مهندسی صنایع و مدیریت شریف، (تابستان ۱۳۹۵)
دوره‌ی ۱ - ۳۲، شماره‌ی ۱/۲، ص. ۱۱۷-۱۲۹، (یادداشت فنی)

Research Note

انتخاب شریک تجاری در صنعت حمل‌ونقل هوایی با ترکیب روش‌های فرایند تحلیل شبکه‌یی فازی و ارزیابی نسبی مختلط فازی

غلامعلی منتظر* (دانشیار)
کاوان نوریانفر (دانشجوی کارشناسی ارشد)
دانشکده‌ی فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس

امروزه با افزایش رقابت جهانی، تشکیل ائتلاف تجاری برای حفظ مزیت رقابتی و برآورده ساختن نیازهای مشتری به راهبردی رایج در صنعت حمل‌ونقل هوایی تبدیل شده است. همچنین انتخاب شریک تجاری در چنین محیط‌های پیچیده‌یی با معیارهای مختلف، امری مشکل است. در این تحقیق روش تصمیم‌گیری چندمعیاره‌یی برمبنای معیارهای کیفی برای مواجهه با این‌گونه مسائل ارائه می‌شود که در آن از روش فرایند تحلیل شبکه‌یی فازی به‌منظور مدل‌کردن مسئله و محاسبه‌ی وزن معیارها، و از روش ارزیابی نسبی مختلط فازی برای رتبه‌بندی گزینه‌ها استفاده شده است. در نهایت، مدل پیشنهادی در انتخاب شریک تجاری برای ایجاد ائتلاف با شرکت «هواپیمایی جمهوری اسلامی ایران» (هما) به کارگرفته شده است. نظر خبرگان درمورد نتایج حاصل از به‌کارگیری مدل پیشنهادی، نشان‌گر توانایی بالای مدل پیشنهادی در حل مسائل انتخاب شریک تجاری در صنعت حمل‌ونقل هوایی و دیگر مسائل تصمیم‌گیری پیچیده است.

واژگان کلیدی: صنعت حمل‌ونقل هوایی، انتخاب شریک تجاری، ارزیابی نسبی مختلط فازی، فرایند تحلیل شبکه‌یی فازی، تصمیم‌گیری چندمعیاره.

montazer@modares.ac.ir
k.nourianfar@modares.ac.ir

۱. مقدمه

امروزه بازار صنعت حمل‌ونقل هوایی به‌شدت رقابتی است. با آغاز مقررات‌زدایی در این صنعت[۱] و نیز ظهور شرکت‌های هوایی کم‌هزینه[1] این روند رقابتی به‌شدت افزایش یافته است.[۲و۳] مهم‌ترین اقدام در واکنش به این محیط رقابتی، ایجاد ائتلاف‌های تجاری بوده که در حال حاضر گرایش به آن به سرعت در حال افزایش است.[۴-۶] موفقیت ائتلاف از جنبه‌های مختلف بر عملکرد هریک از طرفین قرارداد تأثیر می‌گذارد و به‌همین دلیل تصمیم‌های مرتبط با این حوزه برای هریک از شرکت‌ها راهبردی تلقی می‌شود. موفقیت هر ائتلاف در اولین گام منوط به انتخاب شریک مناسب است. لذا شرکت‌ها پیش از تصمیم‌گیری در این خصوص، عملکرد طرف مقابل را به‌دقت ارزیابی می‌کنند.[۷]

در تحقیقات متعددی که در حوزه‌ی ارزیابی شرکت‌های هوایی به‌عمل آمده، معیارها و نسبت‌های مالی برای ارزیابی عملکرد شرکت‌های هوایی مد نظر قرارگرفته است.[۸] اگرچه در ارزیابی عملکرد، معیارهای مالی مانند میزان فروش و سود، نرخ بازگشت سرمایه و نسبت‌های مالی از منابع مهم‌اطلاعاتی برای تصمیم‌گیری است، اما این شاخص‌ها تک‌بعدی، کوتاه‌مدت و تأخیری است و صرفاً عملکرد گذشته را نشان می‌دهند.[۹-۱۱] برای خلق تصویری کامل و آینده‌نگر از یک سازمان، نیازمند ابزاری کارا و همه‌جانبه هستیم.

در صنعت هواپیمایی علاوه بر معیارهای مالی توجه به معیارهای غیرمالی مانند کیفیت خدمات، ایمنی، دانش و مهارت‌های کارکنان، اعتبار و شهرت و... نیز ضروری است.[۱۱] مسئله اما این است که این معیارها معمولاً کیفی‌اند و امکان سنجش و اندازه‌گیری دقیق آنها وجود ندارد و این امر فرایند ارزیابی را مشکل می‌کند. به‌منظور غلبه بر این محدودیت، در برخی تحقیقات از روش ارزیابی مبتنی بر منطق فازی استفاده شده است.[۱۱و۱۲] در برخی از پژوهش‌های انجام‌شده، برای ارزیابی کیفیت خدمات شرکت‌های هوایی از دیدگاه مسافران تعداد پانزده معیار در پنج حوزه تعیین و با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی فازی رتبه‌بندی شده است.[۱۲] محققین دیگری نیز با هدف رفع برخی محدودیت‌ها در تحقیق قبلی، بررسی مشابهی انجام دادند.[۱۱] آنان میزان رقابت‌پذیری شرکت‌های هوایی را به‌صورت عینی و با به‌کارگیری مدل تصمیم‌گیری چندشاخصه ارزیابی کردند.[۱۳] مهم‌ترین ابعاد عملکردی و معیارهای مورد اشاره در تحقیقات پیشین، در جدول ۱ ارائه شده است.

اتخاذ تصمیم مناسب در شرایط مختلف از مهم‌ترین وظایف مدیران است. هرچه مسئله‌مهم‌تر و نتایج آن گسترده‌تر باشد، تصمیم‌گیری مناسب نیز خطیرتر خواهد بود. ازجمله تصمیمات بسیار حیاتی در صنعت حمل‌ونقل هوایی انتخاب شریک تجاری

* نویسنده مسئول
تاریخ: دریافت ۱۳۹۲/۱۲/۱۹، اصلاحیه ۱۳۹۳/۹/۲۳، پذیرش ۱۳۹۳/۱۲/۲۰.

جدول ۱. برخی از معیارهای مهم ارزیابی عملکرد شرکت‌های هوایی.

ردیف	معیار	منابع
۱	کیفیت خدمات غذایی	[۱۴و۱۲،۱۱]
۲	پرواز به‌موقع (عدم تأخیر پرواز)	[۱۶و۱۵]
۳	ظاهر و رفتار خدمه	[۱۷و۱۲،۱۱]
۴	تمیزی و راحتی صندلی‌ها	[۱۲و۱۱]
۵	سرگرمی داخل پرواز	[۱۷و۱۲،۱۱]
۶	ایمنی (فعالیت‌های زمینی و پروازها)	[۱۹و۱۸،۱۲،۱۱]
۷	ساختار ناوگان*	[۱۶و۲]
۸	هزینه	[۲۱و۲۰،۱۲]
۹	میزان درآمد/سود سالانه	[۲۲]

* fleet structure

مناسب برای ایجاد ائتلاف است که مستلزم ارزیابی دقیق عملکرد طرفین از یکدیگر است. باتوجه به اهمیت موضوع، درگذشته تحقیقات زیادی در این خصوص به عمل آمده است که در هریک از آنها ارزیابی عملکرد شرکت‌های هوایی از یک بعد مورد بررسی قرار گرفته است.

طبق بررسی انجام‌شده، در هیچ‌یک از تحقیقات پیشین نگرشی جامع و یک‌پارچه در این حوزه ارائه نشده، و ابعاد و دیدگاه‌های مورد اشاره در هریک از تحقیقات، صرفاً از منظر مالی یا از دیدگاه مشتریان بوده است. با توجه به راهبردی بودن تصمیم‌گیری درخصوص ائتلاف تجاری، معیارهای مورد استفاده نیز باید جامع و در بستر شرایط حاکم بر صنعت تعیین و تعریف شوند. از سوی دیگر فضای مورد مطالعه دارای محدودیت و عدم‌قطعیت زیادی است؛ به‌ویژه ضرورت توجه به معیارهای غیرمالی که معمولاً کیفی است دقیقاً قابل ارزیابی نیستند، ابهام موجود در مسئله را افزایش می‌دهد.

هدف این نوشتار ارائه‌ی مدلی جامع برای ارزیابی عملکرد شرکت‌های هوایی خارجی به‌منظور تشکیل ائتلاف تجاری با هواپیمایی جمهوری اسلامی (هما) است، به‌گونه‌یی که از یک سو تمامی ابعاد راهبردی مالی و غیرمالی را مد نظر قرار دهد و از سوی دیگر، قادر به تبیین و سنجش معیارهای غیرمالیِ عمدتاً کیفی و غیرقطعی باشد. از آنجاکه شاخص‌های انتخابی با عدم قطعیت همراه‌اند و مواجهه‌ی خبرگان با آنها نیز با ابهام زبانی همراه است، از نظریه‌ی فازی برای مدل‌سازی این عدم قطعیت استفاده شده است. بدین‌ترتیب مدلی توسعه‌یافته برای ارزیابی عملکرد شرکت‌های طرف قرارداد حاصل شده است. در این تحقیق، مسئله‌ی واقعیِ مبتنی بر انتخاب شرکت هوایی برای ایجاد ائتلاف با شرکت هواپیمایی جمهوری اسلامی ایران مورد توجه قرار گرفته و با ایجاد شبکه‌یی از شاخص‌ها و معیارهای ارزیابی، ویژگی‌های سه شرکت کی.ال.ام[۲]، بریتیش ایرویز[۳] و لوفت هانزا[۴] برای ایجاد ائتلاف بررسی می‌شود. در گام اول این بررسی، از روش فرایند تحلیل شبکه‌یی فازی برای تعیین ضرایب وزنی و اهمیت نسبی معیارها استفاده می‌شود و پس از آن عملکرد سه شرکت هوایی با استفاده از روش ارزیابی نسبی مختلط فازی بررسی و در مقایسه با هم رتبه‌بندی خواهند شد. بدین‌منظور ساختار این نوشتار چنین خواهد بود: در بخش دوم با مرور معیارهای در نظر گرفته شده در تحقیقات پیشین و با استفاده از نظر خبرگان، معیارهای اصلی ارزیابی شرکت‌ها برای «تشکیل ائتلاف تجاری» شناسایی می‌شود. در بخش سوم مجموعه‌های فازی معرفی می‌شود، و در بخش چهارم و پنجم به‌ترتیب مروری اجمالی بر روش‌های فرایند تحلیل شبکه‌یی و ارزیابی نسبی مختلط خواهیم داشت. در بخش ششم مدل پیشنهادی ارائه می‌شود، و کاربرد آن در حل مسئله‌ی تشکیل ائتلاف با شرکت هما در بخش هفتم مطالعه می‌شود. در بخش هشتم به ارزیابی مدل پیشنهادی می‌پردازیم و در نهایت، نتیجه‌گیری در بخش نهم ارائه می‌شود.

۲. شناسایی معیارهای ارزیابی شرکت‌های هواپیمایی

در حالت کلی شاخص‌های اصلی ارزیابی عملکرد در صنعت هواپیمایی را می‌توان در چهار حوزه‌ی اصلی شامل: رضایت‌مندی مسافران (مشتری)، فرایندهای داخلی، یادگیری سازمانی، و شاخص‌های مالی تعریف کرد.[۱۰و۲۳] در ادامه به بیان مهم‌ترین معیارهای هریک از این شاخص‌ها می‌پردازیم.

