمینه دما	۰٫۱
T_{n+1}	مقدار دما در هر گام	$T_{n+1} = \alpha T_n$
α	نرخ کاهش دما	$\alpha = \frac{1}{1 + e^{-\Delta T}}$
		$\Delta = F(X^{neighbor}) - F^{best}$

مقدار را تقریبی از انحراف معیار یک ضریب وزن در نظر گرفت. همان‌طور که مشاهده می‌شود، میانگین میزان انحراف معیار برای ضرایب وزن تعیین‌شده توسط الگوریتم ازدحام ذرات در ۱۰۰ بار اجرای آن برابر ۰٫۰۲ می‌باشد که در مقایسه با سایر الگوریتم‌ها بهتر بوده و به ترتیب الگوریتم اجتماع مورچگان، جستجوی گرانشی و شبیه‌سازی تبرید در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند.

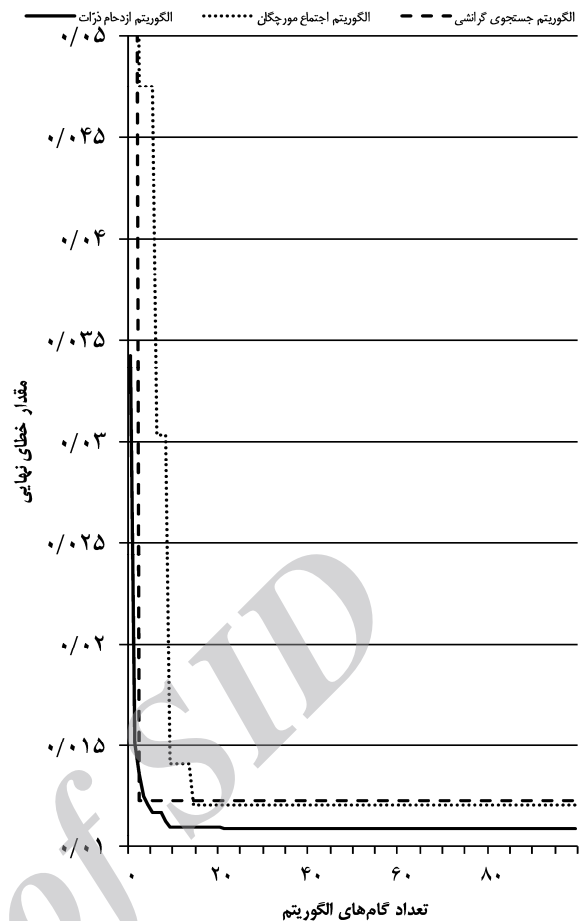
برای نشان‌دادن میزان موفقیت الگوریتم‌های مورد بررسی در یافتن راه حل بهینه سراسری و کاهش خطای نهایی نیز، شکل ۲ ترسیم شده است. این شکل میزان خطای نهایی برای آموزش نقشه‌شناختی مسأله اول (به عنوان نمونه) را در هر گام از الگوریتم‌ها نشان می‌دهد. در این مقایسه، الگوریتم شبیه‌سازی تبرید به دلیل از دست دادن مزیت رقابتی حذف شده است. الگوریتم ازدحام ذرات در گام ۵۱ در یافتن نقطه بهینه سراسری موفق شده و حداقل خطا در این گام به میزان ۰٫۰۱۰۹۰۹ می‌باشد. الگوریتم اجتماع مورچگان آخرین نقطه بهینه سراسری را در گام ۱۵ یافته و میزان خطا در این نقطه برابر ۰٫۰۱۲۰۸ است. آخرین نقطه بهینه یافت‌شده در الگوریتم جستجوی گرانشی نیز در گام ۳ از ۱۰۰ گام اجرای این الگوریتم بوده که مقدار خطا برابر ۰٫۰۱۲۳۱۲ است (جدول ۱۰). مزیت الگوریتم جستجوی گرانشی در همین جا است که در تعداد گام‌های بسیار کمتر از سایر الگوریتم‌های مورد بررسی در این تحقیق، همگرا شده و خطایی قابل مقایسه با سایر الگوریتم‌ها ارائه می‌نماید.

