

مدلسازی عدم قطعیت در فرایند ارزیابی عملکرد کارکنان مبتنی بر تئوری شواهد و تئوری فازی

حسین ناهیدتیتکانلو^{۱*}، عباس کرامتی^۲، رکسانا فکری^۳

اطلاعات مقاله	چکیده
دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۲/۲۵	عدم قطعیت در داده‌های حاصل از نظرات و قضاوت‌های انسانی از عوامل مهم ایجاد خطا در فرایند ارزیابی عملکرد کارکنان می‌باشد. در مطالعات معدودی که در زمینه مواجهه با خطا و عدم قطعیت در فرایند ارزیابی عملکرد انجام شده است، راهکارهایی که عمدتاً مبتنی بر کاربرد ابزارهای فازی هستند، ارائه شده است. این راهکارها کاستی‌های اساسی مانند عدم پوشش عدم قطعیت ناشی از نقص دانش و یا مشکلات مرتبط با پیاده سازی و اجرا دارند. با توجه به موارد فوق، در این مقاله مدلی جدید مبتنی بر تئوری شواهد و ابزارهای فازی جهت مدلسازی عدم قطعیت در فرایند ارزیابی عملکرد کارکنان ارائه شده است. مدل ارائه شده امکان دریافت نظر متناسب با سطح دانش ارزیاب را فراهم آورده و قابلیت مواجهه با عدم قطعیت ناشی از تغییرپذیری و جهل را دارا می‌باشد. در مدل ارائه شده، عدم قطعیت در داده‌های حاصل از دو مقیاس متداول ارزیابی، شامل مقیاس شباهت بصری و مقیاس عبارتهای زبانی فازی، به همراه داده‌های مرتبط با قابلیت اطمینان ارزیاب، در ساختار تئوری شواهد مدلسازی و با استفاده از قوانین ترکیب شواهد، تجمیع می‌شوند. عملکرد، مزایا و بهبودهای ناشی از مدل ارائه شده در مقایسه با سایر روش‌های متداول تجمیع داده‌های ارزیابی، با استفاده از داده‌های شبیه‌سازی شده و مثال عددی، بررسی شده است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که مدل ارائه شده علاوه بر افزایش قابلیت مواجهه با عدم قطعیت و تسهیل نظرسنجی در فرایند ارزیابی عملکرد کارکنان، دقت نتایج حاصل از تجمیع داده‌ها را نیز به طور معنادار افزایش می‌دهد.
پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۵/۳۱	
واژگان کلیدی: عدم قطعیت، ارزیابی عملکرد کارکنان، ارزیابی چندمنبعی، تئوری شواهد، تئوری فازی.	

۱- مقدمه

ارزیابی عملکرد کارکنان یکی از فرایندهای مهم حوزه مدیریت منابع انسانی در هر سازمان است که با اهداف متنوعی مانند توسعه کارکنان، مدیریت حقوق و مزایا، استخدام و جابجایی، برنامه‌های ارتقا و جانشینی کارکنان، ارزیابی نیازهای آموزشی و یا دریافت بازخوردهایی جهت توسعه و حفظ عملکرد سازمان اجرا می‌شود [۱ و ۲].

تا کنون مدل‌های متعددی در زمینه ارزیابی عملکرد کارکنان ارائه شده است. فرض اصلی در طراحی این مدل این است که خروجی آن‌ها به نحو مطلوبی سطح عملکرد و شایستگی‌های فرد مورد ارزیابی را نشان دهد. اما به دلایل

مختلف از جمله، استفاده از داده‌های مبتنی بر نظرسنجی، خروجی حاصل از این مدل‌ها از کیفیت قابل قبول برخوردار نبوده و در موارد متعدد به نامعتبر یا ناعادلانه بودن نتایج حاصل از آن‌ها اشاره شده است [۳-۶].

در مدل‌های ارزیابی مبتنی بر نظرسنجی، هم موضوع ارزیابی که رفتار، ویژگی‌ها و یا عملکرد متفاوت افراد در موقعیت‌های مختلف است، پدیده ای مبهم و پیچیده می‌باشد و هم قضاوت ارزیاب در مورد رفتار افراد، بسته به سطح دانش، انگیزه و ویژگی‌های فردی وی، متغیر می‌باشد. رفتار متفاوت افراد در موقعیت‌های مختلف و پیچیدگی‌های ذاتی رفتارهای انسانی، به عنوان مهمترین دلایل بروز عدم

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: hossein_nahid@pnu.ac.ir

۱. دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، دانشگاه پیام نور

۲. دانشیار دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه تهران

۳. استادیار دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه پیام نور

مختلف، مستلزم مدلسازی مناسب مساله و انطباق آن با چارچوب تئوری شواهد می‌باشد. در این راستا نیاز است تا در مورد نحوه تبدیل داده‌های مساله به ساختار توابع باور، انتخاب قانون مناسب جهت ترکیب شواهد، نحوه مواجهه با تعارض و نحوه استخراج نتیجه نهایی از خروجی فرایند ترکیب شواهد، بررسی و تصمیم‌گیری انجام گیرد. در این مقاله با در نظر گرفتن ملاحظات فوق‌روشی جدید جهت مدلسازی عدم قطعیت در فرایند ارزیابی عملکرد کارکنان مبتنی بر تئوری شواهد و تئوری فازی ارائه شده است. در مدل ارائه شده، که با رویکرد ارزیابی چندمنبعی طراحی شده است، به جهت ایجاد انعطاف در نظرسنجی، قابلیت دریافت نظر با استفاده از مقیاس عبارات زبانی و مقیاس شباهت بصری، ایجاد شده است. دلیل استفاده از این مقیاس‌ها، راحتی کاربرد و تفاوت سطح دانش مورد نیاز در اعلام نظر با استفاده از آن‌ها می‌باشد. در مقیاس عبارات زبانی اعلام نظر در قالب گزینه‌های محدودی که به صورت عبارات‌های زبانی بیان می‌شوند، انجام می‌گیرد. در مقابل در مقیاس شباهت بصری، اعلام نظر دقیق‌تر بوده و به اطلاعات بیشتر ارزیابی نیاز دارد [۱۸]. لذا ارزیابی می‌تواند متناسب با سطح اطلاعات خود، مقیاس ارزیابی دلخواه را انتخاب نماید. در این مدل جهت تبدیل داده‌های ارزیابی به ساختار تئوری شواهد، از مفاهیم توابع عضویت فازی استفاده می‌شود. با این روش، عدم قطعیت موجود در مفاهیم و اعداد فازی به همراه عدم قطعیت ناشی از نقص دانش به صورت یکپارچه در ساختار گسترده و منعطف توابع باور مدلسازی می‌گردد. جهت مدلسازی عدم قطعیت ناشی از نقص دانش در مدل ارائه شده، اطلاعات مرتبط با میزان اطمینان ارزیابی نسبت به نظر ارائه شده، که در مرجع [۱۹] به آن اشاره شده است، از ارزیابی‌ها دریافت شده و در ساختار توابع باور مدلسازی می‌شود. پس از تبدیل داده‌های فرایند ارزیابی به ساختار باور، تجمیع آن‌ها با استفاده از قوانین ترکیب شواهد، منطبق بر سطوح ساختار ارزیابی چندمنبعی انجام می‌گیرد.

در ادامه ساختار مقاله حاضر به شرح زیر سازماندهی شده است: در بخش دوم مبانی نظری و پیشینه تحقیقات مرتبط با موضوع مقاله تشریح می‌گردد. در بخش سوم به صورت

قطعیت و خطا در فرایند ارزیابی عملکرد مطرح می‌باشند [۹-۶]. جهل یا نبود دانش کافی نسبت به عملکرد یا ویژگی‌های فرد مورد ارزیابی، عامل دیگر بروز عدم قطعیت در فرایند ارزیابی عملکرد می‌باشد. عدم اطلاعات کافی ارزیابی جهت اعلام نظر در یک معیار خاص می‌تواند به عدم پاسخگویی به سوال منجر شده و یا بسته به نوع قضاوت ارزیابی به خطاهای سهل‌گیری^۱ و یا سخت‌گیری^۲ منتهی شود [۶].

با وجود اهمیت مساله عدم قطعیت در فرایند ارزیابی عملکرد کارکنان، مدل‌های متداول مورد استفاده در این زمینه فاقد قابلیت‌های لازم برای مواجهه با عدم قطعیت در داده‌های ارزیابی هستند [۷ و ۹] و مطالعات محدودی در جهت مواجهه با عدم قطعیت در فرایند ارزیابی عملکرد کارکنان انجام شده است. اغلب راهکارهای ارائه شده در این زمینه به کاربرد ابزارها و مفاهیم فازی مانند کاربرد مقیاس‌های ارزیابی مبتنی بر مفاهیم فازی، استفاده از عملگرهای تجمیع فازی و استنتاج فازی محدود می‌باشند. در این راهکارها عدم قطعیت (بوئزه عدم قطعیت ناشی از نقص دانش) به طور جامع پوشش داده نشده است و برخی از آن‌ها مانند مقیاس ارزیابی فازی^۳ و سیستم‌های خبره فازی به دلیل ملاحظات اجرایی کاربرد چندانی نداشته‌اند. رویکرد جایگزین دیگری که کاربردهای فراوانی در تجمیع شواهد غیرقطعی در حوزه‌های مختلف داشته است، استفاده از تئوری شواهد دمستر-شیفر^۴ یا به اختصار تئوری شواهد^۵ می‌باشد [۱۰]. این تئوری از زمان پیدایش تا کنون توجه بسیاری را در حوزه مدلسازی و ترکیب داده‌های غیرقطعی به خود جلب نموده است. از جمله مزیت‌های این تئوری، توانایی آن در مواجهه همزمان با عدم قطعیت تصادفی^۶ و شناختی^۷ است [۱۱ و ۱۲]. عدم قطعیت تصادفی از تغییرپذیری ذاتی پدیده‌ها و عدم قطعیت شناختی از اطلاعات ناکافی و یا فقدان اطلاعات ناشی می‌شود. قابلیت مواجهه با انواع عدم قطعیت و انعطاف تئوری شواهد در پیاده‌سازی و ترکیب با سایر تکنیک‌ها مانند ابزارها و مفاهیم فازی باعث کاربرد گسترده آن در حوزه‌های مختلف شده است [۱۷-۱۳].

با وجود انعطاف بالا، کاربرد تئوری شواهد در حوزه‌های

⁵ Evidence theory

⁶ Aleatory

⁷ epistemic

¹ Leniency

² Severity

³ Fuzzy rating scale

⁴ Dempster-Shafer

مهمترین چالش مطرح در مدل‌های ارزیابی عملکرد، سنجش دقیق سطح عملکرد و شایستگی‌های فرد مورد ارزیابی می‌باشد. اما با وجود انجام مطالعات گسترده در این حوزه و بهبود مدل‌های مرتبط با آن، در موارد متعدد میزان رضایت از سیستم‌های ارزیابی عملکرد پایین گزارش شده است [۵-۳، ۱۹ و ۲۰].

یکی از مهمترین دلایل بروز این مساله، عدم امکان طراحی سیستم‌های جامع ارزیابی عملکرد کارکنان با استفاده از شاخص‌های کمی و استفاده گسترده از نظرات و قضاوت‌های انسانی در سیستم‌های ارزیابی عملکرد می‌باشد [۶، ۹ و ۲۵-۲۱]. یکی از انتقادهای عمده به روش‌های سنتی ارزیابی عملکرد این است که در آن‌ها معمولاً اعلام نظر ارزیاب در معیارهای ذهنی و کیفی با مشخص کردن یک عدد یا یک امتیاز اسمی انجام می‌شود. این نوع از ارزیابی‌ها مملو از عدم قطعیت بوده و باعث می‌شود تا افراد سیستم‌های ارزیابی عملکرد را ناعادلانه و غیرقابل پیش بینی تصور کنند [۹، ۲۷-۲۵]. از طرف دیگر در مدل‌های معمول ارزیابی عملکرد، داده‌های توأم با عدم قطعیت حاصل از ارزیابی، با استفاده از روش‌های مبتنی بر جمع (میانگین) ساده و یا موزون تجمیع می‌گردند. کاربرد این روش برای تجمیع داده‌های توأم با عدم قطعیت، در فرایند ارزیابی عملکرد کارکنان مناسب نبوده و می‌تواند به کسب نتایج نادرست منتهی گردد [۳۰-۲۸].

با وجود استفاده گسترده از نظرسنجی در مدل‌های مختلف ارزیابی کارکنان، مساله عدم قطعیت و خطای ناشی از آن در مطالعات این حوزه بسیار محدود مورد بررسی قرار گرفته و در هیچکدام از روش‌های شناخته شده ارزیابی عملکرد، مساله عدم قطعیت به طور مشخص لحاظ نشده است [۷، ۹ و ۳۱]. در اغلب مطالعات مرتبط با فرایند ارزیابی عملکرد کارکنان، به طور غیرمستقیم به مساله عدم قطعیت اشاره شده و بررسی خطا و اعتبار نتایج در این مطالعات اغلب با رویکرد روانشناسی و مدیریتی انجام گرفته است [۱، ۳، ۵، ۸ و ۳۲-۳۵]. در این دسته از مطالعات، راهکارهایی مانند: دریافت نظر از چندمنبع یا چندارزیاب، دریافت اطلاعات مرتبط با میزان اطمینان ارزیاب نسبت به نظر ارائه شده،

گام به گام مراحل طراحی و روند انجام محاسبات در مدل ارائه شده تبیین می‌گردد. در بخش چهارم عملکرد مدل ارائه شده با استفاده از شبیه سازی و مثال عددی، در مقایسه با مدل‌های معمول ارزیابی عملکرد که در آن‌ها داده‌های ارزیابی با استفاده از میانگین موزون و عملگرهای فازی تجمیع می‌گردد، بررسی و تحلیل شده و مزایای مدل ارائه شده تشریح می‌گردد. در بخش پنجم نتیجه گیری و جمع بندی یافته‌های پژوهش تبیین شده و زمینه‌های مطالعات آتی در این حوزه معرفی می‌گردد.