۱.۲. رضایت‌مندی مسافران

درصنعت هواپیمایی، معیارهای مرتبط با رضایت‌مندی مسافران عمدتاً در سه زیرگروه اصلی: خدمات پیش از پرواز (نظیر مراحل خرید بلیت، پذیرش مسافر و جامه‌دان همراه وی)، خدمات حین پرواز (سرگرمی‌های داخل پرواز، پذیرایی، رفتار خدمه و...)، و خدمات پس از پرواز (تحویل بار و جامه‌دان همراه، پرداخت خسارت و ...) مورد بررسی قرار می‌گیرد.[۲۴] مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی کیفیت خدمات در صنعت هواپیمایی براساس منابع مختلف در جدول ۲ ارائه شده است؛ معیار «اعتبار و شهرت» به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار در صنعت هوایی ایران شناسایی شده است.

۲.۲. فرایندهای داخلی

در صنعت حمل‌ونقل هوایی، محصول نهایی خدماتی است که در قالب صندلی هواپیما[۵] در مسیرهای مختلف ارائه می‌شود. همانند سایر صنایع خدماتی، در این صنعت نیز امکان ذخیره‌ی خدمت وجود ندارد و ظرفیت خالی تنها تا زمان عزیمت پرواز برای فروش قابل ارائه است؛ لذا محصول نهایی محصولی فاسدشدنی[۶] به شمار می‌رود.[۲۵-۲۷] بدین‌لحاظ، هدف نهایی سیاست‌های بازاریابی شرکت‌های حمل‌ونقل هوایی مسافر عبارت است از ارائه‌ی ظرفیت متناسب با میزان تقاضا در هر مسیر پروازی و تلاش برای فروش بیشترین ظرفیت ارائه شده. این اهداف، خود محصول سه فرایند مدیریت شبکه‌ی پروازی[۷]، تخصیص ناوگان[۸]، و مدیریت قیمت‌ها[۹] (و به‌طور

جدول ۲. معیارهای مرتبط با دیدگاه مسافرین.

ردیف	معیار	منابع
۱	کیفیت سرویس‌های غذایی	[۱۴و۱۲،۱۱]
۲	پرواز به موقع (عدم تأخیر پرواز)	[۱۶و۱۵]
۳	ظاهر و رفتار خدمه	[۱۷و۱۲،۱۱]
۴	تمیزی و راحتی صندلی‌ها	[۱۴و۱۲،۱۱]
۵	سرگرمی داخل پرواز	[۱۷و۱۴،۱۲]
۶	اعتبار و شهرت شرکت هوایی	نظر خبرگان ایران

جدول ۳. معیارهای مرتبط با فرایندهای داخلی.

ردیف	معیار	منابع
۱	کیفیت فرایند مدیریت درآمد (قیمت)	[۲۵-۲۷]
۲	کیفیت فرایند مدیریت شبکه پروازی	[۲۲]
۳	ایمنی در فعالیت‌های زمینی و ایمنی پروازها	[۱۱،۱۲،۱۶،۱۹و۲۹]
۴	مدیریت و بهره‌برداری ناوگان * و ساختار ناوگان (نوع، کیفیت و تعداد)	[۲،۱۶و۲۸]

* fleet management and aircraft utilization

عام مدیریت درآمدها[۱۰]) است.[۲۷] موضوع تخصیص ناوگان با مسئله‌ی تأمین و ارائه‌ی ظرفیت مناسب در هر مسیر از طریق تعیین نوع هواپیما، نحوه‌ی تخصیص آن و همچنین تعدد پروازها[۱۱] مرتبط است. مدیریت قیمت (درآمد) عبارت است از تعیین قیمت هر صندلی در هر مسیر که کارکرد اصلی آن، تحقق بخشیدن به ارزش تجاری خدمات (ظرفیت) است و از طریق ایجاد تغییر و تنوع در قیمت‌ها براساس میزان تقاضا صورت می‌پذیرد.[۲۷و۲۸]

علاوه بر سه فرایند فوق، ایمنی در فعالیت‌های شرکت‌های هوایی از اهمیت ویژه‌یی برخوردار است[۱۱و۱۲] که در دو بخش «ایمنی در فعالیت‌های زمینی» و «ایمنی پروازها» قابل بررسی است. در جدول ۳ معیارهای مرتبط با فرایندهای داخلی که در این تحقیق مورد استفاده قرارگرفته‌اند ثبت، و ارائه شده است.

۳.۲. یادگیری سازمانی

این عامل مرتبط با دانش، مهارت‌ها و سیستم‌های کاری موجود در سازمان و نحوه‌ی توسعه‌ی آنهاست. برخی از مهم‌ترین معیارهای ارائه‌شده در این حوزه عبارت‌است از: نوآوری در سیستم‌های قدیمی، ایجاد سیستم‌های جدید، تعداد و زمان آموزش کارکنان، و نیز مواردی چون رضایت و میزان جابه‌جایی کارکنان.[۱۰،۲۳و۳۰]

در این نوشتار با توجه به اهمیت آموزش در صنعت هواپیمایی، معیار میزان آموزش ارائه‌شده به کارکنان برحسب نفر/ساعت مد نظر قرارگرفته، و با توجه به تمایز ماهیت کاری و درنتیجه تفاوت در اهمیت و نوع آموزش، سه گروه کاری متمایز در شرکت‌های هوایی، شامل: کارکنان ستادی، کارکنان صفی (زمینی و پروازی)، در این تحقیق لحاظ شده است.

۴.۲. شاخص مالی

در بازار به‌شدت رقابتی صنعت هواپیمایی علاوه بر عملکرد عملیاتی، توجه به عملکرد مالی نیز ضروری است. معیارهای مالی ارائه‌شده در مطالعات مرتبط با این صنعت عموماً مشابه معیارهای مالی سایر صنایع است. معیارهای اصلی ارزیابی مالی عبارت است از: میزان بازگشت سرمایه[۱۲]، میزان بازگشت داخلی[۱۳]، میزان سود و ارزش خالص فعلی سرمایه‌گذاری[۱۴]ها. علاوه بر این معیارها، عامل ظرفیت[۱۵] که ارتقای آن از اهداف اساسی هر شرکت هوایی[۲] و یکی از نتایج مهم ائتلاف‌های تجاری است،[۵] به‌عنوان یکی از معیارهای مهم در ارزیابی عملکرد شرکت‌های هواپیمایی است که تأثیری مستقیم بر سودآوری این شرکت‌ها دارد. در جدول ۴ معیارهای مالی ارزیابی شرکت‌های هوایی ارائه شده است.

بدین‌ترتیب پانزده معیار ناشی از چهار شاخص اصلی برای ارزیابی عملکرد شرکت‌های هواپیمایی شناسایی می‌شود که در جدول ۵ خلاصه‌وار ارائه شده است.

جدول ۴. معیارهای مرتبط با شاخص مالی.

ردیف	معیار	منابع
۱	هزینه‌های عملیاتی (به ازاء هر نفر مسافر/کیلوگرم بار حمل شده)	[۲۰-۲۲]
۲	میزان درآمد سالانه	[۲۲]
۳	میزان سود سالانه	[۲۲]
۴	عامل ظرفیت	[۷و۳۱]

جدول ۵. دیدگاه‌های اصلی و معیارهای ارزیابی عملکرد شرکت‌های هوایی.

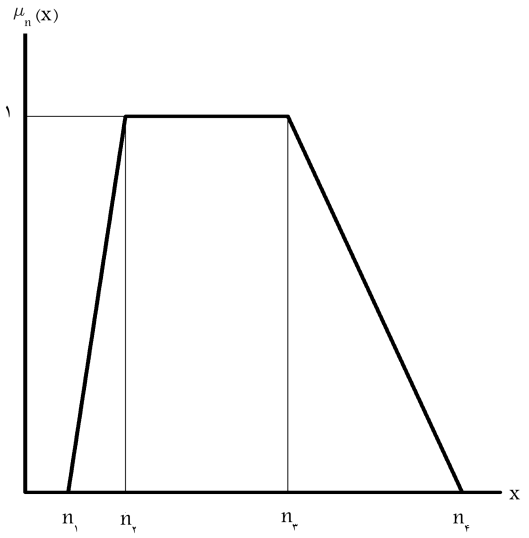
دیدگاه اصلی	معیار
مشتریان (کیفیت خدمات)	اعتبار و شهرت شرکت هوایی کیفیت سرویس‌های غذایی پرواز به موقع (عدم تأخیر پرواز) ظاهر و رفتار خدمه تمیزی و راحتی صندلی‌ها سرگرمی داخل پرواز
فرایندهای داخلی	کیفیت فرایند مدیریت درآمد (قیمت) ایمنی در فعالیت‌های زمینی ایمنی پروازها مدیریت و ساختار ناوگان (نوع، کیفیت و تعداد)
مالی	هزینه‌های عملیاتی عامل ظرفیت
یادگیری سازمانی	میزان آموزش کارکنان ستادی (نفر/ساعت) میزان آموزش کارکنان صفی ـ زمینی (نفر/ساعت) میزان آموزش کارکنان صفی ـ پروازی (نفر/ساعت)

۳. مدل‌سازی متغیرهای زبانی به‌کمک مجموعه‌ی فازی

اصلی‌ترین مزیت مجموعه‌های فازی، نشان‌دادن اطلاعات مبهم و زبانی به‌صورت ریاضی است و به‌همین دلیل ابزاری مناسب برای مدل‌سازی تفکر انسانی و ورود آن به حوزه‌ی مهندسی است. از سوی دیگر به‌طور معمول در مسائل تصمیم‌گیری، نظرخبرگان با زبانی مبهم و با کلماتی مانند «بیشتر»، «متوسط»، «بهتر» و... بیان می‌شود که توأم با عدم قطعیت است. نظریه‌ی فازی ارائه‌ی این متغیرهای کیفی را در قالب زبان ریاضی ممکن‌می‌سازد.[۳۲] روش‌های مختلفی برای تبدیل دیدگاه‌های کیفی خبرگان به داده‌های کمی وجود دارد. در این نوشتار از اعداد فازی ذوزنقه‌یی[۱۶] برای مدل‌سازی نظر خبرگان استفاده می‌شود. نمایش ریاضی عدد فازی ذوزنقه‌یی با (n_1, n_2, n_3, n_4) در رابطه‌ی ۱ و نمایش گرافیکی آن در شکل ۱ نشان داده شده است.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-n_1}{n_2-n_1}, & n_1 \le x \le n_2 \\ 1, & n_2 \le x \le n_3 \\ \frac{x-n_4}{n_3-n_4}, & n_3 \le x \le n_4 \\ 0, & \text{در غیر اینصورت} \end{cases} \quad (1)$$

فرض کنید $A_1 = (n_1, n_2, n_3, n_4)$ و $A_2 = (m_1, m_2, m_3, m_4)$ دو عدد فازی ذوزنقه‌یی باشند؛ در این صورت اعمال اصلی حسابی روی این دو عدد چنین



شکل ۱. نمایش عدد فازی ذوزنقه‌یی.