در شکل ۳، ضرایب وزن به دست آمده توسط الگوریتم جستجوی گرانشی برای روابط علی موجود در نقشه راهبردی مشاهده می‌شود. لازم به ذکر است با توجه به توضیحات بخش ۱ (در خصوص چهار دیدگاه مطرح‌شده با نام‌های مالی، مشتری، فرایندهای داخلی و رشد)، ترازبندی در شکل ۳ انجام شده و ۱۷ هدف کاربردی (ارائه‌شده در جدول ۱) به تناسب در این ترازها قرار گرفته‌اند. یادآوری می‌شود که نقشه کلی نیز به ۱۰ نقشه‌شناختی فازی تجزیه شده و بعد از آموزش هر نقشه‌شناختی فازی به کمک الگوریتم جستجوی گرانشی و با تجمیع آنها، نقشه راهبردی تهیه شده است. در این شکل روابط معکوس با خط‌چین مشخص شده و مقادیر وزن آنها منفی است.

۵- بحث و بررسی نتایج

از نتایج تشریح‌شده در بخش ۴ می‌توان نتیجه گرفت که در کاهش خطای نهایی، الگوریتم ازدحام ذرات از سایر الگوریتم‌های بهینه‌یابی مورد بررسی در این مطالعه، قدری بهتر عمل نموده و الگوریتم‌های اجتماع مورچگان و جستجوی گرانشی با فواصل بسیار کمی خطای نهایی قابل قبولی را ارائه می‌دهند. الگوریتم شبیه‌سازی تبرید به نسبت سایر الگوریتم‌ها میزان خطای بیشتری را ارائه داده و قابلیت رقابت با سایر الگوریتم‌ها را نداشت.

با توجه به روند میزان کاهش خطای نهایی به ازای هر گام از الگوریتم‌ها، متوجه عملکرد موفق‌تر الگوریتم جستجوی گرانشی در مقایسه



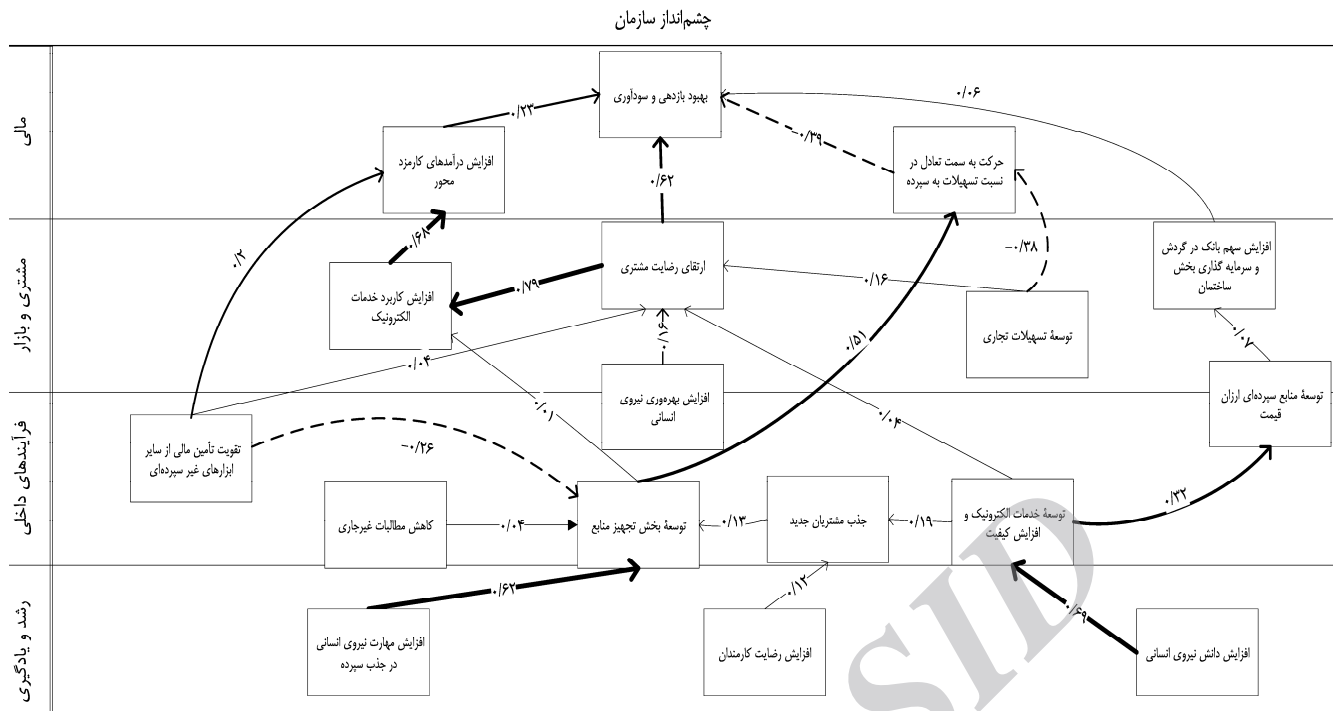
شکل ۲: مقدار خطای نهایی در گام‌های مختلف الگوریتم‌های مورد بررسی در آموزش نقشه‌شناختی مربوط به یک هدف راهبردی.

