

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مدیریت کسب و کار

گرایش عملیات و زنجیره تأمین

انتخاب پایدار تامین کننده با لحاظ ریسک تامین کنندگان (مطالعه موردی: صنعت نفت)

نگارنده: احمد رضا کرمی

استاد راهنما

دکتر محمد فتاحی

استاد مشاور

دکتر علی اکبر حسنی

اسفند ۱۴۰۰

تصویب نامه

تقديم اثر

شکر و قدردانی

شکر شایان نثار ایزد منان که توفیق را رفیق راهم ساخت تا این پایان نامه را به سرانجام برسانم .
از استاد فاضل و اندیشمند جناب آقای دکتر محمد فتاحی به عنوان استاد راهنما که همواره نگارنده را
مورد لطف و محبت خود قرار داده اند و بدون هیچ محدودیت زمانی پذیرای سوالات وقت و بی وقت
اینجانب بودند و نیز از لطف و زحمات بی دریغ جناب آقای دکتر علی اکبر حسنی استاد مشاور خود،
که در تمامی مراحل انجام پایان نامه کمک های ایشان، راهگشای کارم بود، کمال تشکر را دارم.
و در آخر از اساتید گرامی جناب آقای دکتر سید محمد حسن حسینی و همچنین جناب آقای دکتر
محمد رستمی به جهت انجام داوری پایان نامه، سپاسگزارم.

تهدنام

اینجانب **احمد رضا کرمی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مدیریت کسب و کار گرایش عملیات و زنجیره تأمین دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه انتخاب پایدار تأمین کننده با لحاظ ریسک تأمین کنندگان (مطالعه موردی: صنعت نفت) تحت راهنمایی دکتر محمد فتاحی متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود . استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

با توجه به اهمیت انتخاب تامین کنندگان پایدار در زنجیره تأمین، پس از شناسایی و گزینش معیارهای پایداری و ریسک منطبق بر شرکت پالایش نفت جی، با توسعه برنامه تصادفی چند مرحله ای و ایجاد محدودیت ریسک توسط معیار ارزش در معرض ریسک CVaR، برای معیارهای کمی و همچنین لحاظ امتیاز محاسبه شده با روشهای FTOPSIS و FMEA برای معیارهای کیفی به انتخاب بهینه تأمین کنندگان، استراتژی تأمین منابع و تخصیص سفارش در یک برنامه ریزی زنجیره تأمین چند دوره ای تحت ریسک عملیاتی و اختلال پرداخته شد. جهت کاهش ریسک عرضه و دستیابی به یک برنامه ریزی انعطاف پذیر به عنوان استراتژی کاهش، قرارداد اختیار معامله و بازار معاملات به عنوان دو گزینه برای تأمین مواد اولیه در نظر گرفته شدند. تقاضای محصولات نهایی، قیمت بازار مواد، قیمت خرید و اعمال قرارداد اختیار معامله، میزان عرضه تأمین کنندگان و میزان عرضه قرارداد اختیار معامله تصادفی است. برای مدل سازی عدم قطعیت، سناریوهای گسسته از طریق یک رویکرد شبیه سازی تولید می شوند و سپس، یک روش کاهش سناریو برای ساخت یک درخت سناریوی مناسب استفاده می شود. کاربرد مدل تصادفی، عملکرد سیاست های اندازه گیری ریسک و اهمیت استراتژی کاهش برای ارائه برخی بینش های مدیریتی بررسی شده است.

کلمات کلیدی : زنجیره تأمین پایدار(SSC)، مدیریت ریسک، تکنیک تاپسیس فازی، FMEA، برنامه نویسی تصادفی چند مرحله ای، CVaR، قراردادهای اختیار معامله