۲- مبانی نظری

۲-۱- مرور ادبیات مرتبط با عدم قطعیت در فرایند

ارزیابی عملکرد کارکنان

سازمان‌ها برای بقا پیوسته به دنبال تقویت مزیت رقابتی خود هستند. یکی از سرمایه‌های اصلی سازمان جهت ایجاد و حفظ قدرت رقابتی، منابع انسانی آن می‌باشد و لذا توسعه سیستم‌ها و روش‌هایی که بتواند به طور موثر و کارا عملکرد و کیفیت منابع انسانی سازمان را مورد سنجش قرار دهد از اهمیت بالایی برخوردار است. در این راستا تا کنون مطالعات فراوانی صورت گرفته و سیستم‌ها و مدل‌های گوناگون ارزیابی عملکرد کارکنان ارائه شده اند. به عنوان مثال در جدول ۱ طبقه بندی مدل‌های ارزیابی عملکرد کارکنان از دیدگاه اسنل و بولندر ارائه شده است [۲].

جدول ۱- طبقه بندی مدل‌های ارزیابی عملکرد کارکنان

روش‌های مبتنی بر ویژگی‌های فردی	روش‌های مبتنی بر رفتار یا روش‌های مبتنی بر نتایج	روش‌های مبتنی بر روش مقیاس رتبه‌بندی ترسیمی ^۱
روش مقیاس رتبه‌بندی ترسیمی ^۱	روش مقیاس رتبه‌بندی ترسیمی ^۱	روش مقیاس رتبه‌بندی ترسیمی ^۱
روش مقیاس استانداردهای مختلط ^۴	روش مقیاس رتبه‌بندی ترسیمی ^۱	روش مقیاس رتبه‌بندی ترسیمی ^۱
روش انتخاب اجباری ^۷	روش مقیاس رتبه‌بندی ترسیمی ^۱	روش مقیاس رتبه‌بندی ترسیمی ^۱
روش توصیفی ^۹	روش مقیاس رتبه‌بندی ترسیمی ^۱	روش مقیاس رتبه‌بندی ترسیمی ^۱

^۶ Balanced Scorecard

^۷ Forced_Choice Method

^۸ Behaviorally Anchored Rating Scale(BARS)

^۹ Essay Method

^{۱۰} Behavior Observation Scale(BOS)

^۱ Graphic Rating Scales

^۲ Critical Incident Method

^۳ Management by Objectives

^۴ Mixed_Standard Scales

^۵ Checklist

استنتاج مبتنی بر قوانین فازی جهت تجمیع داده‌های ارزیابی استفاده شده است [۹، ۲۷ و ۴۸-۴۴].

به عنوان کاستی و محدودیت اساسی این راهکارها می‌توان گفت در مقیاس عبارات زبانی فازی تنها عدم قطعیت ناشی از وجود مفاهیم فازی مدلسازی می‌شود و عدم قطعیت ناشی از نبود دانش در آن در نظر گرفته نمی‌شود. در مقیاس ارزیابی فازی تا حدودی عدم قطعیت ناشی از نبود دانش مدلسازی می‌شود اما به دلیل دشواری اجرا و دشواری تحلیل نتایج حاصل از آن [۱۸]، کاربرد بسیار محدودی داشته است. در کاربرد تکنیک‌های تصمیم‌گیری فازی نیز که معمولاً به همراه مقیاس عبارات زبانی فازی مورد استفاده قرار می‌گیرد، عدم قطعیت ناشی از نقص دانش مدلسازی نمی‌شود. از طرف دیگر انتخاب عملگرهای فازی مناسب و استفاده از آن‌ها در ترکیب با تکنیک‌های تصمیم‌گیری، با توجه به تعدد آن‌ها، بحث برانگیز می‌باشد [۴۹].

راهکار استفاده از سیستم‌های خبره فازی، به دلیل ملاحظات مرتبط با طراحی و پیاده‌سازی آن‌ها شامل تعیین توابع عضویت، وابستگی قوانین به نظرات خبرگان و تعریف و مدیریت تعارض بین تعداد زیادی از قوانین استنتاج [۲۷، ۴۴ و ۵۰]، محدودیت اساسی دارد.

در مقایسه با راهکارهای فوق، مدل ارائه شده در این مقاله مزایای زیر را به همراه دارد:

- در این مدل امکان مدلسازی عدم قطعیت ناشی از نقص دانش در کنار عدم قطعیت ناشی از تغییر پذیری و مفاهیم فازی ایجاد شده است.
- در این مدل استفاده ترکیبی از مقیاس عبارات زبانی فازی و مقیاس شباهت بصری با هدف ایجاد امکان اعلام نظر متناسب با سطح دانش ارزیاب ایجاد شده است. با توجه به اینکه اعلام نظر در مقیاس شباهت بصری نسبت به مقیاس عبارات زبانی فازی، دقت و اطلاعات بیشتری می‌طلبد [۱۸]، امکان استفاده از دو مقیاس مذکور، انعطاف کافی جهت دریافت نظر متناسب با سطح دانش ارزیاب را فراهم می‌آورد.
- در مدل ارائه شده با هدف مدلسازی جامع عدم قطعیت در فرایند ارزیابی عملکرد، رویکرد استفاده ترکیبی از تئوری فازی و تئوری شواهد اتخاذ شده است. در این راستا عدم قطعیت موجود در داده‌ها و

توصیه‌هایی جهت انتخاب ارزیاب‌های مناسب، توصیه به سابقه تعامل کافی بین ارزیاب و ارزیابی شونده و آموزش ارزیاب‌ها، ارائه شده است [۱۹، ۳۶ و ۳۷].

رویکرد متفاوت دیگر در مواجهه با عدم قطعیت در فرایند ارزیابی عملکرد کارکنان، که مطالعه حاضر نیز در این دسته قرار می‌گیرد، استفاده از ابزارها و روش‌های ریاضی مدلسازی عدم قطعیت است. اهم مطالعات انجام شده با این رویکرد در فرایند ارزیابی عملکرد کارکنان، به کاربرد مفاهیم و ابزارهای فازی محدود می‌باشد.

یکی از کاربردهای منطق فازی در مواجهه با عدم قطعیت، طراحی مقیاس‌های ارزیابی می‌باشد. مقیاس‌های ارزیابی مبتنی بر منطق فازی شامل مقیاس عبارات زبانی فازی^۱ (مقیاس تبدیل فازی) و مقیاس ارزیابی فازی، می‌باشند [۱۸]. در این بین، کاربرد مقیاس مبتنی بر عبارات زبانی فازی^۲ یا مقیاس تبدیل فازی^۳ به جهت سادگی در پیاده سازی و کاربرد، بسیار متداول است.

مقیاس کاملاً متفاوت دیگر، مقیاس رتبه بندی فازی نامیده می‌شود و توسط هسکت^۴ و همکاران (۱۹۸۸) ارائه شده است [۳۸]. در مقیاس رتبه بندی فازی ارزیاب آزادی کامل در اعلام نظر با استفاده از اعداد فازی دارد و پاسخ‌های ارائه شده محدود به یک لیست ثابت و از پیش تعیین شده نمی‌باشد. کاربرد این مقیاس با وجود دارا بودن مزیت‌های متعدد در مدلسازی عدم قطعیت، به دلیل دشواری اجرا و نبود ابزارهای مناسب تحلیل داده‌های حاصل از آن، بسیار محدود می‌باشد [۱۸].

در بسیاری از تکنیک‌های متداول تصمیم‌گیری چند معیاره و تصمیم‌گیری گروهی که مدل ارزیابی چندمنبعی نیز در این حوزه از مسائل طبقه بندی می‌شود [۳۹]، تجمیع نتایج با استفاده از عملگر جمع انجام می‌گیرد. در این روش هیچگونه استنتاجی جهت تجمیع نتایج، متناسب با عدم قطعیت موجود در داده‌ها انجام نمی‌شود. لذا در موارد متعدد استفاده از این رویکرد در فرایند ارزیابی عملکرد مورد انتقاد قرار گرفته است [۲۸-۳۰]. جهت رفع این کاستی، در برخی از مطالعات، از تکنیک‌های تصمیم‌گیری در شرایط فازی مانند تحلیل سلسله مراتبی فازی یا تاپسیس فازی جهت تجمیع داده‌ها استفاده شده است [۷، ۲۶ و ۳۹-۴۳]. در برخی از مطالعات نیز از سیستم‌های خبره

³ fuzzy conversion scale

⁴ Hesketh

¹ fuzzy linguistic scales

² Fuzzy verbal values

ساختار باور و قوانین تجمیع شواهد انجام می‌شود. این شیوه، حذف اطلاعات را در مراحل مختلف تجمیع را کاهش داده و به کسب نتایج دقیق‌تر از داده‌های موجود منتهی می‌شود.

- در مدل ارائه شده، از داده‌های حاصل از دو مقیاس متداول ارزیابی، شامل مقیاس عبارات زبانی فازی و مقیاس شباهت بصری استفاده شده است و لذا از نظر ملاحظات اجرایی محدودیتی ندارد.

در جدول ۲، جمع بندی مزایا و معایب راهکارهای مواجهه با عدم قطعیت در حوزه ارزیابی عملکرد کارکنان به همراه بهبودهای حاصل از مدل ارائه شده در این مقاله آمده است.

عبارات فازی با استفاده از مفاهیم توابع عضویت در تئوری فازی به ساختار توابع باور تبدیل شده است. عدم قطعیت ناشی از نقص دانش نیز بر اساس میزان اطمینان ارزیاب نسبت به نظر ارائه شده، در ساختار تئوری شواهد مدل‌سازی می‌شود. ساختار توابع باور در تئوری شواهد، قابلیت‌های مناسبی در نمایش دانش توأم با انواع عدم قطعیت فراهم می‌آورد.

- مدل ارائه شده بر ساختار ارزیابی چندمنبعی استوار است و در آن با دریافت شواهد از منابع مختلف، دقت و اعتبار نتایج نهایی فرایند ارزیابی ارتقا می‌یابد.

- در این مدل تجمیع داده‌های ارزیابی با استفاده از

جدول ۲: مزایا و معایب راهکارهای مواجهه با عدم قطعیت در فرایند ارزیابی عملکرد کارکنان

تکنیک	مزایا	معایب	مقالات مرتبط
مقیاس زبانی فازی عبارات	سادگی کاربرد - مدل‌سازی عدم قطعیت ناشی از مفاهیم فازی	عدم مدل‌سازی عدم قطعیت ناشی از نقص دانش	[۷]، [۲۶]، [۴۶]، [۵۱]- [۵۳]
مقیاس ارزیابی فازی	قابلیت دریافت اطلاعات بیشتر - قابلیت مدل‌سازی عدم قطعیت ناشی از نقص دانش	دشواری اجرا - کمبود روش‌های تحلیل داده‌های آن	[۱۸]، [۵۴]، [۵۵]
تکنیک‌های تصمیم‌گیری در شرایط فازی	- امکان تحلیل بیشتر داده‌های ارزیابی - بر پایه داده‌های مقیاس عبارات زبانی فازی هستند - اغلب برای وزن دهی معیارها، ارزیاب‌ها و یا رتبه بندی افراد استفاده می‌شوند	- عدم ارائه روشی برای مدل‌سازی عدم قطعیت - عدم قطعیت ناشی از نبود دانش بررسی نمی‌شود. - دشواری انتخاب عملگر مناسب کار با داده‌های فازی	[۷]، [۲۶]، [۳۹]-[۴۱]، [۵۶]
سیستم‌های خبره فازی	ایجاد امکان استنتاج هوشمند بر اساس داده‌های غیرقطعی	- دشواری تعریف قوانین و مدیریت تعارض بین آن‌ها - وابستگی نتایج به نظر خبرگان	[۹]، [۲۷]، [۴۴]-[۴۸]
مدل ارائه شده در این مقاله	- ایجاد امکان مدل‌سازی عدم قطعیت ناشی از نقص دانش - ایجاد امکان مدل‌سازی عدم قطعیت ناشی تغییرپذیری - افزایش دقت نتایج حاصل از تجمیع داده‌های مرتبط با هر معیار ارزیابی در مقایسه با روش‌های معمول - راحتی اجرا و عدم نیاز به آموزش خاص - تسهیل فرایند اعلام نظر ارزیاب	-	[۴۹]، [۵۷]، [۵۸]

$$m: 2^{\Theta} \rightarrow [0,1] \quad (1)$$

$$m(\emptyset) = 0 \quad (2)$$

$$\sum_{X \subseteq \Theta} m(X) = 1 \quad (3)$$

$$m(X) + m(\bar{X}) \leq 1 \quad (4)$$

۲-۲-۳- تصمیم‌گیری بر اساس توابع جرم باور

ورودی‌ها و خروجی‌ها در تئوری شواهد بر اساس ساختار توابع جرم باور و یا تخصیص باورهای پایه بوده و اتخاذ تصمیم بر اساس آنها نیازمند استفاده از معیارهایی است که امکان مقایسه گزاره‌ها را فراهم می‌آورند. اگر m یک تخصیص باور پایه بر روی Θ باشد آنگاه معیارهای متداول در این حوزه به شرح زیر می‌باشند.

- معیار باور^۵

$$Bel(A) = \sum_{B|B \subseteq A} m(B) \quad (5)$$

- معیار توجیه‌پذیری^۶

$$pl(A) = \sum_{B|B \cap A \neq \emptyset} m(B) \quad (6)$$

در تصمیم‌گیری در مورد یک گزاره، هرچه مقدار توجیه‌پذیری و باور در یک گزاره بالاتر باشد، آن گزاره جهت تصمیم‌گیری مطلوب‌تر می‌باشد.

- معیار احتمال پیگنیستیک^۷

$$BetP_m(\omega) = \sum_{A \subseteq \Omega, \omega \in A} \frac{1}{|A|} \frac{m(A)}{1 - m(\emptyset)}, \quad m(\emptyset) \neq 1 \quad (7)$$

که در آن $|A|$ بیانگر اندازه مجموعه A و $\omega \in \Omega$ است. هرچه مقدار معیار احتمال پیگنیستیک بیشتر باشد گزاره مورد بررسی برای انتخاب گزینه مطلوب تری می‌باشد [۶۱].

