

# ارزیابی ریسک بهداشت حرفه ای و محیطی در حمل و نقل فرآورده های نفتی به وسیله روش تلفیقی William Fine-Dematel-Anp در محیط فازی

## مقاله پژوهشی

امیر عباس شجاعی\*، استادیار، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران  
 زهرا نوایی ازناوه، دانشجوی دکتری، مربی، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران  
 \*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: amir@ashojaie.com

دریافت: ۹۷/۰۸/۲۷ - پذیرش: ۹۸/۰۲/۰۴

صفحه ۲۸۹-۲۷۱

### چکیده

یکی از مهمترین خطرات موجود در حمل و نقل مواد نفتی، تصادفات جاده است که می تواند اثرات خراب کننده ای را بر محیط و ایمنی در جاده ها داشته باشد. با استفاده از تکنیک های ارزیابی ریسک می توان شرایط مسیر و نحوه حمل مواد را مورد ارزیابی قرار داد و قبل از اینکه سبب بروز حادثه ای شود آنرا شناسایی و کنترل نمود. در ارزیابی ریسک یکی از مهمترین مسائلی که وجود دارد قضاوت افراد در ارزیابی است که این مسئله می تواند در نحوه ارزیابی تاثیر گذار باشد. لذا در این مقاله سعی شده است که پارامترهایی که در ریسک خطرات بهداشت حرفه ای و محیط حمل مواد نفتی موثر است شناسایی شده و سپس با استفاده از مدل های تصمیم گیری (DEMATEL-ANP) نسبت به برنامه ریزی و ارزش گذاری پارامترها در محیط فازی اقدام نمود تا تاثیر قضاوت ارزیاب ها بر آن به حداقل برسد. در این تحقیق با توجه به پارامترهایی مانند موقعیت انبار، ماشین حمل کننده، نوع ماده، عوارض محیطی و نوع جاده و لایه های ایمنی مسیر و شرایط راننده مدنظر قرار گرفت. وزن پارامتر های موثر بر میزان ریسک توسط مدل ANP تعیین و بر اساس روش WILLIAM FINE میزان ریسک تعیین شده است.

واژه های کلیدی: مدیریت ریسک و ایمنی، FUZZY، ANP، DEMATEL، WILLIAM FINE

### ۱- مقدمه

استاندارد جهانی ریسک را شامل احتمالی از حادثه و آثار و پیامدهای آن می داند (ISO/IEC Guide 73:2002). در تعریف دیگر Zio ریسک را ترکیب احتمال وقوع هر خطر ( $P_i$ ) و پیامدهای آن ( $C_i$ ) تعریف می کند (Zio E., 2006). در سال ۲۰۰۷ Willis ریسک را معادل با خسارت یا صدمه وارد شده تعریف نموده است (Willis HH., 2007). در همان سال Aven ریسک را یک مفهوم دو بعدی می داند که شامل حوادث و پیامدهای آنها و احتمالات نامشخص مرتبط با آنهاست. همه این تعاریف را می توان در تعریفی که Aven در سال ۲۰۰۹ ارائه داده است خلاصه نمود. در این تعریف آمده است که؛ ریسک میزانی است از احتمال وقوع حادثه و

در جامعه امروزی که اکثراً از سیستم های پیچیده استفاده می شود، از کارافتادگی یک سیستم یا بروز حوادث می تواند موجب بروز اختلال در سطوح مختلف شود و حتی به عنوان تهدیدی برای جامعه و محیط زیست تلقی گردد. به این دلیل است که همگان در پی سیستمی ایمن و با احتمال خطر پایین هستند. در این جا است که واژه ریسک به معنی عدم قطعیت و نشانگر احتمال وقوع و شدت آن ظهور می یابد. نتیجه ریسک تعیین می کند که با وقوع هرخطر چه خسارتی بر سیستم تحمیل می شود و چه پیامدهای زیست محیطی را در بر خواهد داشت. بر اساس تعریف، ریسک را به عنوان میزانی از احتمال و شدت وقوع خطر و پیامد آن تعریف می گردد. سازمان

در حال افزایش می‌باشد، به طوریکه با خطوط لوله موجود رساندن فرآورده‌ها برای شهرها و مناطق کشور امکان‌پذیر نمی‌باشد و با توجه به اینکه قسمت‌های عمده‌ای از جمعیت کشور ما در مناطق کوهستانی سکونت دارند، موضوع سوخت رسانی و حمل و نقل جاده‌ای مواد سوختی ضمن مشکلات فراوان از اهمیت خاص در ساختار تامین انرژی کشور برخوردار می‌باشد. انتقال فرآورده‌های نفتی نسبت به کنترل آن در اماکن و تجهیزات ثابت، به علت وجود پویایی و جنبش در حمل و نقل و وجود متغیرهای دیگر مانند شرایط راننده، وسیله نقلیه، وضعیت جاده‌ها از لحاظ ترافیک و روسازی شرایط پیچیده تری دارد که باعث می‌شود تحت پوشش قرار دادن آن مشکل‌تر گردد. ارزیابی ریسک یک روش اصولی و پایه‌ریزی شده قوی جهت کمک به توسعه با شرایط نامشخص است تا پیامدهای آنرا تعیین کند. ارزیابی ریسک به کاربردهای بهداشتی و ایمنی که از توسعه همراه با EIA نتیجه شده‌اند، دست می‌یابد (Demidova O, Cherp A., 2005). در مطالعاتی که در دانشگاه استاونجر نروژ انجام شده است، به بررسی دلیل خوردگی لوله‌های انتقال نفت و گاز پرداخته شده است و پس از مطالعات، مدلی جهت تخمین میزان خوردگی لوله‌ها و مدلی جهت پیش‌بینی میزان شکست لوله‌ها ارائه گردیده است. همچنین در تحقیقات مختلف به بررسی و ارزیابی ریسک سایت‌های نفتی و پتروشیمی پرداخته شده است که سایر فاکتورهای شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی را در بر گرفته است. از جمله در دانشگاه رجیونای کانادا به ارزیابی ریسک سایر فرآورده‌های بنزین، اثرات تماس با این فرآورده‌ها (BTEX) و نفوذ به آبهای زیرزمینی پرداخته شده است. این محققین از میان روش‌های موجود روش FRA را برگزیده‌اند، زیرا آنها معتقدند این روش مولفه‌ها و شاخص‌های سایر روش‌ها را در ساختار اصلی خود جای می‌دهد و نقطه اتصال میان روش‌ها و الگوهای آینده خواهد بود (Chen Z, et al, 2000). جهت ارزیابی ریسک در پالایشگاه‌ها نیز مطالعاتی صورت گرفته است و از یک سیستم نرم افزاری به نام TOPRAP استفاده شده است که معتقدند این نرم افزار کاربرد وسیعتر، مهارت و توانایی بیشتر جهت ارزیابی و تشخیص رخدادهای و حوادث و کاربردی ساده‌تر برای کاربران را دارا می‌باشد (Khan FI, Abbasi SA., 2004). جهت ارزیابی ریسک باید ابتدا محدوده مورد مطالعه تعیین گردد. سپس سایر مشخصه‌ها و معیارهای موجود در مسیرهای فعلی و یا مسیرهای جایگزین انتقال، مطرح و ابتدا کمی شده و وزن دهی می‌شوند. یکی از روش‌های مناسب ارزیابی ریسک که

پیامدهای آن، که برای تعیین این میزان پارامترهای متفاوتی از میزان احتمال و شدت حادثه را در نظر می‌گیرند (Aven t. 2009). ایمنی یک ارزش کلی و جهانی است که هر فرهنگی در جهت حفظ و اجرای آن باید نهایت تلاش خود را به خدمت گیرند. ریسک و ایمنی دستورالعمل هستند و استراتژی لازم است تا مدیریت ریسک و ایمنی به طور گسترده و همه جانبه بین سایر کشورها و سازمان‌ها به اجرا درآیند (۵). در صنایع نفت و گاز خطرات و سوانح بسیاری وجود دارد که منجر به ریسک‌های با درجات متفاوت خواهند شد. در کشورهای آمریکا، کانادا، نروژ و اروپا مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست از کیفیت بهتری نسبت به کشورهای در حال توسعه برخوردار است. بر اساس آمار وقایع گزارش شده توسط تولیدکنندگان شرکت‌های نفت و گاز در سال ۲۰۰۴ در آفریقا، آسیا و اروپا به طور متوسط ۱,۰۹ مجروح در هر میلیون ساعت کاری داشته‌اند (Mearns K, Yule S., 2009). در آمریکا تخمین زده‌اند که در طول سال ۵۵۰۰ نفر می‌میرند و همچنین ۸۰۰۰۰ نفر کارگر در طول سال زخمی یا مریض می‌شوند که علت آن شرایط شغلی کار آنهاست. ارزیابی ریسک قادر است از مرگ و بیماری در اثر این چنین عواملی پیشگیری نماید، اما باید الزامات ایمنی مستمر و پایدار ایجاد شود (Montague P., 2004). جابه‌جایی و حمل و نقل مواد خطرناک مانند مشتقات نفتی و فرآورده‌های پتروشیمی (نفت، بنزین، گازوئیل و گازهای مایع نفتی) و فاضلاب‌های صنعتی پتانسیل بروز خطراتی را در بر دارد که تاثیرات آن می‌تواند شامل کشته شدن تعداد زیادی از افراد و آلودگی‌های شدید زیست محیطی در نتیجه انفجار، آتش‌سوزی و پخش مواد آلاینده سمی باشد. تعداد این حوادث و شدت تاثیرات آن در سراسر جهان همگام با صنعتی شدن کشورها به صورت سالانه در حال گسترش است. به همین دلیل دولت مردان و صاحبان این صنایع در حال بازبینی روش‌های ارزیابی ریسک حمل و نقل مواد نفتی هستند. ارزیابی ریسک زیست محیطی به صورت یک ابزار تحلیلی و تجزیه‌ای رشد کرده و کامل شده است که این ابزار در همه ابعاد سیاست‌گذاری، تصمیم‌گیری و نظارت، گسترش یافته است. در دهه ۱۹۳۰ دولتمردان ایجاد مراکز درمانی در محیط‌های کاری که با مواد شیمیایی تماس داشته‌را الزامی کردند (Eduljee GH., 2000). به طور قطع برنامه‌ریزی اصولی و ایمنی برای مسیرهای حمل و نقل و وسایل نقلیه، با در نظر گرفتن نوع کاربری در مناطق عبوری، مدیریت ریسک در حمل و نقل مواد نفتی را به عنوان بخش اصلی در بر می‌گیرد. مصرف فرآورده‌های نفتی روز به روز

