ارزیابی کیفیت خدمت دهی با رویکرد ترکیبی مدل سازی ساختاری تفسیری، فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی، تودیم توسعه یافته در سیستم حمل و نقل ریلی (موردی : استان قم)

جلال رضایی‌نور[1]، علی شهیدیان[2]، حامد ذاکر[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۸/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۱۹

چکیده: صنعت حمل‌ونقل ریلی یکی از صنایع رو به رشد در ایران محسوب می‌شود و رقابت در این صنعت همواره رو به افزایش بوده و این موضوع موجب شده شناسایی وضعیت شرکت‌های فعال در این حوزه مسئله بسیار مهم بشمار آید. هر شرکت دارای یک یا چند مزیت رقابتی می‌باشد که موجب برتری آن نسبت به رقبای خود می‌شود. کیفیت خدمات ارائه شده در این شرکت‌ها می‌تواند برای هر کدام از آن‌ها یک مزیت رقابتی مهم به حساب آید. هدف این پژوهش مطالعه بر روی عوامل تاثیرگذار بر روی کیفیت خدمت‌دهی در حوزه حمل نقل ریلی و رتبه بندی شرکت های فعال در حمل و نقل ریلی ایستگاه راه آهن شهر قم بر اساس این عوامل می‌باشد. در این پژوهش ابتدا سلسله مراتب معیارها بر اساس روش مدل سازی ساختاری تفسیری بدست آمده است و پس از آن اهمیت آن ها با روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی محاسبه شده است. در انتها با روش تودیم (مخفف تصمیم گیری چندمعیاره و تعاملی در زبان پرتغالی) توسعه یافته شرکت‌ها رتبه‌بندی شده‌اند که نتایج نشان می‌دهد که شرکت فدک به عنوان بهترین شرکت از نظر کیفیت خدمت‌دهی انتخاب شده است.

واژگان کلیدی: ارزیابی کیفیت خدمت دهی، حمل و نقل ریلی، مدل سازی ساختاری تفسیری، فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی، تودیم گسترش یافته

JEL: L80, L92

---

۱. دانش‌یار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه قم،قم،ایران(نویسنده مسئول)j.rezaee@qom.ac.ir

۲. دانشجو کارشناسی‌ارشد، مهندسی صنایع، دانشگاه قم، قم، ایران shahidian.ali@gmail.com

۳. دانشجو کارشناسی‌ارشد، مهندسی صنایع، دانشگاه قم، قم، ایرانh.zaker73@gmail.com

۱. مقدمه

حمل و نقل ریلی جمهوری اسلامی ایران در چند سال اخیر توسعه چشم گیری داشته است ولی هنوز با استانداردهای برنامه ریزی شده فاصله زیادی وجود دارد. باتوجه به تاکیدات مقام معظم رهبری که در برنامه ششم توسعه دو بند ۲۴ و ۲۵ ذیل موضوع حمل و نقل ریلی مطرح کرده‌اند و دولت را مکلف کرده است که ۳۰ درصد از سهم حمل و نقل کشور را به صنعت حمل و نقل ریلی واگذار کند، می‌توان دریافت که این صنعت اهمیت بسیار بالایی برای توسعه کشور دارد. بنابراین باید برای گسترش این صنعت تلاش روز افزون داشت. توسعه هر صنعتی وابسته به شرکت‌ها و فعالین آن حوزه دارد. در حمل و نقل ریلی ایران نیز شرکت‌های مختلفی در حال فعالیت می‌باشند که در گسترش این صنعت نقش بسزایی دارند. همچنین توسعه و بقا این شرکت ها وابسته به وجود مشتریان است که از خدمت دهی این شرکت‌ها راضی باشند و این رضایت حاصل کیفیت محصول این شرکت‌ها است(میرزایی دریانی و همکاران، ۱۳۹۵).

هر چند که بخش خدمات از جمله بخشهای دارای رشد سریع در کشورهای در حال توسعه محسوب می شود، با این حال در این کشورها توجه کمتری به کیفیت ارائه خدمات می شود. بعلاوه به دلیل متفاوت بودن شرایط بازار فروش در اقتصاد کشورهای در حال توسعه، مطالعات مرتبط با موضوع خدمت تا حد زیادی مورد غفلت واقع شده است (سو[1]، ۲۰۰۴). این امر در ایران هم که یک کشور در حال توسعه است صادق می‌باشد و در صنعت حمل و نقل ریلی که در حوزه خدمات قرار می‌گیرد این خلا کاملا مشهود است. از این رو در این پژوهش مدل ترکیبی ارائه شده است که ابتدا اهمیت عوامل تاثیر گذار بر روی کیفیت خدمت دهی تعیین شده و سپس شرکت‌هایی که در حمل نقل ریلی قم فعال می‌باشند، ارزیابی شده‌اند. تصمیم‌گیری با لحاظ‌کردن معیار های متنوع که هریک

1. Su et al.

ازجایگـاه ویـژه‌ای برخوردارند تنها با به کارگیری مدلهای تصمیم‌گیری چند معیاره ممکن می‌شود. در این روشها از شاخصهای مختلفی متناسب با نوع رتبه بندی، اسـتفاده مـی‌شـود (خلیل عراقی، ۱۳۸۷). بنابراین می‌توان با در نظر گرفتن عوامل و معیارهای تاثیرگذار بر کیفیت خدمت دهی به مسافران به عنوان شاخص‌ها و شرکت‌های فعال در حوزه حمل و نقل شهر قم به عنـوان گزینـه‌هـا و اسـتفاده از روش‌هـای تـصمیم‌گیـری چنـد معیاره، به سنجش این شرکت‌ها اقـدام کـرد. هـدف از ایـن مقالـه ارائـه مدلی تصمیم‌گیری به منظور شناسایی عوامل تاثیر گذار بر کیفیت خدمت دهی مسافران سیستم حمل و نقل ریلی و ارزیابی عملکرد شرکت‌ها فعال در در این حوزه بـا اسـتفاده از این معیارها و طبقه‌بندی حاصل شده می‌باشد، بدین منظـور از روش ترکیبی مدل سازی ساختاری تفسیری[1]، فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی[2] و تودیم گسترش یافته[3] برای رتبه بندی معیار ها مورد بررسی و ارزیابی شرکت های فعال در حوزه سیستم حمل ونقل ریلی شهر قم استفاده شده است. این روش‌ها از جمله مهمترین و پرکاربردترین روشهای تصمیم‌گیری محسوب می‌شوند و انتظارمی‌رود که ترکیب آنها بتواند نتایج مطلوبی ارائه دهد.

ادامه مقاله بدین صورت سازمان‌دهی شده است: ابتدا پیشینه‌ای از تحقیق همراه با ادبیات مرتبط با موضوع تحقیق ارائه می‌شود. در بخش دوم رویکرد ترکیبی مورد استفاده در این مقاله به طور کامل شرح داده می‌شود. در بخش بعدی، روش تصمیم‌گیری تشریح شده در رتبه‌بندی شرکت‌های فعال در صنعت حمل ونقل ریلی شهر قم بکار گرفته شده، یافته‌ها و نتایج به‌دست آمده و مورد بررسی قرار می‌گیرند. در نهایت نتیجه گیری و مطالعات آینده مطرح می شود.

1. ISM.
2. Fuzzy AHP.
3. EXTENDED TODIM.

۲. پیشینه تحقیق

توسعه کیفیت خدمت‌دهی در سیستم حمل و نقل ریلی یکی از عوامل موثر در توسعه سیستم حمل و نقل ریلی هر کشور می باشد. (فیلیپوریچ و همکاران،[1] ۲۰۰۹) یک مقایسه تطبیقی از کیفیت خدمت‌دهی مورد انتظار و درک شده از حمل و نقل عمومی شهر بلگارد در دوره زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۷ ارائه دادند. (داونا و همکاران،[2] ۲۰۱۳) رویکرد معادلات ساختاری برای ارزیابی کیفیت خدمات درک شده توسط کاربران یک سرویس اتوبوسرانی ارائه دادند. (سیولوکیوس و مسکلیونت،[3] ۲۰۱۰) در پژوهش خود افراد درگیر با کیفیت خدمت‌دهی در حمل‌ونقل ریلی را به سه دسته مدیران، کارکنان و مسافران تقسیم کردند واهمیت عوامل تاثیر گذار بر کیفیت را با روش تحلیل سلسله مراتبی تعیین کردند. (قصیری وپیشداد ۱۳۸۵) با استفاده از مدل سرورکوال[4] کیفیت خدمات فناوری اطلاعات در راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران بررسی کردند و با انجام تحلیل عاملی نتیجه‌گیری کردن که خدمات فناوری اطلاعات بر مدل‌های ارزیابی کیفیت خدمات تاثیر گذاراست و در نتیجه آن‌ها ابعاد جدیدی همچون اطلاع رسانی را معرفی کردند.

اگرچه اهمیت بررسی کیفیت خدمات در سیستم حمل‌ونقل ریلی بسیار بالا است اما مطالعات کمی به ارزیابی کیفیت خدمات در این حوزه با استفاده از تکنیک های تصمیم‌گیری چند معیاره پرداخته‌اند. (حسن و همکاران ۲۰۱۳) دوازده مسیر عملیاتی در شهر ابوظبی بر اساس یک روش ارزیابی چند معیاره که شامل تکنیک های وزن دهی، تاپسیس[5] و روش های خوشه بندی کامین[6] می باشد، تحلیل کرده‌اند. آن‌ها معیارهای رایج تر خدمات حمل و نقل همچون قابلیت اطمینان، ظرفیت، قیمت، پاکیزگی، آسایش، امنیت، کارکنان، اطلاعات و سیستم خرید بلیط را در نظر گرفته‌اند. آن‌ها همچنین معیارهای زمان سفر، فاصله سفر و مدت زمان سرویس دهی را به معیارهای