تعریف می‌شود:[۶]

$$A_۱ \oplus A_۲ = (n_۱ + m_۱, n_۲ + m_۲, n_۳ + m_۳, n_۴ + m_۴) \quad (۲)$$

$$A_۱ \otimes A_۲ = (n_۱m_۱, n_۲m_۲, n_۳m_۳, n_۴m_۴) \quad (۳)$$

$$A_۱ \oslash A_۲ = \left(\frac{n_۱}{m_۴}, \frac{n_۲}{m_۳}, \frac{n_۳}{m_۲}, \frac{n_۴}{m_۱}\right) \quad (۴)$$

$$kA_۱ = (kn_۱, kn_۲, kn_۳, kn_۴) \qquad k \in \mathbb{R} \quad (۵)$$

از سوی دیگر هر متغیر زبانی به‌صورت (X, T, U, M) تعریف می‌شود که در آن X نام متغیر است؛ T مجموعه مقادیر زبانی است که X می‌تواند اختیار کند؛ U مجموعه مقادیر عددی است که X می‌تواند اختیار کند؛ و M قاعده‌ی معنایی است که مجموعه‌ی T را به U مرتبط می‌سازد.[۳۳] چنان که پیش‌تر اشاره شد می‌توان از اعداد فازی برای نمایش این متغیرها استفاده کرد؛ رابطه‌ی بین متغیرهای زبانی و اعداد فازی ذوزنقه‌یی مورد استفاده در این مطالعه در جداول ۶ و ۷ آمده است.

۴. روش فرایند تحلیل شبکه‌یی

فرایند تحلیل شبکه‌یی[۱۷] نسخه‌ی کامل‌تر و جامع‌تری از تحلیل سلسله‌مراتبی است که در مسائل پیچیده‌تری که باید اثر متقابل بین معیارها و بازخورد بین آنها مد نظر قرار گیرد، به کار می‌رود. نقطه‌ی قوت فرایند تحلیل شبکه‌یی در نمایش ساده‌ی مسائل تصمیم‌گیری است که از روابط پیچیده‌یی مانند ارتباط درونی بین معیارها و وابستگی بین معیارها برخوردار است. این روش نه‌تنها امکان مقایسه‌ی زوجی زیرمعیارها را با توجه به گزینه‌ها فراهم می‌کند، بلکه امکان بررسی وابستگی بین معیارها را نیز پدید می‌آورد. مقایسه‌ی کلی بین فرایند تحلیل شبکه‌یی و تحلیل سلسله‌مراتبی[۱۸] در شکل ۲ نمایش داده شده است.[۳۴]

چنان که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، تمامی عناصر و خوشه‌ها با یکی از سه رابطه‌ی یک‌طرفه، دوطرفه یا حلقه با هم در ارتباط‌اند. وابستگی یک‌طرفه و دوطرفه نشان‌گر تأثیر بین خوشه‌ها[۱۹] به‌ترتیب با بردار یک‌جهته و بردار بی‌جهت است. همچنین حلقه نشان‌گر وابستگی بین عناصر[۲۰] در یک خوشه است.

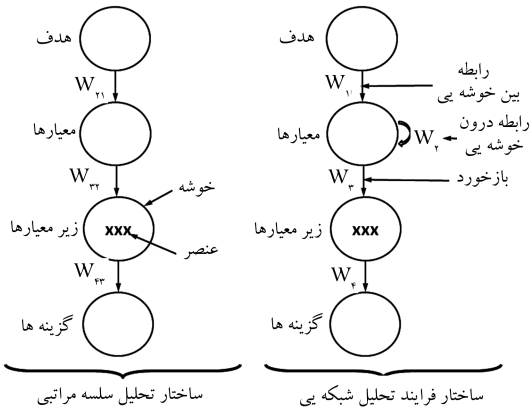
ساعتی برای نخستین بار در سال ۱۹۷۱ میلادی به‌منظور ایجاد مدل‌های تصمیم‌گیری ــ که معیارهای کمی و معیارهای کیفی را شامل می‌شود ــ تحلیل

جدول ۶. متغیرهای زبانی برای ارزیابی اهمیت نسبی معیارها.

متغیرهای زبانی	عدد فازی ذوزنقه‌یی			
اهمیت یکسان	(۱	۱	۱	۱)
به‌شدت کم اهمیت‌تر	(۴	۳	۲	۱)
خیلی کم اهمیت‌تر	(۵	۴	۳	۲)
کم اهمیت‌تر	(۶	۵	۴	۳)
تا حدی کم اهمیت‌تر	(۷	۶	۵	۴)
تا حدی مهم‌تر	(۸	۷	۶	۵)
مهم‌تر	(۹	۸	۷	۶)
خیلی مهم‌تر	(۱۰	۹	۸	۷)
به‌شدت مهم‌تر	(۱۰	۱۰	۹	۸)

جدول ۷. متغیرهای زبانی برای ارزیابی ارزش نسبی گزینه‌ها.

متغیرهای زبانی	عدد فازی ذوزنقه‌یی			
به‌شدت خوب	(۱۰	۱۰	۹	۸)
خیلی خوب	(۱۰	۹	۸	۷)
خوب	(۹	۸	۷	۶)
تا حدی خوب	(۸	۷	۶	۵)
معمولی	(۷	۶	۵	۴)
تا حدی بد	(۶	۵	۴	۳)
بد	(۵	۴	۳	۲)
خیلی بد	(۴	۳	۲	۱)
به‌شدت بد	(۳	۲	۱	۰)



شکل ۲. مقایسه‌ی کلی بین فرایند تحلیل شبکه‌یی و تحلیل سلسله‌مراتبی.

سلسله‌مراتبی را پیشنهاد کرد. در این روش، مسئله‌ی تصمیم‌گیری به سطوح مختلف تقسیم می‌شود، طوری که از بالا به پایین هدف (سطح بالایی)، خوشه‌ها و زیرخوشه‌ها (در سطوح میانی)، و گزینه‌ها (پایین‌ترین سطح) قرار دارد.[۳۵] اگر چه در هر دو روشِ تحلیل سلسله‌مراتبی و فرایند تحلیل شبکه‌یی از مقایسات زوجی بین معیارها و گزینه‌ها استفاده می‌شود، تفاوت‌هایی هم بین آنها وجود دارد. اولین تفاوت اصلی میان آنها این است که تحلیل سلسله‌مراتبی حالت خاصی از فرایند تحلیل شبکه‌یی است زیرا در فرایند تحلیل شبکه‌یی امکان بررسی «وابستگی درون خوشه‌یی»[۲۱] و «وابستگی بین خوشه‌یی»[۲۲] وجود دارد. تفاوت دیگر، ساختار غیرخطی در فرایند تحلیل شبکه‌یی است در حالی که تحلیل سلسله‌مراتبی دارای ساختاری خطی و

سلسله‌مراتبی است.[۳۶]

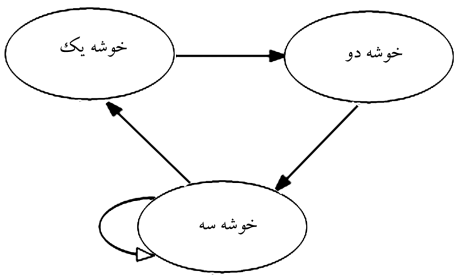
مسائل تصمیم‌گیری واقعی را نمی‌توان تنها با ساختار سلسله‌مراتبی مدل کرد زیرا معیارها و گزینه‌ها ممکن است بر هم اثر متقابل[۲۳] داشته باشند. در این مسائل برای یافتن وزن‌های عناصر، از فرایند تحلیل شبکه‌یی استفاده می‌شود که مانند روش تحلیل سلسله‌مراتبی بر پایه‌ی مقایسات زوجی است. این روش دارای ساختاری شبکه‌یی است و همه‌ی روابط موجود در خوشه (روابط موجود بین زیرمعیارهای یک خوشه و رابطه‌ی بین زیرمعیارهای یک خوشه با زیرمعیارهای دیگر خوشه‌ها) در نظر گرفته می‌شود.[۳۴] فرایند تحلیل شبکه‌یی قابلیت مدل کردن ارتباط متقابل بین سطوح تصمیم‌گیری و عناصر را از طریق ایجاد ابرماتریس[۲۴] دارد. درحقیقت ابرماتریس، ماتریسی چندبخشی است که هربخش از آن نمایانگر رابطه‌ی بین دو خوشه از مسئله‌ی تصمیم‌گیری است.[۳۷] حالت عمومی ابر ماتریس در شکل ۳ نشان داده شده است.

C_m بیانگر خوشه‌ی mام و e_m بیانگر عنصر nام در خوشه‌ی mام است. ماتریس W_{ij} از تعدادی «بردار ویژه[۲۵]» تشکیل شده که میزان تأثیر عناصر خوشه‌ی jام بر عناصر خوشه‌ی iام است. حالت ابرماتریس به ساختار مسئله‌ی تصمیم‌گیری بستگی دارد؛ به‌عنوان مثال اگر ساختار مسئله به‌صورت شکل ۴ باشد، «ابرماتریس بی‌وزن[۲۶]» (W) که دارای اولویت‌های محلی معیارها، و حاصل مقایسات زوجی است به‌صورت رابطه‌ی ۶ نمایش داده می‌شود:

$$W = \begin{array}{c} \\ C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} C_1 & C_2 & C_3 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & W_{13} \\ W_{21} & 0 & 0 \\ 0 & W_{32} & W_{33} \end{bmatrix} \end{array} \qquad (۶)$$

که در آن ماتریس W_{21} نشانگر وزن‌های عناصر خوشه‌ی ۲ در مقایسه با خوشه‌ی ۱ است، ماتریس W_{32} نشانگر وزن‌های عناصر خوشه‌ی ۳ در مقایسه با خوشه‌ی ۲ است و ماتریس W_{13} نشانگر وزن‌های عناصر خوشه‌ی ۱ در مقایسه با خوشه‌ی

شکل ۳. حالت عمومی ابرماتریس.



شکل ۴. مثالی از مسئله با وابستگی بین معیارها.

۳ است. در ضمن ماتریس W_{33} نشانگر وابستگی درونی بین عناصر خوشه‌ی ۳ و بازخورد آن است. در این نوشتار از فرایند تحلیل شبکه‌یی برای محاسبه‌ی وزن معیارها استفاده می‌شود؛ محاسبه‌ی وزن معیارها در سه گام صورت می‌گیرد:[۳۸]

گام اول) از تصمیم‌گیرندگان می‌خواهند تا با فرض عدم وابستگی بین معیارها، معیارها را به‌صورت زوجی مقایسه کنند.

برای مقایسات زوجی معکوس، مقدار معکوس آن در نظر گرفته می‌شود. با انجام مقایسه‌های زوجی، بردار وزنی محلی (W_1) منحصراً توسط رابطه‌ی ۷ حاصل می‌شود:

$$Aw_1 = \chi_{\max} w_1 \qquad (۷)$$

که در آن $\chi_{\max}$ بزرگ‌ترین مقدار ویژه‌ی ماتریس مقایسه‌ی زوجی A است. سپس بردار وزنی محلی حاصل به‌صورت ستونی هنجار می‌شود تا بردار وزنی محلی هنجار (W_2) به دست آید. اگر مقایسات زوجی کاملاً سازگار باشد، رتبه‌ی ماتریس A برابر ۱، و $\chi_{\max} = n$ خواهد بود. در این صورت بردار وزنی با هنجارسازی هریک از سطرها و ستون‌های ماتریس A به دست می‌آید.[۳۹] این نکته را باید در نظر گرفت که عملکرد روش فرایند تحلیل شبکه‌یی به‌شدت به سازگاری مقایسات زوجی وابسته است. شاخص سازگاری مطابق رابطه‌ی ۸ تعریف می‌شود:

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \qquad (۸)$$

و در نهایت نرخ سازگاری که نشانگر سازگاری قضاوت‌های خبرگان است با استفاده از رابطه‌ی ۹ به دست می‌آید:

$$CR = CI/RI \qquad (۹)$$

حد بالای قابل قبول برای CR مقدار ۰٫۱ است. اگر نرخ سازگاری از این مقدار بالاتر باشد، باید در مقایسات زوجی تجدید نظر کرد.[۳۹]

گام دوم) در این مرحله، تأثیر وابستگی داخلیِ معیارها بر تصمیم‌گیری تعیین می‌شود. از تصمیم‌گیرندگان تقاضا می‌شود درمورد اثر معیارها بر یکدیگر، با انجام مقایسه‌ی زوجی و با پاسخ به سؤال «از بین معیار ۲ و ۳، کدام بر معیار ۱ اثرگذارتر است؟ میزان اثرگذاری آن چقدر بیشتر است؟» نظر دهند. بنابراین برای هر معیار، ماتریس مقایسه‌ی زوجی جداگانه‌یی تشکیل می‌شود. به‌منظور تعیین اثر وابستگی درونی هر معیار، بردار ویژه‌ی هنجارشده برای ماتریس مقایسه‌ی زوجی هرمعیار محاسبه، و به‌صورت بردار ستونی در ماتریس وابستگی درونی B قرار داده می‌شود.