و دوسویه ارایه شده است (Najafi A. 2010). درباره ارزیابی ریسک تا به حال تحقیقات بسیاری در جهت رفع مشکلات تاثیر پارامترهای ریسک با روشهایی مانند ANP و SAW استفاده شده است و برای تعیین روابط درونی از روش دیمتل که یک ساختار تصمیم گیری دارد استفاده خواهد شد تا با تلفیق روش تحلیل شبکه ای (ANP) میزان اثرگذاری و اثر پذیری هر پارامتر ریسک لحاظ گردد. (Mirzaei S. et al, 2014) (Navaei AZ., et al 2015). از این رو کاربرد فنون و روش های تصمیم گیری بخصوص روش های تصمیم گیری چند معیاره در مسایل مختلف متداول شده است که به فراخور نیاز مورد استفاده قرار می گیرد (DaneshShakib M., Fazli S., 2009). از طرفی انتخاب اعداد و طیف فازی در ارزیابی های روش تصمیم گیری تحلیل شبکه ای جهت بدست آوردن عدد ریسک در تجزیه و تحلیل حالات خرابی و اثرات نشان داده است که استفاده از روش Fuzzy ANP عددی دقیق تر از عدد ریسک روش سنتی آن خواهد داد (Mirzaei S. et al, 2014). این تحقیق در زمینه ارزیابی ریسک به روش ویلیام فاین و استفاده از ابزارهای ریاضی مانند روش Fuzzy DEMATEL و روش Fuzzy ANP جهت شناسایی تاثیرات عوامل ریسک از بر یکدیگر و رسیدن به نزدیک ترین نظرات خبرگان صنعت از حالت کیفی به کمی در محاسبه نمره ریسک انجام پذیرفته است.

## ۲- روش تحقیق

این تحقیق از نوع توصیفی که در آن از روش ویلیام فاین جهت ارزیابی نمره ریسک استفاده گردید. همچنین جهت بهبود و اصلاح روش و از بین بردن قضاوت های شخصی و تعیین وزن پارامتر های موثر بر ریسک و اثرات روابط درونی این پارامترها.

در مدل پیشنهادی ما همان فعالیت ها یا واحدهای صنعتی مورد بررسی در روش ویلیام فاین بود، تا واقعی ترین حالت از مدل شبکه ایجاد شود و در نهایت با کمک روش ANP اوزان نهایی برای عوامل و معیارهای ارزیابی ریسک بوسیله تشکیل سوپر ماتریس تعیین می گردد.

روش William fine یکی از روش های ارزیابی ریسک است که از حاصلضرب سه پارامتر میزان شدت پیامد (C) (شدت

در بسیاری از ارزیابی ها در مدیریت کیفیت و ریسک استفاده می شود تکنیک WILLIAM FINE است. در این روش پس از به دست آوردن مولفه های میزان شدت پیامد، میزان تماس و میزان وقوع خطر و وزن دهی آنها، عدد نمره ریسک (R) محاسبه می گردد. یکی از مهمترین مشکلات در ارزیابی ریسک وجود پارامترهای تاثیر گذار در نمره ریسک است که هر کدام به یک میزان در ریسک حاصل اثر می گذارند. قضاوت فردی در ارزیابی هر کدام از این فاکتورها و پارامترها می تواند نمره ریسک حاصل را تغییر دهند بنابراین استفاده از روش های جدید در تصمیم گیری می تواند کمک شایانی در بهبود نمره ریسک حاصل از روش ویلیام فاین داشته باشد (Omidvari, M.; Mansouri, N. 2014). با استفاده از روش های تصمیم گیری مانند DEMATEL که روش جامع و مناسبی برای ساخت و تحلیل مدل علی بین عوامل، در مسایل پیچیده است می توان روابط و اثرات پارامترهای ریسک را محاسبه نمود (Wei, W, et al. 2007). یکی از روش های تصمیم گیری چند معیاره فرآیند تحلیل شبکه (ANP) می باشد که در آن به روابط درونی گزینه ها و معیارها توجه می گردد. فرآیند تحلیل شبکه ای در سال ۱۹۷۱ بوسیله ساعتی بعد از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) بعنوان یک ابزار تصمیم گیری چند معیاره با جایگزینی شبکه بجای سلسله مراتب توسعه داده شد (Azar A., et al, 2007). در مسایل مدیریتی و اجتماعی می توان با استفاده از روش ANP و مقایسات زوجی اهمیت هر فاکتور و پارامتر را اندازه گیری نمود. (Uzunovic, E., et al, 2000). همانطور که AHP برای ساختارهای سلسله مراتبی با روابط یکسویه بکار گرفته می شود، ANP نیز روابط پیچیده شبکه ای را بررسی و اوزان مناسب تری از روابط خواهد داد (Gogus O, et al, 1998). روش تحلیل شبکه ای در سال های ۱۹۷۲ و ۱۹۷۶ یک روش پیشرفته تر بعد از AHP برای حل روابط پیچیده تر روش تلفیقی ANP-DEMATEL در حالت فازی استفاده گردید. در نگاه کلی اینگونه می توان بیان نمود که ابتدا عوامل و معیارهای موثر در ارزیابی ریسک بوسیله کارشناسان و خبرگان صنعت (۷ نفر) مورد بحث که بر روی فعالیت ها و واحدهای مورد بررسی احاطه و آگاهی کامل داشته باشند با روش WILLIAM FINE شناسایی و جمع آوری می شود. سپس با کمک روش DEMATEL روابط و آثار متقابل معیارها و زیر معیارهای مسئله تعیین می شود در واقع معیار و زیر معیار ۲-۱- ساختار مدل ارزیابی ریسک بوسیله روش ویلیام فاین (WILLIAM FINE)

ریسک بین ۲۰۰ تا ۱۵۰۰ قرار گرفت خطر موجود ریسک بالا (H) است که بایستی نسبت به کنترل خطر اقدامات فوری نمود. اگر حاصل نمره ریسک بین ۹۰ تا ۱۹۹ قرار گرفت، خطر موجود ریسک متوسط (M) است و اگر حاصل ریسک بین ۰ تا ۸۹ قرار گرفت خطر موجود ریسک پایین (L) است. (Shabanzadeh, 2016)

خطر) میزان تماس (E) در میزان وقوع خطر (P) به دست می آید.

$$R = P * C * E \quad (1)$$

اعداد میزان پیامد، میزان تماس و میزان وقوع خطر از جداول ۱ و ۲ و ۳ انتخاب می گردد. قابل ذکر است که معیارها در جداول می تواند با توجه به شرایط سازمان تعیین شود. پس از تعیین میزان رتبه ی ریسک بر اساس جدول ۴ اگر حاصل نمره

جدول ۱. رتبه بندی پیامد (Consequence)

رتبه	پیامد	ردیف
۱۰۰	فاجعه مرگ و میر بالای ۵ نفر، توقف عمده فرآیند تولید، خسارت بالای ۵۰۰ میلیون تومان ریال	۱
۵۰	مرگ و میر ۲ تا ۵ نفر، خسارت بین ۲۵۰ میلیون تا ۵۰۰ میلیون	۲
۲۵	مرگ و میر ۱ نفر، خسارت بین ۱۰۰ تا ۲۵۰ میلیون ریال	۳
۱۵	صدمات بشدت جدی (قطع عضوی از بدن، ناتوانی دائمی) خسارت ۱۰ تا ۱۰۰ میلیون ریال	۴
۵	آسیب منجر به ناتوانی، خسارت بین ۱ تا ۱۰ میلیون ریال	۵
۱	صدمات، آسیب و خسارت خفیف، زیر ۱ میلیون ریال	۶

جدول ۲. رتبه بندی میزان تماس (Exposure)

رتبه	میزان تماس	ردیف
۱۰	بطور پیوسته / تا یکبار در روز / بیش از ۸ ساعت در روز	۱
۶	غالباً / تا یکبار در هفته / ۶-۸ ساعت در روز	۲
۳	گاهگاه، بعضی اوقات / تا یکبار در ماه / ۴-۶ ساعت در روز	۳
۲	بطور غیر معمول و غیر عادی / تا یکبار در سال / ۲-۴ ساعت در روز	۴
۱	بندرت / بعنوان موردی که امکان تماس داشته باشد می شناسیم / کمتر از ۲ ساعت در روز	۵
۰/۵	بطور جزئی / بعنوان موردی که امکان تماس داشته باشد، نمی شناسیم	۶

جدول ۳. رتبه بندی میزان احتمال (Probability)

رتبه	میزان احتمال	ردیف
۱۰	اغلب محتمل است / شانس وقوع بیشتر از ۵۰ درصد است	۱
۶	شانس وقوع ۵۰/۵۰ است / امکان دارد	۲
۳	می تواند تصادفی اتفاق بیافتد / شانس وقوع کمتر از ۵۰ درصد است	۳
۰/۵	احتمالاً تا چند سال بعد از تماس اتفاق نمی افتد، اما امکان وقوع دارد	۴
۰/۱	عملاً وقوع اش غیر ممکن است / هرگز اتفاق نمی افتد	۵