- ارزش انتظاری^۸

اگر m یک تابع جرم باور تعریف شده بر روی Ω و $X(\omega)$ متغیری که عناصر چارچوب تمایز را بر روی مجموعه اعداد حقیقی نگاشت می‌کند باشد آنگاه مقدار ارزش انتظاری متغیر X به صورت زیر تعریف می‌شود [۶۱]:

۲-۲- تئوری شواهد

تئوری شواهد ابزاری قوی در مدلسازی و ترکیب اطلاعات توام با عدم قطعیت، و تصمیم‌گیری بر اساس آن‌ها می‌باشد. ساختار باورها مفهوم پایه ای تئوری شواهد بوده و اساس جهت مدل‌سازی ارزیابی‌های ذهنی توام با عدم قطعیت طراحی شده است، اما قابلیت تطبیق با داده‌های کمی، فازی و کیفی را نیز دارا می‌باشد [۴۹ و ۵۹]. ویژگی‌های این ساختار، امکان مدلسازی مساله متناسب با سطح دانش در دسترس را فراهم می‌آورد. یکی دیگر از جنبه‌های مهم تئوری شواهد، امکان ترکیب شواهد حاصل از منابع مختلف و بررسی تعارض در بین آن‌هاست [۱۲]. این تئوری به جهت دارا بودن قابلیت‌های مناسب در مدلسازی و تجمیع داده‌های توام با عدم قطعیت و نیز انعطاف مناسب در پیاده‌سازی، در حوزه‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. در ادامه مفاهیم و عناصر مرتبط با کاربرد تئوری شواهد مختصراً توضیح داده می‌شود.

۲-۲-۱- چارچوب تمایز^۱

چارچوب تمایز که معمولاً با Θ یا Ω نشان داده می‌شود، در برگیرنده تمام گزاره‌های ممکن و منحصر به فردی است که منابع اطلاعاتی در مورد آن‌ها و ترکیبات مختلف آن‌ها، شواهد را ارائه می‌نمایند. مجموعه توانی 2^{Θ} که در برگیرنده تمام زیرمجموعه‌های ممکن Θ است، بدنه شواهد نامیده می‌شود.

۲-۲-۲- تخصیص باور پایه^۲

یکی از مفاهیم کلیدی در تئوری شواهد تخصیص باور پایه یا توابع جرم باور^۳ می‌باشد. مقدار جرم باور زیرمجموعه A که به صورت $m(A)$ نشان داده می‌شود، بیان‌کننده بخشی از باور کل می‌باشد که از فرضیه A پشتیبانی می‌کند و هیچ اطلاعات بیشتری در مورد تخصیص باور به زیرمجموعه‌های A در اختیار قرار نمی‌دهد. هر زیرمجموعه $A \subset \Theta$ به نحوی که $m(A) > 0$ یک عنصر کانونی نام دارد و جرم تخصیص یافته به کل چارچوب تمایز یا $m(\Theta)$ ، جهل^۴ نامیده می‌شود. تابع تخصیص باور پایه (m) خواص زیر را دارد [۶۰]:

⁵ belief

⁶ plausibility

⁷ Pignistic Probability

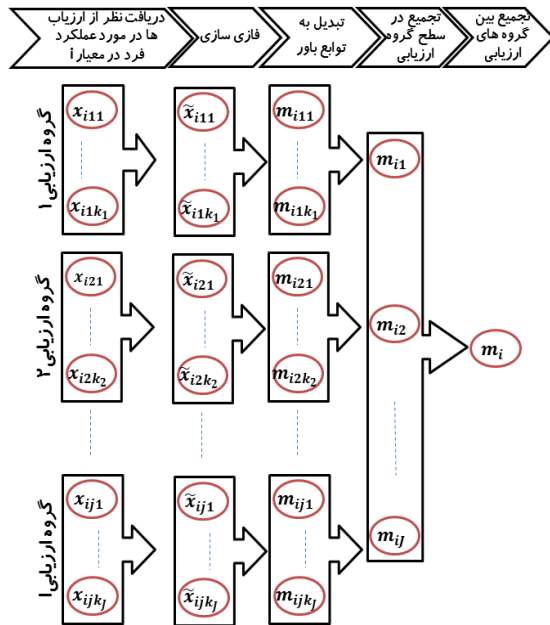
⁸ Expectation

¹ frame of discernment

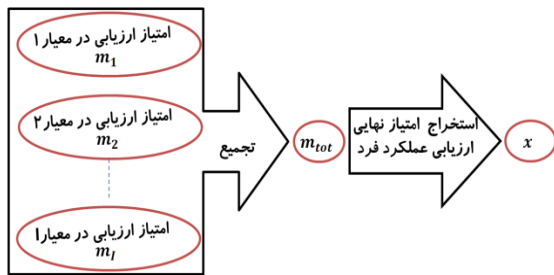
² basic belief assignment

³ Mass function

⁴ Ignorance



شکل ۱: بخش اول: تجمیع داده‌های ارزیابی و محاسبه امتیاز نهایی فرد در هر معیار



شکل ۲: بخش دوم: تجمیع شواهد حاصل از معیارهای ارزیابی و محاسبه امتیاز نهایی ارزیابی عملکرد فرد

۳-۲- تئوری مجموعه‌های فازی

تئوری مجموعه‌های فازی اولین بار توسط لطفعلی عسکرزاده (۱۹۶۵) جهت مدلسازی عدم قطعیت در نظرات و قضاوت‌های انسانی ارائه شد [۶۷]. این تئوری و مفاهیم مرتبط با آن روشی مفید جهت کار با داده‌های نادقیق و غیر مطمئن فراهم کرده است و در حوزه‌های مختلف مانند مدلسازی قضاوت‌های ذهنی [۶۸]، کاربردهای مهندسی [۶۹ و ۷۰]، ارزیابی عملکرد کارکنان [۷۱-۷۴]، اولویت بندی فعالیت‌های بهبود [۷۵]، تصمیم‌گیری و مدیریت ریسک [۷۶-۷۸] اشاره نمود [۶۹].

تئوری مجموعه‌های فازی بر پایه مفهوم تابع عضویت بنا شده و در آن تابع عضویت مجموعه A که با $\mu_A(X)$ نشان داده می‌شود، به صورت عددی بین صفر (عدم عضویت به مجموعه فازی) و یک (عضویت کامل در مجموعه فازی) بیان می‌شود. توابع عضویت بر اساس ماهیت مساله، در اشکال

$$E(X) = \sum_{\omega \in \Omega} X(\omega) \text{BetP}(\omega) \quad (8)$$

۲-۲-۴ قانون دمستر در ترکیب شواهد

در تئوری شواهد بر اساس کیفیت و قابلیت اطمینان منابع فراهم آورنده شواهد، نحوه گردآوری شواهد و رویکرد مواجهه با تعارض، قوانین ترکیب متعددی ارائه شده است [۱۲ و ۶۲]. در این میان قانون ترکیب دمستر متداولترین آن‌ها می‌باشد. اگر دو منبع شواهد جداگانه m_1 و m_2 را در مورد یک پدیده ارائه نمایند آنگاه نتیجه ترکیب این شواهد در ارتباط با گزاره A طبق قانون دمستر به شرح زیر تعریف می‌شود:

$$m_1 \oplus m_2(A) = \frac{\sum_{U, V: U \cap V = A} m_1(U) \cdot m_2(V)}{1 - \sum_{X, Y: X \cap Y = \emptyset} m_1(X) \cdot m_2(Y)} \quad (9)$$

که در آن $A \neq \emptyset$.

قانون ترکیب دمستر داری ویژگی‌های جابجایی و انجمنی بوده و به همین دلیل نسبت به اغلب قوانین ترکیب دیگر مانند قانون یاگر [۶۳]، قانون دابیوس و پراد [۶۴]، که فاقد این خاصیت هستند و در آن‌ها ترتیب ترکیب شواهد مهم است، قابلیت کاربرد بیشتری دارد.

۲-۲-۵ روش ضریب تعدیل در رفع تعارض بین شواهد

در وضعیتی که یک منبع قویا از گزاره ای پشتیبانی نماید و منبع دیگر قویا از گزاره ای ناسازگار با آن پشتیبانی کند، تعارض در شواهد ایجاد می‌شود [۶۵]. یکی از ساده ترین و کاراترین روش‌های مواجهه با تعارض و نیز مدیریت میزان تاثیر منبع اطلاعاتی در فرایند ترکیب شواهد روش ضریب تعدیل می‌باشد که توسط شیفر ارائه شده است و به صورت زیر تعریف می‌شود [۵۷]:

اگر m_j تابع جرم باور بر اساس اطلاعات منبع S_j و α_j میزان اطمینان به آن منبع باشد آنگاه تعدیل شده تابع m_j به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$\begin{cases} m_{\alpha_j}(A) = \alpha_j m_j(A) \\ m_{\alpha_j}(\Theta) = 1 - \alpha_j + \alpha_j m_j(\Theta) \quad \forall A \subset \Theta \end{cases} \quad (10)$$

اصلی ترین چالش در استفاده از روش ضریب تعدیل، نحوه تعیین ضریب α_j می‌باشد [۶۶]. در مطالعات مختلف مانند مرجع [۵۷] راهنمایی‌هایی در خصوص نحوه تعیین ضریب تعدیل ارائه شده است.

اطلاعات وی، در قالب مقیاس عبارات زبانی فازی و یا مقیاس شباهت بصری انجام شود. مراحل کلی پردازش و جمع داده‌ها در مدل ارائه شده در دو بخش شامل بخش اول، تجمیع داده‌های ارزیابی مرتبط با هر معیار ارزیابی و بخش دوم تجمیع شواهد حاصل از معیارهای مختلف و محاسبه امتیاز نهایی عملکرد فرد در شکل‌های (۱) و (۲) نشان داده شده است. در ادامه جزئیات گام به گام پردازش داده‌ها در مدل ارائه شده تشریح می‌گردد.

۳-۱- دریافت نظر از ارزیاب‌ها

در مدل ارائه شده اظهار نظر ارزیاب‌ها در مورد ارزیابی شونده با استفاده از دو مقیاس عبارات زبانی فازی و مقیاس شباهت بصری انجام می‌گردد. امکان دریافت نظر با استفاده از این مقیاس‌ها انعطاف بیشتری در کاربرد مدل در حوزه‌های مختلف ایجاد می‌نماید و نیز این امکان برای ارزیاب ایجاد می‌شود تا بر اساس سطح اطلاعات خود مقیاس مناسب ارزیابی را انتخاب نماید.

در مقیاس ارزیابی مبتنی بر عبارات فازی ارزیاب نظر خود را با مشخص کردن یکی از گزینه‌ها اعلام می‌نماید. نوع و تعداد عبارت زبانی مورد استفاده در این مقیاس متناسب با معیار ارزیابی تعیین می‌شود. در این مقاله جهت نمایش کارکرد مدل از مقیاس نظرسنجی متشکل از پنج عبارت زبانی و مقیاس تبدیل مبتنی بر اعداد فازی مثلثی مانند آنچه در جدول ۳ و شکل (۳) آمده است استفاده می‌شود [۸۱].

جدول ۳: عبارات زبانی و اعداد فازی متناظر با آن در مقیاس ارزیابی

عدد مثلثی متناظر	عبارت زبانی	
(0,0,25)	خیلی ضعیف	L_1
(0,25,50)	ضعیف	L_2
(25,50,75)	متوسط	L_3
(50,75,10)	خوب	L_4
(75,10,10)	خیلی خوب	L_5

مختلفی مانند مثلثی^۱، دوزنقه‌ای^۲ و گوسی^۳ استفاده می‌شوند [۷۹].

۳-۲- جمع جبری اعداد فازی

اگر \tilde{A} و \tilde{B} دو مجموعه فازی با توابع عضویت $\mu(\tilde{A})$ و $\mu(\tilde{B})$ باشند آنگاه جمع جبری این دو مجموعه به صورت زیر تعریف می‌گردد [۸۰]:

$$\mu(\tilde{A} + \tilde{B}) = \mu(\tilde{A}) + \mu(\tilde{B}) - \mu(\tilde{A}) * \mu(\tilde{B}) \quad (11)$$

۳-۳- عدد فازی مثلثی

عدد فازی مثلثی یک از انواع اعداد فازی با تابع عضویت مثلثی می‌باشد که با سه عدد حقیقی به صورت $F = (l, m, u)$ نمایش داده می‌شود. u نشان دهنده بیشینه، l کمینه و m محتمل‌ترین مقداری است که عدد فازی F می‌تواند اختیار کند. نمایش ریاضی تابع عضویت عدد فازی مثلثی مطابق رابطه (۱) می‌باشد.

$$\mu_f(x) = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l} & l < x < m \\ \frac{u-x}{u-m} & m < x < u \\ 0 & x < l \text{ or } x > u \end{cases} \quad (12)$$

مجموع دو عدد فازی مثلثی $A = (a_1, b_1, c_1)$ و $B = (a_2, b_2, c_2)$ به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\tilde{A} + \tilde{B} = (a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2) \quad (13)$$

۳- مدلسازی عدم قطعیت در مدل ارزیابی

چندمنبعی

در این بخش مراحل کلی پردازش داده‌ها در مدل ارزیابی عملکرد کارکنان با قابلیت مواجهه با داده‌های غیرقطعی تشریح می‌گردد. به جهت جامعیت، طراحی مدل ارائه شده با رویکرد چندمنبعی انجام شده است. لذا فرض بر این است که تعداد J گروه ارزیابی که در هر کدام از آن‌ها تعداد k_j ارزیاب وجود دارد، در مورد عملکرد و شایستگی‌های یک فرد در قالب I شاخص ارزیابی، اعلام نظر می‌نمایند. در این مدل، بیانگر ارزیابی انجام شده توسط ارزیاب k ام در گروه ارزیابی j ام در معیار ارزیابی i است. این ارزیابی‌ها می‌تواند به دلخواه ارزیاب و بسته به سطح

³ Gaussian membership function

¹ Triangular membership function

² Trapezoidal membership function

شده و مقدار عضویت آن به مجموعه‌های فازی محاسبه می‌شود. به عنوان مثال اگر امتیاز ارزیابی در معیار i توسط ارزیاب k در گروه ارزیابی j با استفاده از مقیاس مشابهت بصری برابر ۶۸ درصد تعیین شده باشد آنگاه با توجه به مقیاس تبدیل مورد استفاده (شکل (۳)) و تابع عضویت اعداد مثلثی که در رابطه (۱) آمده است، مقدار فازی شده متناظر با آن (متغیر فازی \tilde{X}_{ijk}) به صورت زیر تعیین می‌شود.