در جدول ۷ مقادیر خطای توابع هدف هنگام به کارگیری هر یک از این الگوریتم‌ها مشاهده می‌شود. الگوریتم‌های جستجوی گرانشی، بهینه‌یابی ازدحام ذرات و بهینه‌یابی اجتماع مورچگان در تحقق تابع هدف دوم (تعیین ضرایب وزن در بازه تعریف‌شده توسط کارشناسان) موفق بوده و میزان خطای تابع هدف دوم در آنها صفر یا نزدیک صفر می‌باشد. میزان خطای تابع هدف اول نیز در این سه الگوریتم کمتر از الگوریتم شبیه‌سازی تبرید می‌باشد. مقدار خطای نهایی نیز در این سه الگوریتم (جستجوی گرانشی، ازدحام ذرات و اجتماع مورچگان) نزدیک به هم بوده، لیکن الگوریتم ازدحام ذرات به میزان ۰٫۰۰۲ نسبت به الگوریتم اجتماع مورچگان و به میزان ۰٫۰۰۶ نسبت به الگوریتم جستجوی گرانشی در کاهش میزان خطای نهایی موفق‌تر بوده است. میزان خطا در الگوریتم شبیه‌سازی تبرید در مقایسه با سه الگوریتم مذکور بیشتر از حدود ۰٫۰۵ می‌باشد. در جدول ۸ میزان خطای نهایی برای هر یک از نقشه‌های شناختی فازی آورده شده که مجموع آنها، همان مجموع خطای نهایی برای ۱۰ مسأله است. هر کدام از الگوریتم‌ها ۱۰۰ بار اجرا شده و بهترین نتایج در جداول ۸ و ۹ آورده شده است.

در ادامه، جهت سنجش قابلیت اطمینان^۱ الگوریتم از شاخص انحراف معیار ضرایب وزن استفاده شده است. در جدول ۹، مجموع انحراف معیارهای ۲۳ ضریب علی در ۱۰ نقشه‌شناختی فازی مشاهده می‌شود. در این جدول از تقسیم مجموع انحراف معیارهای ضرایب وزن به تعداد آنها، میانگین انحراف معیار برای ضرایب وزن به دست می‌آید که می‌توان این

1. Reliability

نقشه راهبردی سازمان



شکل ۳: ضرایب وزن تعیین شده توسط الگوریتم پیشنهادی در نقشه راهبردی سازمان (ارتباطهای علی معکوس با خط چین ترسیم شده‌اند و ضرایب آنها منفی است).

جدول ۷: میزان خطای توابع هدف در صورت به کارگیری الگوریتم‌های مختلف برای آموزش نقشه‌های شناختی.