فهرست مطالب

و	فهرست جداول
ح	فهرست اشکال
ط	فهرست نمودارها
۱	فصل ۱: کلیات پژوهش
۲	۱-۱ مقدمه
۳	۱-۲ بیان مسئله
۴	۱-۳ ضرورت و اهمیت تحقیق
۵	۱-۴ اهداف تحقیق
۶	۱-۵ سوالات تحقیق
۷	۱-۶ تعریف واژگان کلیدی
۹	۱-۷ روش تحقیق
۱۰	۱-۷-۱ روش گردآوری داده ها و اطلاعات
۱۰	۱-۷-۲ ابزار گردآوری اطلاعات
۱۱	۱-۷-۳ جامعه آماری و نمونه تحقیق
۱۱	۱-۷-۴ قلمرو تحقیق (موضوعی، مکانی و زمانی)
۱۱	۱-۷-۵ روش تحلیل نتایج و ارزیابی
۱۲	۱-۸ ساختار پایان نامه

فصل ۲: ادبیات نظری و پیشینه پژوهش

۱۳

- ۲-۱ مقدمه ۱۴
- ۲-۲ مدیریت زنجیره تأمین ۱۴
- ۲-۲-۱ استراتژی زنجیره تأمین ۱۴
- ۲-۲-۲ زنجیره تأمین پایدار ۱۵
- ۲-۳ ارزیابی تاثیر فعالیتهای زنجیره تأمین بر معیارهای پایداری ۱۵
- ۲-۳-۱ معیار اقتصادی ۱۵
- ۲-۳-۲ معیار اجتماعی ۱۶
- ۲-۳-۳ معیار زیست محیطی ۱۶
- ۲-۴ انتخاب تأمین کننده ۱۷
- ۲-۴-۱ انتخاب تأمین کننده پایدار ۱۹
- ۲-۴-۲ شناسایی معیار های انتخاب تأمین کننده پایدار ۲۰
- ۲-۴-۳ شناسایی معیار های ریسک تأمین کننده پایدار ۲۱
- ۲-۵ مدیریت و کاهش ریسک زنجیره تأمین ۲۵
- ۲-۵-۱ ارزش در معرض ریسک (VaR) ۳۲
- ۲-۵-۲ ارزش در معرض ریسک مشروط (CVaR) ۳۶
- ۲-۶ قرارداد اختیار معامله ۳۹
- ۲-۷ نوآوری های پژوهش ۴۰

فصل ۳: روش تحقیق

۴۳

- ۳-۱ مقدمه ۴۴
- ۳-۲ تشریح مسئله ۴۵
- ۳-۲-۱ تشریح فرضیات مسئله ۴۵

۴۶	۳-۲-۲ تشریح اهداف مسئله
۴۷	۳-۳ روش تحقیق
۴۷	۳-۳-۱ جامعه آماری
۴۸	۳-۳-۲ گروه خبرگان
۴۸	۳-۳-۳ قلمرو تحقیق
۴۸	۳-۳-۴ شیوه گردآوری داده ها
۴۹	۳-۳-۵ ابزار گردآوری داده ها
۴۹	۳-۳-۶ اعتبار(روایی) ابزار جمع آوری داده ها
۵۰	۳-۴ فرآیند اجرای پژوهش
۵۱	۳-۵ روش تجزیه و تحلیل داده ها
۵۲	۳-۵-۱ روش غربالگری بر مبنای تکنیک دلفی
۵۴	۳-۵-۲ روش آنالیز توسعه چانگ
۵۸	۳-۵-۳ روش تاپسیس فازی
۶۲	۳-۵-۴ تجزیه و تحلیل سناریوهای بالقوه شکست و اثرات آن
۶۴	۳-۶ عدم اطمینان معیارهای کمی
۶۵	۳-۶-۱ نحوه برخورد با عدم اطمینان
۶۷	۳-۷ مدل سازی مسئله
۶۸	۳-۷-۱ فرضیات مدل
۶۹	۳-۷-۲ معرفی متغیرهای تصمیم گیری و پارامترهای مدل
۷۰	۳-۷-۳ فرمول بندی توابع هدف
۷۲	۳-۷-۴ محدودیت ها
۷۶	۳-۷-۵ مدل سازی عدم قطعیت