$$\tilde{X}_{ijk} = \left\{ \frac{0.28}{L_3}, \frac{0.72}{L_4} \right\} \quad (14)$$

۳-۳- تبدیل داده‌های ارزیابی به توابع باور پایه

مدلسازی داده‌ها در قالب توابع باور یکی از نکات مهم در کاربرد موفق تئوری شواهد بوده که طراحی و انتخاب روش مناسب آن به مساله تحت بررسی بستگی دارد [۶۶]. اولین گام در تخصیص باورهای پایه تعیین چارچوب تمایز می‌باشد. در این مقاله مشابه کار انجام شده در منبع [۵۹] چارچوب تمایز θ بر اساس گزینه‌های مشخص شده بر روی مقیاس ارزیابی، به شرح زیر تعریف می‌شود:

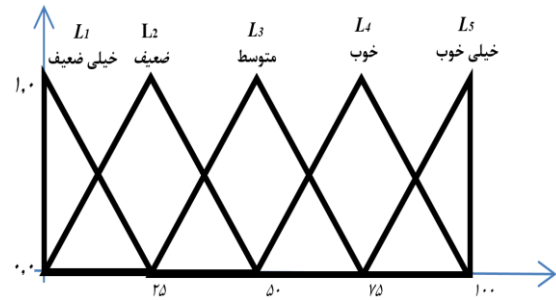
$$\theta = \{L_1, L_2, L_3, L_4, L_5\} \quad (15)$$

۳-۳-۱- تبدیل داده‌های حاصل از عبارات زبانی به توابع باور

جهت تبدیل داده‌های حاصل از عبارات زبانی به توابع باور مشابه روش ارائه شده در منبع [۴۹]، از معیار مشابهت اعداد فازی استفاده می‌شود. در این روش، اعلام نظر ارزیاب با استفاده از مشابهت بین اعداد فازی در قالب توابع باور مدل سازی می‌شود. بدین منظور عناصر کانونی متناظر با هر نظر اعلام شده شامل گزینه پاسخ و گزینه‌هایی که با آن اشتراک دارند تعیین می‌شود. جهت محاسبه مقدار باور تخصیص داده شده به هر عنصر کانونی، ابتدا مشابهت بین اعداد فازی با استفاده از روش مساحت^۱ محاسبه شده و سپس نرمال سازی می‌شوند. مشابهت بین دو عدد فازی \bar{A} و \bar{B} به روش مساحت با استفاده از رابطه (۱۵) تعریف می‌شود [۴۹]:

$$S(\bar{A}, \bar{B}) = \frac{\int [\text{Min}(\mu_{\bar{A}}, \mu_{\bar{B}})]}{\int [\text{Max}(\mu_{\bar{A}}, \mu_{\bar{B}})]} dx \quad (16)$$

به عنوان نمونه، مشابهت بین کلیه عبارات‌های زبانی فازی



شکل ۳: مقیاس تبدیل فازی متناظر با عبارات زبانی جدول ۱ [۷۴]

در مقیاس ارزیابی پیوسته بصری امتیازدهی نسبت به مقیاس عبارات زبانی فازی دقیق‌تر بوده و نیازمند آگاهی و اطلاعات بیشتر ارزیاب است. در اعلام نظر با استفاده از این مقیاس، مطابق شکل (۴) ارزیاب نظر خود را با مشخص کردن یک نقطه بر روی طیف ارزیابی که معمولاً متناظر با یک عدد در فاصله صفر تا ۱۰۰ است اعلام می‌نماید [۱۸].



شکل ۴: اعلام نظر در مقیاس مشابهت بصری

علاوه بر داده‌های ارزیابی، در مدل ارائه شده مشابه توضیحات منبع [۱۹]، درصد اطمینان ارزیاب نسبت به نظرات اعلام شده در هر معیار (R) نیز اخذ می‌گردد. این اطلاعات در مرحله بعد جهت تخصیص باورهای پایه و مدلسازی عدم قطعیت ناشی از نقص دانش ارزیاب استفاده می‌شود.

۳-۲- فازی سازی داده‌های ارزیابی

مدلسازی عدم قطعیت ناشی از ابهام و پیچیدگی در نظرسنجی، از طریق فازی سازی داده‌های ارزیابی انجام می‌شود. مبنای فازی سازی داده‌های ارزیابی، مقیاس تبدیل تعیین شده در تعریف عبارات زبانی فازی می‌باشد که در بخش قبل ارائه گردید. همانطور که اشاره شد هر کدام از داده‌های ارائه شده در مقیاس عبارات زبانی فازی متناظر با یک عدد فازی می‌باشد که در مقیاس تبدیل مربوطه (جدول ۳) مشخص شده است.

فازی سازی داده‌هایی که بر اساس مقیاس مشابهت بصری تولید شده‌اند نیز با استفاده از مقیاس تبدیل تعیین شده مشابه آنچه در شکل (۳) آمده است انجام می‌شود. در این مورد داده‌های ارزیابی بر روی نمودار تابع عضویت نگاشته

¹ Area method

۳-۳-۳- تعدیل توابع جرم باور

جهت مدل‌سازی عدم قطعیت ناشی از نقص دانش، توابع جرم باور حاصل شده در مرحله قبل با استفاده از شاخص میزان اطمینان ارزیاب نسبت به نظر اعلام شده (R) تعدیل می‌گردند. بدین منظور اگر تابع جرم باور در مرحله قبل را با m' نشان دهیم آنگاه تابع جرم باور تعدیل‌شده m با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$\begin{cases} m(A) = R \cdot m'(A), & \forall A \subset \Theta \\ m(\theta) = 1 - R + m'(\theta) \end{cases} \quad (20)$$

در رابطه فوق جرم تخصیص یافته به چارچوب تمایز، $m(\theta)$ ، بیانگر میزان جهل و یا نقص دانش می‌باشد. تعدیل توابع جرم باور به روش فوق احتمال بروز تعارض در ترکیب شواهد را تا حد زیادی کاهش می‌دهد اما در صورت اطمینان کامل ارزیاب‌ها نسبت به نظر ارائه شده ممکن است تعارض در شواهد ایجاد شود. لذا سقف شاخص اطمینان $R \leq 0.99$ تعیین می‌شود تا هم بر داده‌های ارزیابی تاثیر چندانی نداشته باشد و در عین حال از بروز تعارض جلوگیری شود. در منبع [۵۷] دلایل متعددی در توجیه این اقدام بیان شده است.

۳-۴- ترکیب شواهد در سطح گروه‌های ارزیابی

قانون دمستر اولین و متداول ترین قانون ترکیب شواهد می‌باشد که بر روی شواهد حاصل از منابع مورد اطمینان اعمال می‌شود. این قانون دارای خواص انجمنی و جابجایی بوده و در آن ترتیب ترکیب شواهد اهمیتی ندارد. در مدل ارزیابی چندمنبعی نیز ارزیاب‌ها از بین افراد مورد اطمینان و آموزش دیده انتخاب می‌گردند و نیز نباید ترتیب تجمیع شواهد بر نتایج ارزیابی تاثیرگذار باشد. نکته دیگر اینکه ارزیاب‌ها در هر گروه از دیدگاهی یکسان فرد را مورد ارزیابی قرار می‌دهند، لذا اشتراک نظرات ارائه شده در هر گروه می‌تواند بیانگر سطح عملکرد ارزیابی شونده باشد. با توجه به موارد مذکور در مدل ارائه شده، مشابه سایر کارهای انجام شده در زمینه تصمیم‌گیری مبتنی بر تئوری شواهد مانند مراجع [۸۳ و ۸۴]، قانون دمستر جهت ترکیب شواهد درون گروه‌های ارزیابی مورد استفاده قرار می‌گیرد. تجمیع شواهد مرتبط با شاخص ارزیابی i در گروه ارزیابی j متشکل از k_j ارزیاب با استفاده از قانون دمستر به صورت زیر بیان می‌شود:

$$m_{ij} = m_{ij_1} \oplus m_{ij_2} \oplus \dots \oplus m_{ij_{k_j}} \quad (21)$$

تعریف شده در مقیاس تبدیل شکل (۳) به همراه مقادیر نرمال شده آن، در جدول ۴ آمده است.

مقادیر مشابهت نرمال شده در این جدول معادل تخصیص باورهای پایه در تئوری شواهد می‌باشند. برای نمایش نحوه استفاده از داده‌های جدول، فرض کنید ارزیاب k در گروه ارزیابی j در معیار ارزیابی i عبارت زبانی "خوب" را اعلام نماید، تخصیص باور متناظر با این ارزیابی (m_{ijk}) بر اساس جدول ۴ به صورت زیر تعیین می‌شود.

$$m_{ijk} = \{m(L_3 L_4) = 0.11, m(L_4) = 0.74, m(L_4 L_5) = 0.15\} \quad (17)$$

۳-۳-۲- تبدیل داده‌های مقیاس شباهت بصری به توابع باور پایه

در مورد داده‌های حاصل شده در قالب مقیاس شباهت بصری، با استفاده از یک روش ابتکاری، باور پایه به سه عنصر کانونی تخصیص داده می‌شود. مبنای تعیین عناصر کانونی و تخصیص باور در این بخش، مقادیر تابع عضویت محاسبه شده در مرحله قبل می‌باشد. بدین ترتیب که بجز نقاطی که در آن‌ها تابع عضویت حداکثر مقدار خود را دارد، سایر نقاط روی نمودار با مقادیر عضویت متفاوت به دو مجموعه یا عدد فازی متوالی L_i و L_{i+1} تعلق دارند. در این روش هر کدام از گزینه‌های یاد شده و اجتماع آن‌ها را به عنوان عناصر کانونی در نظر گرفته و از نسبت‌های زیر جهت تخصیص باور پایه استفاده می‌شود:

$$\begin{cases} m(L_i) \sim \mu(L_i) \\ m(L_{i+1}) \sim \mu(L_{i+1}) \\ m(L_i, L_{i+1}) \sim \mu(L_{i+1}) + \mu(L_i) \end{cases} \quad (18)$$

با استفاده از نسبت‌های تعیین شده می‌توان کل جرم باور قابل تخصیص که برابر یک می‌باشد را به عناصر کانونی تخصیص داد. به عنوان نمونه تخصیص باور پایه متناظر با تابع عضویت ارائه شده در رابطه (۱۴) به صورت زیر تعیین می‌شود.

$$\{m(L_3) = 0.14, m(L_4) = 0.36, m(L_3 L_4) = 0.5\} \quad (19)$$

در مورد داده‌هایی که در آن‌ها تابع عضویت حداکثر مقدار خود را دارد (ارزیابی با امتیاز ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰)، مقادیر ارزیابی متناظر آن‌ها را در قالب عبارت زبانی در نظر گرفته و تخصیص باور پایه در این موارد از جدول ۴ استخراج می‌شود.

جدول ۴: مقادیر مشابهت بین عبارتهای زبانی فازی

مشابهت بین عبارتهای زبانی فازی					مشابهت بین عبارتهای زبانی فازی					نظر اعلام شده
L_5	L_4	L_3	L_2	L_1	L_5	L_4	L_3	L_2	L_1	
خیلی ضعیف	ضعیف	متوسط	خوب	خیلی خوب	خیلی ضعیف	ضعیف	متوسط	خوب	خیلی خوب	
۰	۰	۰	۰,۱۷	۰,۸۳	۰	۰	۰	۰,۲	۱	L_1 خیلی ضعیف
۰	۰	۰,۱۱	۰,۷۴	۰,۱۵	۰		۰,۱۴	۱	۰,۲	L_2 ضعیف
۰	۰,۱۱	۰,۷۸	۰,۱۱	۰	۰	۰,۱۴	۱	۰,۱۴	۰	L_3 متوسط
۰,۱۵	۰,۷۴	۰,۱۱	۰	۰	۰,۲	۱	۰,۱۴	۰	۰	L_4 خوب
۰,۸۳	۰,۱۷	۰	۰	۰	۱	۰,۲	۰	۰	۰	L_5 خیلی خوب

مطابق توضیحات بند ۶-۳ پیشنهاد شده است.

۳-۶- تجمیع شواهد حاصل از معیارهای ارزیابی

در این مرحله، محاسبات مشخص شده در بخش دوم مدل که در شکل (۲) نشان داده شده است، تشریح می‌گردد. در مراحل قبل، نحوه تجمیع نظرات گروه‌های مختلف در سطح هر معیار ارزیابی تشریح شد. پس از محاسبه امتیاز در تمامی معیارها، لازم است تا این اطلاعات تجمیع شده و امتیاز نهایی ارزیابی عملکرد فرد محاسبه گردد. تا کنون در مطالعات متعدد، کاربرد تئوری شواهد و قانون ترکیب دمستر در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره و تجمیع شواهد حاصل از معیارهای مختلف گزارش شده است [۸۷-۸۵]. با این حال، این سطح از تجمیع به ساختار، سلسله مراتب و وزن معیارهای مورد استفاده در فرایند ارزیابی بستگی دارد. با توجه به اینکه بررسی ساختار معیارهای ارزیابی در محدوده موضوع این مقاله قرار نمی‌گیرد، در مدل ارائه شده فرض می‌شود یک معیار اصلی تحت عنوان عملکرد فرد و تعداد I معیار فرعی زیرمجموعه آن با وزنهای متفاوت w_i وجود دارد. این ساختار به راحتی قابل تعمیم به سلسله مراتب پیچیده‌تر معیارهای ارزیابی می‌باشد. حال اگر m_i نتیجه تجمیع شواهد مرتبط با معیار i در ساختار توابع باور باشد، آنگاه نتیجه نهایی ارزیابی فرد مورد نظر که با m_{tot}

۳-۵- ترکیب شواهد بین گروه‌های مختلف ارزیابی

تجمیع شواهد بین گروه‌های ارزیابی از قانون دمستر استفاده می‌شود. در این مرحله بر اساس اطلاعات حاصل از نظر خبرگان و یا بر اساس سیاست‌های سازمان، ممکن است وزن‌های متفاوتی به شواهد دریافت شده از گروه‌های مختلف ارزیابی تخصیص داده شود. لذا جهت تجمیع، ابتدا شواهد حاصل از هر گروه ارزیاب با استفاده از شاخص وزن گروه، مشابه رابطه (۲۱) تعدیل شده و سپس تجمیع شواهد با استفاده از قانون دمستر انجام می‌گیرد. بر این اساس اگر m_{ij} جمع‌بندی امتیاز ارزیابی گروه j در شاخص i باشد (خروجی مرحله قبل) آن‌گاه نتیجه تجمیع شواهد حاصل از J گروه ارزیابی در معیار ارزیابی i مطابق رابطه (۲۱) بیان می‌شود:

$$m_{i..} = m_{i1.} \oplus m_{i2.} \oplus \dots \oplus m_{iJ.} \quad (22)$$

خروجی به دست آمده در این مرحله در قالب توابع باور می‌باشد، و در صورت نیاز، استخراج امتیاز ارزیابی از آن با استفاده از توضیحات بند ۷-۳ ممکن می‌باشد. امتیاز ارزیابی در معیارهای مختلف می‌تواند مستقیماً و یا با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری مانند تاپسیس، جهت محاسبه امتیاز نهایی عملکرد فرد، مورد استفاده قرار گیرد. در غیر اینصورت، در مدل ارائه شده در این مقاله راهکار تجمیع

نشان داده می‌شود به صورت زیر بیان می‌گردد:

$$m_{tot} = w_1.m_1 \oplus w_2.m_2 \oplus \dots \oplus w_i.m_i \quad (23)$$

۳-۷- استخراج نتیجه نهایی از توابع جرم باور

در ساختار تئوری توابع باور، نتایج حاصل از تجمیع شواهد در مراحل مختلف، در قالب توابع باور می‌باشد. هر چند این نوع نمایش حاوی اطلاعات جامعی در مورد نتیجه حاصل از تجمیع داده‌های غیرقطعی مرتبط با عملکرد فرد مورد ارزیابی می‌باشد با این حال در برخی شرایط جهت تصمیم‌گیری نیاز است تا یک امتیاز مشخص به عنوان نتیجه نهایی ارزیابی تعیین و ارائه گردد. در مدل ارائه شده استخراج امتیاز نهایی از توابع جرم باور با استفاده از معیارهای باور، توجیه پذیری، معیار احتمال پیگنیستیک و معیار ارزش انتظاری مطابق توضیحات بند ۲-۲-۳ قابل انجام است.