الگوریتم آموزش نقشه شناختی	مجموع خطای تابع هدف اول برای ۱۰ مسئله (SumFit1)	مجموع خطای تابع هدف دوم برای ۱۰ مسئله (SumFit2)	مجموع خطای تابع هدف نهایی برای ۱۰ مسئله (SumFit)
ازدحام ذرات	۰,۴۸۵۳۴۲	۰	۰,۳۴۲۶۷۱
اجتماع مورچگان	۰,۴۸۹۳۸۶	$1,11 \times 10^{-16}$	۰,۳۴۴۶۹۲
جستجوی گرانشی	۰,۴۹۷۰۹۶	۰	۰,۳۴۸۵۴۸
شبیه‌سازی تبرید	۰,۴۹۷۳۲۳	۰,۰۹۸۴۶۰	۰,۳۹۷۸۹۲

جدول ۸: میزان خطای نهایی به تفکیک هر نقشه شناختی فازی.

الگوریتم	PSO	ACO	GSA	SA
مجموع خطای نهایی برای ۱۰ مسئله (sumFit)	۰,۳۴۲۶۷۱	۰,۳۴۴۶۹۲	۰,۳۴۸۵۴۸	۰,۳۹۷۸۹۲
SG1-1	۰,۰۱۰۹۰۹	۰,۰۱۲۰۸	۰,۰۱۲۳۱۲	۰,۰۱۳۷۷
SG1-2	۰,۰۴۸۵۷۹	۰,۰۴۸۵۷۹	۰,۰۴۸۵۷۹	۰,۰۴۸۵۸۲
SG2-1	۰,۰۴۴۷۴۵	۰,۰۴۴۷۴۵	۰,۰۴۴۷۴۵	۰,۰۴۴۷۴۶
SG2-2	۰,۰۰۴۷۰۸	۰,۰۰۴۷۰۸	۰,۰۰۴۸۰۸	۰,۰۰۴۹۲۷
SG3-1	۰,۰۰۲۶۱۳	۰,۰۰۲۹۱۵	۰,۰۰۲۶۹۸	۰,۰۰۲۹۷۵
SG3-2	۰,۰۲۸۰۱۸	۰,۰۲۸۰۱۹	۰,۰۲۸۰۱۸	۰,۰۲۸۰۱۹
SG4	۰,۰۰۸۸۸۱	۰,۰۰۸۸۸۲	۰,۰۰۸۸۸۳	۰,۰۰۹۳۰۴
SG7	۰,۰۰۲۹۴۹	۰,۰۰۳۴۸۶	۰,۰۰۷۱۰۶	۰,۰۵۴۲۰۶
SG8	۰,۰۷۴۰۱۸	۰,۰۷۴۰۱۸	۰,۰۷۴۰۱۸	۰,۰۷۴۰۲
SG9	۰,۰۱۷۲۵۱	۰,۰۱۷۲۶	۰,۰۱۷۳۸۱	۰,۰۱۷۳۴۳

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادهای آتی

در این مطالعه، روشی برای تخمین دقیق‌تر ضرایب روابط علی در نقشه راهبردی سازمان از داده‌های موجود برای درصد تحقق اهداف راهبردی در ماه‌های مختلف ارائه شد که کمتر سابقه داشته است. یکی از ایده‌های روش پیشنهادی این بود که تغییر در مقادیر درصد تحقق یک

با سایر الگوریتم‌های بهینه‌یابی مورد بررسی در این مطالعه می‌شویم. بدین ترتیب که این الگوریتم در ۳ گام به مقدار خطای نهایی می‌رسد، حال آن که تعداد این گام‌ها در الگوریتم‌های ازدحام ذرات و اجتماع مورچگان به ترتیب ۵۱ و ۱۵ می‌باشد و این در حالی است که میزان خطای الگوریتم جستجوی گرانشی در نقطه بهینه سراسری نیز قابل مقایسه با دو الگوریتم دیگر می‌باشد.

جدول ۹: مجموع و میانگین انحراف معیار ضرایب وزن علیت.