جدول ۴. رتبه بندی نمره ریسک (Risk)

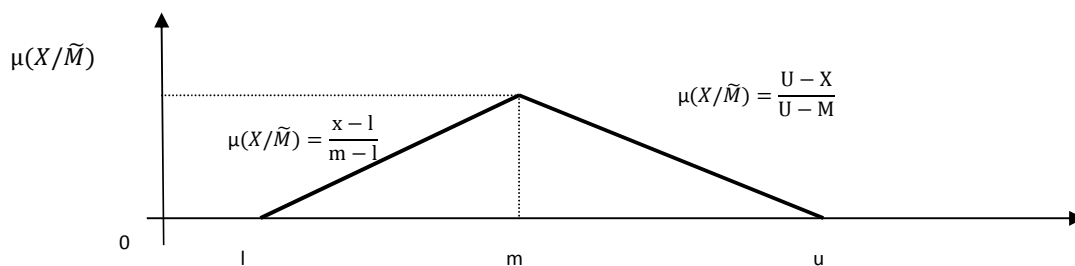
رتبه	رتبه بندی نمره ریسک	حاصل ریسک
H (زیاد)	اصلاحات فوری نیاز است، فعالیت بایستی متوقف شود تا خطر کاهش یابد	۱۵۰۰-۲۰۰
M (متوسط)	توجهات لازم در اسرع وقت بایستی صورت گیرد	۱۹۹-۹۰
L (کم)	خطر تحت نظارت و کنترل باشد	۸۹-۰

## ۲-۲- اعداد و مجموعه‌های فازی

صورت بندی و تجزیه و تحلیل این مفاهیم و ویژگی‌ها است. پرفسور لطفی زاده (۱۹۶۵) تئوری مجموعه فازی را در ارتباط با عدم قطعیت ناشی از ابهام مطرح کرد. مهم-ترین قابلیت مجموعه فازی توانایی آن در نشان دادن داده-های مبهم و نامشخص است. ویژگی این مجموعه، تابع عضویت است که در آن به هر عضو درجه عضویتی بین صفر و یک تعلق می‌گیرد. (حقیقت منفرد و رضایی ۱۳۹۰) کاراکتر (~) برای نشان دادن مجموعه‌های فازی بر روی علائم قرار می‌گیرد. اعداد فازی، مجموعه‌های فازی هستند که وقتی نمایش ضمنی عدم قطعیت همراه داده‌های عددی مورد نیاز باشد از آنها استفاده می‌شود. به بیان دیگر، آنها مجموعه‌های فازی هستند که معانی عباراتی همچون تقریباً ۳ یا نزدیک به ۵.۵ را بیان می‌کنند. در واقع اعداد فازی واژه‌هایی همچون تقریباً، نزدیک به و نه کاملاً را در کنار مقادیر عددی لحاظ می‌کنند (غضنفری و رضایی، ۱۳۸۹). یک عدد فازی مثلثی، عددی فازی است اگر تابع عضویت آن بصورت رابطه ۲ می‌باشد. و عدد فازی تقریباً  $m$  به صورت  $(l, m, u)$  نشان داده می‌شود. پارامترهای  $l$  و  $m$  و  $u$  به ترتیب بیانگر کمترین ارزش ممکن، بیشترین ارزش محتمل و بیشترین ارزش ممکن می‌باشند. (Kaufmann, & Gupta, 1988)

به منظور بررسی مسائل مرتبط با ابهامات، تفکرات و نظرات ذهنی افراد، دانشمندی بنام پروفیسور زاده (۱۹۶۵) ایرانی الاصل تئوری مجموعه فازی را معرفی کرد. این تئوری بر توسعه تعریف کلاسیک مجموعه استوار است. تمایز اصلی تئوری مجموعه فازی، توانایی و قابلیت آن در جهت نشان دادن داده‌های مبهم است. این تئوری اولین گام برای ترکیب کردن و وارد نمودن دانش افراد به سیستم‌های مهندسی بصورت سیستماتیک و کارا بود. بعد از ارائه این تئوری، بلمن و لطفی زاده، روش تصمیم‌گیری در محیط فازی را ارائه نمودند. پس از این مرحله، منطق فازی به منظور در نظر گرفتن مسائل ذهنی و عدم قطعیت در حوزه تصمیم‌گیری بکار گرفته شد. (Bellman, R., Zadeh, L. A. 1970). پدیده‌های منطقی و ریاضی براساس مبانی و اصول کلاسیک علم تنها دو حالت دارند، یا درست هستند و یا نادرست. اما پدیده‌های واقعی همواره تا اندازه‌ای (فازی) مبهم و غیر دقیق هستند، در واقع پدیده‌های مختلف را نمی‌توان تنها به یکی از دو صورت صحیح و غلط یا صفر و یک تقسیم‌بندی کرد. بیشتر مفاهیم و ویژگی‌هایی که در زندگی روزمره و واقعی و نیز در شاخه‌های مختلف علوم به ویژه علوم اجتماعی و انسانی با آن سر و کار داریم، مفاهیمی منعطف هستند. نظریه مجموعه‌های فازی یک قالب جدید ریاضی برای

$$\mu(X/\tilde{M}) = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l} & l \leq x \leq m \\ \frac{U-X}{U-M} & m \leq x \leq u \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (2)$$



شکل ۱. نمایش یک عدد فازی مثلثی (Kaufmann, & Gupta, 1988)

جدول ۵. عملیات فازی متداول با استفاده از دو عدد فازی (غضنفری و رضایی، ۱۳۸۹)

عملگر	فرمول	نتایج
جمع	A+B	$(l_1+l_2, m_1+m_2, u_1+u_2)$
تفریق	A-B	$(l_1-u_2, m_1-m_2, l_2-u_2)$
ضرب	A*B	$(l_1*l_2, m_1*m_2, u_1*u_2)$
تقسیم	A/B	$(l_1/u_2, m_1/m_2, u_1/l_2)$
ضرب یک عدد مثبت در یک عدد فازی	K.A	$(kl_2, km_1, ku_1)$

فازی قادر است بهتر از فرایند تحلیل شبکه‌ای سنتی روند تصمیم‌گیری در ذهن انسان را شبیه‌سازی کند. از این رو در مرحله جمع‌آوری نظر خبرگان از گویه‌های بیانی ملموس و متداول در پرسشنامه مقایسات زوجی تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی فازی به جای نسبت‌های قطعی رایج در تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی سنتی استفاده شده است. پس از جمع‌آوری پاسخ‌های خبرگان در مقیاس ۹ تایی و در قالب پاره‌ای گویه-های زبانی، لازم است پاسخ‌های مذکور به مقیاسی با قابلیت تجزیه و تحلیل پاسخ‌ها برده شوند، زیرا انجام عملیات ریاضی بر روی متغیرهای بیانی کیفی غیر ممکن است. بنابراین متغیرهای بیانی باید به مقیاس‌های فازی تبدیل شوند. (حقیقت منفرد و رضایی ۱۳۹۰). در فرآیند مقایسه‌ی زوجی فرض می‌شود که تصمیم‌گیرنده توانایی انجام مقایسه هر دو معیار را داشته باشد و متناظر با آن یک ارزش عددی را برای این اهمیت نسبی در نظر گیرد. همان‌گونه که ذکر شد از روش فازی برای بیان ساده‌تر این ارجحیت‌ها استفاده می‌شود. بعنوان مثال اعداد فازی پیشنهاد شده توسط Lin (۲۰۰۹) برای استفاده از جواب پرسشنامه‌های مقایسات زوجی نظر خبره یا خبرگان در جدول ۶ ارائه شده است.

### ۲-۳- تکنیک دیمتل فازی

موسسه مموریا باتل روش دیمتل را در تحقیقی زیر نظر هسته تحقیق زنو ابداع کرد. از مدل اولیه دیمتل برای دستیابی به شیوه برخورد مناسب با پدیده‌های اختلاف بر انگیز در سطح جامعه جهانی استفاده شد. مزیت برتر این مدل در تجزیه و

اگر دو عدد فازی  $\tilde{A} = (l_1, m_1, u_1)$  را در نظر بگیریم، عملیات جبری زیر در مورد آن‌ها صادق است. در جدول ۵ برخی از عملیات محاسباتی فازی را نشان می‌دهد.

در تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی از متغیرهای زبانی استفاده می‌شود، بنابراین متغیرهای زبانی باید با استفاده از یکی از طیف‌های فازی به اعداد فازی تبدیل شوند.

### ۲-۱- طیف‌های فازی

در روش کلاسیک روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای که توسط ساعتی (۱۹۹۶) معرفی شد از فرد خبره خواسته می‌شود که با استفاده از اعداد و نسبت‌های دقیق به مقایسه زوجی مشخصه‌های هم سطح در یک ساختار شبکه‌ای بپردازد. (Saati, 1980) نسبت‌های ارائه شده توسط فرد خبره ماتریس مقایسات زوجی را تشکیل می‌دهد که با محاسبه ماتریس مقادیر ویژه آن، وزن هر کدام از مشخصه‌های هم سطح بدست می‌آید. تعداد زیادی از این نوع تصمیم‌گیری نادقیق و غیر قابل اطمینان است. Leung & Cao (۲۰۰۰) معتقدند از جمله دلایل دقت پائین روش سنتی مقایسات زوجی، آن است که از فرد خواسته می‌شود براساس درک خود از پدیده‌ها نسبتی دقیق به مقایسه زوجی آن‌ها اختصاص دهد و این در حالیکه درک فرد از پدیده در قالب عددی قطعی قابل بیان نیست، بلکه بازه‌ای از اعداد می‌تواند بهتر از عددی قطعی منعکس‌کننده درک فرد از اهمیت یک پدیده در قیاس با پدیده‌ای دیگر باشد. بنابراین فرایند تحلیل شبکه‌ای در حالت

برای سنجش ارتباط و تاثیرات میان معیارهای مورد بررسی، ابتدا ماتریس که شامل هدف و معیارها می باشد، طراحی شده که ارتباط میان آن‌ها مدنظر است. به این منظور پرسشنامه مقایسه زوجی طراحی گردیده است. برای سنجش میزان تاثیر عوامل از یک مقیاس پنج سطحی استفاده شده است که این سطوح و اعداد مثلثی متناظر با آن در جدول ۷ ارائه شده است که بر مبنای پیشنهاد لی در سال ۱۹۹۹ می باشد.