گام سوم) در این مرحله وزن نهایی هر معیار با ترکیب نتایج حاصل از دو مرحله‌ی قبل، مطابق رابطه‌ی ۱۰ به دست می‌آید:

$$w_c = B w_2^T \qquad (۱۰)$$

در تحقیقات متعدد از فرایند تحلیل شبکه‌یی برای حل مسائل تصمیم‌گیری استفاده شده است. در برخی موارد از فرایند تحلیل شبکه‌یی برای بررسی لجستیک و مدیریت زنجیره‌ی تأمین استفاده شده است[۴۰] و در برخی دیگر، برای انتخاب سیستم‌های اطلاعاتی مستقل[۴۱و۴۲] یا برای توسعه‌ی واحد کیفیت[۴۳و۴۴] از فرایند تحلیل شبکه‌یی استفاده شده است. برای بررسی ریسک رفتار خطا در سیستم‌های کاری از فرایند تحلیل شبکه‌یی استفاده شده است.[۴۵] از فرایند تحلیل شبکه‌یی به‌ترتیب برای مسئله‌ی انتخاب پروژه‌ی توسعه و تحقیق[۳۲] و بررسی گزینه‌ها در لجستیک رایانه‌ها[۴۶] استفاده شده است.

۵. روش ارزیابی نسبی مختلط

ارزیابی نسبی مختلط (COPRAS)[۲۷] که برای اولین بار در سال ۱۹۹۴ معرفی شد، روشی است برای رتبه‌بندی گزینه‌ها با توجه به شباهت آن به یک گزینه‌ی ایده‌آل.[۴۷] این روش به‌صورت مستقیم و نسبی ارجحیت هریک از گزینه‌ها را با توجه به ارزش معیارهای در نظرگرفته شده، ارزیابی می‌کند.[۴۸] در این روش بهترین گزینه طبق برآوردهای همه‌ی معیارها انتخاب می‌شود و امکان انجام مقایسه‌ی زوجی بین گزینه‌ها وجود ندارد.[۴۹] همچنین در این روش با در نظرگرفتن مشخصه‌های کمی و کیفی معیارها، اهمیت آنها تعیین می‌شود.[۵۰] این روش برای حل مسائل مختلف رتبه‌بندی گزینه‌ها در حوزه‌های ساخت‌وساز، اقتصاد، مدیریت پروژه و... کاربرد دارد.[۴۸،۴۷و۵۱] مراحل انجام ارزیابی نسبی مختلط عبارت است از:[۴۸]

الف) فرض کنید ماتریس تصمیم‌گیری به‌صورت رابطه‌ی ۱۱ است:

$$A = [a_{ij}]_{m\times n} = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \qquad (11)$$

که در آن m بیان‌گر تعداد گزینه‌ها و n بیان‌گر تعداد معیارهاست و a_{ij} ارزش قطعی گزینه‌ی iام در معیار jام است.

ب) محاسبه‌ی میزان معناداری[۲۸] گزینه‌ها: در این مرحله مجموع مقادیر معیارها برای هر گزینه، به‌صورت دو مجموع مثبت (P_i) و منفی (R_i) با استفاده از روابط ۱۲ و ۱۳ محاسبه می‌شود:

$$P_i = \sum_{j=1}^{k} a_{+ij} \qquad (12)$$

$$R_i = \sum_{j=k+1}^{m} a_{-ij} \qquad (13)$$

که در آن k معیار مثبت و $m-k$ معیار منفی است.

ج) اینک میزان معناداری هرگزینه مطابق رابطه‌ی ۱۴ محاسبه می‌شود:

$$Q_i = P_i + \frac{\sum_{i=1}^{m} R_i}{R_i \sum_{i=1}^{m} (1/R_i)} \qquad (14)$$

د) رتبه‌بندی گزینه‌ها: گزینه با میزان معناداری (Q_i) بیشتر، اولویت بالاتری دارد. یعنی گزینه‌یی که بالاترین میزان معناداری ($Q_{\max}$) را دارد به‌عنوان بهترین گزینه انتخاب می‌شود.

هـ) محاسبه‌ی درجه منفعت[۲۹] گزینه‌ها براساس رابطه‌ی ۱۵:

$$N_j = \frac{Q_j}{Q_{\max}} \times ٪۱۰۰ \qquad (15)$$

استفاده از درجه منفعت به دو دلیل مفید است:.[۴۸]

۱. ارائه‌ی درک بصری مناسب‌تر از میزان مهم‌تر بودن گزینه‌ها نسبت به هم؛

۲. نشان دادن میزان تحقق اهداف و خواسته‌های تصمیم‌گیرنده با انتخاب هر گزینه.

۶. مدل پیشنهادی برای ارزیابی تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی فازی

در این بخش مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی فازی براساس ترکیبی از دو روش فرایند تحلیل شبکه‌یی فازی و روش ارزیابی نسبی مختلط فازی برای حل مسائل تصمیم‌گیری پیچیده در محیط‌های دارای عدم قطعیت ارائه می‌شود. در روش پیشنهادی از فرایند تحلیل شبکه‌یی فازی برای تعیین وزن معیارها و از روش ارزیابی نسبی مختلط فازی برای رتبه‌بندی گزینه‌ها استفاده می‌شود. مراحل روش پیشنهادی عبارت است از:

۱. شناسایی معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها با بهره‌گیری از مرور پژوهش‌های انجام گرفته و نظر خبرگان و تأیید آنها توسط خبرگان؛

۲. تشکیل ساختار سلسله‌مراتبی مسئله و شناسایی روابط موجود بین عناصر مسئله با استفاده از نظر خبرگان؛

۳. انجام مقایسات زوجی توسط خبرگان و تعیین وزن نسبی معیارها (با فرض عدم وجود وابستگی بین معیارها) با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌یی فازی.

فرض کنید در فرایند حل مسئله‌ی تصمیم‌گیری از نظر K خبره استفاده می‌شود و از هریک از آنها خواسته می‌شود تا نظر خود را به‌صورت متغیر زبانی مطابق جدول ۶ به‌منظور مقایسه‌ی زوجی معیار iام با معیار jام، بیان کنند. هر متغیر زبانی را می‌توان به‌صورت عدد فازی ذوزنقه‌یی به‌صورت:

$$\{\widetilde{x}_{ijk} = (a_{ijk}, b_{ijk}, c_{ijk}, d_{ijk}),\ k = 1, 2, ..., K\}$$

نمایش داد. حال برای یک‌پارچه‌سازی نظریات خبرگان از رابطه‌ی ۱۶ استفاده می‌شود:

$$\widetilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij}) \qquad (16)$$

که در آن:

$$a_{ij} = \min_k \{a_{ijk}\}, \qquad b_{ij} = \frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K} b_{ijk},$$

$$c_{ij} = \frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K} c_{ijk}, \qquad d_{ij} = \max_k \{d_{ijk}\}$$

پس از یک‌پارچه‌سازی نظر خبرگان، ماتریس مقایسه‌ی زوجی فازی X به‌صورت رابطه‌ی ۱۷ حاصل می‌شود:

$$X = [\widetilde{x}_{ij}] = \begin{bmatrix} (1\ 1\ 1\ 1) & (a_{12}\ b_{12}\ c_{12}\ d_{12}) & \dots & (a_{1n}\ b_{1n}\ c_{1n}\ d_{1n}) \\ (a_{21}\ b_{21}\ c_{21}\ d_{21}) & (1\ 1\ 1\ 1) & \dots & (a_{2n}\ b_{2n}\ c_{2n}\ d_{2n}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (a_{n1}\ b_{n1}\ c_{n1}\ d_{n1}) & \dots & \dots & (1\ 1\ 1\ 1) \end{bmatrix} \qquad (17)$$

که در آن n بیان‌گر تعداد معیارها، و $\widetilde{x_{ij}}$ نشان‌گر ارزش فازی معیار iام در مقایسه با معیار jام است. در اینجا محاسبه‌ی نرخ سازگاری ماتریس مقایسه‌ی زوجی ضرورت می‌یابد. از آنجا که ماتریس مقایسه‌ی زوجی دارای اعداد فازی است،

باید ابتدا اعداد فازی را به اعداد قطعی تبدیل کرده و سپس با استفاده از روابط ۸ و ۹ نرخ سازگاری را محاسبه کرد. شایان ذکر است که ادامه‌ی مراحل روش پیشنهادی با استفاده از اعداد فازی صورت می‌گیرد و فقط در این مرحله و به‌منظور محاسبه‌ی نرخ سازگاری از اعداد قطعی استفاده می‌شود.

حال باید بردار وزن فازی (بردار ویژه‌ی فازی[۳۰]) نسبی معیارها ($\widetilde{w}_1$) محاسبه شود. با توجه به تعریف $\widetilde{x}_{ij}$ در رابطه‌ی ۱۷، چهار ماتریس قطعی (X_a, X_b, X_c, X_d) را تعریف می‌کنیم:

$$X_a=\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad X_b=\begin{bmatrix} 1 & b_{12} & \cdots & b_{1n} \\ b_{21} & 1 & \cdots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

$$X_c=\begin{bmatrix} 1 & c_{12} & \cdots & c_{1n} \\ c_{21} & 1 & \cdots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{n1} & c_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad X_d=\begin{bmatrix} 1 & d_{12} & \cdots & d_{1n} \\ d_{21} & 1 & \cdots & d_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{n1} & d_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

سپس با استفاده از رابطه‌ی ۷، بردار وزنی (بردار ویژه) قطعی را برای هریک از ماتریس‌ها جداگانه تعیین می‌کنیم (w^a, w^b, w^c, w^d). بردار وزن فازی نسبی معیارها مطابق رابطه‌ی ۱۸ حاصل می‌شود:

$$\widetilde{w}_1=\begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} \left(w_1^a, w_1^b, w_1^c, w_1^d\right) \\ \left(w_2^a, w_2^b, w_2^c, w_2^d\right) \\ \vdots \\ \left(w_n^a, w_n^b, w_n^c, w_n^d\right) \end{bmatrix} \qquad (۱۸)$$

۴. تشکیل ماتریس وزن وابستگی درونی معیارها با استفاده از مقایسات زوجی و محاسبه‌ی میزان تأثیر وابستگی درونی معیارها بر روی هم با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌یی فازی.

در این مرحله، به‌منظور تعیین میزان وابستگی بین معیارهای اصلی، از خبرگان درمورد اثر متقابل معیارها بر هم سؤال می‌شود. به این صورت که برای هر معیار اصلی، مقایسه‌ی زوجی بین معیارهای اصلی دیگر انجام می‌شود. بدین ترتیب برای هر معیار، یک ماتریس مقایسه‌ی زوجی فازی تشکیل می‌شود و بردار ویژه‌ی فازی برای هر ماتریس محاسبه می‌شود. در نهایت ماتریس وابستگی درونی معیارها ($\widetilde{W}_2$) که ستون‌های آن را بردارهای ویژه‌ی فازی هر ماتریس تشکیل می‌دهند، حاصل می‌شود.

۵. محاسبه‌ی بردار وزن وابسته[۳۱]ی فازی معیارهای اصلی با استفاده از اطلاعات حاصل از مرحله‌ی ۳ و ۴.

با استفاده از رابطه‌ی ۱۹ بردار وزن وابسته‌ی فازی برای معیارهای اصلی به دست می‌آید:

$$\widetilde{w}_{factors}=\widetilde{W}_2\times\widetilde{w}_1 \qquad (۱۹)$$

۶. محاسبه‌ی اهمیت نسبی فازی زیرمعیارها.

در این مرحله، همانند تعیین اهمیت نسبی فازی معیارهای اصلی، زیرمعیارها به‌صورت زوجی در رابطه با معیارهای اصلی مقایسه می‌شوند و بردار وزن نسبی فازی ($\widetilde{w}_{sub-factors}$) هر زیرمعیار محاسبه می‌شود.

۷. محاسبه‌ی وزن فازی کلی زیرمعیارها.

با ضرب بردار وزن وابسته‌ی فازی معیارهای اصلی ($\widetilde{w}_{factors}$) در بردار وزن نسبی فازی زیرمعیارها، وزن فازی کلی زیرمعیارها تعیین می‌شود.

۸. تعیین اهمیت هرگزینه با توجه به زیرمعیارها با جمع‌آوری نظر خبرگان و تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری فازی هنجارشده.

در این مرحله از خبرگان خواسته می‌شود تا اهمیت هرگزینه را با توجه به زیرمعیارها توسط متغیرهای زبانی (جدول ۷) بیان کنند. در اینجا نیز برای یک‌پارچه‌سازی نظر خبرگان، از رابطه‌ی ۱۶ استفاده می‌شود. پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری، برای به‌هنجارسازی آن چنین عمل می‌کنیم: اگر فرض کنیم $\widetilde{x}_{ij}=(a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij})$ میزان اهمیت گزینه‌ی iام با توجه به زیرمعیار jام پس از یک‌پارچه‌سازی نظر خبرگان باشد، ماتریس تصمیم‌گیری هنجار شده به‌صورت رابطه‌ی ۲۰ است:

$$\widetilde{R}=[\widetilde{r}_{ij}]_{n\times m} \qquad (۲۰)$$

که در آن:

$$\widetilde{r}_{ij}=\left(\frac{a_{ij}}{d_j^*}, \frac{b_{ij}}{d_j^*}, \frac{c_{ij}}{d_j^*}, \frac{d_{ij}}{d_j^*}\right)$$

و:

$$d_j^*=\max_i\{d_{ij}\}$$

۹. تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری فازی هنجارشده.

ماتریس تصمیم‌گیری فازی هنجارشده $(\widetilde{V}=[\widetilde{v}_{ij}]_{n\times m})$ با ضرب ماتریس تصمیم‌گیری هنجار شده در بردار وزنی زیرمعیارها به‌صورت رابطه‌ی ۲۱ حاصل می‌شود:

$$\widetilde{v}_{ij}=\widetilde{r}_{ij}\otimes\widetilde{w}_j \qquad (۲۱)$$

۱۰. محاسبه‌ی میزان معناداری گزینه‌ها با استفاده از COPRAS فازی.

با توجه به ماتریس تصمیم‌گیری فازی هنجارشده‌ی وزن‌دار، مجموع مقادیر مثبت و منفی فازی با استفاده از روابط ۱۲ و ۱۳، و نیز اعمال قوانین فازی (روابط ۲ تا ۵) برای هرگزینه محاسبه می‌شود. سپس میزان معناداری گزینه‌ها ($\widetilde{Q}_j$) توسط رابطه‌ی ۱۴ تعیین می‌شود.

۱۱. نافازی‌سازی میزان معناداری، رتبه‌بندی و محاسبه‌ی درجه‌ی منفعت گزینه‌ها.

نتایج حاصل از مرحله‌ی ۱۰ به‌صورت اعداد فازی ذوزنقه‌یی (میزان معناداری گزینه‌ها) به دست می‌آید. حال به‌منظور رتبه‌بندی گزینه‌ها لازم است با استفاده از روش‌های نافازی‌سازی[۳۲]، بهترین مقدار قطعی معادل با اعداد فازی را تخمین بزنیم. فرایند محاسبه‌ی یک عدد قطعی که بهترین نمایش از یک عددی فازی باشد را «نافازی‌سازی» می‌نامند.[۵۲] روش‌های مختلفی برای این منظور وجود دارد: میانگین مراکز[۳۳]، بیشینه ارتفاع[۳۴]، برش آلفا[۳۵]، مرکز ثقل[۳۶] و غیره. در این تحقیق از روش مرکز ثقل به‌دلیل کاربرد وسیع و قابلیت اطمینان آن (رابطه‌ی ۲۲) استفاده شده است.

$$Q_j^*=\int\mu(x)xdx\Big/\int\mu(x)dx \qquad (۲۲)$$

که در آن $\mu(x)$ تابع عضویت و Q_j^* مقدار قطعی میزان معناداری $\widetilde{Q}_j$ گزینه‌ی jام است.

درنتیجه گزینه‌یی که دارای بالاترین میزان معناداری ($Q^*_{\max}$) باشد، به‌عنوان بهترین گزینه انتخاب می‌شود و گزینه‌های دیگر به‌صورت نزولی مرتب می‌شوند. در نهایت برای ارزیابی بهتر و آگاهی از میزان عملکرد گزینه‌ها، درجه‌ی منفعت گزینه‌ها (N_j) با استفاده از رابطه‌ی ۱۵ محاسبه می‌شود.

۷. استفاده از مدل پیشنهادی برای انتخاب شریک تجاری شرکت هواپیمایی جمهوری اسلامی ایران

در این بخش باتوجه به مدل پیشنهادی، مسئله‌ی تشکیل ائتلاف تجاری میان شرکت هواپیمایی جمهوری اسلامی ایران با سه شرکت هواپیمایی دیگر بررسی می‌شود. شرکت‌های هوایی ک.ال.ام (متعلق به کشور هلند)، لوفت هانزا (متعلق به کشور آلمان) و بریتیش ایرویز (متعلق به کشور انگلیس)، که در مسیرهای اروپایی دارای قرارداد همکاری مشترک با شرکت هواپیمایی جمهوری اسلامی ایران (هما) ــ که به‌عنوان شرکت ملی[۳۷] و حامل پرچم[۳۸] در ایران فعالیت می‌کند ــ هستند.

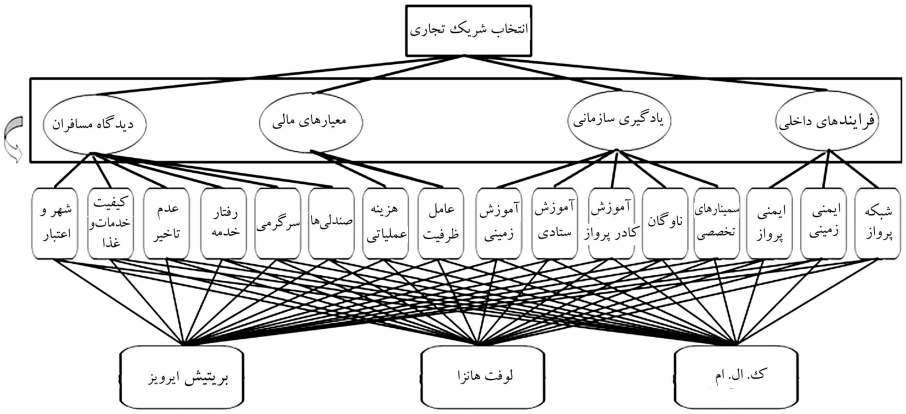
۱. با توجه به مباحث مطرح شده در بخش دوم و جمع‌آوری نظرات خبرگان، پانزده معیار برای ارزیابی عملکرد گزینه‌های موجود در نظرگرفته شده که پیش‌تر در جدول ۵ ارائه شده است.

۲. در این مرحله، رابطه‌ی بین معیارهای شناخته شده و ساختار سلسله‌مراتبی مسئله با استفاده از نظر خبرگان و تأیید آنها حاصل می‌شود (شکل ۵). هدف اصلی مسئله که انتخاب شریک تجاری است، در اولین سطح قرار می‌گیرد. سطح دوم، شامل چهار معیار اصلی مسئله (رضایت‌مندی مسافران، فرایندهای داخلی، یادگیری سازمانی، و شاخص‌های مالی) که دارای وابستگی درونی‌اند. معیار «رضایت‌مندی مسافران» دارای شش زیرمعیار، «فرایندهای داخلی» دارای سه زیرمعیار، «یادگیری سازمانی» دارای چهار زیرمعیار، و «شاخص‌های مالی» دارای دو زیرمعیار است که این زیرمعیارها و سه گزینه‌ی مورد نظر (KLM, LuftHansa, British airways) به ترتیب در سطح سوم و چهارم ساختار سلسله‌مراتبی قرار می‌گیرند. در ضمن حالت کلی ابرماتریس مسئله چنین است:

$$W = \begin{array}{c} \text{هدف} \\ \text{معیارهای اصلی} \\ \text{زیرمعیارها} \\ \text{گزینه‌ها} \end{array} \begin{bmatrix} ۰ & ۰ & ۰ & ۰ \\ \widetilde{W}_۱ & \widetilde{W}_۲ & ۰ & ۰ \\ ۰ & \widetilde{W}_۳ & ۰ & ۰ \\ ۰ & ۰ & \widetilde{W}_۴ & I \end{bmatrix}$$

۳. از شش نفر خبره تقاضا می‌شود تا چهار معیار اصلی را در رابطه با هدف مسئله با فرض فقدان وابستگی بین معیارها به‌صورت زوجی مقایسه کنند و نظر خود را به‌صورت متغیرهای زبانی بیان کنند (جدول ۸). در این مرحله، پس از حاصل شدن ماتریس مقایسه‌ی زوجی فازی، نرخ سازگاری آن نیز باید محاسبه شود که مقدار آن کم‌تر از ۰٫۱ است؛ همچنین بردار وزنی فازی ($\widetilde{w}_۱$) حاصل از آن عبارت است از:

$$\widetilde{w}_۱ = \begin{bmatrix} C_۱ \\ C_۲ \\ C_۳ \\ C_۴ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ۰٫۶۷۹ & ۰٫۶۷۱ & ۰٫۶۶۶ & ۰٫۶۴۸ \\ ۰٫۱۶۱ & ۰٫۱۹۰ & ۰٫۱۹۷ & ۰٫۲۰۷ \\ ۰٫۱۲۲ & ۰٫۱۰۵ & ۰٫۱۰۴ & ۰٫۱۰۹ \\ ۰٫۰۳۹ & ۰٫۰۳۴ & ۰٫۰۳۴ & ۰٫۰۳۶ \end{bmatrix}$$



شکل ۵. مدل فرایند تحلیل شبکه‌یی مسئله.