الگوریتم	مجموع انحراف معیار برای ۲۳ ضریب وزن	میانگین انحراف معیار برای ضرایب وزن
ازدحام ذرات	۰/۴۴۲	۰/۰۲۰
اجتماع مورچگان	۱/۰۰۹	۰/۰۴۴
جستجوی گرانشی	۱/۸۲۲	۰/۰۸۰
شبیه‌سازی تبرید	۱۰/۵۱۲	۰/۴۵۷

جدول ۱۰: مقایسه سرعت همگرایی الگوریتم.

میزان خطا در نقطه بهینه سراسری	آخرین گامی که الگوریتم نقطه بهینه سراسری را از ۱۰۰ گام یافته است	الگوریتم
۰/۰۱۰۹۰۹	۵۱	ازدحام ذرات
۰/۰۱۲۰۸	۱۵	اجتماع مورچگان
۰/۰۱۲۳۱۲	۳	جستجوی گرانشی

مراجع

- [1] R. S. Kaplan and D. P. Norton, "The balanced scorecard-measures that drive performance," *Harvard Business Review*, vol. 70, no. 1, pp. 71-79, Jan. 1992.
- [2] R. S. Kaplan and D. P. Norton, "Using scorecard as a strategic management system," *Harvard Business Review*, vol. 74, no. 1, pp. 75-85, Jan. 1996.
- [3] R. S. Kaplan and D. R. Norton, *Strategy Maps: Converting Intangible Assets into Tangible Outcomes*, Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press, 2004.
- [4] J. Jassbi, F. Mohamadnejad, and H. Nasrollahzadeh, "A fuzzy DEMATEL framework for modeling cause and effect relationships of strategy map," *Expert Systems with Applications*, vol. 38, no. 5, pp. 5967-5973, May 2011.
- [5] H. Y. Wu, "Constructing a strategy map for banking institutions with key performance indicators of the balanced scorecard," *Evaluation and Program Planning*, vol. 35, no. 3, pp. 303-320, Aug. 2012.
- [6] P. T. Chang, L. C. Huang, and H. J. Lin, "The fuzzy Delphi method via fuzzy statistics and membership function fitting and an application to the human resources," *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 112, no. 3, pp. 511-520, Jun. 2000.
- [7] R. Axelrod, *Structure of Decision: The Cognitive Map of Political Elites*, Princeton: Princeton University Press, 1976.
- [8] B. Kosko, "Fuzzy cognitive maps," *International J. of Man-Machine Studies*, vol. 24, no. 1, pp. 65-75, Jan. 1986.
- [9] W. Stach, L. Kurgan, W. Pedrycz, and M. Reformat, "Genetic learning of fuzzy cognitive maps," *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 153, no. 3, pp. 371-401, Aug. 2005.
- [10] M. K. Ketipi, D. E. Koulouriotis, E. G. Karakasis, G. A. Papakostas, and V. D. Tourassis, "A flexible nonlinear approach to represent cause-effect relationships in FCMs," *Applied Soft Computing*, vol. 12, no. 12, pp. 3757-3770, Dec. 2012.
- [11] E. I. Papageorgiou, J. D. Roo, C. Huszka, and D. Colaert, "Formalization of treatment guideline using fuzzy cognitive maps and semantic web tools," *J. of Biomedical Informatics*, vol. 45, no. 1, pp. 45-60, Feb. 2012.
- [12] A. Kannappan, A. Tamilarasi, and E. Papageorgiou, "Analyzing the performance of fuzzy cognitive maps with non-linear Hebbian learning algorithm in predicting autistic disorder," *Expert Systems with Applications*, vol. 38, no. 3, pp. 1282-1292, Mar. 2011.
- [13] D. Yaman and S. Polat, "A fuzzy cognitive map approach for effect-based operations: an illustrative case," *Information Science*, vol. 179, no. 4, pp. 382-403, Feb. 2009.
- [14] N. Lee, J. K. Bae, and C. Koo, "An agent-based cognitive mapping system for sales opportunity analysis," *Expert Systems with Applications*, vol. 38, no. 6, pp. 7016-7028, Jun. 2011.
- [15] M. Glykas, "Fuzzy cognitive strategic map in business process performance measurement," *Expert Systems with Applications*, vol. 40, no. 1, pp. 1-14, Jan. 2013.
- [16] L. E. Quezada, F. M. Cordova, P. Palominos, K. Godoy, and J. Ross, "Method for identifying strategic objectives in strategy maps," *International J. of Production Economics*, vol. 122, no. 1, pp. 492-500, Nov. 2009.
- [17] M. Kunc, "Using systems thinking to enhance strategy maps," *Management Decision*, vol. 46, no. 5, pp. 761-778, May 2008.
- [18] C. H. Yang, J. C. Chen, J. Z. Shyu, and G. H. Tzeng, "Causal relationship analysis based on DEMATEL technique for innovative policies in SMEs," in *Proc. of Portland International Conf. on Management of Engineering & Technology*, pp. 373-379, Cape Town, South Africa, 27-31 Jul. 2008.
- [19] C. L. Lin and W. W. Wu, "A causal analytical method for group decision-making under fuzzy environment," *Expert Systems with Applications*, vol. 34, no. 1, pp. 205-213, Jan. 2008.
- [20] F. H. Chen, T. S. Hsu, and G. H. Tzeng, "A balanced scorecard approach to establish a performance evaluation and relationship