1. Filipović et al
2. de Oña et al
3. Sivilevičius and Maskeliūnaite
4. SERVELQUAL
5. TOPSIS
6. K-Means

پژوهش خود اضافه کردند. (ردمان و همکاران،[1] ۲۰۱۳) معیارهای بهبود خدمت دهی شامل قابلیت اطمینان، قیمت، سرعت، دسترسی، راحتی و راحتی را بررسی کرده‌اند. (آواشتی و همکاران،[2] ۲۰۱۱) یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر سرورکوال و تاپسیس فازی برای ارزیابی کیفیت خدمات سیستم های حمل و نقل شهری ارائه داده اند. آن ها معیار هایی چون پاسخگویی، میزان تاخیر در سفر، امنیت در ایستگاه و داخل مترو، استفاده از تجهیزات مدرن، وضعیت امکانات رفاهی، رفتار کارکنان، تضمین کیفیت را بررسی کرده‌اند. (چن،[3] ۲۰۱۶) روش فرایند تحلیل شبکه[4] و دیمتل[5] برای انتخاب معیار های بهبود کیفیت خدمات خطوط هوایی به کار برده است. آن ها معیار ها مورد بررسی را به چهار قسمت اصلی امنیت، خدمت دهی، رضایت و مدیریت تقسیم کرده اند. در این مطالعه معیارهایی همچون نرخ تصادفات، وضعیت آموزش خلبان ها، رعایت الزامات مشتری، تنوع سرویس دهی، تنوع قیمت، مدیریت ارتباط با مشتری، تنوع عملیاتی، توسعه با کمک موسسات آموزشی و پشتیبانی کامل مدیران ارشد از خدمه هواپیما در نظر گرفته شده است. (سیلیک و همکاران،[6] ۲۰۱۳) یک چارچوب جدید که روش های تجزیه و تحلیل های آماری، سرورکوال، ریاضی فازی نوع ۲ و ویکور را برای ارزیابی رضایت مشتری برای شبکه حمل و نقل ریلی استانبول ادغام می کند را ارائه کرده‌اند. آن ها معیار های خود را به پنج دسته تضمین، همدلی، قابلیت اطمینان، پاسخگویی و ملموس تقسیم بندی کرده اند و بیست و شش معیار را بررسی کرده اند. (آیدین،[7] ۲۰۱۶) با استفاده از روش ترکیبی تجزیه و تحلیل آماری، اعداد فازی ذوزنقه‌ای و تاپسیس کیفیت خدمات خطوط حمل و نقل راه آهن ارزیابی کرده اند. آن ها بیست معیار متنوع همچون تمیزی قطارها، میزان سر وصدا و ارتعاشات، امنیت داخل قطار و زمان سفر و غیره را بررسی کرده‌اند.

در جدول ۱، به منظور بهتر نشان دادن خلاء های موجود در تحقیقات گذشته، مقالات به صورت زیر دسته بندی شده است:

1. Redman et al
2. Awasthi et al
3. Chen
4. Analytic network process (ANP)
5. DMATELS
6. Celik et al
7. Aydin

جدول (۱): خلاصه مرور ادبیات

پدید آورندگان	پیش پردازش معیارها	روش وزن‌دهی	روش رتبه‌بندی	حوزه مورد بررسی	بعد معیارها	نوع اعداد ورودی
داونا و همکاران (۲۰۱۳)	مدل سازی ساختاری تفسیری	–	–	کیفیت خدمت‌دهی اتوبوسرانی	ایمنی،خدما ، رضایت	فازی
قصیری وپیشداد (۱۳۸۵)	سروکوال	–	–	کیفیت خدمات فناوری اطلاعات در راه‌آهن	خدمات، رضایت	قطعی
سیولوکیوس ومسکلیونت (۲۰۱۰)	–	تحلیل سلسله مراتبی	تحلیل سلسله مراتبی	کیفیت خدمت دهی در حمل و نقل ریلی	خدمات، رضایت	قطعی
حسن و همکاران (۲۰۱۳)	–	تاپسیس	تاپسیس	کیفیت خدمت دهی در حمل و نقل جاده‌ای	ایمنی،خدما تی،رضایت	قطعی
ردمان و همکاران (۲۰۱۳)	–	–	–	کیفیت خدمت دهی در حمل و نقل درون شهری	ایمنی،خدما تی،رضایت	–
آواشتیو همکاران (۲۰۱۱)	سروکوال	تاپسیس فازی	تاپسیس فازی	کیفیت خدمت دهی در حمل و نقل درون شهری	ایمنی،خدما تی،رضایت	فازی
چن (۲۰۱۶)	دیمتل	تحلیل شبکه	تحلیل شبکه	کیفیت خدمت دهی در حمل و نقل هوایی	ایمنی،خدما تی،رضایت ،مدیریت	قطعی
سیلیک و همکاران (۲۰۱۳)	سروکوال	ترکیب ویکور و مجموعه فازی ۲	ترکیب ویکور و مجموعه فازی ۲	کیفیت خدمت دهی در حمل و نقل ریلی شهری	ایمنی،خدما تی،رضایت	فازی
آیدین (۲۰۱۶)	–	تاپسیس فازی	تاپسیس فازی	کیفیت خدمت دهی در حمل و نقل ریلی شهری	تضمین، همدلی، قابلیت اطمینان، پاسخگویی و قابل درک	فازی
ناصرالدین و اسکندری[1] (۲۰۱۷)	دلفی	تحلیل سلسله مراتبی فازی	پرومته	کیفیت خدمت دهی در حمل و نقل شهری	ایمنی،خدما تی،رضایت	قطعی
وانگ و یئو[2] (۲۰۱۷)	دلفی فازی	الکتره فازی	الکتره فازی	کارایی مسیرهای حمل و نقل	ایمنی، قابلیت اطمینان	فازی
وانگ و همکاران[3] (۲۰۱۷)	–	پرسش از تصمیم گیرنده	تودیم فازی	راهکارهای برخورد با رویداد های غیر مترقبه	اثرات فردی، اثرات	فازی

1. Nassereddine and Eskandari
2. Wang and Yeo
3. Wang et al.

پدید آورندگان	پیش پردازش معیارها	روش وزن‌دهی	روش رتبه‌بندی	حوزه مورد بررسی	بعد معیارها	نوع اعداد ورودی
					اجتماعی، اثرات محیط زیستی، خسارت مالی	
سینگ و پراشر[1] (۲۰۱۷)	سروکوال	تحلیل سلسله مراتبی فازی	تحلیل سلسله مراتبی فازی	کیفیت خدمات بهداشتی	ایمنی ، خدماتی،ر ضایت	فازی
سن و همکاران[2] (۲۰۱۷)	–	پرسش از تصمیم گیرنده	تودیم فازی	انتخاب ربات‌های صنعتی	قابلیت اطمینان، قدرت مانور، دقت کارکردی	فازی
این مقاله	مدل سازی ساختاری تفسیری	سلسله تحلیل مراتبی فازی	تودیم توسعه یافته	کیفیت خدمت دهی در حمل و نقل ریلی	ایمنی، خدمات، رضایت، مدیریت	ترکیبی

با بررسی پیشینه تحقیق، مشخص می شود تاکنون هیچ پژوهشی کیفیت خدمت دهی در سیستم حمل و نقل ریلی داخل کشور ایران را با استفاده از تکنیک های تصمیم گیری ارزیابی نکرده است. همچنین، در این پژوهش معیار های مدیریتی برای ارزیابی کیفیت خدمات بررسی شده است. در نتیجه، در این پژوهش از روش های مدل سازی ساختاری تفسیری، فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی و تودیم گسترش یافته برای ارزیابی شرکت های فعال در حوزه حمل و نقل ریلی استان قم استفاده شده است.

با توجه به آنچه در پیشینه تحقیق آورده شد، عوامل موثر در حوزه کیفیت خدمت دهی حمل و نقل ریلی مطابق جدول ۲ بدست آمده است.

1. Singh and Prasher
2. Sen et al.

جدول (۲): چارچوب معیار های بررسی شده

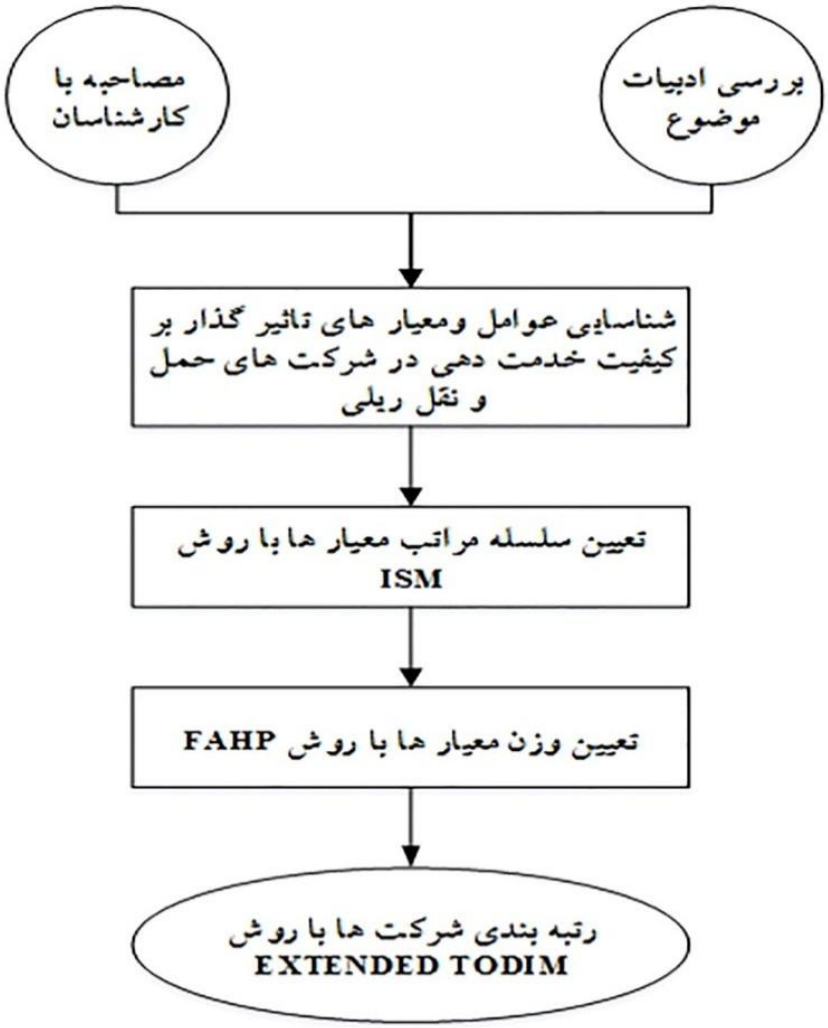
بعد معیار	شماره معیار	عنوان معیار	منبع
ایمنی	۱	وضعیت اموزش خدمه قطار	مصاحبه با کارشناسان و مطالعات میدانی
	۲	وضعیت آموزش لوکوموتیوران	(چن،۲۰۱۶)
	۳	نرخ تصادفات و حوادث درقطارها	(آیدین،۲۰۱۶)(آواشی و همکاران،۲۰۱۱)(چن،۲۰۱۶)
	۴	نرخ جرم و جنایات در قطارها	(آیدین،۲۰۱۶)(آواشی و همکاران،۲۰۱۱)(چن،۲۰۱۶)
خدماتی	۵	تنوع سرویس دهی	(چن،۲۰۱۶)
	۶	وضعیت کیفیت مواد غذایی	(چن،۲۰۱۶)
	۷	وضعیت خدمت دهی کارکنان	(آیدین،۲۰۱۶)(آواشی و همکاران،۲۰۱۱)(چن،۲۰۱۶)
	۸	بهداشت محیط	(چن،۲۰۱۶)
	۹	وضعیت خدمات درمانی	مصاحبه با کارشناسان و مطالعات میدانی
	۱۰	وضعیت سیستم اطلاع رسانی	(آیدین،۲۰۱۷)
	۱۱	وضعیت سیستم بلیط فروشی	(آیدین،۲۰۱۷)
	۱۲	میزان ارتعاشات و سر صدا در داخل قطار	(آیدین،۲۰۱۶)(آواشی و همکاران،۲۰۱۱)(چن،۲۰۱۶)
	۱۳	تنوع قیمت	(چن،۲۰۱۶)
رضایت	۱۴	میزان تاخیر در ورود به قطار	(آیدین،۲۰۱۷)(آواشی و همکاران،۲۰۱۷)
	۱۵	میزان تاخیر در ورود قطار به مرکز	(چن،۲۰۱۶)(آیدین،۲۰۱۷)
	۱۶	مدیریت ارتبا ط با مشتری	(چن،۲۰۱۶)
	۱۷	جبران خسارت در صورت بروز مشکل	(چن،۲۰۱۶)(آیدین،۲۰۱۷)
مدیریت	۱۸	توسعه با کمک موسسات آموزشی	(چن،۲۰۱۶)
	۱۹	پشتیبانی کامل مدیران ارشد از خدمه قطار	(چن،۲۰۱۶)
	۲۰	تنوع عملیاتی	(چن،۲۰۱۶)