۸-۳ حل مسئله ۸۰

۸-۳-۱ بهینه سازی چند هدفه ۸۰

۸-۳-۲ برنامه ریزی آرمانی توسعه یافته ۸۲

فصل ۴: تجزیه و تحلیل داده ها ۸۵

۴-۱ مقدمه ۸۶

۴-۲ مطالعه موردی ۸۶

۴-۳ فرآیند اجرای تحقیق و تجزیه و تحلیل داده ها ۹۰

۴-۴ غربالگری اولیه معیارهای استخراج شده ۹۱

۴-۴-۱ اجرای روش تحلیل عاملی تأییدی (تأیید معیارها) ۹۵

۴-۵ روش آنالیز توسعه چانگ ۹۶

۴-۵-۱ تشکیل ساختار سلسله مراتبی معیارها ۹۷

۴-۵-۲ تشکیل ماتریس های مقایسه زوجی با رویکرد قضاوت ترجیحی ۹۸

۴-۵-۳ محاسبه وزن نسبی و سازگاری در قضاوت های عوامل اصلی ۹۸

۴-۵-۴ تعیین اولویت زیرمعیارهای بعد اقتصادی ۱۰۰

۴-۵-۵ تعیین اولویت زیرمعیارهای بعد زیست محیطی ۱۰۱

۴-۵-۶ تعیین اولویت زیرمعیارهای بعد اجتماعی ۱۰۲

۴-۵-۷ اولویت نهائی معیارها ۱۰۳

۴-۶ اولویت بندی تامین کنندگان با روش تاپسیس فازی ۱۰۴

۴-۶-۱ ماتریس تصمیم تاپسیس فازی ۱۰۶

۴-۶-۲ ماتریس تصمیم بی مقیاس ۱۰۷

۴-۶-۳ ماتریس تصمیم وزن دار ۱۰۸

۴-۶-۴ راه حل ایده آل فازی، شاخص شباهت و رتبه بندی ۱۰۹

۴-۷ اجرای FMEA ۱۰۹

۴-۸ حل با استفاده از حل کننده تجاری ۱۱۲

۴-۸-۱ جمع آوری و محاسبه داده های مورد نیاز ۱۱۳

۴-۸-۲ تصمیم گیری خنثی در برابر ریسک ۱۱۶

۴-۸-۳ تصمیم گیری ریسک گریز ۱۲۰

۴-۸-۴ ارزیابی کارایی استراتژی کاهش و پایداری تامین کنندگان ۱۲۴

فصل ۵: نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۲۷

۵-۱ مقدمه ۱۲۸

۵-۲ جمع بندی ۱۲۸

۵-۳ تحلیل یافته ها ۱۲۹

۵-۴ پیشنهادات برای تحقیقات آینده ۱۳۲

منابع ۱۳۳

پیوست ۱۴۲

فهرست جداول

جدول ۱-۲ بعد اقتصادی (چتینکایا و همکاران، ۲۰۱۱).....	۱۵
جدول ۲-۲ بعد اجتماعی (چتینکایا و همکاران، ۲۰۱۱).....	۱۶
جدول ۲-۳ بعد زیست محیطی (چتینکایا و همکاران، ۲۰۱۱).....	۱۷
جدول ۲-۴ معیارهای انتخاب تأمین کننده پایدار.....	۲۰
جدول ۲-۵ معیارها و ابعاد انتخاب تأمین کننده در زنجیره تأمین پایدار.....	۲۱
جدول ۲-۶ استراتژی های کاهش ریسک در زنجیره تأمین (یوتنر و همکاران، ۲۰۰۳).....	۲۷
جدول ۳-۱ شاخص های تصادفی (RI).....	۵۷
جدول ۳-۲ مقادیر زبانی متغیرهای ارزیابی و معادل فازی آنها (ارطغرول و همکاران، ۲۰۰۷).....	۵۸
جدول ۳-۳ حالت عمومی اسناد FMEA.....	۶۳
جدول ۳-۴ اندیس ها، پارامترها و متغیرهای تصمیم گیری.....	۶۹
جدول ۴-۱ تعداد اندیس ها.....	۸۷
جدول ۴-۲ نتایج غربالگری معیارهای پایداری برای ارزیابی تأمین کنندگان.....	۹۲
جدول ۴-۳ معیارهای انتخاب شده توسط خبرگان.....	۹۴