جدول ۸. مقایسه‌ی زوجی معیارهای اصلی توسط خبرگان.

مقایسه‌ی زوجی	نظر خبرگان					
	خبره‌ی اول	خبره‌ی دوم	خبره‌ی سوم	خبره‌ی چهارم	خبره‌ی پنجم	خبره‌ی ششم
$C_۱$ vs $C_۲$	خیلی مهم‌تر	مهم‌تر	مهم‌تر	خیلی مهم‌تر	به‌شدت مهم‌تر	تا حدی مهم‌تر
$C_۱$ vs $C_۳$	مهم‌تر	تا حدی مهم‌تر	تا حدی مهم‌تر	خیلی مهم‌تر	مهم‌تر	تا حدی مهم‌تر
$C_۱$ vs $C_۴$	مهم‌تر	خیلی مهم‌تر	مهم‌تر	به‌شدت مهم‌تر	خیلی مهم‌تر	خیلی مهم‌تر
$C_۲$ vs $C_۳$	تا حدی کم اهمیت‌تر	کم اهمیت‌تر	کم اهمیت‌تر	کم اهمیت‌تر	تا حدی کم اهمیت‌تر	خیلی کم اهمیت‌تر
$C_۲$ vs $C_۴$	تا حدی کم اهمیت‌تر	تا حدی کم اهمیت‌تر	کم اهمیت‌تر	تا حدی کم اهمیت‌تر	کم اهمیت‌تر	تا حدی کم اهمیت‌تر
$C_۳$ vs $C_۴$	مهم‌تر	مهم‌تر	خیلی مهم‌تر	مهم‌تر	خیلی مهم‌تر	مهم‌تر

جدول ۹. ماتریس وابستگی با توجه به معیار دیدگاه مسافران.

دیدگاه مسافران	نظر خبرگان					
	خبره‌ی اول	خبره‌ی دوم	خبره‌ی سوم	خبره‌ی چهارم	خبره‌ی پنجم	خبره‌ی ششم
$C_2\ vs\ C_3$	خیلی کم اهمیت‌تر	کم اهمیت‌تر	خیلی کم اهمیت‌تر	خیلی کم اهمیت‌تر	کم اهمیت‌تر	خیلی کم اهمیت‌تر
$C_2\ vs\ C_4$	تا حدی مهم‌تر	مهم‌تر	مهم‌تر	تا حدی کم اهمیت‌تر	تا حدی مهم‌تر	تا حدی مهم‌تر
$C_3\ vs\ C_4$	کم اهمیت‌تر	کم اهمیت‌تر	تا حدی کم اهمیت‌تر	تا حدی کم اهمیت‌تر	خیلی کم اهمیت‌تر	کم اهمیت‌تر

جدول ۱۰. مقایسات زوجی برای زیرمعیارهای مربوط به فرایند داخلی.

فرایندهای داخلی	نظر خبرگان					
	خبره‌ی اول	خبره‌ی دوم	خبره‌ی سوم	خبره‌ی چهارم	خبره‌ی پنجم	خبره‌ی ششم
$C_{21}\ vs\ C_{22}$	خیلی کم اهمیت‌تر	خیلی کم اهمیت‌تر	خیلی کم اهمیت‌تر	کم اهمیت‌تر	کم اهمیت‌تر	کم اهمیت‌تر
$C_{21}\ vs\ C_{23}$	به‌شدت کم اهمیت‌تر	به‌شدت کم اهمیت‌تر	به‌شدت کم اهمیت‌تر	خیلی کم اهمیت‌تر	خیلی کم اهمیت‌تر	به‌شدت کم اهمیت‌تر
$C_{21}\ vs\ C_{24}$	تا حدی مهم‌تر	تا حدی کم اهمیت‌تر	تا حدی کم اهمیت‌تر	تا حدی کم اهمیت‌تر	تا حدی مهم‌تر	تا حدی مهم‌تر
$C_{22}\ vs\ C_{23}$	تا حدی کم اهمیت‌تر	تا حدی کم اهمیت‌تر	تا حدی کم اهمیت‌تر	تا حدی کم اهمیت‌تر	کم اهمیت‌تر	تا حدی کم اهمیت‌تر
$C_{22}\ vs\ C_{24}$	خیلی مهم‌تر	به‌شدت مهم‌تر	به‌شدت مهم‌تر	خیلی مهم‌تر	به‌شدت مهم‌تر	خیلی مهم‌تر
$C_{23}\ vs\ C_{24}$	خیلی مهم‌تر	خیلی مهم‌تر	به‌شدت مهم‌تر	خیلی مهم‌تر	خیلی مهم‌تر	خیلی مهم‌تر

۴. در مسائل تصمیم‌گیری واقعی همیشه نمی‌توان از وابستگی بین عناصر صرف نظر کرد و عناصر را کاملاً مستقل از هم در نظر گرفت. بنابراین برای در اختیار داشتن نتایج واقع‌بینانه و مناسب، بهتر است این‌گونه روابط نیز در مسئله لحاظ شود. در این مسئله نیز، با استفاده از نظر خبرگان روابط بین معیارها مطابق شکل ۵ در نظر گرفته شده و از روش فرایند تحلیل شبکه‌یی برای مدل‌سازی استفاده شده است.

برای تعیین اثر وابستگی معیارها، ماتریس مقایسه‌ی زوجی فازی را با استفاده از نظر خبرگان برای هر چهار معیار تشکیل می‌دهیم. به‌عنوان مثال برای معیار «رضایت‌مندی مسافران»، سؤال به‌صورت «کدام معیار بر معیار رضایت‌مندی مسافران تأثیرگذارتر است: فرایندهای داخلی یا یادگیری سازمانی؟» یا «میزان اثرگذاری آن چقدر بیشتر است؟» مطرح می‌شود. به‌عنوان نمونه ماتریس وابستگی با توجه به معیار «رضایت‌مندی مسافران» در جدول ۹ آورده شده، و در نهایت ماتریس وابستگی فازی به‌صورت ماتریس $\widetilde{w}_2$ تشکیل می‌شود.

۵. در این مرحله، بردار وزن وابسته‌ی فازی برای معیارهای اصلی محاسبه شده که به‌صورت زیر است:

$$\widetilde{w}_{factors}=\widetilde{W}_2\times\widetilde{w}_1=\begin{bmatrix} ۰/۴۳۱ & ۰/۴۲۹ & ۰/۴۳۰ & ۰/۴۲۴ \\ ۰/۳۲۵ & ۰/۳۳۹ & ۰/۳۴۱ & ۰/۳۳۹ \\ ۰/۱۸۲ & ۰/۱۷۵ & ۰/۱۷۳ & ۰/۱۸۰ \\ ۰/۰۶۲ & ۰/۰۵۸ & ۰/۰۵۶ & ۰/۰۵۸ \end{bmatrix}$$

۶. به‌منظور محاسبه‌ی اهمیت نسبی زیرمعیارها ($\widetilde{w}_{sub-factors}$)، از خبرگان خواسته می‌شود تا زیرمعیارها را به‌صورت زوجی مقایسه کنند که نظرات مربوط به «فرایندهای داخلی» به‌صورت نمونه در جدول ۱۰ ارائه شده است. همچنین اهمیت نسبی زیرمعیارها در جدول ۱۱ نشان داده شده است.

۷. وزن فازی کل زیرمعیارها با اطلاعات حاصل از دو مرحله‌ی قبل به دست می‌آید که نتایج در ستون آخر جدول ۱۱ نشان داده شده است.

۸. به‌منظور تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری، خبرگان اهمیت گزینه‌ها را با توجه به زیرمعیارها تعیین می‌کنند؛ مثلاً در جدول ۱۲ نظر دو خبره منعکس شده است. پس از یک‌پارچه‌سازی نظرات خبرگان، ماتریس تصمیم‌گیری هنجارشده محاسبه می‌شود.

۹. در این مرحله، با ضرب ماتریس تصمیم‌گیری هنجارشده در وزن‌های مربوط به معیارها، ماتریس تصمیم‌گیری فازی هنجارشده‌ی وزن‌دار (جدول ۱۳) حاصل می‌شود.

۱۰. حال با استفاده از ماتریس تصمیم‌گیری فازی هنجارشده‌ی وزن‌دار، مجموع مقادیر مثبت و منفی و درنتیجه میزان معناداری گزینه‌ها محاسبه می‌شود (جدول ۱۴).

۱۱. در این مرحله با استفاده از روش مرکز ثقل، مقدار قطعی میزان معناداری گزینه‌ها را تخمین می‌زنند و گزینه‌ها را با توجه به بیشتر بودن میزان معناداری به‌صورت نزولی رتبه‌بندی می‌کنند. با توجه به نتایج، بهترین گزینه British Airways است و رتبه‌بندی کلی گزینه‌ها در این مسئله به‌صورت BA>Lufthansa>KLM

$$\widetilde{w}_2=\begin{bmatrix} ۰/۵۴۷ & ۰/۵۷۱ & ۰/۵۶۲ & ۰/۵۱۷ & ۰/۶۲۲ & ۰/۶۲۷ & ۰/۶۱۸ & ۰/۵۹۰ & ۰/۵۴۴ & ۰/۵۵۸ & ۰/۵۳۸ & ۰/۴۷۱ & ۱ & ۱ & ۱ & ۱ \\ ۰/۳۲۹ & ۰/۳۱۰ & ۰/۳۱۴ & ۰/۳۴۱ & ۰/۲۹۱ & ۰/۲۸۷ & ۰/۲۹۵ & ۰/۳۱۷ & ۱ & ۱ & ۱ & ۱ & ۰/۶۵۹ & ۰/۶۶۸ & ۰/۶۶۵ & ۰/۶۵۱ \\ ۰/۱۲۴ & ۰/۱۱۹ & ۰/۱۲۳ & ۰/۱۴۲ & ۱ & ۱ & ۱ & ۱ & ۰/۳۵۵ & ۰/۳۴۳ & ۰/۳۶۱ & ۰/۴۱۷ & ۰/۲۶۶ & ۰/۲۵۷ & ۰/۲۵۷ & ۰/۲۶۴ \\ ۱ & ۱ & ۱ & ۱ & ۰/۰۸۸ & ۰/۰۸۵ & ۰/۰۸۷ & ۰/۰۹۳ & ۰/۱۰۲ & ۰/۱۰۰ & ۰/۱۰۲ & ۰/۱۱۳ & ۰/۰۷۵ & ۰/۰۷۵ & ۰/۰۷۸ & ۰/۰۸۶ \end{bmatrix}$$

جدول ۱۱. وزن نسبی و کلی زیرمعیارها.