تحلیل روابط علی بین مجموعه ای از متغیرهاست ( Gabus, 1973). تکنیک مورد استفاده در این مقاله مبتنی بر روش استفاده توسط وو و لین در سال ۲۰۰۸ است، که مراحل آن در ادامه تشریح شده است.

مرحله اول : طراحی ماتریس تصمیم گیری

جدول ۶. اعداد فازی متناظر مقیاس‌های کلامی (Lin, 2009)

متغیر زمانی	عدد فازی	مقیاس عدد فازی مربوطه
یکسان	$\tilde{1}$	(۳، ۲، ۱)
بینابین	$\tilde{2}$	(۲، ۴، ۳)
اندکی مهم‌تر	$\tilde{3}$	(۲، ۳، ۴)
بینابین	$\tilde{4}$	(۳، ۴، ۵)
مهم‌تر	$\tilde{5}$	(۴، ۵، ۶)
بینابین	$\tilde{6}$	(۵، ۶، ۷)
بسیار مهم‌تر	$\tilde{7}$	(۶، ۷، ۸)
بینابین	$\tilde{8}$	(۷، ۸، ۹)
اکیداً مهم‌تر	$\tilde{9}$	(۷، ۹، ۹)

جدول ۷. سنجش میزان تاثیر عوامل

تاثیر متغیرها	عبارات کلامی	اعداد فازی مثلثی
کاملاً بی تاثیر		(۰، ۰، ۲۵)
با تاثیر پایین		(۰، ۲۵، ۵۰)
با تاثیر متوسط		(۰، ۲۵، ۷۵)
با تاثیر بالا		(۰، ۷۵، ۱۰۰)
با تاثیر خیلی بالا		(۰، ۷۵، ۱۰۰)

(ماتریس  $n \times n$ ) شکل می‌گیرد. سپس ماتریس میانگین برای تجمیع نظرهای خبرگان با استفاده از رابطه (۳) محاسبه می‌گردد.

مرحله دوم : محاسبه ماتریس فازی ارتباطات مستقیم پس از جمع آوری نظرهای خبرگان در خصوص میزان تاثیرگذاری عوامل بر یکدیگر ماتریس ارتباطات مستقیم (Z)

ماتریس اعداد فازی مثلثی هستند و با توجه به اعداد مثلثی فازی (۰، ۰، ۰) خواهد بود.

$$\tilde{Z} = \begin{bmatrix} 0 & \tilde{Z}_{12} & \dots & \tilde{Z}_{1n} \\ \tilde{Z}_{21} & 0 & 0 & \tilde{Z}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{Z}_{n1} & \tilde{Z}_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

در این مرحله ماتریس نرمالایزر شده ارتباطات مستقیم فازی را می توان بر اساس رابطه های (۶) و (۷) از ماتریس ارتباطات مستقیم فازی به دست آورد.

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{12} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{n1} & \tilde{x}_{n2} & \dots & \tilde{x}_{nn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{\tilde{Z}_{ij}}{r} = \left( \frac{l_{ij}}{r}, \frac{m_{ij}}{r}, \frac{u_{ij}}{r} \right) \quad (6)$$

$$r = \max_{1 \leq i \leq u} \left( \sum_{j=1}^n u_{ij} \right) \quad (7)$$

– (۱۲) کمک گرفته می شود. در این ماتریس I همان ماتریس یکه است.

$$\tilde{T} = \lim_{k \rightarrow \infty} (\tilde{X}^1 + \tilde{X}^2 + \dots + \tilde{X}^k) \quad (8)$$

$$[L''_{ij}] = X_1 \times (I - X_1)^{-1} \quad (9)$$

$$[mL''_{ij}] = X_m \times (I - X_m)^{-1} \quad (10)$$

$$[u''_{ij}] = X_u \times (I - X_u)^{-1} \quad (11)$$

ماتریس (R-D) که ماتریس ارتباط نامیده می شود، به دست می آید.

**مرحله ششم:** دی فازی نمودن ماتریس های ارتباطات کلی برای دی فازی نمودن ماتریس ارتباطات کلی از روش دی فازی CFCS استفاده شده است. روش CFCS توسط اپریکوویک و زنگ در سال ۲۰۰۳ پیشنهاد شده است که در این روش ماتریس متشکل از اعداد مثلثی فازی با استفاده از رابطه فازی شده و ماتریس که ماتریس ارتباطات نهایی قطعی است، حاصل می گردد. (Opricovic, S., & Tzeng, G. H., 2003)

$$\tilde{Z} = \frac{(\tilde{Z}^1 \oplus \tilde{Z}^2 \oplus \dots \oplus \tilde{Z}^P)}{P} \quad (3)$$

میانگین هر ماتریس، ماتریس  $\tilde{Z}$  که ماتریس فازی ارتباطات مستقیم نامیده می شود، به دست می آید. در این

**مرحله سوم:** نرمالایزر نمودن ماتریس ارتباطات مستقیم فازی

**مرحله چهارم:** محاسبه ماتریس ارتباطات کلی فازی

این ماتریس با  $\tilde{T}$  نمایش داده می شود و درایه های آن بصورت فازی هستند. به منظور محاسبه این ماتریس از رابطه های (۱۰)

**مرحله پنجم:** ترسیم نمودار علی

در این مرحله مجموع سطرها و ستون های ماتریس محاسبه می گردد. در صورتی که مجموع سطرها و ستون ها را به ترتیب ماتریس های D و R بنامیم، بیشترین مجموع ردیفی D نشان دهنده ترتیب معیارهایی است که قویا بر عناصر دیگر نفوذ دارند، و بیشترین مجموع ستونی R نشان دهنده ترتیب معیارهایی است که تحت نفوذ واقع می شوند. از جمع این دو ماتریس (R + D) که ماتریس برتری و از تفاضل آن ها



$$l = \min(l_k); R = \max(u_k); k = 1, 2, \dots, n; \Delta = R - L \quad (12)$$

$$\tilde{N}_k^{def} = L + \Delta \times \frac{(m-l)(\Delta+u-m)^2(R-l) + (u-l)^2(\Delta+m-l)^2}{(\Delta+m-l)(\Delta+u-m)^2(R-l) + (u-l)(\Delta+m-l)^2(\Delta=u-m)} \quad (13)$$

#### مرحله دوم - تشکیل ماتریس های مقایسه زوجی

از آنجا که کارشناسان تمایل دارند ترجیحات خود را به صورت عبارات زبان طبیعی خود مشخص کنند، متغیر زبانی فازی، که مقدار آن نشان دهنده طیف وسیعی از زبان های طبیعی تا مصنوعی است، متغیری است که جنبه های مختلفی از زبان انسان را منعکس می کند. همانطور که در جدول ۵ نشان داده شده است، این مقیاس ۹- نقطه ای برای اهمیت نسبی مقایسات زوجی ارائه شده است. (Zhou et al, 2012).

#### مرحله سوم - محاسبه سوپر ماتریس غیر موزون

در این مرحله با استفاده از اوزان بدست آمده در مرحله قبل سوپر ماتریس غیر موزون بر اساس وابستگی در شبکه ساخته می شود. در واقع سوپر ماتریس یک ماتریس تقسیم شده است که در آن هر ماتریس فرعی از مجموعه ای از روابط بین (شاخص ها) معیار ها و گزینه ها در مدل گرافیکی تشکیل شده است. در این گام، تشکیل سوپر ماتریس و تعیین اوزان نهایی برای پارامترهای میزان تماس، شدت پیامد و احتمال وقوع برای هر یک از منابع ریسک انجام می پذیرد. پس از انجام محاسبات مقایسات زوجی مرحله قبل در این مرحله لازم است تا ماتریس غیر موزون و بعد ماتریس حدی روش تحلیل شبکه ای بدست آید تا در تشکیل ابرماتریس (سوپر ماتریس نهایی) اوزان نهایی سه پارامتر شدت پیامد (C)، میزان مواجهه (E) و احتمال وقوع (P) محاسبه گردد. سوپر ماتریس استفاده شده برای مدل پیشنهادی به صورت رابطه ۸ خواهد بود که اگر در مسئله مورد مطالعه وابستگی داخلی بین معیارها (منبع خطرساز) وجود نداشته باشد،  $W_{22} = 0$  خواهد بود.

#### مرحله هفتم: محاسبه ماتریس ارتباطات درونی

بر اساس ماتریس ارتباطات کلی نمودار علی ماتریس ارتباطات درونی محاسبه می گردد. با نرمالیزه نمودن ستونی ماتریس ارتباطات درونی به دست می آید. وزن های این جداول بصورت مستقیم در سوپر ماتریس ناموزون ANP استفاده می شود.

#### ۲-۴- ساختار مدل تصمیم گیری چند معیاره تحلیل

##### شبکه ای فازی (FANP)

یکی از روش های پر کاربرد در تصمیم گیری های چند معیاره، فرآیند تحلیل شبکه ای ANP است. این روش گسترش یافته ی شبکه AHP است. در مسائلی که وابستگی ها دو طرفه باشند، مسئله از گونه ی سلسله مراتبی خارج شده و تشکیل یک شبکه یا سیستم غیر خطی را می دهد که دیگر نمی توان قوانین و فرمول های روش AHP را به کار برد. در این گونه موارد برای محاسبه ی وزن عناصر باید از روش ANP که توسط ساعتی در سال ۱۹۹۴ پیشنهاد شده است، استفاده نمود.