جدول ۴-۴ عبارات کلامی و اعداد فازی جهت وزن دهی به معیارها.....	۹۷
جدول ۴-۵ نمونه ای از ماتریس مقایسه زوجی تکمیل شده توسط کارشناسان (مقادیر فازی متناظر).....	۹۸
جدول ۴-۶ میانگین هندسی نظرات مقایسه زوجی معیارها نسبت به هدف.....	۹۸
جدول ۴-۷ وزن نهایی معیارها.....	۹۹
جدول ۴-۸ تعیین اولویت عوامل اصلی.....	۱۰۰
جدول ۴-۹ تعیین اولویت زیرمعیارهای بعد اقتصادی.....	۱۰۰
جدول ۴-۱۰ تعیین اولویت زیرمعیارهای بعد زیست محیطی.....	۱۰۱
جدول ۴-۱۱ تعیین اولویت زیرمعیارهای بعد اجتماعی.....	۱۰۲
جدول ۴-۱۲ تعیین اولویت نهایی معیارهای انتخاب تأمین کننده.....	۱۰۳
جدول ۴-۱۳ متغیر های زبانی برای رتبه بندی گزینه ها (عطایی، ۱۳۸۹، ۵۴).....	۱۰۴
جدول ۴-۱۴ مجموعه تأمین کنندگان.....	۱۰۵
جدول ۴-۱۵ ماتریس تصمیم فازی.....	۱۰۶
جدول ۴-۱۶ ماتریس تصمیم بی مقیاس فازی.....	۱۰۷
جدول ۴-۱۷ ماتریس تصمیم بی مقیاس موزون.....	۱۰۸
جدول ۴-۱۸ راه حل ایده آل و ضد ایده آل فازی، شاخص شباهت و رتبه بندی.....	۱۰۹
جدول ۴-۱۹ سند ارزیابی ریسک برای معیار کیفیت.....	۱۱۱
جدول ۴-۲۰ نظرات کارشناسان در مورد معیارهای ریسک تأمین کننده ۱.....	۱۱۱

جدول ۴-۲۱	مقادیر ریسک تامین کنندگان بدون در نظر گرفتن وزن معیارها	۱۱۱
جدول ۴-۲۲	مقادیر ریسک کل برای هر تأمین کننده	۱۱۲
جدول ۴-۲۳	درصد ریسک	۱۱۲
جدول ۴-۲۴	اطلاعات محصولات	۱۱۴
جدول ۴-۲۵	اطلاعات تامین کنندگان	۱۱۵
جدول ۴-۲۶	هزینه حمل و نقل	۱۱۵
جدول ۴-۲۷	ظرفیت ذخیره سازی مواد اولیه و محصولات	۱۱۶
جدول ۴-۲۸	درصد متوسط مواد اولیه تهیه شده از تامین کنندگان مختلف	۱۱۸
جدول ۴-۲۹	برنامه ریزی تولید محصول در سایتهای شرکت پالایش نفت جی بر حسب تناژ	۱۱۸
جدول ۴-۳۰	درصد متوسط مواد اولیه تهیه شده از تامین کنندگان مختلف در شرایط ریسک گریز	۱۲۱
جدول ۴-۳۱	برنامه ریزی تولید در سایتهای شرکت پالایش نفت جی در شرایط ریسک گریز بر حسب تناژ	۱۲۱
جدول ۴-۳۲	انتظار انواع مختلف اهداف بهینه در شرایط ریسک پذیر و ریسک گریز	۱۲۳
جدول ۴-۳۳	مقادیر مختلف بهینه نسبت به استراتژی کاهش و ریسک پایداری	۱۲۵

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱ توسعه پایدار (پورطاهری و همکاران، ۱۳۸۸) ۸
- شکل ۲-۱ فرآیند مدیریت ریسک زنجیره تامین (زیگنباين و نینه‌اوس، ۲۰۰۴) ۲۶
- شکل ۳-۱ چارچوب روش پیشنهادی ۵۱
- شکل ۳-۲ روش تولید سناریو ۷۷
- شکل ۳-۳ یک نمونه درخت سناریو ۸۰
- شکل ۴-۱ طبقه بندی محصولات پالایشگاه نفت جی ۸۹
- شکل ۴-۲ ساختار سلسله مراتبی مسئله ۹۷