۳. مدل تحقیق و روش برآورد

در پژوهش حاضر، معیار های مورد نیاز جهت ارزیابی کیفیت خدمات در حوزه حمل و نقل ریلی به وسیله مطالعه گسترده ادبیات تحقیق و مطالعات میدانی شناسایی شده است. سپس از

روش های ترکیبی مدلسازی ساختاری تفسیری، فرایند سلسله مراتبی تحلیلی فازی و تودیم گسترش یافته برای ارزیابی شرکت های فعال در حوزه حمل و نقل ریلی استان قم استفاده شده است.

ساختار تحلیلی پژوهش در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل (۱): چارچوب پژوهش

۳- ۱. روش مدل سازی ساختای تفسیری

(وارفیلد،[1] ۱۹۷۴) روش مدل سازی ساختای تفسیری را به عنوان یک ابزار ارتباطی در شرایط پیچیده پیشنهاد داد. این روش یک فرایند یادگیری تعاملی است که در آن مجموعه‌های از عناصر مختلف و بهم مرتبط در یک مدل نظام‌مند جامع ساختاردهی می‌شوند. این روش به ایجاد و جهت دادن به روابط پیچیده میان عناصر یک سیستم کمک می‌نماید. یکی از اصلی‌ترین منطق‌های این روش آن می‌باشد که همواره عناصری که در یک سیستم اثرگذاری بیشتری بر سایر عناصر دارند از اهمیت بالاتری برخوردارند. مدلی که با استفاده از این متدولوژی بدست می‌آید، ساختاری از یک مساله یا موضوع پیچیده، یک سیستم یا حوزه مطالعاتی را نشان می‌دهد که الگویی بدقت طراحی شده می‌باشد (نیشات و همکاران،[2] ۲۰۰۶). در نتیجه، می‌توانیم بگوییم که مدلسازی ساختاری تفسیری نه تنها بینشی را در خصوص روابط میان عناصر مختلف یک سیستم فراهم می‌نماید بلکه ساختاری را مبتنی بر اهمیت و یا تاثیرگذاری عناصر برهم (بسته به نوع رابطه محتوایی تعریف شده) فراهم میکند و نمایشی تصویری به نمایش می‌گذارد. همان طور که توضیح داده شد استفاده از روش مدل سازی ساختای تفسیری در درک روابط متقابل میان معیارها کارایی دارد. علاوه بر این، این روش در شناسایی تاثیرگذارترین معیارها با استفاده نمودار مدل سازی ساختای تفسیری وتحلیل میکمک[۱۴] نیز کمک می کند. این روش را می‌توان با روش های دیگری مثل تحلیل سلسله مراتبی و تودیم گسترش یافته به صورت ترکیبی استفاده کرد.

گام‌های روش مدل سازی ساختای تفسیری

۱. شناسایی معیارها با مصاحبه با افراد خبره و دانشگاهی و همین طور رجوع به تحقیقات گذشته.
۲. تعیین ارتباط بین هر جفت معیار تعیین شده در گام اول.
۳. تشکیل ماتریس خود تعاملی (SSIM) که روابط بین معیارها را نشان می دهد. نمادهای استفاده شده در جدول ۳ آورده شده است.

1. Warfield
2. Nishat et al

جدول (۳). روابط بین معیارها در ماتریس خود تعاملی

V	A	X	O
معیار i بر j تاثیر دارد	معیار jبر معیار i تاثیر دارد	رابطه دو سویه	عدم وجود رابطه

۴. در این مرحله SSIM به صورت یک ماتریس دودویی در می آید. به ماتریس تبدیل شده در اصطلاح ماتریس دریافتی اولیه می گویند که درآن نماد های A,V,O,X به وسیله اعداد "۰"و"۱"جایگزین شده‌اند. اگر فرض شود که $(i,j) معادل مولفه (i,j) ام ماتریس SSIM بوده و@(i,j) معادل مولفه (i,j)ام ماتریس دریافتی باشد، جایگزینی به صورت زیر صورت می‌گیرد:

- اگر V= $(i,j)آنگاه ۱ =@(i,j) و ۰=@(j,i)
- اگر A= $(i,j) آنگاه ۰=@(i,j) و۱=@(j,i)
- اگرX= $(i,j) آنگاه ۱ =@(i,j) و ۰=@(j,i)
- اگر O=$(i,j) آنگاه ۰ =@(i,j) و۱=@(j,i)

ماتریس حاصل از اعمال روابط بالا را ماتریس اولیه نام دارد.

۵. ماتریس دریافتی نهایی با اعمال روابط تعدی موجود بین معیارها بدست می‌آید.

۶. در این مرحله مجموعه دریافتی و نیز مجموعه مقدماتی برای هر یک ازمعیارها از روی ماتریس دریافتی نهایی بدست می‌آید.مجموعه دریافتی برای یک معیارعبارت است ازخود آن معیار است، به علاوه سایر معیارهایی که در بوجود آوردن آن نقش داشته‌اند.مجموعه مقدماتی برای هر معیار شامل خود آن معیار، به انضمام سایر معیارهایی بر روی آنها تاثیر گذار است.به دنبال آن می توان اشتراک این دو مجموعه برای هر یک از معیارها بدست آورد. معیارهایی که اشتراک مجموعه دریافتی و مجموعه مقدماتی آنها یکی است در سلسله مراتب مدل سازی ساختای تفسیری به عنوان معیار سطح بالا محسوب می شوند. هر بار پس از شناسایی سطح یک معیار، آن معیار را از لیست حذف

کرده ودوباره اشتراکات را حساب می کنیم. این مراحل را تا بدست اوردن سطوح همه معیارها ادامه می دهیم.

۷. در این مرحله باتوجه به نتایج بدست آمده از مرحله قبل مدل ساختاری بین معیار ها را بدست می آوریم ونمودار مدل سازی ساختای تفسیری را رسم می‌کنیم.

تحلیل MICMAC

هدف از تحلیل MICMAC بررسی و تحلیل نیروهای محرک و نیروهای وابسته معیارها می‌باشد.در این تحلیل معیارها به چهار دسته کلی تقسیم می‌شوند.دسته اول شامل معیارهای خود مختار می‌باشند. این دسته از متغیرها نیروی وابسته ضعیف و همچنین نیروی محرک ضعیفی دارند. متغیرهایی که در این دسته قرار میگیرند، تقریباً به صورت جدا از کل سیستم عمل میکنند.این متغیرها اثر چندانی روی سایر متغیرها ندارند. درواقع ارتباطات این متغیرها با دیگر متغیرها بسیار محدود و ناچیز میباشد. دسته دوم شامل آن دسته از متغیرهای وابسته‌ای است که نیروی محرک ضعیفی دارند، با این وجود از نیروی وابسته بالاتری نسبت به سایر موانع برخوردارند. دسته سوم شامل آن دسته از متغیرهای پیوندیست که از نیروی محرک قوی و همچنین نیروی وابسته قدرتمندی برخوردارند. این متغیرها در حقیقت موانعی هستند که بی ثبات میباشند.به این معنا که انجام هرگونه اقدامی در مورد این موانع علاوه بر اینکه مستقیماً بر سایر موانع اثر میگذارد، می تواند در قالب بازخورد از سایر موانع بر خود مانع نیز اثرگذار باشد. دسته چهارم شامل آن دسته از متغیرهای مستقل است که نیروی محرک قوی دارند، اما نیروی وابسته آنها ضعیف است.

۳- ۲. تئوری مجموعه فازی

(لطفی‌زاده، ۱۹۶۵) مفهوم تئوری مجموعه فازی برای کنترل عدم قطعیت، ابهامات، قضاوت های ذهنی برای شرایط واقعی مختلف ارائه کرد. تئوری مجموعه های فازی داده های مبهم

را به عنوان توزیع احتمال به صورت تعریف اعضا که منجر به یک ورودی برای استدلال منطقی می شود، مدیریت می کند. علاوه بر این، (زیمرمن،[1] ۱۹۷۸) بر استفاده از نظریه مجموعه های فازی در زمینه تحقیق در عملیات که شامل آثاری مانند برنامه ریزی خطی فازی است، تاکید کرد.

فرض کنید Z یک مجموعه است، $Z=\{z_1,z_2,z_2,z_3,...,z_n\}$. $\tilde{S}$ یک مجموعه فازی Z توسط تابع عضویت $\pi_S(z)$ تعریف می شود.که هر عنصر z در Z یک عدد واقعی در بازه $[0,1]$ است. مقدار تابع $\pi_S(z)$ به عنوان درجه عضویت z در $\tilde{S}$ نامیده می شود.