#### مرحله اول - ساخت مدل شبکه

فرض کنید سیستم از N جزء تشکیل شده است و عناصری که در هر خوشه هستند از همه و یا برخی از عناصر خوشه های دیگر اثر می پذیرند و یا روی آن ها اثر می گذارند. البته این اثر پذیری یا اثر گذاری باید با توجه به ویژگی هایی که تعاملات کل سیستم را کنترل می کند (معیارهای کنترل) مورد بررسی قرار گیرد. (Kon, and Buke, 2007)

در این مرحله یک ساختار شبکه و لیست رابطه وابستگی متقابل شکست با توجه به نمودار علی و جدول نهایی روش دیمتل بدست می آوریم.

جدول ۸. مقیاس‌های زبانی برای اهمیت نسبی (Zhou, 2012)

مقیاس معکوس فازی مثلثی	مقیاس فازی مثلثی	مقیاس زبانی برای اهمیت
(۱, ۱, ۱)	(۱, ۱, ۱)	به همان اندازه مهم (EI)
(۱/۳, ۱/۲, ۱)	(۱, ۲, ۳)	متوسط ۱ (IM <sub>1</sub> )
(۱/۴, ۱/۳, ۱/۲)	(۲, ۳, ۴)	نسبتاً مهم (MI)
(۱/۵, ۱/۴, ۱/۳)	(۳, ۴, ۵)	متوسط ۲ (IM <sub>2</sub> )
(۱/۶, ۱/۵, ۱/۴)	(۴, ۵, ۶)	مهم (I)
(۱/۷, ۱/۶, ۱/۵)	(۵, ۶, ۷)	متوسط ۳ (IM <sub>3</sub> )
(۱/۸, ۱/۷, ۱/۶)	(۶, ۷, ۸)	بسیار مهم (VI)
(۱/۹, ۱/۸, ۱/۷)	(۷, ۸, ۹)	متوسط ۴ (IM <sub>4</sub> )
(۱/۹, ۱/۹, ۱/۹)	(۹, ۹, ۹)	کاملاً مهم (AI)

$$W = \begin{matrix} \text{Goal} \\ \text{Criteria} \\ \text{Alternative} \end{matrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ W_{21} & W_{22} & W_{23} \\ 0 & W_{32} & I \end{bmatrix}$$

جمع احتمالی همه وضعیتها معادل یک است. (Saaty, 1999)

#### مرحله پنجم - بدست آوردن سوپر ماتریس حدی

در این مرحله سوپر ماتریس وزن دهی مرحله قبل طبق رابطه به توان حدی می‌رسد تا عناصر ماتریس همگرا شده و مقادیرسطری آن باهم برابر شوند. براساس ماتریس بدست آمده، بردار وزن عمومی مشخص می‌شود.

$$\bar{W} = \lim_{t \rightarrow \infty} W^t \quad (14)$$

#### مرحله ششم - محاسبه وزن نهایی

در آخرین مرحله با ضرب وزن خوشه‌ها (اهمیت معیارهای اصلی و زیر معیارها) در سوپر ماتریس حدی، وزن نهایی معیارها محاسبه می‌شود.

۲-۴- ساختار کلی مدل پیشنهادی WILLIAM FINE  
-FDEMATEL - FANP

در سطر اول سوپر ماتریس هدف مسئله که تعیین اولویت ریسک‌زایی می‌باشد و در سطر دوم معیارهای مسئله که منابع خطرآفرین و در سطر سوم گزینه‌های مسئله که سه پارامتر اصلی شدت پیامد، احتمال وقوع و میزان مواجهه، قرار می‌گیرد. سوپر ماتریس خود از ۴ ماتریس  $W_{21}, W_{22}, W_{23}, W_{32}$  تشکیل شده است که هر یک از این ماتریس‌ها در واقع اوزان بدست آمده از وزن‌های نسبی ماتریس مقایسات زوجی گام قبلی می‌باشند.

#### مرحله چهارم - محاسبه سوپر ماتریس وزن دهی شده

درواقع ستون‌های سوپر ماتریس مرحله قبل از چند بردار ویژه تشکیل می‌شود که جمع هر کدام از بردارها برابریک است. بنابراین این امکان وجود دارد که جمع هر ستون سوپر ماتریس غیر موزون بیش از یک باشد. در نتیجه ماتریس وزن دهی شده ای بدست می‌آید که جمع هر یک از ستون‌های آن برابر یک خواهد بود. این موضوع به زنجیره مارکوف معروف است که

حل شده است و سپس وزن نهایی نرمالیزه شده با استفاده از رابطه ۱۵ در رابطه ۱۶ برای بدست آوردن نمره ریسک جدید قرار داده خواهد شد.

$$W_{\text{normal}} = \frac{3 \times W_{C,E,P}}{\sum W_{C,E,P}}$$

$$R = W_C * C \times W_E * E \times W_P * P$$

به منظور تعیین الگوی مسئله مورد بحث در این پژوهش، حل مدل در سه مرحله کلی ذکر شده یعنی ابتدا بکارگیری مدل در روش ویلیام فاین و دوم بکارگیری مدل در روش دیمتل فازی و سوم بکارگیری مدل در روش تحلیل شبکه ای فازی (۱۵)

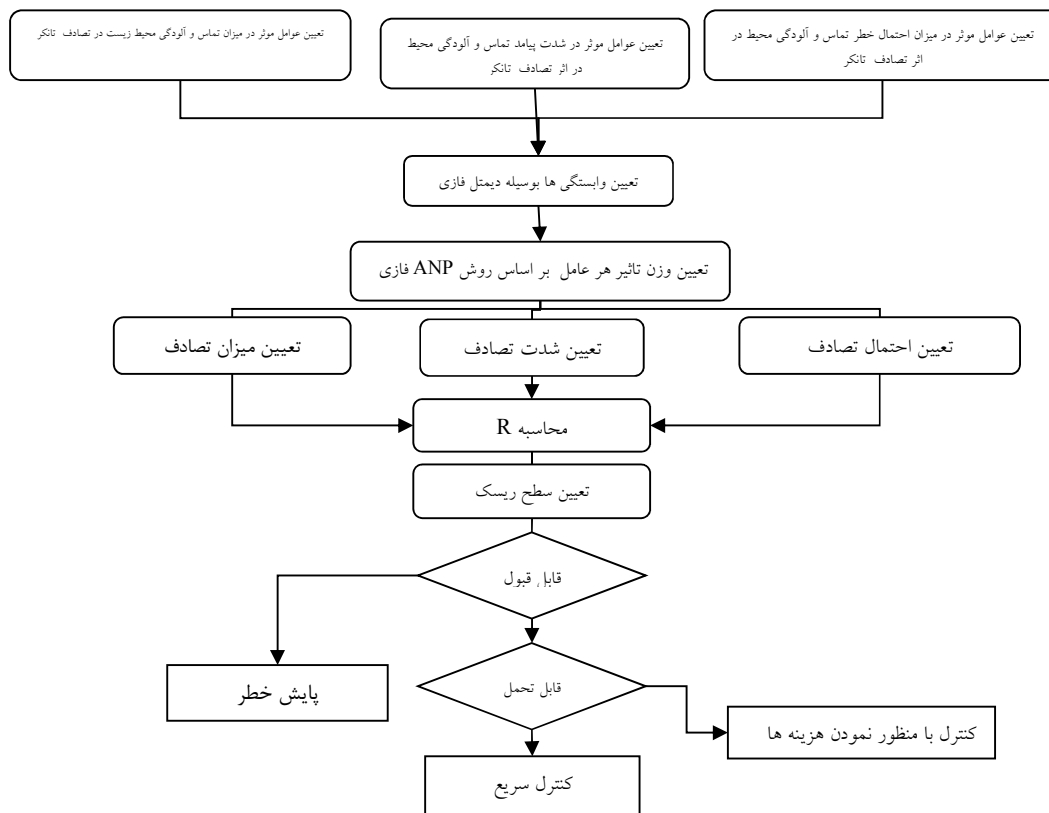
(۱۵)

(۱۶)

### ۳- یافته‌ها

تعیین شده و با استفاده از روش تصمیم گیری تحلیل شبکه‌ای (ANP) با استفاده از کارشناسان خبره وزن‌دهی گردیده و مدل مفهومی آن تعریف شد که الگوریتم آن در شکل ۱ ارائه شده است.

ارزیابی ریسک زیست محیطی شامل شناسایی محیط زیست تحت تاثیر، ارزیابی اجزاء مهم اکولوژیکی با در نظر گرفتن حساسیت‌های زیست محیطی، تخمین کمیت ریسک با مقایسه معیارهای موجود و اقدامات کاهش ریسک می باشد. در این مطالعه در قدم اول تمامی عوامل موثر در ریسک محیط زیست ناشی از حمل و نقل فرآورده های نفتی از انبار نفت تا مقصد



شکل ۱. الگوریتم مدیریت ریسک

با استفاده از منطق WILLIAM FINE مدل نهایی تعیین گردید. قرار گرفته شد. به منظور ارزیابی و تصمیم گیری از جدول ۱ با استفاده از مدل نهایی بدست آمده مسیر حمل مورد ارزیابی استفاده شد.