زیرمعیارها	وزن زیرمعیارها				وزن کلی زیرمعیارها			
C_{11}	(۰٫۴۵۱)	۰٫۴۵۸	۰٫۴۵۵	(۰٫۴۳۸)	(۰٫۱۹۱)	۰٫۱۹۷	۰٫۱۹۵	(۰٫۱۸۹)
C_{12}	(۰٫۲۳۰)	۰٫۲۲۷	۰٫۲۲۱	(۰٫۲۰۹)	(۰٫۰۹۷)	۰٫۰۹۷	۰٫۰۹۵	(۰٫۰۹۰)
C_{13}	(۰٫۱۸۰)	۰٫۱۸۱	۰٫۱۸۷	(۰٫۲۰۵)	(۰٫۰۷۶)	۰٫۰۷۸	۰٫۰۸۰	(۰٫۰۸۸)
C_{14}	(۰٫۰۷۸)	۰٫۰۷۶	۰٫۰۷۷	(۰٫۰۸۱)	(۰٫۰۳۳)	۰٫۰۳۳	۰٫۰۳۳	(۰٫۰۳۵)
C_{15}	(۰٫۰۳۹)	۰٫۰۳۹	۰٫۰۴۰	(۰٫۰۴۳)	(۰٫۰۱۷)	۰٫۰۱۷	۰٫۰۱۷	(۰٫۰۱۹)
C_{16}	(۰٫۰۲۲)	۰٫۰۲۱	۰٫۰۲۱	(۰٫۰۲۴)	(۰٫۰۰۹)	۰٫۰۰۹	۰٫۰۰۹	(۰٫۰۱۰)
C_{21}	(۰٫۵۰۳)	۰٫۵۰۷	۰٫۴۹۰	(۰٫۴۲۵)	(۰٫۱۷۰)	۰٫۱۷۳	۰٫۱۶۶	(۰٫۱۳۸)
C_{22}	(۰٫۳۰۱)	۰٫۳۱۴	۰٫۳۲۷	(۰٫۳۵۸)	(۰٫۱۰۲)	۰٫۱۰۷	۰٫۱۱۱	(۰٫۱۱۶)
C_{23}	(۰٫۱۶۳)	۰٫۱۴۴	۰٫۱۴۶	(۰٫۱۷۴)	(۰٫۰۵۵)	۰٫۰۴۹	۰٫۰۴۹	(۰٫۰۵۷)
C_{24}	(۰٫۰۳۳)	۰٫۰۳۵	۰٫۰۳۷	(۰٫۰۴۳)	(۰٫۰۱۱)	۰٫۰۱۲	۰٫۰۱۲	(۰٫۰۱۴)
C_{31}	(۰٫۷۱۱)	۰٫۷۱۳	۰٫۷۱۳	(۰٫۷۱۳)	(۰٫۱۲۸)	۰٫۱۲۳	۰٫۱۲۵	(۰٫۱۳۰)
C_{32}	(۰٫۲۱۹)	۰٫۲۲۱	۰٫۲۲۱	(۰٫۲۲۱)	(۰٫۰۳۹)	۰٫۰۳۸	۰٫۰۳۹	(۰٫۰۴۰)
C_{33}	(۰٫۰۷۰)	۰٫۰۶۶	۰٫۰۶۶	(۰٫۰۶۴)	(۰٫۰۱۲)	۰٫۰۱۱	۰٫۰۱۲	(۰٫۰۱۲)
C_{41}	(۰٫۸۳۱)	۰٫۸۴۶	۰٫۸۴۶	(۰٫۸۳۱)	(۰٫۰۴۸)	۰٫۰۴۸	۰٫۰۴۹	(۰٫۰۵۱)
C_{42}	(۰٫۱۷۰)	۰٫۱۵۴	۰٫۱۵۴	(۰٫۱۷۰)	(۰٫۰۱۰)	۰٫۰۰۹	۰٫۰۰۹	(۰٫۰۱۰)

جدول ۱۲. نظر خبرگان درباره‌ی ارزش گزینه‌ها با توجه به زیرمعیارها.

زیرمعیارها	خبره‌ی اول			خبره‌ی دوم		
	گزینه‌ها					
	A_1	A_2	A_3	A_1	A_2	A_3
C_{11}	خوب	خوب	به‌شدت خوب	خیلی خوب	به‌شدت خوب	خوب
C_{12}	به‌شدت خوب	خیلی خوب	خوب	خوب	خوب	به‌شدت خوب
C_{13}	به‌شدت خوب	به‌شدت خوب	خیلی خوب	خوب	خوب	خیلی خوب
C_{14}	خیلی خوب	به‌شدت خوب	خیلی خوب	به‌شدت خوب	به‌شدت خوب	خیلی خوب
C_{15}	خوب	خیلی خوب	به‌شدت خوب	خیلی خوب	خوب	خیلی خوب
C_{16}	به‌شدت خوب	خیلی خوب	به‌شدت خوب	خیلی خوب	خیلی خوب	به‌شدت خوب
C_{21}	به‌شدت خوب	به‌شدت خوب	خوب	خیلی خوب	خیلی خوب	به‌شدت خوب
C_{22}	خیلی خوب	خیلی خوب	به‌شدت خوب	خوب	خوب	خوب
C_{23}	خیلی خوب	به‌شدت خوب	خیلی خوب	خوب	خوب	خیلی خوب
C_{24}	خیلی خوب	به‌شدت خوب	خیلی خوب	خوب	خیلی خوب	خیلی خوب
C_{31}	به‌شدت خوب	به‌شدت خوب	به‌شدت خوب	خوب	خوب	به‌شدت خوب
C_{32}	خیلی خوب	خوب	به‌شدت خوب	خوب	خوب	خوب
C_{33}	به‌شدت خوب	به‌شدت خوب	خیلی خوب	خوب	خیلی خوب	به‌شدت خوب
C_{41}	خوب	خیلی خوب	تا حدی خوب	تا حدی خوب	خیلی خوب	خوب
C_{42}	خوب	خیلی خوب	خیلی خوب	تا حدی خوب	خیلی خوب	خیلی خوب

جدول ۱۳. ماتریس تصمیم‌گیری فازی هنجار شده‌ی وزن‌دار.

گزینه‌ها	معیارها											
	فرایندهای داخلی (+)				دیدگاه مسافران (+)			
KLM	(۰٫۳۴	۰٫۳۰	۰٫۲۶	۰٫۱۹)	(۰٫۴۲	۰٫۳۶	۰٫۳۲	۰٫۲۴)
BA	(۰٫۳۴	۰٫۳۲	۰٫۲۹	۰٫۲۲)	(۰٫۴۲	۰٫۴۰	۰٫۳۵	۰٫۲۷)
Lufthansa	(۰٫۳۴	۰٫۳۰	۰٫۲۷	۰٫۲۰)	(۰٫۴۲	۰٫۳۷	۰٫۳۳	۰٫۲۶)
	معیارهای مالی (-)				یادگیری سازمانی (+)			
KLM	(۰٫۰۶	۰٫۰۴	۰٫۰۴	۰٫۰۲)	(۰٫۱۸	۰٫۱۵	۰٫۱۳	۰٫۱۱)
BA	(۰٫۰۵	۰٫۰۳	۰٫۰۲	۰٫۰۱)	(۰٫۱۸	۰٫۱۵	۰٫۱۴	۰٫۱۱)
Lufthansa	(۰٫۰۶	۰٫۰۴	۰٫۰۳	۰٫۰۲)	(۰٫۱۸	۰٫۱۶	۰٫۱۴	۰٫۱۱)

است. سپس از مقایسه‌ی گزینه‌ها، بهترین گزینه تعیین می‌شود تا تصمیم‌گیرندگان درک بصری بهتری از عملکرد گزینه‌ها در اختیار داشته باشند (جدول ۱۴).

۸. اعتبارسنجی مدل

به‌منظور اعتبارسنجی مدل پیشنهادی و پیاده‌سازی آن در شرکت هواپیمایی ایران‌ایر، مدل پیشنهادی و نتایج حاصل از پیاده‌سازی برای تعدادی از خبرگان هواپیمایی ایران‌ایر ارائه شد و از آنها خواسته شد تا نتایج نهایی را ارزیابی کنند. بنابراین نظر خبرگان درمورد رتبه‌بندی نهایی جمع‌آوری شد که در جدول ۱۵ نشان داده شده

جدول ۱۴. نتایج نهایی حاصل از پیاده‌سازی مدل پیشنهادی.

گزینه‌ها	$\widetilde{P}_j$	$\widetilde{R}_j$
KLM	(۰٫۹۴ ۰٫۸۰ ۰٫۷۱ ۰٫۵۳)	(۰٫۰۶ ۰٫۰۴ ۰٫۰۳ ۰٫۰۲)
BA	(۰٫۹۴ ۰٫۸۷ ۰٫۷۸ ۰٫۶۰)	(۰٫۰۵ ۰٫۰۳ ۰٫۰۲ ۰٫۰۱)
Lufthansa	(۰٫۹۴ ۰٫۸۳ ۰٫۷۴ ۰٫۵۶)	(۰٫۰۶ ۰٫۰۴ ۰٫۰۳ ۰٫۰۲)
گزینه‌ها	$\widetilde{Q}_j$	Q_j^*
KLM	(۱٫۰۸ ۰٫۸۴ ۰٫۷۳ ۰٫۵۴)	۰٫۷۹۷
BA	(۱٫۲۲ ۰٫۹۴ ۰٫۸۰ ۰٫۶۰)	۰٫۸۹۲
Lufthansa	(۱٫۱۰ ۰٫۸۸ ۰٫۷۶ ۰٫۵۷)	۰٫۸۲۵
گزینه‌ها	N_j (٪)	رتبه
KLM	۸۹٫۳	۳
BA	۱۰۰	۱
Lufthansa	۹۲٫۵	۲

جدول ۱۵. نظر خبرگان درباره‌ی نتایج حاصل از پیاده‌سازی مدل پیشنهادی.

سؤالات	تعداد نظرات		درصد
	ارائه شده	موافق	توافق
انتخاب BA به‌عنوان بهترین گزینه	۲۰	۱۹	۹۵
انتخاب LH به‌عنوان دومین گزینه	۲۰	۱۸	۹۰
انتخاب KLM به‌عنوان سومین گزینه	۲۰	۱۹	۹۵
موافقت کلی درباره‌ی رتبه‌بندی پیشنهادی	۲۰	۱۷	۹۳٫۳

است. چنان که مشاهده می‌شود، میزان توافق کلی خبرگان درمورد رتبه‌بندی نهایی حاصل از مدل پیشنهادی برابر ۹۳٫۳ است.

۹. نتیجه‌گیری

با توجه به افزایش روزافزون رقابت و تغییرات سریع فنّاوری در صنعت حمل‌ونقل هوایی، شرکت‌های هواپیمایی به سمت ایجاد ائتلاف تجاری گرایش پیدا کرده‌اند. از آنجا که موفقیت ائتلاف از جنبه‌های مختلف بر عملکرد هریک از طرفین قرارداد تأثیر می‌گذارد، انتخاب شریک تجاری مناسب امری حیاتی به حساب می‌آید. از این رو شرکت‌ها باید پیش از تصمیم‌گیری، عملکرد طرف مقابل را به دقت ارزیابی کنند. بنابراین در این مقاله مدلی جامع برای ارزیابی شرکای تجاری ارائه شد که می‌تواند به‌صورت هم‌زمان معیارهای کمی و کیفی را بررسی کند.

از آنجا که سنجش و اندازه‌گیری دقیق معیارهای کیفی مقدور نیست و فضای مسائل تصمیم‌گیری واقعی با ابهام و عدم قطعیت همراه است، از نظریه‌ی فازی برای حل این مشکل استفاده شده است. به علاوه این معیارها در مسائل واقعی روابطی پیچیده دارند؛ و چون معمولاً بین معیارها وابستگی وجود دارد، از این رو از روش فرایند تحلیل شبکه‌یی فازی برای مدل‌سازی مسئله و تعیین وزن معیارها و زیرمعیارها استفاده شده است. سپس برای رتبه‌بندی گزینه‌ها از روش ارزیابی نسبی مختلط فازی که اطلاعات مناسب و با ارزشی در اختیار تصمیم‌گیرندگان قرار می‌دهد، استفاده شده است. در نهایت مدل پیشنهادی در مسئله‌ی واقعی مبتنی بر انتخاب شرکت هوایی برای ایجاد ائتلاف با شرکت «هواپیمایی جمهوری اسلامی ایران» مورد توجه قرار گرفت. نتایج حاصل از به‌کارگیری مدل پیشنهادی، توسط خبرگان مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت و نتایج به‌طور متوسط مورد تأیید ۹۳٫۳ خبرگان قرار گرفت.