۱. ۲. ۳. اعداد فازی

امروزه انواع مختلفی از اعداد فازی وجود دارد؛ اما اعداد فازی مثلثی و ذوزنقه ای دارای بیشترین کاربرد در تئوری مجموعه فازی است (لیو و وانگ،[2] ۲۰۰۷). با توجه به سهولت در محاسبه، اعداد فازی مثلثی کاربرد بیشتری دارد (تایلان و همکاران[3]، ۲۰۱۴). بنابراین، در مطالعه حاضر، اعداد فازی مثلثی به نمایندگی از متغیرهای زبانی ترجیح داده شده است. یک عدد فازی مثلثی $\tilde{S}$ می تواند به صورت (p,q,r) نشان داده شود و تابع عضویت آن $\pi_S(z)$ می تواند به صورت زیر بدست می‌آید:

$$\pi_S(z)=\begin{cases}0, & z<p\\ \dfrac{z-p}{q-p}, & p\le z\le p\\ \dfrac{r-z}{r-q}, & q\le z\le r\\ 0, & z>r\end{cases} \qquad (۱)$$

1. Zimmermann
2. Liu and Wang
3. Taylan et al

که $p \le q \le r$ و r,q,p به ترتیب نشان دهنده حداقل مقدار ممکن، بیشترین مقدار ممکن، بزرگترین مقدار ممکن از یک رویداد فازی است.

اگر $z_1 = (p_1,q_1,r_1)$ و $z_2 = (p_2,q_2,r_2)$ دو عدد فازی مثلثی مثبت و k یک عدد واقعی باشد.زاده شرح داده است که عملیات جبری روی دو عدد فازی z_1 و z_2 به صورت زیر بدست می آید (زیمرمن، ۱۹۷۸):

$$z_1 + z_2 = (p_1 + p_2, q_1 + q_2, r_1 + r_2), \quad (۲)$$

$$z_1 - z_2 = (p_1 - p_2, q_1 - q_2, r_1 - r_2), \quad (۳)$$

$$z_1 * z_2 = (p_1 * p_2, q_1 * q_2, r_1 * r_2), \quad (۴)$$

$$K * z_1 = (K * p_1, K * q_1, K * r_1), And\ K * z_2 = (K * p_2, K * q_2, K * r_2) \quad (۵)$$

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{(p_1,q_1,r_1)}{(p_2,q_2,r_2)} = \left(\frac{p_1}{r_2}, \frac{q_1}{q_2}, \frac{r_1}{p_2}\right) \quad (۶)$$

$$(z_1)^{-1} = \left(\frac{1}{r_1}, \frac{1}{q_1}, \frac{1}{p_1}\right), And\ (z_2)^{-1} = \left(\frac{1}{r_2}, \frac{1}{q_2}, \frac{1}{p_2}\right), \quad (۷)$$

عبارات (۲)-(۷) به ترتیب جمع، تفریق، ضرب، ضرب با عدد ثابت، تقسیم، و عملیات معکوس، روی اعداد فازی را نشان می‌دهد.

۲. ۲. ۳. متغیرهای زبانی

متغیرهایی که می تواند به صورت زبانی بیان شود متغیرهای زبانی نامیده می شود. متغیر زبانی در موقعیت های مبهم بسیار مفید است. در این مطالعه، متغیر های زبانی استفاده شده در فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی و تودیم گسترش یافته در جدول ۴ شرح داده شده است.

جدول (٤): مقدار عددی متغیرهای زبانی

متغیر زبانی	اعداد فازی برای فرایند تحلیل سلسله مراتبی	متغیر زبانی	اعداد فازی برای تودیم توسعه یافته
بی تفاوت	(۱،۱،۱)	خیلی ضعیف	(۰،۰،۰/۲۵)
اهمیت خیلی کم	(۱،۱،۳)	ضعیف	(۰،۰/۲۵ ،۰/۵۰)
اهمیت کم	(۱،۳،۵)	متوسط	(۰/۲۵ ،۰/۵۰ ،۰/۷۵)
اهمیت زیاد	(۳،۵،۷)	خوب	(۰/۵۰ ،۰/۷۵ ،۱)
اهمیت بسیار زیاد	(۵،۷،۹)	خیلی خوب	(۰/۷۵ ،۱،۱)

۳- ۳. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی

روش تحلیل سلسله مراتبی توسط ساعتی (۱۹۸۰)، برای کمک به تصمیم گیرندگان در محیط تصمیم گیری چند معیاره برای مقابله با پاسخ های مطلق و یا بدون ابهام ارائه شد. چانگ (۱۹۹۶) روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی که در این مطالعه استفاده می شود ارائه کرده است. رویکرد فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی در بر طرف کردن ابهام مشکلات تصمیم گیری کمک می‌کند (یو،[1] ۲۰۰۲) و (تایلان و همکاران، ۲۰۱۴). کاربرد تئوری مجموعه فازی تحلیل سلسله مراتبی نتایج کاراتر و موثر تر نسبت به تحلیل سلسله مراتبی دارد(لی و همکاران،۲۰۰۸[2]). فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی به طور گسترده ای در زمینه های مختلف از جمله انتخاب پروژه، مدیریت زنجیره تامین و لجستیک معکوس استفاده می شود (تایلان و همکاران، ۲۰۱۴) و (جی،۲۰۰۸[3]) و (کاهرامان،۲۰۰۳[4]).

مراحل روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی به صورت زیر است:

1. Yu
2. Lee et al
3. Ji
4. Kahraman et al

گام۱: ماتریس مقایسات زوجی فازی مثلثی به صورت زیر بیان می شود:

$$\tilde{Z} = (Z_{ij})n*n \begin{bmatrix} (1,1,1) & (p_{12},q_{12},r_{12}) & (p_{1n},q_{1n},r_{1n}) \\ (p_{21},q_{21},r_{21}) & (1,1,1) & (p_{2n},q_{2n},r_{2n}) \\ (p_{n1},q_{n1},r_{n1}) & (p_{n2},q_{n2},r_{n2}) & (1,1,1) \end{bmatrix} \quad (۸)$$

که $z_{ij} = (p_{ij},q_{ij},r_{ij})$

اگر $X = \{x_1,x_2,x_3,...,x_n\}$ به عنوان مجموعه داده ها و $T = \{t_1,t_2,t_3,...,t_n\}$ به عنوان مجموعه هدف در نظر گرفته شود، مطابق آنالیز مقدار ارائه شده توسط چانگ، هر داده گرفته شده و سپس آنالیز مقدار بـر روی آن انجـام می‌پذیرد . بنابراین مقادیر آنالیز برای هر داده مطابق علائم زیر به دست می‌آید.

$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, ..., M_{g_i}^m, i = 1,2,...,n$ که $M_{g_i}^j (j = 1,2,...,m)$ تمام اعداد فازی مثلثی است.

گام دو: ارزش مقدار ترکیبی فازی نسبت به i امین شئ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{ti}^j * \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{ti}^j\right]^{-1} \quad (۹)$$

که $\sum_{j=1}^m M_{ti}^j$ به صورت زیر به دست می‌آید.

$$\sum_{j=1}^m M_{ti}^j = \left(\sum_{j=1}^m p_j, \sum_{j=1}^m q_j, \sum_{j=1}^m r_j\right) \quad (۱۰)$$

و همچنین $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{ti}^j = \left(\sum_{i=1}^n p_j, \sum_{i=1}^n q_j, \sum_{i=1}^n r_j\right)$ که بردار معکوس آن به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{ti}^j\right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n r_j}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n q_j}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n p_j}\right) \quad (۱۱)$$

گام سه: درجه احتمال $M_2(p_2,q_2,r_2) \geq M_1(p_1,q_1,r_1)$ به صورت زیر تعریف می شود:

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup[\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_1}(y))] \quad (۱۲)$$

که می تواند به صورت زیر تعریف شود:

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d)$$

$$= \begin{cases} 1 & if\ q_2 \geq q_1 \\ 0 & if\ p_2 \geq r_2 \\ \dfrac{p_1 - r_2}{(q_2 - r_2) - (q_1 - p_1)} & otherwise \end{cases} \qquad (۱۳)$$

که d طول بالاترین فصل مشترک بین μ_{M_1} و μ_{M_2} است (در شکل دو نشان داده شده است). برای مقایسه M_1 و M_2 به هر دو مقدار $V(M_1 \geq M_2)$ و $V(M_2 \geq M_1)$ نیاز است.

گام چهارم: درجهی احتمال برای یک نقطه‌ی فازی مقعر مثل $M_i (i = 1,2,...,k)$ بزرگتر از نقطه‌ی فازی کوژ K به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\begin{aligned} & V(M \geq M_1, M_2, ..., M_k) \\ & = V[(M \geq M_1), (M \geq M_2), (M \geq M_3), ..., and\,(M \geq M_1)] \\ & = \min\ V(M \geq M_i),\ i = 1,2,3,...,k. \end{aligned} \qquad (۱۴)$$

هر گاه فرض کنیم: برای $k \neq i$ و $k = 1,2,...,n$، $d(A_i) = \min\ V(S_i \geq S_k)$ باشد آنگاه وزن بردار به صورت زیر بدست می آید:

$$W = (d'(A_1), d'(A_1), ..., d'(A_1))^T \qquad (۱۵)$$

به طوری‌که $A_i (i = 1,2,...,n)$ و n تعداد اعضا است.

گام چهارم: به وسیله‌ی نرمال کردن (بی‌مقیاس کردن)، بردار وزنی نرمال شده به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$W = (d(A_1), d(A_1), ..., d(A_1))^T \qquad (۱۶)$$

در این مطالعه ما از تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی برای محاسبه وزن های معیار ها استفاده کرده ایم. در ادامه، برای رتبه بندی کیفیت خدمت دهی شرکت های فعال در حوزه حمل و نقل ریلی شهرستان قم بر اساس معیار های مشخص شده، تکنیک تودیم توسعه یافته استفاده شده است. بنابراین، در ادامه تکنیک تودیم توسعه یافته به طور کامل شرح داده می شود.

۳- ٤. روش تودیم توسعه یافته

روش تودیم (مخفف تصمیم گیری چندمعیاره و تعاملی در زبان پرتغالی) یک روش چند معیاره گسسته مبتنی بر تئوری چشم انداز است که ابتدا توسط (گومز و لینا،[1] ۱۹۹۲) توسعه یافت. این روش را می توان برای بررسی مسائل تصمیم گیری چند شاخصه که در آن مقادیر معیارها در قالب اعداد واضح و مشخص می باشد، استفاده کرد. سپس (کروهیلینگ و سوزا،[2] ۲۰۱۲) روش تودیم را برای مسائل تصمیم گیری چند شاخصه با مقادیر معیارها در قالب اعداد فازی گسترش داده‌اند.