جدول ۱. طبقه بندی ریسک بر اساس میزان پذیرش

میزان ریسک	طبقه بندی ریسک
۱-۱۰۰	ریسک بالا
۱۰۰-۲۰۰	ریسک متوسط
۲۰۰-۱۰۰۰	ریسک کم

وجود دارد به دو دسته معیار های ترافیکی و معیارهای ایمنی تقسیم گردید؛ معیارهای ترافیکی که شامل عوامل موثر بر خطرات برای انسان ها و محیط زیست هستند عبارتند از، ترافیک مسیر (سرعت عبور و مرور)، تراکم مسیر (تعداد خودروی عبوری)، تعداد سرویس ساعت راننده، میزان تصادفات (تعداد تصادفات در یک سال)، وضعیت روسازی مسیر (سطح جاده که به سه دسته آسفالت نو، آسفالت کهنه، خاکی) نوع فرآورده، محیط اطراف مسیر تردد (مسکونی، عوارض کشاورزی، عوارض محیط زیستی، بیابان و کویر)، موقعیت مقصد (خارج از شهر/داخل شهر)، نوع جاده (که شامل؛ جاده دوطرفه، بزرگراه، اتوبان، کوهستانی)، احتمال تماس راننده با فرآورده که آموزش فرد اهمیت زیادی دارد، قدمت تانکر، شرایط جوی منطقه و فاصله از منابع آب. معیارهای ایمنی شامل وجود وجود سیستم مانع از پخش فرآورده در حوادث و سیستم های کنترلی ترافیکی، وجود پلیس ترافیکی، وجود دوربین، وجود گاردریل، وجود تیم امداد، وجود سیستم کنترل GPS می باشند. سری جدول ۲ الف، ب و ج، پارامتر های موثر در ریسک زیست محیطی حمل و نقل فرآورده های نفتی را نشان می دهد.

مطابق با جدول ۱ به منظور تصمیم گیری در خصوص تعیین سطح ریسک میزان R در سه سطح بالا (۱۵۰۰-۲۰۰۰) قابل تحمل (۱۹۹۹-۹۰) و غیر قابل تحمل (۸۹-۰) تعریف شده است. برای ارزیابی بهتر و تعیین مسیرهای ایمن از نرم افزار GIS استفاده شده است. محدوده مورد مطالعه منطقه انبار نفت اصفهان که یکی از بزرگترین انبارهای نفت در ایران می باشد انتخاب گردید. ارزیابی در مسیر انتقال فرآورده از انبار نفت شاهین شهر اصفهان تا سمیرم که مسیر پر ترافیک با عوارض جاده ای پیچیده است انجام گرفت. مهمترین فرآورده های نفتی که توسط تانکرها حمل می شوند عبارتند از گاز مایع، بنزین، نفت سفید، حلال های پایه بنزینی، حلال های پایه نفتی، نفت گاز، نفت کوره، نفت خام، متیل تری بوتیل اتان (MTBE) که میزان TLV آنها اهمیت ویژه ای دارد. جهت ارزیابی ریسک زیست محیطی در این مطالعه، ابتدا محدوده مورد مطالعه با توجه به مسیر تانکر نفتکش و نقشه های موجود ارزیابی گردید. جهت این کار نقشه شرکت پخش فرآورده های نفتی که حاوی نواحی و مراکز پخش فرآورده های نفتی و مسیرهای تردد تانکر بود به عنوان نقشه پایه مطالعاتی تهیه و سپس محدوده مورد نظر در آن مشخص گردید. معیارها و پارامترهای مختلفی در ارزیابی و مدیریت ریسک پخش فرآورده های نفتی

جدول ۲- الف. پارامتر های موثر در شدت ریسک زیست محیطی حمل و نقل فرآورده های نفتی و میزان وزن آنها

شدت اثر					
ردیف	تعریف پارامتر موثر بر ریسک خطرات زیست محیطی	وزن	پارامتر	وزن	WILLIAM FINE
۱	نوع فرآورده براساس TLV (E1-1)	۰,۱۵	بنزین	۰,۰۳	۰,۳
			حلال	۰,۰۴۳	۰,۴۳
			MTBE	۰,۰۴۳	۰,۴۳
			نفت	۰,۰۲۴	۰,۲۴
			نفت کوره	۰,۰۱	۰,۱
	جمع کل				۱,۵
۲	عوارض محیط اطراف (E1-2)	۰,۲۳	مسکونی	۰,۰۶	۰,۶
			محیط زیستی	۰,۰۵	۰,۵

۰,۷۵	۰,۰۷۵	کشاورزی			
۰,۳۳	۰,۰۳۳	بیابان			
۰,۱۲	۰,۰۱۲	کویر			
۲,۳		جمع کل			
۱,۵	۰,۱۵	تماس فرد	۰,۱۵	میزان تماس فرد با ماده نفتی	۳
۱,۵		جمع کل			
۱,۳	۰,۱۳	رودخانه	۰,۲۵	نزدیکی به منابع آب (E1-4)	۴
۰,۵	۰,۰۵	چشمه			
۰,۷	۰,۰۷	آبهای زیرزمینی			
۲,۵		جمع کل			
۰,۳	۰,۰۳	خارج از شهر	۰,۱۲	موقعیت مقصد	۵
۰,۹	۰,۰۹	داخل شهر			
۱,۲		جمع کل			

جدول ۲-ب. پارامترهای موثر در احتمال بروز ریسک زیست محیطی حمل و نقل فراوردههای نفتی

احتمال بروز خطر					
ردیف	تعریف پارامتر موثر بر ریسک خطرات زیست محیطی	وزن	پارامتر	وزن	WILLIAM FINE
۱	بار ترافیکی بالا	۰,۱۲۵	بار ترافیکی	۰,۱۲۵	۱,۲۵
			جمع کل		۱,۲۵
۲	دانسیته ترافیکی بالا	۰,۰۵	دانسیته ترافیکی	۰,۰۵	۰,۵
			جمع کل		۰,۵
۳	کیفیت جاده (وضعیت سطح جاده)	۰,۱۲	آسفالت نو	۰,۰۲	۰,۲
			آسفالت کهنه	۰,۰۳	۰,۳
			خاکی	۰,۰۷	۰,۷
			جمع کل		۱,۲
۴	نوع جاده	۰,۱۵	اتوبان	۰,۰۱	۰,۱
			بزرگراه	۰,۰۳	۰,۳
			دوطرفه	۰,۰۴	۰,۰۴
			کوهستانی	۰,۰۷	۰,۰۷
			جمع کل		۱,۵
۵	احتمال تماس راننده تانکریا فرآورده	۰,۲	آموزش	۰,۲	۲
			جمع کل		۲
۶	نوع تانکر	۰,۱۵۵	قدمت تانکر	۰,۱۵۵	۱,۵۵
			جمع کل		۱,۵۵
۷	شرایط جوی	۰,۱۳	آب و هوا	۰,۱	۱,۰
			جمع کل		۱,۰

جدول ۲-ج. پارامترهای موثر در میزان تماس ریسک زیست محیطی حمل و نقل فرآورده‌های نفتی

عامل تماس خطر					
ردیف	تعریف پارامتر موثر بر ریسک خطرات زیست محیطی	وزن	پارامتر	وزن	WILLIAM FINE
۱	کنترل پخش مواد در تصادف	۰,۱۵	تماس راننده	۰,۱۵	۱,۵
			جمع کل		۱,۵
۲	نبود سیستم محدودکننده و کنترل‌ها	۰,۴۵	وجود پلیس	۰,۱۳	۱,۳
			محدودیت سرعت	۰,۱	۱
			کنترل تانکر	۰,۱۷	۱,۷
			علائم هشدار دهنده	۰,۰۵	۰,۵
			جمع کل		۴,۵
۳	نبود دوربین و کنترل نامحسوس	۰,۱۵	وجود دوربین	۰,۱۵	۱,۵
			جمع کل		۱,۵
۴	نبود گاردریل	۰,۰۵	وجود گاردریل	۰,۰۵	۰,۵
			جمع کل		۰,۵
۵	نبود اکیپ امداد در جاده	۰,۰۵	تیم هلال احمر	۰,۰۵	۰,۵
			جمع کل		۰,۵
۶	عدم اجبار در نصب سیستم GPS روی تانکر	۰,۰۵	نصب GPS	۰,۰۵	۰,۵
			جمع کل		۰,۵

اقلیم شناسی (بارندگی، درجه حرارت، رطوبت نسبی، تبخیر، ساعات آفتابی، باد و طبقه اقلیمی)، منابع آب سطحی و زیرزمینی، زمین‌شناسی و ساختار توپوگرافی، وضعیت لرزه خیزی، خاک‌شناسی و فرسایش خاک، پوشش گیاهی و رویشگاه‌ها، حیات وحش جانوری و گونه‌های حساس گیاهی و جانوری مورد بررسی و پردازش قرار گرفته است. سپس به جهت اهمیت نوع فرآورده قابل حمل در محاسبه میزان ریسک، ترکیب شیمیایی سایر فرآورده‌ها (MSDS) و نظارت ایمنی و زیست محیطی برخورد با این موارد نیز لحاظ گردیده است.

همانطور که در محاسبات فوق مشخص است تمامی پارامترهایی که دارای زیر مجموعه ای بیش از ۲ پارامتر می‌باشند، توسط روش ANP تعیین وزن گردیده است. این مسئله مزیت ANP را نسبت به سایر روش‌های MCDM در کاربرد ریسک در تعیین ضرایب اثر گذار بیان می‌کند. محدوده مورد مطالعه مسیر تردد تانکر نفتکش از محل بارگیری در شرکت پخش فرآورده‌های نفتی در شهر شاهین شهر اصفهان آغاز و به شهر سمیرم ختم می‌شود شکل ۲ نقشه منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. پس از تعیین محدوده مورد مطالعه اطلاعات مربوط به وضعیت موجود محیط زیست از جمله اطلاعات مربوط به هوا و



شکل ۲. نقشه محدوده مورد مطالعه

بر اساس روش WILLIAM FINE میزان نمره ریسک بر اساس معادله ۱۶ محاسبه می‌گردد .