هدف راهبردی معلول باید به اندازه تغییرات اهداف تأثیرگذار بر آن و به نسبت ضرایب علی روابط موجود باشد (بر اساس (۳)). برای این که از این داده‌ها در تخمین ضرایب علی استفاده شود، نقشه راهبردی را به نقشه‌های شناختی فازی مدل نموده و از الگوریتم جستجوی گرانشی برای آموزش مدل بهره گرفته شده است. پیشنهاد استفاده از الگوریتم جستجوی گرانشی نیز برای آموزش نقشه‌های راهبردی، جدید بوده است. مقدار مجموع خطای پیش‌بینی (خطای تابع هدف اول) در نقشه راهبردی با ضرایب تخمین زده شده توسط کارشناسان برابر ۰/۵۴ بوده و در روش پیشنهادی بعد از تخمین دقیق‌تر ضرایب علی این مقدار به ۰/۴۹۷ کاهش یافته است. لذا می‌توان نتیجه گرفت که روش پیشنهادی موفق بوده است. از تقسیم مجموع خطا بر تعداد مسایل، میانگین خطای هر مسأله برابر ۰/۰۴۹۷ بوده که کمتر از ۵ درصد است. از این رو جواب می‌تواند قابل اطمینان باشد، لیکن نقشه راهبردی سازمان، یک مسأله با راه حل قطعی نبوده و با توجه به اهمیت آن در تصمیم‌گیری‌های مدیران ارشد، باید آن را در دوره‌های سه ماهه تا یک ساله با داده‌های جدید و بیشتر به روز رسانی نمود. حتی با توجه به بازخوردها ممکن است تغییراتی در اهداف راهبردی و شاخص‌ها نیز مورد نیاز باشد که در نتیجه محاسبه درصد تحقق اهداف و مقادیر آنها تغییر کرده و لذا در نقشه راهبردی باید بازنگری صورت گیرد.

یکی از فرضیه‌های شناسایی‌شده در این تحقیق برای الگوریتم جستجوی گرانشی، عدم تأثیرگذاری نقطه بهینه یافته‌شده در گام‌های قبلی الگوریتم بر حرکت سایر ذرات در گام‌های بعدی الگوریتم می‌باشد. برای توضیح بیشتر می‌توان به معادله جابه‌جایی ذرات در الگوریتم ازدحام ذرات اشاره نمود. در این معادله، بخشی از حرکت ذرات به سمت نقطه بهینه یافته‌شده است و این کاستی در الگوریتم جستجوی گرانشی مشاهده می‌شود که این مشکل را فراموشی نقطه بهینه می‌نامیم. در واقع حرکت ذرات در الگوریتم جستجوی گرانشی به سمت تعدادی از ذرات با جرم بزرگ‌تر در همان گام بوده و این اجرام بزرگ لزوماً شامل جرم بهینه یافته‌شده تا آن گام نمی‌باشند. علت این موضوع نیز حرکت تمام ذرات از جمله ذره بهینه بر اساس نیروی وارد بر آن می‌باشد. پیشنهاد می‌شود در الگوریتم جستجوی گرانشی ذره بهینه یافت‌شده حرکت نکند تا در هر گام بزرگ‌ترین ذره، همان ذره بهینه سراسری بوده و تأثیرگذاری خود را بر سایر ذرات حفظ کرده تا باعث بهبود عملکرد الگوریتم شود.