پانوشت‌ها

1. low cost career (LCC)
2. KLM
3. British Airways
4. Luft Hansa
5. seat (inventory) allocation
6. perishable
7. route management
8. fleet assignment
9. yield management/pricing
10. revenue management
11. flight frequency
12. return of investment (ROI)
13. internal rate of return (IRR)
14. net present value (NPV)
15. load factor
16. trapezoidal fuzzy number
17. analytic network process(ANP)
18. analytic hierarchy process(AHP)
19. cluster
20. element
21. inner dependence
22. outer dependence
23. interaction
24. supermatrix
25. eigenvector
26. unweighted supermatrix
27. complex proportional assessment (COPRAS)
28. value of significance
29. utility degree
30. fuzzy eigenvector
31. interdependent weight
32. defuzzification method
33. mean of maximum
34. maximum height
35. α-cut
36. center of gravity
37. national career
38. flag career

منابع (References)

1. Goetz, A.R. and Timothy, M.V. "The good, the bad, and the ugly: 30 years of us airline deregulation", *Journal of Transport Geography*, **17**, pp. 251-263 (2009).

2. Berrittella, M., Luigi, L.F. and Pietro, Z. "An analytic hierarchy process for ranking operating costs of low cost and full service airlines", *Journal of Air Transport Management*, **15**, pp. 249-255 (2009).

3. Park, J.H., Anming, Z. and Yimin, Z. "Analitical models of international alliances in the airline industry", *Transportation Research Part B*, **35**, pp. 865-886 (2005).
4. Forsyth, P. "Promoting trade in airline services", *Journal of Air Transport Management*, **7**, pp. 43-50 (2001).
5. Hsu C.I. and Hsien, H.S. "Small-world network theory in the study of network connectivity and efficiency of complementary international airline alliances", *Journal of Air Transport Management,* **14**, pp. 123-129 (2008).
6. Liang, G.S. "Fuzzy MCDM based on ideal and anti-ideal concepts", *European Journal of Operational Research*, **112**, pp. 82-91 (1999).
7. Morrish, S.C. and Hamilton, R.T. "Airline alliances–who benefits?", *Journal of Air Transport Management*, **8**, pp. 401-407 (2002).
8. Feng, C.M. and Rong, T.W. "Performance evaluation for airlines including the consideration of financial ratios", *Journal of Air Transport Management*, **6**, pp. 133-142 (2000).
9. Ufuk, C. "Fuzzy AHP-based decision support system for selecting ERP systems in textile industry by using balanced scorecard", *Expert Systems with Application,* **36**, pp. 8900-8909 (2009).
10. Lee, A.H., Wen, C.C. and Ching, J.C. "A fuzzy AHP and BSC approach for evaluating performance of IT department in the manufacturing industry in taiwan", *Expert Systems with Application*, **34**, pp. 98-107 (2008).
11. Mustafa, A., Jia, F.P. and Siaw, L.P. "The evaluation of airline services quality using the analitic hierarcy process (AHP)", *Proceedings of the International Conference on Turism Development*, pp. 382-390 (2005).
12. Tsaur, S.H., Te, Y.C. and Chang, H.Y. "The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM", *Tourism Management,* **23**, pp. 107-115 (2002).
13. Chang Y.H. and Chung, H.Y. "Evaluating airline competitiveness using multi attribute decision making", *Omega,* **29**, pp. 405-415 (2001).
14. Ostrowski, L.P., O'Brien, V.T. and Gordon, L.G. "Service quality and customer loyalty in the commercial airline industry", *Journal of Travel Research*, **32**, pp. 16-24 (1993).
15. Suzuki, Y. "The relationship between on-time performance and airline market share: A new approach", *Transportation Research Part E*, **36**(2), pp. 139-154 (2000).
16. Bhadra, D. "Race to the bottom or swimming upstream: Performance analysis of US airlines", *Journal of Air Transport Management,* **15**, pp. 227-235 (2008).
17. Gilbert, D. and Wong, K.R. "Passenger expectations and airline services: A Hong Kong based study", *Tourism Management,* **24**, pp. 519-532 (2003).
18. Liou, J.H., Gwo-Hshiung, T. and Han-Chun, C. "Airline safety measurement using a hybrid model", *Journal of Air Transport Management,* **13**, pp. 243-249 (2007).
19. Hadjimichael, M. "A fuzzy expert system for aviation risk assessment", *Expert Systems with Application,* **36**, pp. 6512-6519 (2009).
20. Hofer, C., Martin, E.D. and Windle, R.J. "The impact of airline financial distress on US air fares: A contingency approach", *Transportation Research Part E,* **45**, pp. 238-249 (2009).
21. Barros, C.P. and Peypoch, N. "An evaluation of European airlines' operational performance", *International Journal of Production Economics,* **122**, pp. 525-533 (2009).
22. Golaszewski, R. "Network industries in collision: Aviation infrastructure capacity, financing and the exposure to traffic declines", *Journal of Air Transport Management,* **9**, pp. 57-65 (2003).
23. Wong, B.W., Lan, G., Wei, L., and Dan, Y. "Reducing conflict in balanced scorecard evaluations", *Organizations and Society,* **32**, pp. 363-377 (2007).
24. Lin, C.T. Chuan, L. and Wen, Y.C. "An expert system approach to assess service performance of travel intermediary", *Expert Systems with Application,* **36**, pp. 2987-2996 (2009).
25. Levin, Y. "Introduction to the special issue on revenue management and dynamic pricing", *European Journal of Operational Research*, **197**, pp. 845-847 (2009).
26. Malighetti, P., Stefano, P. and Renato, R. "Pricing strategies of low-cost airlines: The Ryanair case study", *Journal of Air Transport Management*, **15**, pp. 195-203 (2009).
27. Wang, X. and Qiang, M. "Continuous-time dynamic network yield management with demand driven dispatch in the airline industry", *Transportation Research Part E,* **44**, pp. 1052-1073 (2008).
28. Givoni M. and Piet, R. "Airline's choice of aircraft size – explanations and implications", *Transportation Research Part A,* **43**, pp. 500-510 (2009).
29. Chang, Y.H. Chien, H.C. and Tong, C.W. "Performance evaluation of international airports in the region of east asia", *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, **4**, pp. 213-230 (2003).
30. Norreklit, H. "The balanced scorecard: What is the score? A thetorical analysis of the balanced scorecard", *Accounting, Organizations and Society*, **28**, pp. 591-619 (2003).
31. Devriendt, L., Guillaume, B., Ben, D., Jaap, D.W. and Frank, W. "Calculating load factors for the transatlantic airline market using supply and demand data – a note on the identification of gaps in the available airline statistics", *Journal of Air Transport Management,* **15**, pp. 337-343 (2009).
32. Mohanty, R.P., Agarwal, R., Choudhury, A.K. and Tiwari, M.K. "A fuzzy ANP-based approach to R&D project selection: A case study", *International Journal of Production Research*, **43**, pp. 5199-5216 (2005).
33. Zavadskas, E.K. and Antucheviciene, J. "Multiple criteria evaluation of rural building's regeneration alternatives", *Building and Environment,* **42**, pp. 436-451 (2007).
34. Sevkli, M., Oztekin, A., Uysal, O., Torlak, G., Turkyilmaz, A. and Delen, D. "Development of a fuzzy ANP based SWOT analysis for the airline industry in Turkey", *Expert Systems with Applications,* **39**, pp. 14-24 (2012).

35. Cheng E. and Li, H. "Application of ANP in process models: An example of strategic partnering", *Building and Environment*, **42**, pp. 278-287 (2007).

36. Saaty, T.L. "Fundamentals of the analytic network process", *Presented at the The International Symposium on the Analytic Hierarchy Process*, Kobe, Japan (1999).

37. Shyur, H.J. "COTS evaluation using modified TOPSIS and ANP", *Applied Mathematics and Computation*, **177**, pp. 251-259 (2006).

38. Dagdeviren, M. and Yuksel, I. "A fuzzy analytic network process (ANP) model for measurement of the sectoral competition level (SCL)", *Expert Systems with Applications*, **37**, pp. 1005-1014 (2010).

39. Wang, J.J. and Yang, D.L. "Using a hybrid multi-criteria decision aid method for information systems outsourcing", *Computers & Operation Research*, **34**, pp. 3691-3700 (2007).

40. Meade, L.M. and Sarkis, J. "Strategic analysis of logistics and supply chain management systems using the analytic network process", *Transportation Research Part E: Logistic and Transportation Review*, **34**, pp. 201-215 (1998).

41. Lee, J.W. and Kim, S.H. "Using analytic network process and goal programming for interdependent information system project selection", *Computers and Operations Research*, **27**, pp. 367-382 (2000).

42. Lee, J.W. and Kim, S.H. "An integrated approach for independent information system project selection", *International Journal of Project Management*, **19**, pp. 111-118 (2001).

43. Karsak, E.E., Sozer, S. and Alptekin, S.E. "Production planning in quality function deployment using a combined analytical network process and goal programming approach", *Computers and Industrial Engineering*, **44**, pp. 171-190 (2002).

44. Partovi, F.Y. and Corredoira, R.A. "Quality function deployment for the good of soccer", *European Journal of Operational Research*, **137**, pp. 642-656 (2002).

45. Dagdeviren, M., Yuksel, I. and Kurt, M. "A fuzzy analytic network process (ANP) model to identify faulty behaviors risk (FBR) in work systems", *Safety Sciences*, **34**, pp. 96-107 (2008).

46. Ravi, V. Shankar, R. and Tiwari, M.K. "Analyzing alternatives in reverse logistics for end-of-life computers: ANP and balanced score card approach", *Computers-Industrial Engineering*, **48**, pp. 327-356 (2005).

47. Zavadskas, E.K., Kaklauskas, A., Turskis, Z. and Tamošaitiené, J. "Selection of the effective dwelling house walls attributes values determined at intervals", *Journal of Civil Engineering and Management*, **14**, pp. 85-93 (2008).

48. Zavadskas, E.K., Kaklauskas, A., Banaitis, A. and Kvederyte, N. "Housing credit access model: The case for Lithuania", *European Journal of Operational Research*, **155**, pp. 335-352 (2004).

49. Ginevičius, R. and Podvezko, V. "Evaluating the changes in economic and social development of lithuanian counties by multiple criteria methods", *Technological and Economic Development of Economy, Baltic Journal on Sustainability*, **15**, pp. 418-436 (2009).

50. Zavadskas, E.K., Liias, R. and Turskis, Z. "Multi-attribute decision-making methods for assessment of quality in bridges and road construction: State-of-theart surveys", *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, **3**, pp. 152-160 (2008).

51. Ginevicius, R. Podvezko, V. and Raslanas, S. "Evaluating the alternative solutions of wall insulation by multi-criteria methods", *Journal of Civil Engineering and Management*, **14**, pp. 217-226 (2008).

52. Montazer, G.A., Qahri Saremi, H. and Ramezani, M. "Design a new mixed expert decision aiding system using fuzzy ELECTRE III method for vendor selection", *Expert Systems with Applications*, **36**, pp. 10837-10847 (2099).