#### ۴- بحث

های مورد ارزیابی ریسک در ۸ منطقه به تفکیک مورد ارزیابی قرار گرفته است و تمامی ضریب هایی که مربوط به هر عامل اثر گذار است در هر منطقه بررسی و ضرایب آن اعمال گردیده است. براساس مدل ارائه شده و مشخصات مناطق مورد مطالعه نحوه محاسبه میزان ریسک زیست محیطی در جدول ۴ نشان داده شده است. قابل ذکر است که سیستم کنترلی تماس راننده با فرآورده در اثر پخش فرآورده در زمان تصادف وجود نداشته و فرد می تواند با حجم بالایی از ماده تماس حاصل نماید.

مطابق نقشه‌های منطقه مورد مطالعه، معیارها و مشخصه‌های مختلف جهت تعیین محدوده مورد مطالعه در نظر گرفته شده است. در محدوده مورد مطالعه مناطق مختلف دارای ویژگی های متفاوت و منحصر به فردی هستند، به همین جهت محدوده مورد مطالعه به ۸ منطقه تقسیم شده است. تقسیم‌بندی مناطق بر اساس مشخصات و عوارضشان سبب افزایش دقت مطالعات و نتایج نهایی نیز خواهد شد. تقسیم بندی مسیر مورد مطالعه در ۸ منطقه و مشخصات آن در جدول ۳ بیان گردیده است. همانطور که در جدول ۳ مشخص است تمامی شاخص

جدول ۳. تقسیم بندی مسیر مورد مطالعه و مشخصات آن

منطقه	مسیر	مشخصات
۱	انبار نفت شاهین شهر - شهر بهارستان	این منطقه دارای مسیر اتوبان دو بانده و با بار ترافیکی بالا می باشد. سرتاسر مسیر دارای کاربری کشاورزی و مسکونی می باشد. همچنین به دلیل مسکونی بودن منطقه دائما عبور عابر پیاده از جاده صورت می گیرد.
۲	شهر بهارستان - شهر افتخاریه	مسیر عبوری از این منطقه اتوبان دو بانده و با بار ترافیکی بالا می باشد. اراضی این منطقه نیز دارای کاربری کشاورزی و مسکونی می باشند. همچنین منطقه حفاظت شده کلاه قاضی نیز در نزدیکی این منطقه واقع شده است. وجود پلیس راه و کنترل نامحسوس به میزان زیادی از حوادث این مسیر کاسته است.
۳	شهر افتخاریه - کمربندی شهر رضا	مسیر عبوری از این منطقه اتوبان دو بانده و با بار ترافیکی بالا می باشد. اراضی حاشیه جاده این مسیر دارای کاربری کشاورزی و مسکونی می باشند. وجود دوربین و کنترل نامحسوس به میزان زیادی در کاهش حوادث جاده ای موثر بوده است.
۴	کمربندی شهر رضا	این مسیر اتوبان دو بانده می باشد که بوسیله دوربین و کنترل نامحسوس کنترل می شود.
۵	کمر بندی شهر رضا - شهر کهرویه	این مسیر اتوبان دو بانده است. اراضی حاشیه دارای کاربری کشاورزی و مسکونی می باشند.
۶	شهر کهرویه - روستای دولت قرین	این مسیر اتوبان دو بانده است که قسمتی از آن گردنه می باشد. اراضی این محدوده نیز دارای کاربری کشاورزی و مسکونی می باشند. این منطقه در زمستان برف گیر است.
۷	روستای دولت قرین - شهر سمیرم	این مسیر دارای گردنه و شیب زیاد می باشد. اراضی این منطقه دارای کاربری کشاورزی و

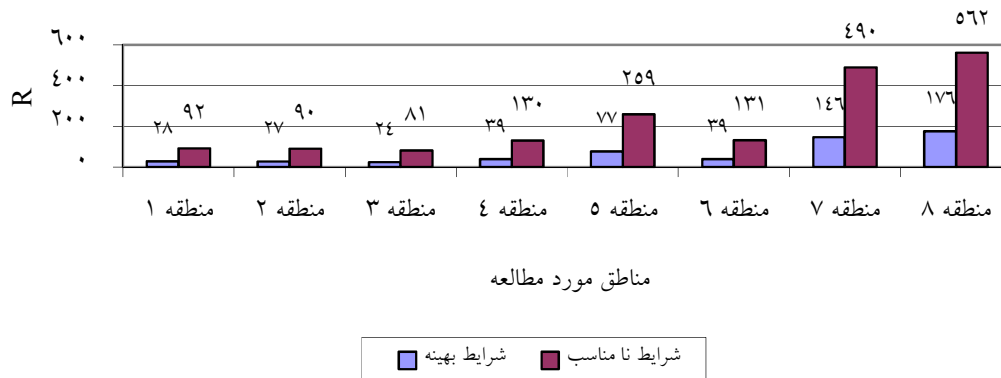
مسکونی می باشند. رودخانه سولگان از مسیر که اتوبان دوبانده است، عبور می کند. وجود ایستگاه پلیس در این منطقه سبب کاهش حوادث رانندگی شده است. همچنین به دلیل مسکونی بودن منطقه، عبور عابرین پیاده از مسیر دائما صورت می گیرد.		
داخل شهر و منطقه مسکونی این مسیر، خیابان های داخلی شهر سمیرم را شامل می شود که دارای شیب نیز می باشد.	داخل شهر سمیرم	۸

با توجه به نتایج بدست آمده از این بخش تحقیق با استفاده از نرم افزار GIS برای ارزیابی بهتر و مدیریت ریسک نتایج بصورت گرافیکی ارائه گردید. در این خصوص با استفاده از بافر بندی ریسک مناطق در Arc-view و نرم افزار GIS مقادیر ریسک در هر منطقه تعریف گردید که نتایج آن در شکل ۴ نشان داده شده است.

تمام محاسبات بر اساس این فرضیه ها بوده است که ماشین ها سالم و راننده آنها از سلامت جسمی و روانی مناسبی برخوردار می باشند و شرایط آب و هوایی مناسب می باشد. برای مقایسه بدترین شرایط (ماشین ها نا سالم، راننده بدون صلاحیت لازم و در شرایط آب و هوایی بد) با شرایط مناسب با پیش فرض های یاد شده نتایج بدست آمده در شکل ۳ ارائه گردیده است.

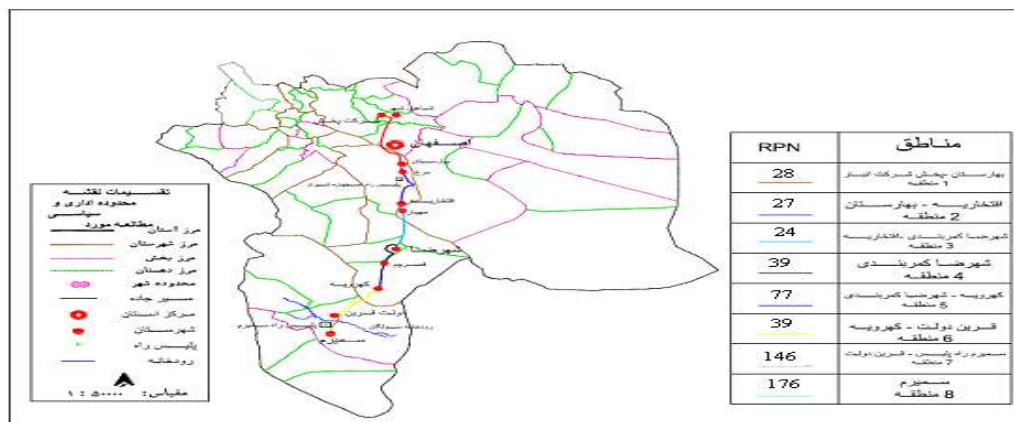
جدول ۴: میزان شاخص های ریسک بر اساس روش WILLIAM FINE و اطلاعات جدول ۳

منطقه	C	E	P	R
۱	۳,۲	۲,۱۵	۴	۲۷,۵
۲	۵	۲,۱۵	۲,۵	۲۷
۳	۴,۵	۲,۱۵	۲,۵	۲۴,۲
۴	۴,۵	۲,۱۵	۴	۳۸,۷
۵	۴,۵	۲,۱۵	۸	۷۷,۴
۶	۳,۶۵	۲,۱۵	۵	۳۹,۲
۷	۸,۵	۲,۱۵	۸	۱۴۶,۲
۸	۸,۵	۲,۳	۹	۱۷۶



شکل ۳: میزان ریسک مناطق در تکنیک WILLIAM FINE





شکل ۴. میزان ریسک در مناطق مورد مطالعه

نموده‌اند (Nouri J, et al, 2011). در مقاله‌ای که Khadam و Kalurachchi در سال ۲۰۰۳ ارائه نموده‌اند به ارزیابی ریسک آلودگی‌های خاک بر اساس فرآورده‌های نفتی اشاره شده که در این مقاله به استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند متغیره در ارتباط با کنترل ریسک‌های آلودگی خاک اشاره شده است. نتایج ارائه شده و تحلیل آنها با نتایجی که در این تحقیق در بخش متدولوژی ریسک ارائه گردیده است همسان می‌باشد (Khadam IM, Kalurachchi JJ. 2003). در همین رابطه Singh و Makeset نیز اشاره به کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری در ارزیابی و مدیریت ریسک نموده‌اند. (Singh M, Make set T., 2009).