۴- بررسی عملکرد مدل

همانطور که در بخش ۳ اشاره شد، محاسبات مرتبط با تجمیع داده‌ها در مدل ارائه شده به دو بخش قابل تفکیک است. در بخش اول، داده‌های ارزیابی مرتبط با عملکرد فرد در یک معیار تجمیع شده و امتیاز عملکرد فرد در معیار فرضی k محاسبه می‌شود. این بخش از محاسبات در مورد کلیه معیارهای مورد استفاده در فرایند ارزیابی تکرار می‌شود. در بخش دوم، امتیاز عملکرد فرد در تک تک معیارهای ارزیابی، تجمیع شده و امتیاز نهایی عملکرد فرد محاسبه می‌گردد. همانطور که اشاره شد تجمیع شواهد بین معیارهای ارزیابی به ساختار معیارها و وزن تعریف شده برای آن‌ها بستگی دارد. از این رو، در این بخش، عملکرد بخش اول با فرض مشخص بودن امتیاز ارزیابی فرد در هر معیار با استفاده از داده‌های شبیه‌سازی شده بررسی می‌گردد. اما با توجه به ملاحظات ذکر شده در مورد بخش دوم مدل، تحلیل آن با استفاده از یک مثال عددی و به همراه نمایش عملکرد کلی مدل نشان داده می‌شود. در بررسی‌های انجام شده، فرض می‌شود که ارزیاب‌ها نظر خود را با اطمینان کامل اعلام می‌نمایند، لذا جهت جلوگیری از بروز تعارض مطابق توضیحات بند ۳-۳-۳ حداکثر مقدار شاخص اطمینان ارزیاب برابر ۰.۹۹ در نظر گرفته می‌شود.

۴-۱- بررسی عملکرد بخش اول مدل

جهت بررسی عملکرد بخش اول مدل، از داده‌های شبیه‌سازی شده استفاده می‌شود. برای تولید داده‌های شبیه

سازی، فرض می‌شود که امتیاز واقعی عملکرد فرد در معیار ارزیابی مفروض از قبل مشخص بوده و ارزیاب‌ها بر اساس سطوح مختلف خطا (سخت‌گیری، سهل‌گیری و ارزیابی تصادفی) ارزیابی‌های خود را انجام می‌دهند. در تولید داده‌های شبیه‌سازی فرض شده است عملکرد یک مدیر میانی، با استفاده از نظرات حاصل از پنج گروه ارزیابی متشکل از هفت نفر از مشتریان منتخب، شش نفر از کارمندان زیرمجموعه، پنج نفر از همکاران هم‌رده، سرپرست و در نهایت خود فرد ارزیابی می‌شود. لذا هر رکورد از داده‌های تولید شده، شامل اعلام نظر ۲۰ ارزیاب فرضی مطابق تعریف فوق می‌باشد که متناسب با مقیاس عبارات زبانی فازی و مقیاس شباهت بصری تولید می‌شود. داده‌های مرتبط با هر مقیاس ارزیابی با استفاده روش تشریح شده در بخش ۳ به ساختار باور تبدیل شده و سپس مطابق مراحل تشریح شده، تجمیع می‌گردند. در فرایند شبیه‌سازی، به جهت امکان برنامه‌نویسی و عدم نیاز به تفسیر، خروجی مدل بر اساس معیارهای احتمال پیگنیستیک و ارزش انتظاری استخراج می‌گردد. مجموع تفاوت بین خروجی مدل و امتیاز واقعی عملکرد به عنوان معیار مقایسه خروجی مدل با خروجی حاصل از تجمیع داده‌ها با سایر روش‌ها شامل روش میانگین ساده و روش تجمیع با استفاده از عملگرهای فازی می‌باشد. عملگر فازی مورد استفاده در تجمیع داده‌های مقیاس عبارات زبانی فازی، میانگین اعداد فازی مثلثی و در داده‌های مقیاس شباهت بصری، جمع جبری اعداد فازی می‌باشد که در بخش ۲-۳ به آن‌ها اشاره شد. بررسی معنادار بودن تفاوت میانگین خطا بین نتایج حاصل از روش‌های مختلف تجمیع داده‌های ارزیابی، با استفاده از آزمون مقایسه میانگین‌ها در سطح $\alpha = 0.05$ انجام می‌شود. جهت انجام شبیه‌سازی و پردازش داده‌ها، برنامه‌ای در محیط نرم افزار اکسل طراحی شده و مورد استفاده قرار گرفته است.

۴-۱-۱- تولید داده‌های شبیه‌سازی

در این بخش منطق تولید داده‌های ارزیابی در دو مقیاس مورد استفاده در مدل تشریح می‌شود. برای تولید داده‌های شبیه‌سازی شده ۲۰ حالت مختلف بر اساس درصد ارزیاب‌های نرمال از صفر تا ۹۵ درصد کل ارزیاب‌ها در نظر گرفته شده و در هر حالت ۵۰۰ رکورد از داده‌های ارزیابی بر اساس ترکیب مختلف ارزیاب‌های نرمال و سه نوع ارزیاب

خروجی مدل با استفاده از معیار ارزش انتظاری و احتمال پیگنیستیک تفاوت محدود و غیرمعنادار دارند.

جدول ۵: خطای تجمیع داده‌ها در حالات مختلف اجرای مدل و روش‌های متداول تجمیع، بر اساس شبیه سازی داده‌های مقیاس عبارات زبانی فازی

خطای تجمیع با میانگین اعداد مثلی	خطا در تجمیع به روش میانگین	خطای مدل-معیار ارزش انتظاری	خطای مدل-معیار احتمال پیگنیستیک	درصد ارزیابی نرمال
۳۸۳,۲۵	۴۴۹,۹	۳۶۸,۰۲	۳۶۸	۰
۳۱۲,۱۹	۴۹۲,۰۱	۲۴۲,۴۲	۲۴۳	۰,۰۵
۳۴۲,۶	۵۶۹,۹۸	۲۶۳,۰۷	۲۵۹	۰,۱
۳۳۹,۲۳	۳۶۲,۸۴	۲۰۳,۹۹	۲۰۳	۰,۱۵
۳۰۶,۸۵	۳۹۳,۲۶	۱۶۱,۸۶	۱۶۳	۰,۲
۳۱۱,۲۱	۲۷۳,۴۲	۹۷,۴۹	۹۲	۰,۲۵
۲۷۰,۳۸	۳۶۸,۲۵	۱۷۷,۱۹	۱۷۱	۰,۳
۲۳۱,۴۸	۲۷۰,۷۴	۱۲۴,۰۶	۱۲۲	۰,۳۵
۲۷۵,۱۲	۲۷۹,۸	۱۲۳,۲۶	۱۲۲	۰,۴
۲۹۳,۰۸	۳۱۴,۸۴	۱۱۴,۱۸	۱۱۴	۰,۴۵
۲۱۴,۳۳	۲۸۶,۳۶	۱۳۸,۳۸	۱۳۹	۰,۵
۲۳۵,۷۹	۲۷۴,۷۵	۱۱۰,۱۷	۱۰۹	۰,۵۵
۲۰۴,۲۱	۲۲۹,۰۸	۸۰,۵۱	۷۵	۰,۶
۱۹۷,۳	۲۱۱,۹۴	۶۸,۷	۶۷	۰,۶۵
۲۰۱	۲۴۲,۸۴	۱۰۱,۰۶	۹۶	۰,۷
۲۰۹,۵۹	۱۹۴,۴۶	۷۲,۳۳	۷۰	۰,۷۵
۱۶۵,۹۲	۲۰۵,۵۷	۵۵,۵۲	۴۶	۰,۸
۲۳۶,۶۶	۱۸۵,۵۶	۶۲,۰۷	۶۰	۰,۸۵
۱۹۱,۶۹	۱۶۹,۷۳	۵۳,۰۴	۵۱	۰,۹
۱۹۶,۵	۱۸۲,۵۸	۵۰,۴۵	۴۷	۰,۹۵
۵۱۱۸,۳۸	۵۹۵۷,۹۲	۲۶۶۷,۷۶	۲۶۱۷	مجموع
۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۹۲۴	-	p-مقدار

بررسی روند تغییرات خطا با افزایش سطح ارزیابی‌های نرمال در نمودارهای نشان داده شده در شکل‌های (۵) و (۶) نشان می‌دهد در همه روش‌های تجمیع، با افزایش نسبت ارزیابی‌های نرمال به کل ارزیابی‌ها، خطا کاهش می‌یابد. همچنین نمودارها نشان می‌دهند در وضعیتی که درصد ارزیابی‌های نرمال بسیار پایین است، عملکرد مدل ارائه شده و روش تجمیع بر اساس عملگرهای فازی به هم نزدیک است. اما با افزایش درصد ارزیابی‌های نرمال، مدل ارائه شده عملکرد بسیار بهتری دارد.

جمع بندی نتایج حاصل از بررسی عملکرد مدل ارائه شده در تجمیع داده‌های مرتبط با هر معیار ارزیابی نشان می‌دهد

دیگر در هر مقیاس تولید می‌گردد.

- شبیه سازی داده‌ها در مقیاس عبارات زبانی فازی

اگر گزینه‌های ارزیابی در این مقیاس را متناظر با اعداد ۱ تا ۵ در نظر بگیریم و امتیاز واقعی فرد در یک معیار ارزیابی فرضی x باشد، آنگاه ارزیاب نرمال با اختلاف یک امتیاز (در صورت موجود بودن بر روی مقیاس ارزیابی) یکی از گزینه‌های $\{x-1, x, x+1\}$ را به عنوان نتیجه ارزیابی اعلام می‌نماید. ارزیاب سخت گیر (اگر شاخص ارزیابی را مثبت در نظر بگیریم) یکی از گزینه‌های $\{1, \dots, x\}$ را اعلام خواهد نمود و ارزیاب سهل گیر نیز از میان گزینه‌های $\{x, \dots, 5\}$ گزینه مورد نظر خود را انتخاب می‌نماید. ارزیاب تصادفی ارزیابی است که بدون توجه به عملکرد و ویژگی‌های فرد ارزیابی شونده یکی از گزینه‌های مقیاس نظرسنجی را به تصادف اعلام می‌نماید.

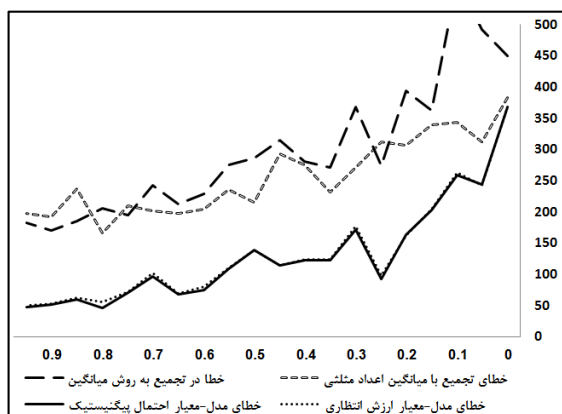
- شبیه سازی داده‌ها در مقیاس شباهت بصری

برای تولید داده‌های شبیه سازی شده در مقیاس شباهت بصری، با فرض مشخص بودن امتیاز فرد ارزیابی شونده، داده‌های ارزیابی با ترکیبات مختلف ارزیاب‌ها مشابه حالت قبل تولید می‌شوند. اگر امتیاز ارزیابی فرد x باشد، نظر ارائه شده توسط ارزیاب نرمال در بازه $[\max(0, x-20), \min(x+20, 100)]$ خواهد بود. ارزیاب سخت گیر در بازه $[0, x]$ ، ارزیاب سهل گیر نیز در بازه $[x, 100]$ و ارزیاب تصادفی در بازه $[0, 100]$ اعلام نظر خواهد کرد.