از آنجا که در واقعیت مشخص کردن دقیق مقادیر معیارها در تصمیم گیری چند گزینه، دشوار و یا غیر ممکن است، مناسب‌تر است که آنها را در چندین فرمت در نظر بگیریم. (ژی پینگ فان و همکاران[3]، ۲۰۱۳) روش گسترش یافته تودیم را برای مسائل تصمیم گیری چند شاخصه ترکیبی با سه فرمت از مقادیر معیارها (اعداد مشخص، اعداد بازه ای، اعداد فازی) ارائه داده اند. در روش گسترش یافته تودیم دو روش کلی برای فرایند محاسبه معرفی شده است. یک روش، تبدیل سه فرمت از مقادیر معیارها به همان فرمت است. که اعداد مشخص، اعداد بازه ای و اعداد فازی به فرمت مقادیر تصادفی با توابع توزیع تجمعی، تبدیل می شود. روش دیگر، محاسبه سود و زیان هر گزینه نسبت به گزینه دیگر بر اساس مقایسه دو به دو از توابع توزیع تجمعی، است.

مراحل روش تودیم گسترش یافته به شرح زیر است:

گام۱: تبدیل سه فرمت از ارزش معیارها

1. Gomes and Lima
2. Krohling and Souza
3. Fan et al

برای راحتی تجزیه و تحلیل و محاسبه، لازم است فرمت های مختلف از مقادیر معیارها به یک فرمت تبدیل شوند. ما تبدیل سه فرمت از مقادیر معیارها (اعداد مشخص، اعداد بازه ای، اعداد فازی) به فرمت متغیر تصادفی با تابع توزیع تجمعی در نظر می گیریم.فرایند تبدیل و محاسبه فرمول های هر فرمت به صورت زیر شرح داده شده است:

عدد مشخص: اگر x_{ij} یک عدد مشخص باشد و $x_{ij} = x'$ تابع توزیع تجمعی آن به صورت زیر است:

$$F_{ij}(\mathrm{x}) = \begin{cases} 0, & \mathrm{x} < x'_{ij}, \\ 1, & x \geq x'_{ij}, \end{cases} \quad \mathrm{i} \in M,\ \mathrm{j} \in N^K. \qquad (۱۷)$$

عدد بازه ای : اگر x_{ij} یک عدد بازه ای باشد و $x_{ij} = \bar{x_{ij}} = [x_{ij}{}^l, x_{ij}{}^u]$، یک مقدار دلخواه در بازه $[x_{ij}{}^l, x_{ij}{}^u]$ است. تاع توزیع تجمعی آن به صورت زیر است:

$$F_{ij}(\mathrm{x}) = \begin{cases} 0, & \mathrm{x} < x'_{ij}, \\ \dfrac{x - x_{ij}^{\,l}}{x_{ij}^{\,u} - x_{ij}^{\,l}}, & x_{ij}^{\,l} \leq x < x_{ij}^{\,u} \quad \mathrm{i} \in M,\ \mathrm{j} \in N^I. \\ 1, & x \geq x'_{ij}, \end{cases} \qquad (۱۸)$$

عدد فازی: اگر x_{ij} یک عدد فازی مثلثی باشد $x_{ij} = \tilde{x}_{ij} = (p_{ij}, q_{ij}, r_{ij})$ ، آن به عنوان متغیر تصادفی منحصر به فرد در نظر می گیریم . تابع توزیع تجمعی آن به صورت زیر است:

$$F_{ij}(\mathrm{x}) = \begin{cases} 0, & \mathrm{x} < \alpha_{ij} \\ \dfrac{(\mathrm{X} - \alpha_{ij})^2}{(\beta_{ij} - \alpha_{ij})(\gamma_{ij} - \alpha_{ij})}, & \alpha_{ij} \leq x < \beta_{ij} \\ \dfrac{-x^2 + 2\gamma_{ij}x - \alpha_{ij}\gamma_{ij} + \alpha_{ij}\beta_{ij} - \beta_{ij}\gamma_{ij}}{(\gamma_{ij} - \beta_{ij})(\gamma_{ij} - \alpha_{ij})}, & \beta_{ij} \leq x < \gamma_{ij} \\ 1, & x \geq \gamma_{ij}, \end{cases} \qquad (۱۹)$$

به وسیله آنالیزی که در بالا آمده، سه فرمت از مقادیر معیارها می تواند به فرمتی از متغیرهای تصادفی با تابع توزیع تجمعی تبدیل شود.

گام ۲: محاسبه سود و زیان

برای محاسبه سود و زیان مربوط به هر یک از گزینه ها، فرمول های محاسبه برای مقادیر پایین و بالا، در مورد مقایسه دو تابع توزیع تجمعی، ارائه می دهیم.

اگر x_{ij} و x_{kj} به ترتیب مقادیر گزینه های A_i و A_k با در نظر گرفتن معیار C_j باشد ؛ و $F_{ij}(x)$ و F_{kj} به ترتیب تابع توزیع تجمعی x_{ij} و x_{kj} باشد. برای معیار درآمد، مقادیر بالا و پایین $F_{ij}(x)$ نسبت به F_{kj} به ترتیب به صورت زیر بیان می شود:

$$D(F_{ij}(\mathrm{x}),F_{kj}(\mathrm{x}))=\int_{\Omega_{ik}^{j}}[F_{kj}(\mathrm{x})-F_{ij}(\mathrm{x})]dx,\quad \mathrm{i,k}\in \mathrm{M},\ \mathrm{j}\in \mathrm{N}_b \qquad (۲۰)$$

$$T(F_{ij}(\mathrm{x}),F_{kj}(\mathrm{x}))=\int_{\theta_{ik}^{j}}[F_{ij}(\mathrm{x})-F_{kj}(\mathrm{x})]dx,\quad \mathrm{i,k}\in \mathrm{M},\ \mathrm{j}\in \mathrm{N}_b \qquad (۲۱)$$

که $\Omega_{ik}^{j}=\{x\mid F_{ij}(x)<F_{kj}(x),x\in[a_{ik}^{j^*},b_{ik}^{j^*}]$ و

$\theta_{ik}^{j}=\{x\mid F_{ij}(x)>F_{kj}(x),x\in[a_{ik}^{j^*},b_{ik}^{j^*}]$ همچنین $a_{ik}^{j^*}=\min\{a_{ij},a_{kj}\}$ و $b_{ik}^{j^*}=\min\{b_{ij},b_{kj}\}$.

اگر اعداد، عدد قطعی باشد داریم: $a_{ij}=b_{ij}=x'_{ij},a_{kj}=b_{kj}=x'_{kj}$

اگر اعداد بازه ای باشد داریم: $a_{ij}=x^{l}_{ij},b_{ij}=x^{u}_{ij},a_{kj}=x^{l}_{kj},b_{kj}=x^{u}_{kj}$

اگر اعداد فازی باشد داریم: $a_{ij}=p_{ij},b_{ij}=r_{ij},a_{kj}=p_{kj},b_{kj}=r_{kj}$

به همین طریق برای معیار هزینه، مقادیر بالا و پایین $F_{ij}(x)$ نسبت به F_{kj} به ترتیب به صورت زیر بیان می شود:

$$D(F_{ij}(\mathrm{x}),F_{kj}(\mathrm{x}))=\int_{\theta_{ik}^{j}}[F_{ij}(\mathrm{x})-F_{kj}(\mathrm{x})]dx,\quad \mathrm{i,k}\in \mathrm{M},\ \mathrm{j}\in \mathrm{N}_c \qquad (۲۲)$$

$$T(F_{ij}(\mathrm{x}),F_{kj}(\mathrm{x}))=\int_{\Omega_{ik}^{j}}[F_{kj}(\mathrm{x})-F_{ij}(\mathrm{x})]dx,\quad \mathrm{i,k}\in \mathrm{M},\ \mathrm{j}\in \mathrm{N}_c \qquad (۲۳)$$

تعریف از سود و زیان، یک گزینه نسبت به گزینه دیگر، به صورت زیر است.

تعریف ۱: سود گزینه A_i نسبت به گزینه A_k با در نظر گرفتن معیار C_j، که با $G_{ik}{}^{j}$ نشان داده می شود به صورت زیر بیان می شود:

$$G_{ik}^{j} = D(F_{ij}(\mathrm{x}), F_{kj}(\mathrm{x})), \quad \mathrm{i,k} \in \mathrm{M},\ \mathrm{j} \in \mathrm{N} \tag{۲۴}$$

به همین طریق زیان گزینه A_i نسبت به گزینه A_k، که با L_{ik}^{j} نشان داده می شود، به شرح زیر بیان می شود:

$$L_{ik}^{j} = -T(F_{ij}(\mathrm{x}), F_{kj}(\mathrm{x})), \quad \mathrm{i,k} \in \mathrm{M},\ \mathrm{j} \in \mathrm{N} \tag{۲۵}$$

گام ۳: رتبه بندی گزینه ها

از آنجا که سود و زیان مربوط به معیارهای مختلف به طور کلی قابل مقایسه نیست، بنابراین آنها نیاز به نرمالیزه شدن دارند تا آنها را تبدیل به مقادیر قابل مقایسه بکند. این به وسیله نرمال کردن عنصر G_{ik}^{j} و L_{ik}^{j} به دست می‌آید.

$$\mathrm{Y}_{ik}^{j} = \frac{G_{ik}^{j} - G_{j}^{\min}}{G_{j}^{\max} - G_{j}^{\min}}, \quad \mathrm{i,k} \in \mathrm{M},\ \mathrm{j} \in \mathrm{N} \tag{۲۶}$$

$$Z_{ik}^{j} = \frac{L_{ik}^{j} - L_{j}^{\min}}{L_{j}^{\max} - L_{j}^{\min}}, \quad \mathrm{i,k} \in \mathrm{M},\ \mathrm{j} \in \mathrm{N} \tag{۲۷}$$