در نقشه‌های شناختی فازی و نقشه‌های راهبردی سازمان ممکن است تغییرات به صورت بی‌درنگ به سایر گره‌ها تسری نیابد. برای مثال ممکن است مقدار گره i ام در ماه فروردین تغییر کرده و سه ماه بعد از این تغییر، در معلول ظهور پیدا کند. آموزش نقشه‌های شناختی فازی با قابلیت تأخیر نیز می‌تواند جهت توسعه این مطالعه و ساخت نقشه راهبردی بر این اساس پیشنهاد شود.

در پایان باید گفت که الگوریتم جستجوی گرانشی به مقدار ثابت گرانشی (G) وابسته بوده و باید متناسب با تغییرات تنظیم تجدید شود.

- Annual Conf. on Genetic and Evolutionary Computation*, pp. 9-16, Philadelphia, Pennsylvania, USA, 7-11 Jul. 2012.
- [33] E. I. Papageorgiou and P. Groumpos, "A weight adaptation method for fine-tuning fuzzy cognitive map causal links," *Soft Computing*, vol. 9, no. 11, pp. 846-857, Nov. 2005.
- [34] C. H. Cheng and Y. Lin, "Evaluating the best main battle tank using fuzzy decision theory with linguistic criteria evaluation," *European J. of Operational Research*, vol. 142, no. 1, pp. 174-186, Oct. 2002.
- [35] E. Rashedi, H. Nezamabadi-pour, and S. Saryazdi, "GSA: a gravitational search algorithm," *Information Sciences*, vol. 179, no. 13, pp. 2232-2248, Jun. 2009.
- علی جهان‌بیگی** تحصیلات خود را در مقاطع کارشناسی و کارشناسی‌ارشد مهندسی نرم‌افزار به ترتیب در سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۹۲ در دانشگاه آزاد اسلامی- واحد تهران جنوب به پایان رسانده است. وی هم‌اکنون کارشناس تجزیه و تحلیل سیستم‌ها و روش‌ها و رئیس بخش داده‌ها و اطلاعات اداره کل برنامه‌ریزی و ارزیابی عملکرد بانک مسکن می‌باشد. زمینه‌های تحقیقاتی مورد علاقه وی عبارتند از: داده‌کاوی، هوش مصنوعی، بانک‌های اطلاعاتی و سیستم‌های توزیع‌شده.
- منصور شیخان** تحصیلات خود را در مقاطع کارشناسی مهندسی الکترونیک و کارشناسی‌ارشد مهندسی مخابرات به ترتیب در سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۶۹ در دانشگاه فردوسی مشهد و دانشگاه آزاد اسلامی- واحد تهران جنوب به پایان رسانده است. در ادامه، مقطع دکترای مهندسی مخابرات را در سال ۱۳۷۵ در دانشگاه آزاد اسلامی- واحد علوم و تحقیقات به پایان برد. وی هم‌اکنون دانشیار گروه مهندسی برق-مخابرات دانشگاه آزاد اسلامی- واحد تهران جنوب می‌باشد. زمینه‌های تحقیقاتی مورد علاقه وی عبارتند از: پردازش سیگنال گفتار، شبکه‌های عصبی و سامانه‌های هوشمند.
- محسن روحانی** تحصیلات خود را در مقطع کارشناسی علوم کامپیوتر در سال ۱۳۵۸ در مدرسه عالی برنامه‌ریزی و کاربرد کامپیوتر به پایان برد. سپس موفق به اخذ مدارک کارشناسی‌ارشد و دکترای مهندسی علوم کامپیوتر به ترتیب در سال‌های ۱۳۷۲ و ۱۳۷۵ از دانشگاه نیوساوت ولز و دانشگاه کوئینزلند شد. وی از سال ۱۳۸۹ تاکنون مدیریت سامانه هوشمند سوخت کشور را برعهده داشته و از سال ۱۳۷۶ تاکنون نیز استادیار نیمه‌وقت گروه مهندسی نرم‌افزار دانشگاه آزاد اسلامی- واحد تهران جنوب می‌باشد. زمینه‌های تحقیقاتی مورد علاقه وی عبارتند از: سیستم‌های اطلاعاتی توزیع‌شده، تعامل سیستم‌های اطلاعاتی، داده‌های بزرگ و امنیت پایگاه داده.