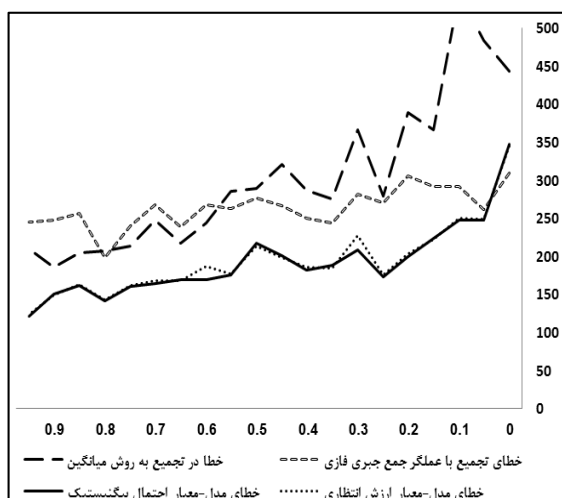
۴-۱-۲- تحلیل نتایج حاصل از شبیه سازی

خلاصه نتایج حاصل از اجرای مدل در شرایط مختلف تولید داده‌های شبیه سازی با استفاده از ۱۰ هزار رکورد تولید شده در هر مقیاس ارزیابی، در قالب مجموع خطا (طبق تعریف ارائه شده در بخش ۴-۱) در جداول ۵ و ۶ آمده است. نتایج نشان داده شده در جداول نشان می‌دهد مدل ارائه شده در کلیه حالات تعریف شده عملکرد بهتری (خطای کمتر) نسبت به سایر روش‌های تجمیع داشته و این تفاوت‌ها از نظر آماری معنا دار می‌باشد. در محاسبه p-مقدار، خطای مدل در حالت استخراج نتیجه با معیار احتمال پیگنیستیک مبنای قرار داده شده و تفاوت سایر ستون‌ها با آن از نظر آماری تحلیل شده است. همچنین نتایج ارائه شده نشان می‌دهد

چندمنبعی، ارائه شده و عملکرد مدل ارائه شده با استفاده از مثال عددی مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به اینکه مثال مذکور در ساختار مدل ارزیابی چندمنبعی ارائه شده است، هدف از استفاده از آن در این مقاله، ایجاد امکان مقایسه بین خروجی دو روش می‌باشد. در مثال یاد شده فرض بر این است که عملکرد دو فرد در یک سازمان در شش معیار ارزیابی توسط سه گروه ارزیاب متشکل از چهار مدیر (گروه A)، هشت همکار (گروه B) و دوازده مشتری (گروه C) با استفاده از مقیاس لیکرت ارزیابی می‌شود. داده‌های ارزیابی در مثال مذکور در ۳، ۵، ۷ و ۹ سطح امتیاز دهی ارائه شده است. جهت نمایش عملکرد مدل، داده‌های ارائه شده در مقیاس ۱-۵ متناظر با عبارات‌های زبانی فازی و سایر داده‌ها پس از تبدیل به بازه ۱-۱۰۰ به عنوان داده‌های مقیاس شباهت بصری در نظر گرفته شد و مطابق جدول ۷ در مدل اعمال گردید.



شکل ۵: مقایسه خطای مدل و سایر روش‌ها در شبیه‌سازی عملکرد با استفاده از داده‌های مقیاس عبارات زبانی فازی



شکل ۶: مقایسه خطای مدل و سایر روش‌ها در شبیه‌سازی عملکرد با استفاده از داده‌های مقیاس شباهت بصری

که مدل ارائه شده، امتیاز عملکرد افراد در هر معیار را، نسبت به روش‌های متداول تجمیع داده‌ها، دقیقتر محاسبه می‌نماید.

جدول ۶: خطای تجمیع داده‌ها در حالات مختلف اجرای مدل و روش‌های متداول تجمیع، بر اساس شبیه‌سازی داده‌های

مقیاس شباهت بصری

درصد ارزیاب نرمال	خطای مدل-معیار احتمال پیگنیستیک	خطای مدل-معیار ارزش انتظاری	خطای تجمیع داده‌ها به روش میانگین	خطای تجمیع داده‌ها با عملکرد جمع جبری فازی
۰	۳۴۸	۳۴۵,۳۷	۴۴۳,۰۴	۳۰۹,۳۶
۰,۰۵	۲۴۸	۲۴۹,۳۶	۴۸۳,۹۷	۲۶۲,۳۱
۰,۱	۲۴۸	۲۵۰,۹	۵۴۶,۰۴	۲۹۲,۶۵
۰,۱۵	۲۲۴	۲۲۲,۷۸	۳۶۶,۲۸	۲۹۲,۶۶
۰,۲	۲۰۰	۲۰۳,۷۶	۳۸۹,۱۴	۳۰۵,۷۹
۰,۲۵	۱۷۴	۱۷۶,۳۹	۲۷۹,۲۸	۲۷۰,۹۲
۰,۳	۲۰۹	۲۲۷,۶۷	۳۶۶,۰۸	۲۸۱,۸۹
۰,۳۵	۱۸۸	۱۸۴,۸۴	۲۷۵,۷۳	۲۴۴,۰۶
۰,۴	۱۸۲	۱۸۵,۷	۲۸۶,۵۳	۲۴۹,۹۷
۰,۴۵	۲۰۱	۱۹۸,۱۷	۳۲۱,۱۶	۲۶۶,۸۳
۰,۵	۲۱۷	۲۱۴,۴۳	۲۸۹,۸۴	۲۷۷,۰۵
۰,۵۵	۱۷۶	۱۷۷,۶۶	۲۸۵,۴۸	۲۶۳,۱۴
۰,۶	۱۷۰	۱۸۷,۵۲	۲۴۳,۶۲	۲۶۷,۶۹
۰,۶۵	۱۶۹	۱۶۸,۲۳	۲۱۸,۰۳	۲۳۸,۵۴
۰,۷	۱۶۵	۱۶۸,۸۱	۲۴۸,۰۷	۲۶۷,۷۴
۰,۷۵	۱۶۱	۱۶۲,۰۵	۲۱۳,۵۸	۲۴۰,۰۹
۰,۸	۱۴۲	۱۴۲,۶۸	۲۰۷,۹۴	۱۹۸,۸۹
۰,۸۵	۱۶۲	۱۶۳,۵۱	۲۰۴,۵۶	۲۵۶,۵۳
۰,۹	۱۵۱	۱۴۹,۰۷	۱۸۶,۶۱	۲۴۷,۴۸
۰,۹۵	۱۲۲	۱۲۴,۶۹	۲۰۹,۹۵	۲۴۵,۷۸
مجموع	۳۸۵۷	۳۹۰۳,۵۹	۶۰۶۴,۹۳	۵۲۷۹,۳۶
p-مقدار	-	۰,۸۸۱	۰,۰۰	۰,۰۰

۴-۲- بررسی عملکرد کلی مدل با استفاده از مثال

عددی

در این بخش جهت نمایش عملکرد کلی مدل از مثال عددی ارائه شده در منبع [۲۹] استفاده می‌شود. در منبع یاد شده، بدون در نظر گرفتن عدم قطعیت در داده‌ها، روشی جدید مبتنی بر تابع فاصله جهت تجمیع امتیازات در مدل ارزیابی

جدول ۷: امتیازات ارزیابی مرتبط با مثال عددی

۶		۵		۴			۳	۲	۱	معیار ارزیابی
B	A	B	A	C	B	A	A	A	A	گروه ارزیابی
۷۱	۵	۸۹	۳	۵	۴	۱۰۰	۱۰۰	۵۷	۴۳	ارزیابی‌های مرتبط با فرد الف
۷۱	۵	۶۷	۳	۵	۴	۶۷	۸۹	۱۰۰	۲۹	
۷۱	۵	۷۸	۴	۵	۴	۶۷	۶۷	۸۶	۲۹	
۷۱	۴	۵۶	۳	۵	۴	۳۳	۶۷	۵۷	۱۴	
۷۱		۷۸		۵	۴					
۵۷		۴۴		۴	۴					
۷۱		۴۴		۴	۵					
۵۷		۴۴		۲	۳					
				۴						
				۴						
				۴						
				۵						
۸۶	۵	۱۰۰	۵	۵	۴	۱۰۰	۱۰۰	۵۷	۱۰۰	ارزیابی‌های مرتبط با فرد ب
۱۰۰	۴	۸۹	۵	۲	۴	۱۰۰	۷۸	۴۳	۸۶	
۷۱	۴	۷۸	۳	۴	۵	۱۰۰	۶۷	۲۹	۱۰۰	
۸۶	۴	۵۶	۳	۱	۴	۶۷	۴۴	۴۳	۱۰۰	
۵۷		۶۷		۳	۵					
۷۱		۷۸		۵	۳					
۸۶		۴۴		۲	۳					
۸۶		۵۶		۵	۴					
				۵						
				۱						
				۴						
				۳						

جدول ۸: وزن گروه‌های ارزیابی در هر معیار ارزیابی

مشتریان (C)	همکاران (B)	سرپرست (A)	گروه ارزیابی / معیار ارزیابی
		۱	۱
		۱	۲
		۱	۳
۰,۲	۰,۴	۰,۴	۴
	۰,۶۷	۰,۳۳	۵
	۰,۵	۰,۵	۶

در این مثال وزن نظرات ارائه شده توسط هر گروه ارزیابی مطابق جدول ۸ ارائه شده است. به جهت محدودیت فضا در این بخش جزئیات مراحل انجام محاسبات نشان داده نمی‌شود و تنها نتیجه نهایی گزارش خواهد شد.

۴-۲-۱- مقایسه نتایج بین روش‌های مختلف

در این بخش، به جهت ایجاد امکان تحلیل عملکرد مدل، جمع بندی امتیازات ارزیابی مربوط به دو فرد "الف" و "ب"

شده در این مقاله خروجی میانی بهتری نسبت به روش‌های دیگر ارائه داده است. به عنوان مثال در ارزیابی فرد الف، در مورد داده‌های ارزیابی گروه B در معیار ۴ در جدول ۷ می‌توان گفت با توجه به اینکه تقریباً تمامی ارزیاب‌ها امتیاز "چهار" ارائه داده اند، نتیجه تجمیع ارائه شده به روش میانگین موزون و مدل ارائه شده در این مقاله نسبت به خروجی ارائه شده در منبع [۲۹] منطقی‌تر می‌باشد. همچنین نتایج به دست آمده نشان می‌دهد بین نتایج استخراج شده از مدل با استفاده از معیار احتمال پیگنیستیک و معیار ارزش انتظاری تفاوت اندکی وجود دارد که نشان دهنده قطعیت بالا در نتیجه استخراج شده از مدل است.

در سه سطح تجمیع شامل: سطح اول، محاسبه امتیاز عملکرد فرد در هر معیار از دیدگاه هر گروه ارزیابی، سطح دوم، محاسبه امتیاز عملکرد فرد در هر معیار و سطح سوم، محاسبه امتیاز کلی عملکرد فرد، با استفاده از روش‌های میانگین موزون، روش ارائه شده در منبع [۲۹] و مدل ارائه شده در این مقاله در جداول ۹ و ۱۰ آمده است. مقایسه نتایج نهایی حاصل از تجمیع داده‌های ارزیابی در جداول ۹ و ۱۰ نشان‌دهنده الگوی نتیجه‌گیری یکسان در همه روش می‌باشد و فرد الف در روش میانگین موزون، روش ارائه شده در منبع [۲۹] (در حالات $\lambda=0$ و $\lambda=0.5$) و مدل ارائه شده در این مقاله، امتیاز بالاتری نسبت به فرد ب کسب می‌کند. در برخی موارد، مدل ارائه

جدول ۹: تجمیع امتیازات مرتبط با فرد الف

معیار ارزیابی		۱			۲			۳			۴			۵		۶	
گروه ارزیاب		A			A			A			A			A		B	
میانگین موزون	تجمیع سطح ۱	۱,۴۴	۳,۷۵	۴,۰۴	۳,۲۴	۴,۰۰	۴,۳۳	۳,۲۵	۳,۱۳	۴,۷۵	۳,۳۸						
	تجمیع سطح ۲	۱,۴۴	۳,۷۵	۴,۰۴	۳,۸۰۲			۳,۱۷		۴,۰۶۵							
	تجمیع سطح ۳	۳,۳۷															
روش منبع [۲۹]	تجمیع سطح ۱	۲,۵	۳,۷۵	۴,۰۶	۲,۵	۲,۵	۵	۲,۵	۳,۱۲۵	۵	۵						
	تجمیع سطح ۲	۲,۵	۳,۷۵	۴,۰۶	۲,۵			۲,۹۲		۵							
	تجمیع سطح ۳	۳,۷۵ ($\lambda=0$)			۳,۷۵ ($\lambda=0.5$)			۲,۹۱ ($\lambda=1$)									
مدل ارائه شده با معیار احتمال پیگنیستیک	تجمیع سطح ۱	۲	۴	۴	۳	۴	۴	۳	۳	۵	۴						
	تجمیع سطح ۲	۲	۴	۴	۴			۳		۵							
	تجمیع سطح ۳	۴															
ارزش انتظاری خروجی مدل ارائه شده بر اساس	تجمیع سطح ۱	۲	۳,۹۹	۳,۹۷	۳,۱۷	۳,۹۲	۴	۳,۰۲	۲,۷۸	۴,۹	۳,۸۷						
	تجمیع سطح ۲	۲	۳,۹۹	۳,۹۷	۳,۶۹			۲,۹		۳,۹۳							
	تجمیع سطح ۳	۳,۹۷															

جدول ۱۰: امتیازات ارزیابی مرتبط با فرد ب

۶		۵		۴			۳	۲	۱	معیار ارزیابی	
B	A	B	A	C	B	A	A	A	A	گروه ارزیاب	
۴,۰۲	۴,۲۵	۳,۵۵	۴,۰۰	۳,۳۳	۴,۰۰	۴,۹۵	۳,۶۱	۲,۱۵	۴,۸۳	تجمیع سطح ۱	میانگین موزون
۴,۱۳		۳,۷۰		۴,۱۰			۳,۶۱	۲,۱۵	۴,۸۳	تجمیع سطح ۲	
۳,۷۵										تجمیع سطح ۳	
۴,۱۶۵	۳,۷۵	۳,۴۳۵	۳,۷۵	۲,۵	۳,۷۵	۵	۳,۴۳۵	۱,۶۵	۵	تجمیع سطح ۱	روش منبع [۳۹]
۳,۹۶		۳,۵۴		۴			۳,۴۳۵	۱,۶۵	۵	تجمیع سطح ۲	
$(\lambda=1) ۳,۴۳$		$(\lambda=0.5) ۳,۴۳$			$(\lambda=0) ۳,۳۲$					تجمیع سطح ۳	
۴	۴	۴	۳	۴	۴	۵	۳	۳	۵	تجمیع سطح ۱	مدل ارائه شده با معیار احتمال پیگمستیک
۴		۳		۴			۳	۳	۵	تجمیع سطح ۲	
۳										تجمیع سطح ۳	
۴,۰۱	۴,۰۲	۳,۵۸	۳,۱۱	۳,۸۱	۳,۹۰	۴,۴۲	۳,۳۱	۲,۹۷	۴,۹۹	تجمیع سطح ۱	ارزش انتظاری خروجی مدل ارائه شده بر اساس
۳,۷۶		۳,۳۲		۳,۴۴			۳,۳۱	۲,۹۷	۴,۹۹	تجمیع سطح ۲	
۳,۱۷										تجمیع سطح ۳	

۴-۳- جمع بندی نتایج حاصل از بررسی عملکرد

مدل و توصیه‌های اجرایی مبتنی بر مدل ارائه شده نتایج حاصل از اجرای مدل با استفاده از داده‌های شبیه سازی شده و تحلیل حساسیت عملکرد مدل تحت تاثیر تغییر درصد ارزیاب های نرمال (کیفیت داده‌های ورودی) و روش‌های مختلف استخراج خروجی از توابع باور نشان می دهد، مدل ارائه شده نسبت به روش‌های مشابه دقت بیشتری در تجمیع داده‌های مرتبط با هر معیار ارزیابی دارد. این درحالیست که در این بررسی‌ها به جهت ایجاد امکان مقایسه روش‌های مختلف، اطلاعات مرتبط با قابلیت اطمینان ارزیاب در نظر گرفته نشده است. این بخش از اطلاعات در صورت در دسترس بودن، می‌تواند به راحتی در

قالب عدم قطعیت ناشی از نقص دانش در مدل اعمال شود و نتایج دقیق تر و معتبرتر حاصل گردد. در بخش دوم بررسی عملکرد کلی مدل با استفاده از مثال عددی، همخوان بودن نتایج نهایی حاصل از روش‌های مختلف و مدل ارائه شده، صحت نتایج حاصل از آن را تایید می‌نماید. همچنین بررسی داده‌های مثال نشان می‌دهد در برخی مراحل میانی، عملکرد مدل بهتر از سایر روش‌ها می‌باشد.