فهرست نمودارها

- نمودار ۱-۲ تقسیم بندی خسارات ناشی از ریسک (احمدپور و رسائیان، ۱۳۸۵)..... ۳۷
- نمودار ۱-۴ نمایش گرافیکی اولویت معیارهای اصلی ۱۰۰
- نمودار ۲-۴ نمایش گرافیکی اولویت معیارهای بعد اقتصادی ۱۰۱
- نمودار ۳-۴ نمایش گرافیکی اولویت معیارهای بعد زیست محیطی ۱۰۲
- نمودار ۴-۴ نمایش گرافیکی اولویت معیارهای بعد اجتماعی ۱۰۳
- نمودار ۵-۴ نمایش گرافیکی وزن نهائی معیارها ۱۰۴
- نمودار ۶-۴ سناریوهای اولیه قیمت بازار و کیوم باتوم ۱۱۳
- نمودار ۷-۴ سناریوهای قیمت بازار و کیوم باتوم پس از کاهش سناریو ۱۱۴
- نمودار ۸-۴ میانگین درصد ماده اولیه که با استفاده از قرارداد اختیار در هر دوره تهیه می شود ۱۱۷
- نمودار ۹-۴ درصد خرید با قرارداد اختیار برای تغییرات مختلف μ و σ (فتاحی، ۲۰۱۷)..... ۱۲۰
- نمودار ۱۰-۴ میانگین درصد ماده اولیه تهیه شده با قرارداد اختیار در هر دوره و در شرایط ریسک گریز ۱۲۰
- نمودار ۱۱-۴ مرزهای کارآمد سبد خرید با استفاده از CVaR ۱۲۲
- نمودار ۱۲-۴ هزینه های استراتژیک، تاکتیکی و تابع هدف در سطوح مختلف CVaR و $\beta=95\%$ ۱۲۴
- نمودار ۱-۵ مقادیر مختلف بهینه نسبت به استراتژی کاهش و ریسک پایداری ۱۳۰

فصل ۱: کلیات پژوهش

۱-۱ مقدمه

در زنجیره تأمین پایدار، همه اعضا، از جمله تامین کنندگان، تولید کنندگان، توزیع کنندگان، خرده فروشان و مدیران، باید پایداری خود را حفظ کنند (دی، ۲۰۱۵). بنابراین، ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان به عنوان یکی از اجزای اصلی سیستم نقش مهمی در پایداری زنجیره تأمین ایفا میکند.

فرآیند انتخاب تأمین کنندگان دارای مراحل مختلفی از جمله تعریف مساله، تصمیم گیری، بررسی صلاحیت تأمین کننده و انتخاب نهایی است. از سوی دیگر، ماهیت انتخاب تأمین کننده یک اقدام تصمیم گیری استراتژیک است. در این حالت، تصمیم گیرندگان با طیف وسیعی از موقعیت ها و عوامل مختلف درگیر می شوند که منجر به تصمیم گیری های متفاوت می شود. تصمیم گیری در مورد استراتژی انتخاب تأمین کننده بر این باور است که معیارهای مختلف باید به روشی متناقض و پیچیده در فرآیند تصمیم گیری در نظر گرفته شوند. از سوی دیگر، از آنجایی که معیارهای مختلفی (مانند کیفیت، هزینه، عملکرد خدمات و عامل ریسک) در انتخاب تأمین کننده دخیل هستند، تخمین معیارها و محاسبه وزن اولویت باید مورد توجه قرار گیرند، بنابراین استفاده از مدل های یکپارچه می تواند کمک بیشتری به ارزیابی نماید. در واقع روش های تصمیم گیری چند معیاره در چهار مرحله؛ تعریف مسئله، تعیین معیار، شناسایی تأمین کننده، درجه بندی و انتخاب مراحل ارزیابی و انتخاب تأمین کننده را انجام میدهند (چن و همکاران، ۲۰۲۰).

انتخاب مناسب ترین تأمین کننده با توجه به چندین شاخص از جمله قیمت پایین مواد، کیفیت بالای مواد اولیه، تأمین به موقع مواد اولیه، ارائه خدمات پس از فروش مواد و ... می تواند نقش اساسی در انتخاب تأمین کننده داشته باشد (بای و همکاران، ۲۰۱۹). موضوع انتخاب تأمین کننده یک مسئله تصمیم چند معیاره که شامل معیارهای کمی و کیفی است.