- model for hot spring hotels based on a hybrid MCDM model combining DEMATEL and ANP," *International J. of Hospitality Management*, vol. 30, no. 4, pp. 908-932, Dec. 2011.
- [21] M. L. Tseng, "Implementation and performance evaluation using the fuzzy network balanced scorecard," *Computers & Education*, vol. 55, no. 1, pp. 188-201, Aug. 2010.
- [22] L. E. Quezada and H. A. Lopez-Ospina, "A method for designing a strategy map using AHP and linear programming," *International J. of Production Economic*, vol. 158, pp. 244-255, Dec. 2014.
- [23] J. A. Dickerson and B. Kosko, "Virtual worlds as fuzzy cognitive maps," *Presence*, vol. 3, no. 2, pp. 173-189, Spring 1994.
- [24] E. I. Papageorgiou, "Learning algorithms for fuzzy cognitive maps: A review study," *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews*, vol. 42, no. 2, pp. 150-163, Mar. 2012.
- [25] A. V. Huerga, "A balanced differential learning algorithm in fuzzy cognitive maps," in *Proc. of the 16th Int. Workshop on Qualitative Reasoning*, 7 pp., Barcelona, Spain, 10-12 Jun. 2002.
- [26] E. Papageorgiou, C. D. Stylios, and P. P. Groumpos, "Active Hebbian learning algorithm to train fuzzy cognitive maps," *International J. of Approximate Reasoning*, vol. 37, no. 3, pp. 219-249, Nov. 2004.
- [27] E. I. Papageorgiou and J. L. Salmeron, "Learning fuzzy grey cognitive maps using nonlinear Hebbian-based approach," *International J. of Approximate Reasoning*, vol. 53, no. 1, pp. 54-65, Jan. 2012.
- [28] D. Koulouriotis, I. E. Diakoulakis, and D. M. Emiris, "Learning fuzzy cognitive maps using evolution strategies: a novel schema for modeling and simulating high-level behaviour," in *Proc. of the Congress on Evolutionary Computation*, vol. 1, pp. 364-371, Seoul, Korea, 27-30 May 2001.
- [29] E. I. Papageorgiou, K. E. Pasopoulos, C. S. Stylios, P. P. Groumpos, and M. N. Vrahatis, "Fuzzy cognitive maps learning using particle swarm optimization," *J. of Intelligence Information Systems*, vol. 25, no. 1, pp. 95-121, Jul. 2005.
- [30] W. Stach, L. Kurgan, and W. Pedrycz, "A divide and conquer method for learning large fuzzy cognitive maps," *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 161, no. 19, pp. 2515-2532, Oct. 2010.
- [31] M. Ghazanfari, S. Alizadeh, M. Fathian, and D. E. Koulouriotis, "Comparing simulated annealing and genetic algorithm in learning FCM," *Applied Mathematics and Computation*, vol. 192, no. 1, pp. 56-68, Sep. 2007.
- [32] Y. Chen, L. J. Mazlack, and L. J. Lu, "Learning fuzzy cognitive maps from data by ant colony optimization," in *Proc. of the 14th*