بررسی عملکرد مدل در بخش اول (تجمیع داده‌های مرتبط با هر معیار ارزیابی) نشان دهنده این است که مدل ارائه شده با قابلیت مدل‌سازی موثر عدم قطعیت ناشی از نقص دانش و عدم قطعیت ناشی از تغییرپذیری در فرایند ارزیابی

در مدل ارائه شده، مدل‌سازی اطلاعات در قالب ساختار توابع باور، امکان حفظ اطلاعات بیشتر در طول فرایند تجمیع و کسب نتایج دقیقتر و غنی‌تر را جهت تصمیم‌گیری بهتر فراهم می‌آورد. علاوه بر افزایش دقت در نتایج حاصل از فرایند ارزیابی عملکرد کارکنان، مدل ارائه شده مزایای دیگری شامل ایجاد قابلیت مدل‌سازی همزمان عدم قطعیت ناشی از نقص دانش و عدم قطعیت ناشی از تغییرپذیری، افزایش انعطاف در دریافت نظر از ارزیاب‌ها و ایجاد امکان اعلام نظر راحت برای ارزیاب‌های با سطح دانش محدود را به همراه دارد.

مدل ارائه شده با توجه به قابلیت‌های تشریح شده در فوق، می‌تواند به عنوان جایگزین مناسب روش‌های متداول ارزیابی چندمنبعی و روش تجمیع داده‌ها در مدل‌های ارزیابی عملکرد کارکنان که در آن‌ها از نظر چند ارزیاب استفاده می‌شود، مورد استفاده قرار گیرد.

جهت انجام مطالعات بیشتر در این حوزه، بررسی عملکرد مدل ارائه شده با استفاده از داده‌های واقعی و مقایسه مقبولیت نتایج آن نسبت به مدل‌های معمول پیشنهاد می‌گردد. بررسی و انتخاب مقیاس‌های مناسب جهت فازی‌سازی داده‌ها، متناسب با نوع معیار ارزیابی، از حوزه‌هایی است که می‌تواند مورد بررسی بیشتر قرار گیرد. بررسی قابلیت استفاده از ساختار توابع باور در نظرسنجی‌ها و نیز طراحی سیستم ارزیابی عملکرد کارکنان بر پایه آن از دیگر زمینه‌هایی است که تحقیقات بیشتر در این حوزه را می‌طلبد.

چندمنبعی، نتایج دقیق تری نسبت به روش‌های معمول تجمیع داده‌های ارزیابی ارائه می‌نماید. از این رو، مدل ارائه شده هم از نظر افزایش قابلیت مدل‌سازی عدم قطعیت در داده‌های ارزیابی و هم از نظر افزایش دقت نتایج فرایند ارزیابی عملکرد، می‌تواند به عنوان راهکاری جدید، جهت تجمیع داده‌های مرتبط با هر معیار ارزیابی، در مدل ارزیابی چندمنبعی و تمام مدل‌های ارزیابی عملکرد که در آن‌ها داده‌های ارزیابی از چند ارزیاب اخذ می‌گردد، استفاده شود. خروجی حاصل از بخش اول مدل می‌تواند با استفاده از معیارهای استخراج نتیجه از توابع باور، در قالب اعداد دقیق بیان شده و با استفاده از سایر تکنیک‌های تصمیم‌گیری تجمیع گردد.

از آن‌جا که خروجی مرحله قبل، در هر معیار ارزیابی در قالب توابع باور می‌باشد، در بخش دوم مدل ارائه شده، امکان استفاده از قانون ترکیب دمستر جهت تجمیع شواهد حاصل از معیارهای مختلف ارزیابی و محاسبه امتیاز نهایی عملکرد ارزیابی شونده وجود دارد. لذا رویکرد تجمیع شواهد حاصل از معیارهای مختلف ارزیابی با استفاده از قوانین ترکیب شواهد می‌تواند به عنوان راهکاری جدید در مدل‌های ارزیابی عملکرد مورد استفاده قرار گیرد.

از طرف دیگر وجود امکان مدل‌سازی عدم قطعیت ناشی از نقص دانش، مزیت دیگری در اجرای مدل در شرایط واقعی ایجاد می‌نماید و باعث می‌شود تا ارزیاب‌ها حتی در شرایطی که اطلاعات اندکی اختیار دارند، بتوانند با اعلام سطح اطمینان خود نسبت به نظر اعلام شده، ارزیابی خود را به راحتی انجام دهند.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله، نظر به اهمیت عدم قطعیت و نقش آن در بروز خطا در فرایندهای ارزیابی عملکرد کارکنان و نیز عدم ارائه راهکار مناسب در مطالعات انجام شده در این حوزه، مدل جدید ارزیابی عملکرد کارکنان با رویکرد ارزیابی چندمنبعی و قابلیت مواجهه با عدم قطعیت ارائه شده است. در طراحی مدل یاد شده به صورت نظام مند و مرحله به مرحله، پیاده‌سازی تئوری شواهد و مدل‌سازی عدم قطعیت تشریح شده و عملکرد آن با استفاده از شبیه‌سازی و مثال عددی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد مدل ارائه شده در مقایسه با روش‌های مشابه، دقت بیشتری در تجمیع داده‌های فرایند ارزیابی عملکرد کارکنان دارد.

۶- مراجع

- [1] C. E. Lance, B. J. Hoffman, W. A. Gentry, and L. E. Baranik, "Rater source factors represent important subcomponents of the criterion construct space, not rater bias", *Hum. Resour. Manag. Rev.*, Vol. 18, No. 4, Dec. 2008, pp. 223–232.
- [2] S. A. Snell and G. W. Bohlander, *Managing Human Resources*. Cengage Learning, 2012.
- [3] S. E. Scullen, M. K. Mount, and M. Goff, "Understanding the latent structure of job performance ratings", *J. Appl. Psychol.*, Vol. 85, No. 6, 2000, pp. 956–970.
- [4] A. Nabaum, L. Barry, S. Garr, and A. Liakopoulos, "Performance management is broken: Replace 'rank and yank' with coaching and development", *Dupress*, 2014, pp. 45–52.
- [5] B. J. Hoffman, C. A. Gorman, C. A. Blair, J. P. Meriac, B. Overstreet, and E. K. Atchley, "Evidence for the Effectiveness of an Alternative Multisource Performance Rating Methodology", *Pers. Psychol.*, Vol. 65, No. 3, 2012, pp. 531–563.
- [6] R. Golman and S. Bhatia, "Performance evaluation inflation and compression", *Accounting, Organ. Soc.*, Vol. 37, No. 8, 2012, pp. 534–543.
- [7] H. Esen, T. Hatipoğlu, and A. İ. Boyacı, "A Fuzzy Approach for Performance Appraisal: The Evaluation of a Purchasing Specialist", in *Studies in Computational Intelligence*, Vol. 620, Springer, 2016, pp. 235–250.
- [8] P. E. Levy and J. R. Williams, "The social context of performance appraisal: A review and framework for the future", *J. Manage.*, Vol. 30, No. 6, 2004, pp. 881–905.
- [9] T. R. Manoharan, C. Muralidharan, and S. G. Deshmukh, "An integrated fuzzy multi-attribute decision-making model for employees' performance appraisal", *Int. J. Hum. Resour. Manag.*, Vol. 22, No. 3, Jan. 2011, pp. 722–745.
- [10] G. Shafer, *A mathematical theory of evidence*, Vol. 1. Princeton university press Princeton, 1976.
- [11] Y. Dong and Z. Xiao, "A Group Decision Making Method Based on Dempster-Shafer Fuzzy Soft Sets Under Incomplete Information", *Int. J. Hybrid Inf. Technol.*, Vol. 8, No. 3, 2015, pp. 287–296.
- [12] K. Sentz and S. Ferson, *Combination of evidence in Dempster-Shafer theory*, Vol. 4015. Citeseer, 2002.
- [13] P. A. C. Aguilar, J. Boudy, D. Istrate, B. Dorizzi, J. C. M. Mota, P. Armando, C. Aguilar, J. Boudy, D. Istrate, and B. Dorizzi, "A dynamic evidential network for fall detection", *IEEE J. Biomed. Heal. Informatics*, Vol. 18, No. 4, 2014, pp. 1103–1113.
- [14] A. Maselena, N. Tuah, and C. R. Tabbu, "Fuzzy Logic and Dempster-Shafer Theory to Predict the Risk of Highly Pathogenic Avian Influenza H5n1 Spreading Computer Science Program , Universiti Brunei Darussalam , Faculty of Veterinary Medicine , Gadjah Mada University , Indonesia", Vol. 34, No. 8, 2016, pp. 995–1003.
- [15] M. Casanovas and J. M. Merigó, "Fuzzy aggregation operators in decision making with Dempster–Shafer belief structure", *Expert Syst. Appl.*, Vol. 39, No. 8, 2012, pp. 7138–7149.
- [16] A. Moosavian, M. Khazaei, G. Najafi, M. Kettner, and R. Mamat, "Spark plug fault recognition based on sensor fusion and classifier combination using Dempster–Shafer evidence theory", *Appl. Acoust.*, Vol. 93, 2015, pp. 120–129.
- [17] R. U. Kay, "Fundamentals of the Dempster-Shafer theory and its applications to system safety and reliability modelling", *Reliab. Theory Appl.*, Vol. 2, 2007, pp. 173–185.
- [18] M. A. Lubiano, S. De La Rosa De Sáa, M. Montenegro, B. Sinova, and M. Á. Gil, "Descriptive analysis of responses to items in questionnaires. Why not using a fuzzy rating scale?", *Inf. Sci. (Ny)*, Vol. 360, 2016, pp. 131–148.
- [19] R. W. Eichinger and M. M. Lombardo, "Patterns of rater accuracy in 360-degree feedback", *Hum. Resour. Plan.*, Vol. 27, No. 4, 2004, pp. 23–25.
- [20] S. Hassan and J. Rohrbaugh, "Incongruity in 360-Degree Feedback Ratings and Competing Managerial Values: Evidence from a Public Agency Setting", *Int. Public Manag. J.*, Vol. 12, No. 4, 2009, pp. 421–449.
- [21] L. R. Aiken, *Rating scales and checklists: Evaluating behavior, personality, and attitudes*. John Wiley & Sons, 1996.
- [22] J. T. Austin and P. Villanova, "The criterion problem: 1917-1992.," *J. Appl. Psychol.*, Vol. 77, No. 6, 1992, pp. 836–874.
- [23] S. S. Brutus, "Words versus numbers: A theoretical exploration of giving and receiving narrative comments in performance appraisal", *Hum. Resour. Manag. Rev.*, Vol. 20, No. 2, 2010, pp. 144–157.
- [24] B. Kelcey, D. McGinn, and H. Hill, "Approximate measurement invariance in cross-classified rater-mediated assessments", *Front. Psychol.*, Vol. 5, 2014, p. 1469.