بسیاری از منابع عدم اطمینان در زنجیره های تأمین مانند قیمت بازار منابع اولیه، تقاضای محصولات نهایی و در دسترس بودن تأمین کنندگان می توانند بر عملکرد استراتژی خرید و تصمیمات مربوط به آن تأثیر بگذارند. همانطور که در گزارش کمیسیون اروپا ذکر شده است، گروهی از مواد برای استفاده

از فن آوری های جدید و تولید پایدار به دلیل اهمیت اقتصادی بالا و عدم اطمینان در عرضه بسیار مهم شده اند (لاپکو و همکاران، ۲۰۱۶). بنابراین، تصمیمات تدارکاتی کاملاً آگاه باید بتواند تحت شرایط نامطمئن به خوبی عمل کند و به تجزیه و تحلیل، کنترل و کاهش ریسک نیاز دارد.

انواع مختلف قرارداد تامین به عنوان استراتژی های کاهش در برابر عدم قطعیت مربوط به تقاضا و قیمت بازار مواد و منابع مورد نیاز ارائه می شود. قرارداد خرید مجدد، عمده فروشی، انعطاف پذیری کمیت و قرارداد تقسیم درآمد برای مقابله با عدم قطعیت تقاضا قابل استفاده است (کاجون، ۲۰۰۳). بعلاوه، قراردادهای اختیار معامله و انعطاف پذیری زمان معمولاً در مواجهه با عدم اطمینان قیمت به کار رفته اند (تانگ، ۲۰۰۶). با توجه به اینکه مشتقات مالی در بازارهای مالی امروز بسیار گسترش یافته اند، نحوه استفاده از این ابزارها برای کاهش ریسک تأمین کنندگان بسیار مهم است. یکی از با اهمیت ترین نوآوری های مالی با عملکرد خاص و مزایای متفاوت، قرارداد اختیار معامله^۱ است.

۲-۱ بیان مسئله

در این مطالعه، با توجه به اهمیت ارزیابی و رتبه بندی تأمین کنندگان بر اساس ابعاد پایداری شامل (اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی) در زنجیره تأمین، نیاز به جمع آوری معیارهای ارزیابی و انتخاب تأمین کننده میباشد. مجموعه معیارهای جمع آوری شده از مطالعات کتابخانه ای و با توجه به میانگین نظرات کارشناسان شرکت مورد مطالعه، شناسایی و دسته بندی شده است. معیارهای مختلفی که در فرآیند انتخاب تأمین کننده در نظر گرفته شده است، آن را به یکی از موضوعات تصمیم گیری چند معیاره (MCDM)^۲ تبدیل کرده است.

^۱ option

^۲ Multi Criteria Decision Making

افزایش آسیب پذیری و تجربیات تلخ سازمان ها منجر به ورود مدیریت ریسک در مدیریت زنجیره تأمین و فرایندهای آن شده است. بنابراین، محققان تصمیم گرفتند علاوه بر معیارهای پایداری، معیار ریسک را نیز در نظر بگیرند. برای بررسی ریسک تأمین، ابتدا ریسک موجود در تأمین خوراک (وکیوم باتوم) در شرکت پالایش نفت جی را تخمین زده و سپس تأثیر این ریسک در انتخاب تأمین کننده را بررسی می کند. تأثیر ابزار مشتقه مالی اختیار معامله، در پوشش ریسک^۱ تأمین و نحوه استفاده از این ابزار برای جلوگیری از نوسانات تأمین نیز بررسی می شود.

۳-۱- ضرورت و اهمیت تحقیق

به عنوان یک شریک حیاتی در زنجیره تأمین بالادستی، تأمین کنندگان سهم قابل توجهی در دستیابی به پایداری صنعت دارند. بنابراین انتخاب تأمین کنندگان از نظر پایداری یک تصمیم استراتژیک و مهم است. انتخاب تأمین کننده پایدار مستلزم ارزیابی عملکرد تأمین کننده بر اساس سه بعد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی است (جین و سینگ، ۲۰۲۰).