برای مقادیر پیوسته، سود و زیان هر گزینه A_i نسبت به گزینه A_k، $G_k{}^j$ و $L_{ik}{}^j$ ممکن است به طور همزمان وجود داشته باشد، بنابراین درجه تسلط برای سود و زیان باید ابتدا به ترتیب محاسبه می شود، و سپس جمع می شود. درجه تسلط برای سود ،$\phi_{ik}{}^{j(+)}$، تس (فرمول زیر بدست می آید:

$$\Phi_{ik}^{j(+)} = \sqrt{\frac{w_j Y_{ik}^{j}}{w_r \sum_{j=1}^{n} (\mathrm{w}_j / \mathrm{w}_r)}}, \quad \mathrm{i,k} \in \mathrm{M},\ \mathrm{j} \in \mathrm{N} \tag{۲۸}$$

همچنین درجه تسلط برای زیان توسط فرمول زیر بدست می آید:

$$\Phi_{ik}^{j(-)} = \frac{1}{\theta} \sqrt{\frac{-Z_{ik}^{j}\, \mathrm{w}_r}{\mathrm{w}_i} \sum_{j=1}^{n} (\mathrm{w}_j / \mathrm{w}_r)}, \quad \mathrm{i,k} \in \mathrm{M},\ \mathrm{j} \in \mathrm{N} \tag{۲۹}$$

در حالیکه $w_r = \max\{w_j | j \in N\}$ و θ فاکتور کاهش تلفات از زیان است. θ نشن دهنده درجه از دست دادن ناسازگاری تصمیم گیرنده است و $\theta \leq 0$. بهور واضح $1 <$ $\phi_{ik}{}^{j(+)} \geq 0$ و $0 \leq \phi_{ik}j(-)$ بنابراین درجه تسلط $\phi_{ik}{}^{j(+)}$ و $\phi_{ik}{}^{j(-)}$ جمع می شود.

$$\Phi_{ik}^{j} = \Phi_{ik}^{j(+)} + \Phi_{ik}^{j(-)}, \quad \text{i,k} \in \text{M}, \ \text{j} \in \text{N} \tag{۳۰}$$

بنابراین ماتریس درجه تسلط با در نظر گرفتن معیار ϕ_j، j می توان ساخت:

$$\Phi_{ik}^{j} = [\Phi_{ik}^{j}]_{m\times m} = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix}\begin{pmatrix} \Phi_{11}^{j} & \Phi_{12}^{j} & \cdots & \Phi_{1m}^{j} \\ \Phi_{21}^{j} & \Phi_{22}^{j} & \cdots & \Phi_{2m}^{j} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \Phi_{m1}^{j} & \Phi_{m2}^{j} & \cdots & \Phi_{mm}^{j} \end{pmatrix}, \ \text{j} \in \text{N} \tag{۳۱}$$

علاوه بر این بر اساس ماتریس ϕ_j، ماتریس درجه تسلط نهایی Δ ، ساخته می‌شود:

$$\Delta = [\delta_{ik}]_{m\times m} = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix}\begin{pmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} & \cdots & \delta_{1m} \\ \delta_{21} & \delta_{22} & \cdots & \delta_{2m} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \delta_{m1} & \delta_{m2} & \cdots & \delta_{mm} \end{pmatrix}, \tag{۳۲}$$

در حالیکه δ_{ij} درجه تسلط نهایی از گزینه A_i بر گزینه A_k است.

$$\delta_{ik} = \sum_{j=1}^{n} \Phi_{ik}^{j}, \quad \text{i,k} \in \text{M} \tag{۳۳}$$

بر اساس ماتریس Δ، ارزش نهایی گزینه $\xi(A_i)$، را می‌توان ساخت:

$$\zeta(\text{A}_i) = \frac{\sum_{k=1}^{m} \delta_{ik} - \min\{\sum_{k=1}^{m} \delta_{ik}\}}{\max_{i\in M}\{\sum_{k=1}^{m} \delta_{ik}\} - \min_{i\in M}\{\sum_{k=1}^{m} \delta_{ik}\}}, \ \text{i} \in \text{M}. \tag{۳۴}$$

به طور مشخص $0 \leq \xi(A_i) \leq 1$، و بزرگتین $\xi(A_i)$ بهترین گزینه A_i خواهد بود، بنابراین مطابق با مرتب سازی نزولی ارزش کلی گزینه ها می توانیم همه ی گزینه ها را رتبه بندی کنیم و گزینه مطلوب را انتخاب کنیم.

٤. تجزیه و تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

پژوهش حاضر به دنبال ارزیابی کیفیت خدمت‌دهی شرکت‌های مسافری راه‌آهن با استفاده از معیارهای کمی و کیفی است. این معیارها در چهار دسته معیاره‌های ایمنی، خدمات، رضایت و مدیریت تقسیم شده است.در این پژوهش اطلاعات ورودی از سه گروه بوسیله مصاحبه و پرسش‌نامه جمع‌آوری شده است. این گروه‌ها عبارتند از: مسئولین اداره کل راه‌آهن قم، کارکنان و مسافران. بنابراین هدف نهایی این پژوهش ارزیابی کیفیت خدمت‌دهی سه شرکت فعال در حوزه سیستم حمل‌ونقل ریلی استان قم می باشد.

٤- ١. روش مدل سازی ساختاری تفسیری

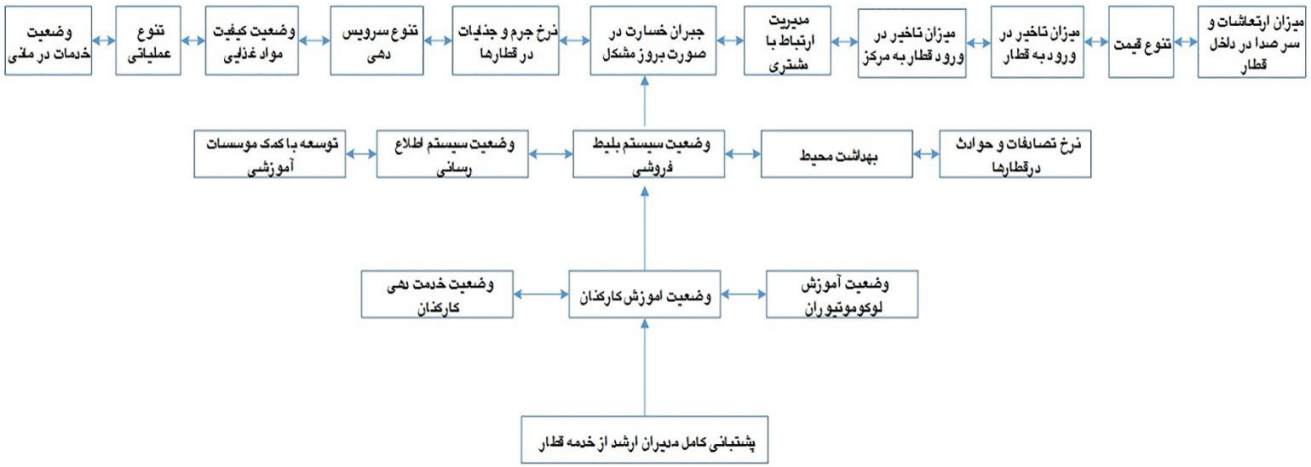
روش مدل سازی ساختای تفسیری برای تعیین روابط بین ۲۰ معیار تعیین شده که حاصل مصاحبه با کارشناسان و تحقیقات قبلی در زمینه کیفیت خدمت‌دهی صورت‌گرفته‌است، بکارگرفته‌شده‌است.ماتریس SSIM (روابط بین معیارها) بوسیله تصمیم گیری گروهی کارشناسان خبره راه آهن قم بدست‌آمده که در جدول ۵ آورده شده‌است. ماتریس SSIM را با جایگزین کردن V، X، A وO با اعداد متناظر تبدیل به ماتریس دریافتی اولیه تبدیل می‌شود و با محاسبه قدرت وابستگی و قدرت هدایتگری، ماتریس اولیه تبدیل به ماتریس نهایی می‌شود که در جدول ۵ آورده شده‌است. در گام بعد با بدست‌آوردن مجموعه مقدماتی و مجموعه دریافتی، سطح هر یک از معیارها به ترتیب آنچه در مرحله ۶ روش مدل سازی ساختای تفسیری گفته‌شد طی چند تکرار حاصل‌می شود، که در جدول ۶ نشان داده شده‌است. در نهایت نمودار مدلسازی ساختاری تفسیری که روابط متقابل بین معیارها را نشان‌می‌دهد طبق شکل ۲ بدست‌می‌آید.

جدول (۵). ماتریس نهایی

شماره معیار	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱٤	۱٥	۱٦	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	قدرت نفوذ
۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۹
۲	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۴
۳	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۴
٤	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
٥	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۳
٦	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲
۷	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۴
۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲
۹	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲
۱۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۲
۱۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۲
۱۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
۱۳	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۳
۱٤	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
۱٥	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱
۱٦	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۲
۱۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱
۱۸	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۱۴
۱۹	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۱۰
۲۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۵
قدرت وابستگی	۶	۳	۵	۴	۴	۳	۴	۴	۵	۵	۲	۲	۳	۳	۴	۷	۱	۲	۱	۵	