#### ۵- نتیجه‌گیری

در قدم اول لازم به ذکر است که این تحقیق ریسک بهداشت شغلی راننده تانکر در شرایط تصادف را با ریسک محیط زیست تلفیق نموده که از نقاط قوت آن می‌باشد. با این شرایط می‌توان اهمیت کنترل حوادث تانکرها را فقط به لحاظ سیاسی و اجتماعی دید بلکه به جهت خطرات تماس و بهداشت حرفه ای و محیط زیست و بهداشت محیط نیز مورد ارزیابی قرار داد. با مقایسه نتایج ارائه شده در شکل ۳ مشخص می‌شود که شرایط راننده و خودرو نقش بالایی را در میزان ریسک حمل و نقل مواد خطرناک دارد. این مسئله بیان‌کننده الزام در ارزیابی و کنترل وضعیت تانکرها و راننده‌ها در حمل و نقل مواد خطرناک می‌باشد. عدم استفاده از تانکرهای قدیمی و راننده‌های نا

همانطور که نتایج نشان می‌دهد، میزان ریسک برای مناطق مختلف تردد تانکرهای نفتکش بجز دو منطقه‌ای که در حومه شهر و یا در داخل شهر بوده و کنترل پلیس ترافیکی به حداقل می‌رسد قابل قبول می‌باشد. از جمله دلایل عمده‌ای که منجر به بالا بودن میزان ریسک در دو منطقه ۷ و ۸ می‌باشد، می‌توان به عدم وجود پلیس راه و کنترل نامحسوس، وجود افراد پیاده و احتمال بالای تصادف در این مناطق یاد نمود. مناطق ۷ و ۸ در شرایط غیر قابل قبول قرار دارد، از این رو نیاز به بررسی منطقه و اصلاح عوامل زمینه‌ساز وقوع حادثه احساس می‌شود. در صورتیکه شرایط تانکر و راننده نامناسب فرض شود تقریباً در اکثر مناطق میزان ریسک متوسط و در مناطق ۷ و ۸ کم می‌باشد. گرچه تا کنون تحقیقات کمتری در مورد ارزیابی و مدیریت ریسک تردد تانکرهای نفتکش و حمل فرآورده‌ای نفتی صورت گرفته است، ولی Lindsay در تحقیقات خود از روش تجزیه و تحلیل حالات خرابی استفاده کرده و بر انعطاف پذیری این روش جهت ارزیابی ریسک تاکید ورزیده‌اند. در این مقاله به تاثیر عوامل مختلف محیطی در ارزیابی ریسک پروژه‌ها اشاره نموده است و ارزیابی شرایط محیطی را بعنوان یک الزام در ارزیابی ریسک پروژه‌ها بیان نموده‌اند (Lindsay FD., 1992). همچنین Nori و همکاران در تحقیقات خود در سال ۲۰۱۰ راجع به ارزیابی ریسک پمپ بنزین‌ها نیز از روش تجزیه و تحلیل حالات خرابی استفاده کرده‌اند. در این مقاله به الزام وجود یک منطق MCDM از ارزیابی ریسک برای جلوگیری از تاثیر نظرات شخصی ارزیابی‌ها در میزان ریسک و تصمیم‌گیری مدیریت ریسک و اولویت بندی اقدامات اشاره

- Demidova O, Cherp A., (2005), "Risk Assessment for improved treatment of health consideration in EIA". *J Environ Impact Assess review* 25: pp.411-429.
- Edujee GH. (2000), "Trends in Risk Assessment and Risk Management". *The Sci the total Environ* 249: pp.13-23.
- Gabus, A., & Fontela, E. (1973), "Perceptions of the World Problematique: Communication Procedure, Communicating with that Bearing Collective Responsibility (DEMATEL Report No. 1). Switzerland, Geneva: Battelle Geneva Research Centre.
- Gogus O., Boucher T.O. (1998), "Strong transitivity, rationality and weak monotonicity in fuzzy pairwise comparisons, Fuzzy Sets and Systems", 94.
- ISO/IEC Guide 73: (2002), "Risk management - Vocabulary- Guidelines for use in standards".
- Khadam IM, Kalurachchi JJ. (2003), "Multi-Criteria decision analysis with probabilistic Risk Assessment for the Management of contaminated ground water". *J Environ Impact Assess Review* 23: pp.683-721.
- Khan FI, Abbasi SA., (2004), "TORAP- a new tool for conducting rapid risk assessment in petroleum refineries and petrochemical industries". *J App Energy* 65: pp.187-210.
- Kon, and Buke, (2007), "An analytical network process (ANP) evaluation of alternative fuels for electricity generation in Turkey", *Energy policy*, 37, pp.5220-5228.
- Leung, L.C., D., Cao, (2000), "On consistency and ranking of alternatives in fuzzy AHP", *European Journal of Operational Research*, Vol. 124, pp. 102-113.
- Lin, H. F. (2009), "An application of fuzzy AHP for evaluating course website quality. *Computers & Education*.
- Lindsay FD., (1992), "Successful Health and Safety Management the contribution of Management Audit. *J Safety Sci* 15: pp.387-402.
- سالم و آموزش ندیده از مواردی است که در مدیریت ریسک حمل و نقل مواد خطرناک باید به آن توجه ویژه‌ای داشت. نتایج این مطالعه نشان داد که در نهایت انتقال انبارهای نفت از داخل شهر به خارج از شهر و کنترل دقیق و سختگیرانه صلاحیت راننده و تانکر حمل فرآورده نفت توسط پلیس و آموزش و آشنا سازی پلیس با اصول ممیزی ایمنی تانکرها از مواردی است که می‌تواند در کاهش میزان ریسک آلودگی‌های محیط زیست ناشی از حمل فرآورده‌های نفتی توسط تانکرها به آن اشاره نمود.
- ### ۶- مراجع
- حقیقت منفرد، ج. رضایی، الف. (۱۳۹۰). "ارائه مدل ارزیابی عملکرد هوش تجاری بر مبنای فرآیند تحلیل شبکه فازی". *مجله مدیریت بهره‌وری*، شماره ۱۶ ISC-۳۲. ص. ۷-۳۸.
- مهدی غضنفری، رضایی، م. (۱۳۸۹). "نظریه مجموعه‌های فازی، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران"، تاریخ انتشار، چاپ دوم.
- Aven t. (2009), "Safety is the antonym of Risk for some perspective of Risk". *J Safety Sci*; 47: pp.925-939.
- Azar A., Nahavandi B., Rajab-Zadeh A., (2007), "Planning and improving the quality performance expansion by using fuzzy analytic network process and goal programming, *Humanity Science Quarterly*, 4, pp.31-67.
- Bellman, R. E., Zadeh, L. A. (1970), "Decision making in a fuzzy Environment" *management science*, B-141 - B-164.
- Chen Z, Huang GH, Chahma A., (2000), "Risk Assessment of a Petroleum-Contaminated site through a multi-phase and multi-Component modelling approach". *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 26: pp.273-281.
- DaneshShakib M., Fazli S., (2009), Differentiate of successful and unsuccessful companies by using compound method (FAHP- TOPSIS) in Tehran's Stock Exchange, *Iran's Managing Sciences Quarterly*, 15, pp.87-115.

- Fuzziness And Knowledge-Based Systems, 11(5), pp.635–652.
- Saaty, T.L. (1980), "The Analytic Hierarchy, Process. McGraw-Hill, New York.
- Shabanzadeh DM, Sørensen LT, Jørgensen T: A Prediction Rule for Risk Stratification of Incidentally Discovered Gallstones: Results From a Large Cohort Study. *Gastroenterology*; 150(1): pp.156–167.
- Singh M, Makeset T., (2009), "A methodology for Risk-based in section planning of Oil and Gas pipes based on Fuzzy logic framework". *Engineering Failure Analysis* 16: pp.2098-2113.
- Uzunovic, E., Canizares, C., Huang, Z., Ni, Y., Shen, C., Wu, F., Chen, S. and et al. (2000), "Discussion of Application of unified power flow controller in interconnected power systems-modeling, interface, control strategy, and case study, *IEEE Transactions on Power Systems*", 15(4), pp.1461-1462.
- Wei, W.W., Yu, T.L., (2007), "Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method", *Expert System Application*, 32(2), pp.499-507.
- Willis, HH. (2007), "Guiding resource allocations based on terrorism Risk". *Risk Analysis*; 27: pp.597–606.
- Zadeh, (1965), "Fuzzy sets", *Information and Control* 8 (3): pp.338–353.
- Zio, E., (2006), "An Introduction to Basics of Reliability and Risk Analysis, World Scientific, London.
- Zhou W., Jian-min He., (2012), "Intuitionistic Fuzzy Geometric Bonferroni Means and Their Application in Multicriteria Decision Making, *International of intelligent systems*", Vol. 27, Issue 12.
- Mearns K, Yule S., (2009), "The Role of national culture in determining Safety Performance: challenges for the global oil and gas industry, *J. Safety Sci* 47: pp.777-785.
- Montague P., (2004), "Reducing the harms associated with risk assessment". *J Environ Impact Assess Review*, 24: pp.733-748.
- Mirzaei S., AvakhDarestani S., (2014), "Failure Modes And Effects Analysis Using Anp And Fuzzy Anp", *Trends in life sciences*, 3(3): pp.439-450.
- Mirzaei S., MoradiTadi A., Pirzadeh N., AvakhDarestani S., (2014), "Development of Failure modes and Effects Analysis Using ANP and Fuzzy SAW", *Trends in life sciences*, 3(3): pp.425-432.
- Najafi A. (2010), "Application of Analytic Network Process (ANP) in analysis of the structural challenges and organization's executive environment in projects management", *International of Industrial Engineering Journal and Production Management*, 1(21), pp.63-76.
- Navaei, AZ., Omidvari, M., (2015), "Development of Failure Mode Effects Analysis Using Demote and ANP Models, *Inter*". *Conference on management Economics and humanities*, Istanbul, Turkey.
- Nouri J, Mansouri N, Abbaspour M, Karbasi AR, Omirvari M., 2011. Designing a developed model for assessing the disaster include vulnerability value in educational centers. *J Safety Sci*. 1: pp.1010-1016.
- Omidvari, M.; Mansouri, N. (2014), "Fire and Spillage Risk Assessment Pattern in Scientific Laboratories", *Int. J. occupational Hygiene*, (6): pp.68-74.
- Opricovic, S., & Tzeng, G. H. (2003). Defuzzification within a multicriteria decision model. *International Journal of Uncertainty*,