تغییرات در محیط کسب و کار و عواملی مانند استفاده از روش تولید ناب، آسیب پذیری آنها را افزایش داده است. همچنین طبق تحقیقات انجام شده در قرن جاری، بلایای طبیعی، اختلالات و هزینه های آنها نسبت به گذشته افزایش یافته و در حال افزایش است. این امر مستلزم توجه بیشتر به مدیریت ریسک در زنجیره تأمین است. (هندریکس و سینگال، ۲۰۰۵).

یکی از منابع ریسک زنجیره تأمین، موضوعات مربوط به تأمین کنندگان و ریسکهای ناشی از آن، از جمله ظرفیت و میزان عرضه تأمین کنندگان و همچنین قیمت های عرضه میباشد. بنابراین توجه به راهکارهای مدیریت ریسک تأمین ضروری است. توسعه پالایشگاه ها و همچنین افزایش شرکت های تولید کننده قیر و محصولات مشابه باعث ایجاد نوسان در قیمت و تأمین خوراک شرکتهای قیرسازی

شده است. تا آنجا که محققان را بر آن داشته تا به بررسی ریسک تامین خوراک این واحد پالایشی بپردازند. از آنجا که تولید و درآمد به تامین کنندگان متکی است، بنابراین ایجاد ثبات و مقابله با ریسک تامین خوراک ضروری است.

تأثیر تامین کنندگان بر شرکت ها غیرقابل انکار است. بنابراین، ایجاد ثبات و مقابله با ریسک تامین کنندگان ضروری است. ثبات رابطه بین بازار نفت و بازار مشتقات مالی می تواند برای پوشش دهندگان ریسک مناسب باشد (بهار و هوموری، ۲۰۰۵). مشتقات مالی شامل اختیار معامله یکی از استراتژی های مدیریت ریسک برای کنترل و ایجاد آرامش در نوسانات بازار میباشد. اختیار معامله قراردادی بین فروشنده و خریدار است که در آن خریدار اختیار، حق (نه تعهد) برای خرید یا فروش یک دارایی خاص با قیمت مشخص در آینده با پرداخت مبلغی به فروشنده به دست می آورد. (هادسون، ۲۰۱۷).

۴-۱ اهداف تحقیق

هدف از این مطالعه ارائه مدلی برای انتخاب تامین کننده با رویکرد پایداری و لحاظ ریسک تامین و همچنین گسترش استراتژی انعطاف پذیر مبتنی بر بهینه سازی برای به حداقل رساندن هزینه زنجیره تامین در برابر عدم اطمینان موجود است.

- شناسایی معیارها و شاخص های موثر در انتخاب تامین کنندگان از طریق مطالعات کتابخانه ای و با توجه به ابعاد پایداری و ریسک تامین
- انتخاب معیارها و شاخص های مهم از مجموعه جمع آوری شده با توجه به میانگین نظرات کارشناسان شرکت پالایش نفت جی و متخصصان امر
- ارزیابی و رتبه بندی تامین کنندگان بالقوه از نظر معیارهای تأثیرگذار بر سه بعد پایداری و از نظر ریسک تامین کننده، با استفاده از روش ترکیبی FMEA و تکنیک تاپسیس فازی
- ارائه مدل ریاضی برای انتخاب تامین کننده و تخصیص سفارش

- کمینه کردن هزینه خرید
- بیشینه کردن پایداری تامین کنندگان
- کمینه کردن ریسکهای پایداری تامین کنندگان
- گسترش استراتژی انعطاف پذیر مبتنی بر بهینه سازی برای به حداقل رساندن هزینه زنجیره تامین در برابر عدم اطمینان موجود
- تخصیص بهینه با توجه به هزینه، امتیاز پایداری، ریسک تامین و قرارداد اختیار معامله
- میزان بهینه نگهداری موجودی مواد اولیه و محصول نهایی در هر دوره
- بررسی تاثیر مشتقات مالی بر پوشش ریسک تامین