- [25] K. M. Nowack and S. Mashihi, "Evidence-based answers to 15 questions about leveraging 360-degree feedback", *Consult. Psychol. J. Pract. Res.*, Vol. 64, No. 3, 2012, pp. 157–182.
- [26] J.-R. Chang, C.-H. Cheng, and L.-S. Chen, "A fuzzy-based military officer performance appraisal system", *Appl. Soft Comput.*, Vol. 7, No. 3, 2007, pp. 936–945.
- [27] N. Arbaiy and Z. Suradi, "Staff performance appraisal using fuzzy evaluation", *Artif. Intell. Innov. 2007 from Theory to Appl.*, 2007, pp. 195–203.
- [28] S. E. Markham, J. W. Smith, I. S. Markham, K. F. Braekkan, J. Witt, I. S. Markham, and K. F. Braekkan, "A new approach to analyzing the Achilles' heel of multisource feedback programs: Can we really trust ratings of leaders at the group level of analysis?", *Leadersh. Q.*, Vol. 25, No. 6, 2014, pp. 1120–1142.
- [29] R. de Andrés, J. L. García-Lapresta, and J. González-Pachón, "Performance appraisal based on distance function methods", *Eur. J. Oper. Res.*, Vol. 207, No. 3, Dec. 2010, pp. 1599–1607.
- [30] E. A. J. Hooft, H. Flier, and M. R. Minne, "Construct Validity of Multi-Source Performance Ratings: An Examination of the Relationship of Self-, Supervisor-, and Peer-Ratings with Cognitive and Personality Measures", *Int. J. Sel. Assess.*, Vol. 14, No. 1, 2006, pp. 67–81.
- [31] T. Gürbüz and Y. E. Albayrak, "An engineering approach to human resources performance evaluation: Hybrid MCDM application with interactions", *Appl. Soft Comput. J.*, Vol. 21, 2014, pp. 365–375.
- [32] W. H. Bommer, J. L. Johnson, G. A. Rich, P. M. Podsakoff, and S. B. MacKenzie, "On the interchangeability of objective and subjective measures of employee performance: A meta-analysis", *Pers. Psychol.*, Vol. 48, No. 587605, 1995, pp. 3–27.
- [33] H. J. Whiting and T. J. B. Kline, "II. Research Tools for the Practicing Manager: Testing a Model of Performance Appraisal Fit on Attitudinal Outcomes", *Psychol. J. (Taylor Fr. Ltd)*, Vol. 10, No. 2, 2007, pp. 127–148.
- [34] D. J. Woehr, M. K. Sheehan, and W. Bennett Jr, "Assessing measurement equivalence across rating sources: a multitrait-multirater approach", *J. Appl. Psychol.*, Vol. 90, No. 3, 2005, pp. 592–600.
- [35] K.-Y. Ng, C. Koh, S. Ang, J. C. Kennedy, and K.-Y. Chan, "Rating leniency and halo in multisource feedback ratings: testing cultural assumptions of power distance and individualism-collectivism", *J. Appl. Psychol.*, Vol. 96, No. 5, 2011, pp. 1033–44.
- [36] B. B. Moore, A consideration of rater effects and rater design via signal detection theory. Columbia University, 2009.
- [37] M. R. Edwards and A. J. Ewen, "360-degree feedback: royal fail or holy grail?", *Career Dev. Int.*, Vol. 1, No. 3, 1996, pp. 28–31.
- [38] T. Hesketh, R. Pryor, B. Hesketh, "An application of a computerized fuzzy graphic rating scale to the psychological measurement of individual differences", *International Journal of Man-Machine Studies*, Vol. 29, No. 1, 1988, pp. 21–35.
- [39] M. Espinilla, R. de Andrés, F. J. Martínez, and L. Martínez, "A 360-degree performance appraisal model dealing with heterogeneous information and dependent criteria", *Inf. Sci. (Ny)*, Vol. 222, 2013, pp. 459–471.
- [40] C. Moon, J. Lee, and S. Lim, "A performance appraisal and promotion ranking system based on fuzzy logic: An implementation case in military organizations", *Appl. Soft Comput.*, Vol. 10, No. 2, 2010, pp. 512–519.
- [41] X. Min-peng, Z. Xiao-hu, and D. xin, "Modeling of Engineering R&D Staff Performance Appraisal Model Based on Fuzzy Comprehensive Evaluation", *Syst. Eng. Procedia*, Vol. 4, 2012, pp. 236–242.
- [42] R. Sepehrirad, A. Azar, and A. Sadeghi, "Developing a Hybrid Mathematical Model for 360-Degree Performance Appraisal: A Case Study", *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, Vol. 62, No. June 2016, 2012, pp. 844–848.
- [43] M. Anisseh, J. Dodangeh, M. A. Dashti, and F. Piri, "360 Degree personnel performance appraisal using the MADM models and presenting a model for overall ranking", in *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 2007.
- [44] A. Neogi, A. C. A. A. C. A. Mondal, and S. S. K. Mandal, "A cascaded fuzzy inference system for university non-teaching staff performance appraisal", *J. Inf. Process. Syst.*, Vol. 7, No. 4, 2011, pp. 595–612.
- [45] I. Ahmed, I. Sultana, S. K. Paul, and A. Azeem, "Employee performance evaluation: a fuzzy approach", *Int. J. Product. Perform. Manag.*, Vol. 62, No. 7, 2013, pp. 718–734.
- [46] S. S. Jamsandekar and R. R. Mudholkar, "Performance Evaluation by Fuzzy Inference Technique", *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*, Vol. 3, No. 2, 2013, pp. 158–164.
- [47] O. W. Samuel, M. O. Omisore, and E. J. Atajeromawo, "Online fuzzy based decision support system for human resource performance appraisal", *Measurement*, Vol. 55, 2014, pp. 452–461.

- [48] A. A. A. Lasserre, M. V. L. Solabac, R. Hernandez-torres, R. Posada-gomez, U. Juárez-Martínez, G. Fernández Lambert, A. Alfonso, A. A. A. Lasserre, M. Violeta, L. Solabac, R. Hernandez-torres, R. Posada-gomez, U. Juárez-Martínez, and G. F. Lambert, "Expert system for competences evaluation 360° feedback using fuzzy logic", *Math. Probl. Eng.*, Vol. 2014, 2014.
- [49] Y. Deng, R. Sadiq, W. Jiang, and S. Tesfamariam, "Risk analysis in a linguistic environment: A fuzzy evidential reasoning-based approach", *Expert Syst. Appl.*, Vol. 38, No. 12, 2011, pp. 15438–15446.
- [۵۰] ف. بنکداری، ش. جعفری، "طراحی و پیاده سازی رفع کننده ی برخورد در یک سیستم تصمیم همیار هوشمند مبتنی بر تنوع نقطه نظرات"، *مدل سازی در مهندسی*، دوره ۸، شماره ۲۲، پاییز ۱۳۸۹، صفحه ۱-۱۲.
- [51] G. Meenakshi, "Multi source feedback based performance appraisal system using Fuzzy logic decision support system", *Int. J. Soft Comput.*, Vol. 3, No. 1, 2012, pp. 91–106.
- [52] A. Shaout, M. K. Yousif, and M. Khalid Yousif, "Employee Performance Appraisal System Using Fuzzy Logic", *Int. J. Comput. Sci. Inf. Technol.*, Vol. 6, No. 4, 2014, pp. 1–19.
- [53] N. Macwan and D. P. S. Sajja, "Performance Appraisal using Fuzzy Evaluation Methodology", *Int. J. Eng. Innov. Technol.*, Vol. 3, No. 3, 2013, pp. 324–329.
- [54] M. A. Lubiano, M. Montenegro, B. Sinova, S. de la Rosa de Sáa, and M. Á. Gil, "Hypothesis testing for means in connection with fuzzy rating scale-based data: algorithms and applications", *Eur. J. Oper. Res.*, Vol. 251, No. 3, 2016, pp. 918–929.
- [55] S. De La Rosa De Sáa, M. Á. Gil, M. T. L. García, and M. A. Lubiano, "Fuzzy rating vs. fuzzy conversion scales: An empirical comparison through the MSE", *Adv. Intell. Syst. Comput.*, AISC 190, 2013, pp. 135–143.
- [56] R. de Andrés, J. L. García-Lapresta, and L. Martínez, "A multi-granular linguistic model for management decision-making in performance appraisal", *Soft Comput.*, Vol. 14, No. 1, 2010, pp. 21–34.
- [57] M. Ha-Duong, "Hierarchical fusion of expert opinions in the Transferable Belief Model, application to climate sensitivity", *Int. J. Approx. Reason.*, Vol. 49, No. 3, 2008, pp. 555–574.
- [58] C. Fu, J.-B. Yang, and S.-L. Yang, "A group evidential reasoning approach based on expert reliability", *Eur. J. Oper. Res.*, Vol. 246, No. 3, 2015, pp. 886–893.
- [59] D. Tang, T. C. Wong, K. S. Chin, and C. K. Kwong, "Evaluation of user satisfaction using evidential reasoning-based methodology", *Neurocomputing*, Vol. 142, 2014, pp. 86–94.
- [60] T. Reineking, "Belief functions: theory and algorithms", *Staats-und Universit{ä}tsbibliothek Bremen*, 2014.
- [61] P. Smets, "Decision making in the TBM: The necessity of the pignistic transformation", *Int. J. Approx. Reason.*, Vol. 38, No. 2, 2005, pp. 133–147.
- [62] D. Dubois, H. Prade, and P. Smets, "A definition of subjective possibility", *Int. J. Approx. Reason.*, Vol. 48, No. 2, 2008, pp. 352–364.
- [63] R. R. Yager, "On the Dempster-Shafer framework and new combination rules", *Inf. Sci. (Ny.)*, Vol. 41, No. 2, 1987, pp. 93–137.
- [64] D. Dubois and H. Prade, "Representation and combination of uncertainty with belief functions and possibility measures", *Comput. Intell.*, Vol. 4, No. 3, 1988, pp. 244–264.
- [65] W. Liu, "Analyzing the degree of conflict among belief functions", *Artif. Intell.*, Vol. 170, No. 11, 2006, pp. 909–924.
- [66] E. Lefevre, O. Colot, and P. Vannoorenberghe, "Belief functions combination and conflict management", *Inf. Fusion J.*, Vol. 3, No. 2, 2002, pp. 149–162.
- [67] L. A. Zadeh, "Fuzzy sets", *Inf. Control*, Vol. 8, No. 3, 1965, pp. 338–353.
- [68] C.-H. Yeh and Y.-H. Chang, "Modeling subjective evaluation for fuzzy group multicriteria decision making", *Eur. J. Oper. Res.*, Vol. 194, No. 2, 2009, pp. 464–473.
- [۶۹] ح. کوهساری، ا. نجفی، ح. علی الهی، م. آدم پیرا، "بررسی عوامل مؤثر بر عملیات تراکم دینامیکی در خاک های دانه ای مبتنی بر روش فازی"، *مدل سازی در مهندسی*، سال سیزدهم، شماره ۴۳، زمستان ۱۳۹۴، صفحه ۱۴۳-۱۵۸.
- [۷۰] م. اژدری مقدم، ن. ا. امانیان، ا. جعفری ندوشن، "بهبینه یابی هندسه سرریز کنگره ای مثلثی با استفاده از مدل فازی- عصبی و الگوریتم ژنتیک (مطالعه موردی سد Hyrum در ایالت یوتای آمریکا)"، *مدل سازی در مهندسی*، سال هفتم، شماره ۱۹، زمستان ۱۳۸۸، صفحه ۵۷-۶۹.
- [71] E. E. Karsak, "A fuzzy multiple objective programming approach for personnel selection", in *Systems, Man, and Cybernetics*, 2000 IEEE International Conference on, Vol. 3, 2000, pp. 2007–2012.
- [72] A. Cannavacciuolo, G. Capaldo, A. Ventre, and G. Zollo, "Linking the fuzzy set theory to organizational routines: a study in personnel evaluation in a large company", *Second IEEE International Conference on*

- Fuzzy Systems, 1993, pp. 667–672.
- [73] A. Cannavacciuolo, G. Capaldo, A. Ventre, A. Volpe, and G. Zollo, "An approach to the evaluation of human resources by using fuzzy set theory", *Proceedings of 1994 IEEE 3rd International Fuzzy Systems Conference*, 1994, pp. 1165–1170.
- [74] D.-I. J. Stahl, "A method for personnel selection in concurrent engineering using fuzzy sets", in *Fuzzy sets in engineering design and configuration*, Springer, 1996, pp. 265–276.
- [۷۵] ش. الدین ناظمی، ش. الدین ناظمی، م. کاظمی، ا. اخروی، "ارائه مدل تلفیق شکاف عملکردی با AHP گروهی- فازی برای تعیین اولویت‌های بهبود"، *مدل‌سازی در مهندسی*، دوره ۹، شماره ۲۷، زمستان ۱۳۹۰، صفحه ۱-۱۲.
- [76] L. Podofillini, V. Dang, E. Zio, P. Baraldi, and M. Librizzi, "Using expert models in human reliability analysis—a dependence assessment method based on fuzzy logic", *Risk Anal.*, Vol. 30, No. 8, 2010, pp. 1277–1297.
- [77] O. Taylan, A. O. Bafail, R. M. S. Abdulaal, and M. R. Kabli, "Construction projects selection and risk assessment by fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodologies", *Appl. Soft Comput.*, Vol. 17, 2014, pp. 105–116.
- [78] D. V Petrović, M. Tanasijević, V. Milić, N. Lilić, S. Stojadinović, and I. Svrkota, "Risk assessment model of mining equipment failure based on fuzzy logic", *Expert Syst. Appl.*, Vol. 41, No. 18, 2014, pp. 8157–8164.
- [79] W. Pedrycz, "Why triangular membership functions?", *Fuzzy Sets Syst.*, Vol. 64, No. 1, 1994, pp. 21–30.
- [80] M. Mizumoto and K. Tanaka, "Fuzzy sets and their operations", *Inf. Control*, Vol. 48, No. 1, 1981, pp. 30–48.
- [81] R.-J. Li, "Fuzzy method in group decision making", *Comput. Math. with Appl.*, Vol. 38, No. 1, 1999, pp. 91–101.
- [82] T. Kuhlmann, M. Dantlgraber, and U.-D. Reips, "Investigating measurement equivalence of visual analogue scales and Likert-type scales in Internet-based personality questionnaires", *Behav. Res. Methods*, 2017, pp. 1–9.
- [83] X. Deng, Y. Li, and Y. Deng, "A decision making method based on Dempster-Shafer theory of evidence under the constraint of uncertain subjective information", *J. Inf. & COMPUTATIONAL Sci.*, Vol. 9, No. 8, 2012, pp. 2049–2056.
- [84] D.-L. Xu, "An introduction and survey of the evidential reasoning approach for multiple criteria decision analysis", *Ann Oper Res*, Vol. 195, No. 1, 2012, pp. 163–187.
- [85] J.-B. Yang, Y.-M. Wang, D.-L. Xu, and K.-S. Chin, "The evidential reasoning approach for MADA under both probabilistic and fuzzy uncertainties", *Eur. J. Oper. Res.*, Vol. 171, No. 1, 2006, pp. 309–343.
- [86] C. Fu and S. Yang, "An evidential reasoning based consensus model for multiple attribute group decision analysis problems with interval-valued group consensus requirements", *Eur. J. Oper. Res.*, Vol. 223, No. 1, 2012, pp. 167–176.
- [87] D.-L. Xu, J.-B. Yang, and Y.-M. Wang, "The evidential reasoning approach for multi-attribute decision analysis under interval uncertainty", *Eur. J. Oper. Res.*, Vol. 174, No. 3, 2006, pp. 1914–1943.