جدول (٦). سطوح معیارها

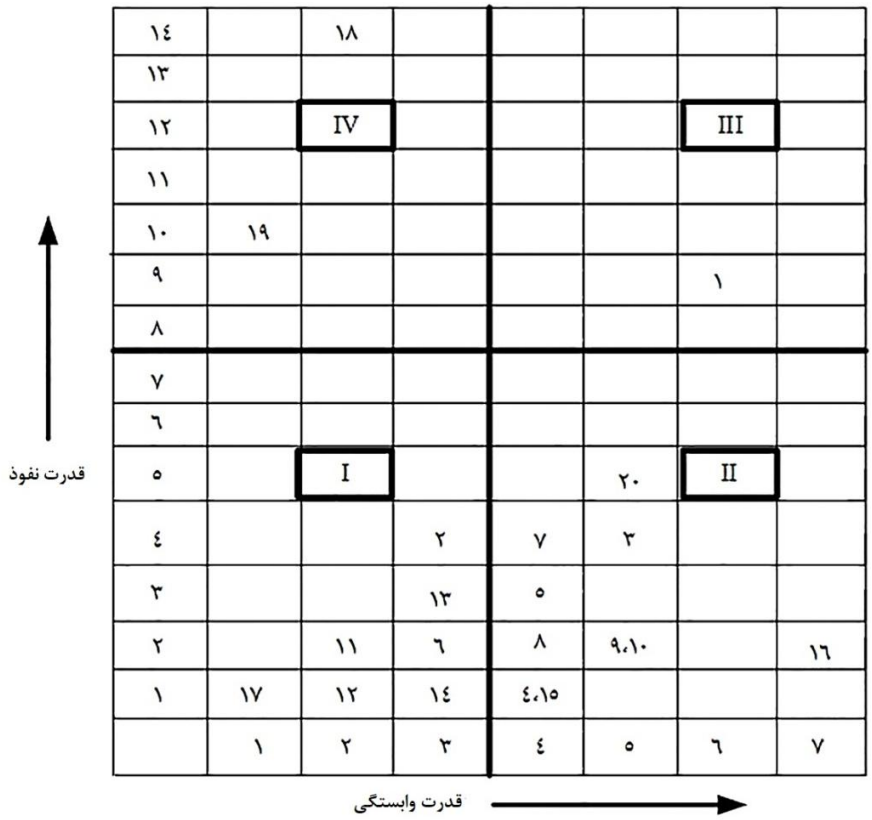
معیار	مجموعه دریافتی	مجموعه مقدماتی	اشتراکات	سطح
معیار۱	۱-۳-۴-۶-۷-۸	۱-۶-۷-۹-۱۸-۱۹	۱-۷	۳
معیار۲	۲-۳-۱۰-۱۵	۲-۳-۱۸	۲-۳	۳
معیار۳	۲-۳-۱۴-۱۵	۱-۲-۳-۱۸-۱۹	۲-۳	۲
معیار۴	۴	۱-۴-۱۸-۱۹	۴	۱
معیار۵	۵-۱۳-۲۰	۵-۱۳-۱۸-۲۰	۵-۱۳-۲۰	۱
معیار۶	۱-۶	۱-۶-۱۹	۱-۶	۱
معیار۷	۱-۷-۸-۱۶	۱-۷-۱۸-۱۹	۱-۷	۳
معیار۸	۸-۹	۱-۷-۸-۱۹	۸	۲
معیار۹	۱-۹	۱-۸-۹-۱۸-۱۹	۱-۹	۱
معیار۱۰	۱۰-۱۶	۱-۲-۱۰-۱۸-۱۹	۱۰	۲
معیار۱۱	۱۱-۱۶	۱۱-۱۸	۱۱	۲
معیار۱۲	۱۲	۱۲-۱۸	۱۲	۱
معیار۱۳	۵-۱۳-۲۰	۵-۱۳-۲۰	۵-۱۳-۲۰	۱
معیار۱۴	۱۴	۳-۱۴-۱۸	۱۴	۱
معیار۱۵	۱۵	۲-۳-۱۵-۱۸	۱۵	۱
معیار۱۶	۱۶-۲۰	۱-۷-۱۰-۱۱-۱۶-۱۹-۲۰	۱۶-۲۰	۱
معیار۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱
معیار۱۸	۱-۲-۳-۴-۵-۷-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۴-۱۵-۱۸-۲۰	۱۸-۲۰	۱۸-۲۰	۲
معیار۱۹	۱-۳-۴-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۶-۱۹	۱۹	۱۹	۴
معیار۲۰	۵-۱۳-۱۶-۱۸-۲۰	۵-۱۳-۱۶-۱۸-۲۰	۵-۱۳-۱۶-۱۸-۲۰	۱



شکل ۲. نمودار مدلسازی ساختاری تفسیری

٤- ۲. آنالیز MICMAC

آنالیز MICMAC با تقسیم معیارها به چهار دسته خود مختار، وابسته، مستقل و ارتباطی (پیوندی) به درک ماهیت معیارها کمک می‌کند، علاوه بر این دسته‌بندی معیارها نیز آسان‌تر می‌کند. همانطور که در شکل ۳ پیدا است معیار ۱۶ دارای وابستگی شدید بوده و باید ازلیست معیار ها حذف گردد و بقیه مراحل با ۱۹ معیار باقیمانده ادامه پیدا کند. همان طور که در نمودارهای ۲و۳ مشهود است، معیار توسعه با کمک موسسات آموزشی و پشتیبانی کامل مدیران ارشد ازکارکنان دارای بیشترین قدرت نفوذ هستند و در ناحیه خود مختار مشاهده می‌شود.



شکل (۳): تحلیل MICMAC

بخش I: ناحیه خود مختار

بخش II: ناحیه وابسته

بخش III : ناحیه پیوندی

بخش IV: ناحیه مستقل

٤- ٣. روش تحلیل سلسله مراتبی فازی

از گروهی از کارشناسان خبره راه‌آهن قم و تهران به صورت دلفی گروهی برای پر کردن سوالات در مورد مقایسات زوجی بین نوزده معیار مربوطه استفاده شده‌است. وزن های هر معیار طبق عبارات (۹)-(۱۵)، گام های فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی محاسبه شده‌است. جدول اوزان نهایی معیارهای بررسی شده توسط تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی در جدول ۷ اورده شده‌است.

جدول (۷): وزن‌های نهایی معیارها

معیار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹
وزن	۰/۰۶۳۵	/۲۳۴۰	۰/۰۷۵۱	۰/۰۷۳۲	۰/۰۱۳۵	۰/۰۲۱۴	۰/۰۲۴۶	۰/۰۳۳۲	۰/۰۵۷۲	۰/۰۲۸۶	۰/۰۲۷۵	۰/۰۵۶۷	۰/۰۱۸۲	۰/۰۶۷۹	۰/۰۶۷۹	۰/۰۶۳۳	۰/۰۳۴۵	۰/۰۳۴۳	۰/۰۱۵۹

٤- ٤. روش تودیم گسترش یافته

همانگونه که گفته‌شد سه نوع اعداد قطعی، بازه ای و فازی می‌تواند در تکنیک تودیم گسترش یافته استفاده‌شود. متغیر های زبانی استفاده شده برای اعداد فازی در جدول ۳ آورده شده‌است.

با توزیع پرسشنامه بین بیست کارشناس خبره و کارمند در اداره کل راه آهن تهران و قم و پنجاه مسافر مسیر شهرستان قم ماتریس اولیه گزینه معیار بدست آمده‌است. همچنین وزن های مورد نیاز هر معیار در بخش قبل توسط روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی بدست‌آمده‌است. در پژوهش پیشنهادی، ارزش گزینه ها نسبت به معیارهای ۳ و ۴ در قالب اعداد بازه ای، نسبت به معیارهای ۱۴و ۱۵در قالب اعداد قطعی، و در بقیه معیارها در قالب اعداد فازی مثلثی بیان شده

است. در بین معیارها، معیارهای ۱۵،۱۴،۱۲،۴،۳ معیارهایی از جنس هزینه هستند و بقیه معیارها از جنس سود هستند.

برای انتخاب بهترین شرکت فعال در حوزه حمل و نقل ریلی قم، روش تودیم توسعه یافته در این مقاله استفاده شده است.

در مورد مطالعه بررسی شده، وزن های بدست آمده در روش AHP فازی به عنوان وزن معیارها استفاده شده است. ما θ را یک قرار دادیم که بدان معنی است که زیان با ارزش واقعی خود به ارزش جهانی کمک خواهد کرد (گمز[1]،۲۰۰۹).

بوسیله معادله ۳۲، ماتریس درجه تسلط کلی بدست می آید:

$$\Delta = \begin{bmatrix} ۰ & -٤/٤٢١٣ & -٥٦/١٦٥٧ \\ -٥٣/٧٢١٥ & ۰ & -٩٣/٩٤٧٧ \\ -۰/٣۰٣۰ & ٣/٤٩٤٣ & ۰ \end{bmatrix}$$

در نهایت با استفاده از معادله ۳۳ ارزش کلی هر گزینه بدست می آید. ارزش کلی گزینه های مورد نظر ما در جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول (۸): رتبه بندی نهایی شرکت های سیستم حمل و نقل ریلی استان قم

گزینه	ارزش گزینه
شرکت رجا	۰/۵۷۷۲
شرکت بن ریل	۰
شرکت فدک	۱

طبق ارزش کلی هر گزینه، رتبه بندی ۳ شرکت فعال از نظر کیفیت خدمت دهی به ترتیب ابتدا شرکت فدک سپس شرکت رجا و در آخر شرکت بن ریل است.

1.Gomez

۵. نتیجه‌گیری

در بازار رقابتی صنعت حمل‌ونقل ریلی، شرکت‌های فعال همواره برای حفظ شرایط خود در میان انبوهی از رقبا باید برنامه‌ریزی داشته باشند و برای بهبود کیفیت خدمت‌دهی خود برنامه‌ریزی کنند تا بتوانند سهم خود را در بازار افزایش دهند.اهداف اصلی این پژوهش تعیین اهمیت عوامل و معیارهای تاثیرگذار بر کیفیت خدمت‌دهی شرکت‌های حمل‌ونقل‌ریلی و رتبه-بندی شرکت‌های فعال در شهر قم می‌باشد. در این راستا ابتدا عوامل تاثیرگذار با مراجعه به ادبیات موضوع و مصاحبه با کارشناسان بدست آمده است. در گام بعد با روش مدل سازی ساختاری تفسیری سلسله مراتب معیارها بدست آمده، که معیار پشتیبانی کامل مدیران ارشد از نیروی انسانی فعال در شرکت مرتبه ۴ را بدست آورد که نشان از تاثیر گذاری بالای این معیار و لزوم تمرکز و برنامه‌ریزی هرچه بیش‌تر تصمیم‌گیران بر روی آن است. با پشتیبانی مدیران ارشد از نیروی انسانی فعال در شرکت انگیزه و تعهد این نیروها افزایش یافته و منجر به بهتر شدن کیفیت خدمت دهی در ابعاد ایمنی، خدماتی و رضایت می‌شود که رضایت مشریان را به دنبال خواهد داشت. پس با توجه به این معیار و تلاش در راه تحقق هرچه کامل‌تر آن می‌توان به معیارهای سطوح پایین‌تر دست یافت. از سوی دیگر ۱۱ معیار همچون معیارهایی مانند تنوع قیمت، میزان ارتعاشات و سر و صدای قطار و تنوع سرویس دهی در سطح ۱ یعنی کمترین سطح قرار گرفته‌اند. معیارهایی که در این سطح قرار گرفته‌اند دارای کمترین تاثیرگذاری هستند و از معیارهای سطح بالای خود بیش‌تر تاثیر می‌پذیرند. در ادامه با تحلیل MICMAC معیارها به چهار گروه وابسته، خود مختار، پیوندی و مستقل تقسیم شده و در نتیجه آن، معیارمدیریت ارتباط با مشتری به علت وابستگی شدید و تاثیرگذاری پایین حذف شده است. قدرت وابستگی بسیار این معیار این موضوع را نشان‌می‌دهد که با تلاش در جهت بهبود معیارهایی که این معیار به آن‌ها وابسته است می‌توان این معیار را نیز بهبود بخشید و نیازی به تمرکز جداگانه تصمیم‌گیران بر روی آن نیست. معیار پشتیبانی از نیروی شاغل در قطار به تنهایی در ناحیه مستقل قرار گرفته است که نشان از قدرت نفوذ بالا و وابستگی کم این معیار

دارد. از این‌رو تصمیم‌گیران باید تمرکز بیش‌تری روی این معیار داشته باشند که با نتیجه مدل-سازی ساختاری تفسیری نیز همخوانی دارد. درگام بعدی اهمیت نسبی عوامل و به عبارتی دیگر اوزان معیارها با روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی بدست آمد و معیار آموزش لکوموتیورانان بیشترین وزن را به خود اختصاص داد که با نظر اکثر کارشناسان همخوانی دارد و مهمترین عامل شناخته شده می‌باشد، که علت آن را هم می‌توان در تاثیرگذاری آن در وقوع حوادث و امنیت حمل‌ونقل دانست. این نتیجه نشان از اهمیت بالای بعد ایمنی از دید کارشناسان دارد به طوری‌که وزن این معیار که در بعد ایمنی قرار می‌گیرد بالاتر از همه‌ی معیارها حتی معیار پشتیبانی کامل مدیران ارشد از نیروی انسانی فعال در قطار که تاثیرگذاری بسیاری بر معیارها و عوامل دیگر دارد، شده است. در نهایت بوسیله روش تودیم توسعه‌یافته، رتبه شرکت‌ها تعیین شده است.

بر اساس نتایج حاصل شده شرکت فدک رتبه ۱، شرکت رجا رتبه ۲ و شرکت بن ریل رتبه ۳ را بدست آورده‌اند. شرکت فدک در بعد خدماتی و رضایت عملکرد خوبی دارد و با امکانات رفاهی که فراهم آورده توانسته رضایت اکثر مسافران که از خدمات این شرکت استفاده نمودند، بدست آورد و همچنین کارشناسان و کارکنان نیز از ابعاد مدیریتی و ایمنی این شرکت رضایتمندی بالایی داشتند زیرا این شرکت از کادری مجرب و تجهیزات ایمنی به روزتری نسبت به سایر شرکت‌ها استفاده‌می‌کند که این موضوع نشان از تطابق نتایج مدل ترکیبی ارائه شده با نظرات کارشناسان دارد. البته شرکت رجا نیز از لحاظ معیارهای مدیریتی، خدماتی و ایمنی عملکرد خوبی داشته ولی درکل شرکت فدک عملکرد بهتری در مجوع معیارها داشته‌است. شرکت بن ریل از لحاظ امکانات رفاهی در سطح پایین‌تری نسبت به سایر شرکت‌ها قرار دارد و این موضوع باعث شده در معیارهای مربوط به خدمات مانند: میزان ارتعاشات، سر صدا در داخل قطار (به علت قدیمی بودن واگون‌ها) و تنوع سرویس دهی (به‌علت عدم وجود امکانات کافی) امتیاز کمتری را نسبت به سایر شرکت‌ها کسب کند.

پژوهش حاضر می‌تواند به چند صورت در مطالعات آینده توسعه یابد. پژوهش حاضر می‌تواند با استفاده از دیگر تکنیک‌های تصمیم‌گیری مانند تحلیل شبکه و واسپاس انجام شود. پژوهش حاضر در استان قم اجرایی شده است، می‌توان در مطالعات آینده، شرکت های فعال حوزه حمل و نقل ریلی در استان‌های دیگر کشور را بدین صورت ارزیابی کرد. همچنین می‌توان، در حوزه های دیگر بخش خدمات، کیفیت خدمت دهی شرکت های خدمات را بدین شکل ارزیابی کرد.

منابع

۱. خلیلی عراقی، مریم. (۱۳۸۷). بودجه بندی سرمایه ای چند معیاره گروهی، پژوهشنامه اقتصادی، دوره ۸، شماره ۱، ص ۱۸۸-۹۹.

۲. قصیری، کاوه و پیشداد، سارا. (۱۳۸۵). سنجش کیفیت خدمات واحد فناوری اطلاعات همراه با مطالعه موردی در صنعت حمل و نقل، دوره ۱۹، شماره ۷۴، ص ۷۱-۹۰.

۳. میرزایی دریانی شهرام، فشاری مجید، هوشیار سعدی محمدعلی.(۱۳۹۵) ارزیابی مدیریت کیفیت در شرکت چرخشگر تبریز مبتنی بر مدل TQM. فصلنامه مهندسی تصمیم.دوره۱، شماره۴،ص ۱۵۲-۱۷۶.

4. Awasthi, A., Chauhan, S. S., Omrani, H., & Panahi, A. (2011). A hybrid approach based on SERVQUAL and fuzzy TOPSIS for evaluating transportation service quality. *Computers & Industrial Engineering*, *61*(3), 637-646.
5. Aydin, N. (2017). A fuzzy-based multi-dimensional and multi-period service quality evaluation outline for rail transit systems. *Transport Policy*, *55*, 87-98.
6. Celik, E., Aydin, N., & Gumus, A. T. (2014). A multiattribute customer satisfaction evaluation approach for rail transit network: A real case study for Istanbul, Turkey. *Transport Policy*, *36*, 283-293.
7. Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European journal of operational research*, *95*(3), 649-655.
8. Chen, I. S. (2016). A combined MCDM model based on DEMATEL and ANP for the selection of airline service quality improvement criteria: A study based on the Taiwanese airline industry. *Journal of Air Transport Management*, *57*, 7-18.
9. de Oña, J., de Oña, R., Eboli, L., & Mazzulla, G. (2013). Perceived service quality in bus transit service: a structural equation approach. *Transport Policy*, *29*, 219-226.
10. Fan, Z. P., Zhang, X., Chen, F. D., & Liu, Y. (2013). Extended TODIM method for hybrid multiple attribute decision making problems. *Knowledge-Based Systems*, *42*, 40-48.
11. Filipović, S., Tica, S., Živanović, P., & Milovanović, B. (2009). Comparative analysis of the basic features of the expected and perceived quality of mass passenger public transport service in Belgrade. *Transport*, *24*(4), 265-273.
12. Gomes, L. F. A. M. (2009). An application of the TODIM method to the multicriteria rental evaluation of residential properties. *European Journal of Operational Research*, *193*(1), 204-211.

13. Gomes, L. F. A. M., & Lima, M. M. P. P. (1992). TODIM: Basics and application to multicriteria ranking of projects with environmental impacts. *Foundations of Computing and Decision Sciences*, *16*(4), 113-127.
14. Hassan, M. N., Hawas, Y. E., & Ahmed, K. (2013). A multi-dimensional framework for evaluating the transit service performance. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *50*, 47-61.
15. Ji, G. J. (2008). Reverse Logistics Operation Management Based on Virtual Enterprises and Complaint Service Manage-ment. *Journal of Service Science and Management*, *1*(01), 51.
16. Kahraman, C., Cebeci, U., & Ulukan, Z. (2003). Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP. *Logistics information management*, *16*(6), 382-394.
17. Krohling, R. A., & de Souza, T. T. (2012). Combining prospect theory and fuzzy numbers to multi-criteria decision making. *Expert Systems with Applications*, *39*(13), 11487-11493.
18. Lee, A. H., Chen, W. C., & Chang, C. J. (2008). A fuzzy AHP and BSC approach for evaluating performance of IT department in the manufacturing industry in Taiwan. *Expert systems with applications*, *34*(1), 96-107.
19. Liu, P. D., & Wang, T. J. (2007). A method for multiple attribute decision making with triangular fuzzy number and partial attribute weight information. *Journal of Information and Computational Science*, *4*(3), 1017-1022.
20. Nassereddine, M., & Eskandari, H. (2017). An integrated MCDM approach to evaluate public transportation systems in Tehran. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *106*, 427-439.
21. Nishat Faisal, M., Banwet, D. K., & Shankar, R. (2006). Supply chain risk mitigation: modeling the enablers. *Business Process Management Journal*, *12*(4), 535-552.
22. Redman, L., Friman, M., Gärling, T., & Hartig, T. (2013). Quality attributes of public transport that attract car users: A research review. *Transport Policy*, *25*, 119-127.
23. Saaty, T. L. (1980). The analytic hierarchy process: planning. *Priority Setting. Resource Allocation, MacGraw-Hill, New York International Book Company*, 287.
24. Sen, D. K., Datta, S., & Mahapatra, S. S. (2017). Extension of TODIM for decision making in fuzzy environment: a case empirical research on selection of industrial robot. *International Journal of Services and Operations Management*, *26*(2), 238-276.

25. Singh, A., & Prasher, A. (2017). Measuring healthcare service quality from patients' perspective: using Fuzzy AHP application. *Total Quality Management & Business Excellence*, 1-17.
26. Sivilevičius, H., & Maskeliūnaite, L. (2010). The criteria for identifying the quality of passengers' transportation by railway and their ranking using AHP method. *Transport*, *25*(4), 368-381.
27. Su, A. Y. L. (2004). Customer satisfaction measurement practice in Taiwan hotels. *International Journal of Hospitality Management*, *23*(4), 397-408.
28. Taylan, O., Bafail, A. O., Abdulaal, R. M., & Kabli, M. R. (2014). Construction projects selection and risk assessment by fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodologies. *Applied Soft Computing*, *17*, 105-116.
29. Wang, L., Wang, Y. M., Rodríguez, R. M., & Martínez, L. (2017, July). A hesitant fuzzy linguistic model for emergency decision making based on fuzzy TODIM method. In *Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE), 2017 IEEE International Conference on* (pp. 1-6). IEEE.
30. Wang, Y., & Yeo, G. T. (2017). Intermodal route selection for cargo transportation from Korea to Central Asia by adopting Fuzzy Delphi and Fuzzy ELECTRE I methods. *Maritime Policy & Management*, 1-16.
31. Warfield, J. N. (1974). Developing interconnection matrices in structural modeling. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, (1), 81-87.
32. Yu, C. S. (2002). A GP-AHP method for solving group decision-making fuzzy AHP problems. *Computers & Operations Research*, *29*(14), 1969-2001.
33. Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, *8*(3), 338-353.
34. Zimmermann, H. J. (1978). Fuzzy programming and linear programming with several objective functions. *Fuzzy sets and systems*, *1*(1), 45-55.