۵-۱ سوالات تحقیق

۱. شاخص ها و معیارهای ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان پایدار و ریسک تامین کدام اند؟
۲. رتبه بندی تامین کنندگان پایدار به چه صورت است؟
۳. با انتخاب هر یک از تامین کنندگان و تخصیص سفارش، چقدر ریسک بر شاخص های پایداری تحمیل می شود؟ کدام تامین کنندگان کمترین ریسک را دارند؟
۴. با توجه به شاخص های پایداری و ریسک پایداری، رتبه و امتیاز هر تامین کننده چقدر است؟
۵. با توجه به کارایی کلی و ریسک، بهترین تامین کنندگان برای تخصیص سفارش کدامند؟
۶. با توجه به قرارداد اختیار معامله و امتیاز تامین کنندگان، اندازه محموله بهینه چقدر است؟
۷. با توجه به تقاضا، چه مقدار از هر محصول در هر دوره زمانی تولید می شود؟
۸. میزان موجودی محصول نهایی و مواد اولیه در هر دوره چقدر است؟

۶-۱ تعریف واژگان کلیدی

مدیریت زنجیره تامین: مدیریت زنجیره تامین به عنوان کنترل عملیات، اطلاعات و منابع، از جمله منابع مالی برای به حداکثر رساندن ارزش افزوده یا سودآوری زنجیره تامین، تفاوت درآمد حاصل از سفارش مشتری و هزینه های انجام شده توسط زنجیره تامین، با توجه به اینکه رضایت مشتری نیز برآورده شود، تعریف کرده اند (حسینی، ۲۰۱۲).

پایداری: یکی از مباحثی که در سالهای اخیر مورد توجه محققان قرار گرفته مفهوم پایداری یا توسعه پایدار است. تعاریف مختلفی از پایداری وجود دارد، از جمله: تعریف توانایی شرکت در تأمین نیازهای فعلی بدون محدود کردن توانایی نسل آینده در تأمین نیازهای آنها (اوزدمیر، ۲۰۱۱). توسعه پایدار رویکردی جامع جهت بهبود کیفیت زندگی بشر در جهت دستیابی به رفاه اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی سکونتگاه های انسان است (تورجمان، ۲۰۰۰). در فرآیند توسعه پایدار، اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی جامعه تا آنجا که ممکن است از طریق تدوین سیاست ها، اقدامات لازم و عملیات حمایتی ترکیب می شوند. (زاهدی و نجفی، ۱۳۸۵). همانطور که که شکل ۱-۱ نشان می دهد، توسعه پایدار می کوشد تا از طریق توسعه اقتصادی، مسئولیت زیست محیطی و پیشرفت اجتماعی، جامعه بشری را به دنیایی خوب، زیست پذیر و دوام یافتنی برساند. از این نظر، هسته مرکزی مفهوم پایداری مبتنی بر حفظ و استواری است و در واقع، توسعه پایدار چیزی نیست جز حفظ "ذخایر سرمایه". حفظ ذخایر سرمایه مانند سرمایه های انسانی، اجتماعی، طبیعی و اقتصادی (پورطاهری و همکاران، ۱۳۸۸).



شکل ۱-۱ توسعه پایدار (پورطاهری و همکاران، ۱۳۸۸)

انتخاب تأمین کننده: بعنوان یک تعریف، انتخاب تأمین کننده فرآیند یافتن تأمین کننده مناسب، با قیمتی مناسب، در زمانی مناسب، با مقدار سفارشی مناسب و با بیشترین کیفیت میباشد (آیپهان و کیلیک، ۲۰۱۵). انتخاب تأمین کننده بسیار مهم است زیرا تأمین کننده تأثیر بسزایی در کارایی استراتژیک و عملیاتی سازمان دارد. با بررسی مطالعات در مورد این موضوع، نتیجه می گیریم که انتخاب مناسب تأمین کننده چرخه توسعه محصول را کاهش می دهد، کیفیت محصول را بهبود می بخشد، موجودی را کاهش می دهد، هزینه های تولید را کاهش می دهد، انعطاف پذیری را بهبود می بخشد و انتظارات مشتری را برآورده می کند. یکی از دلایلی که این مسئله را پیچیده می کند این است که باید هر دو معیار کیفی و کمی را در نظر گرفت. عارضه دیگر این مسئله کمبود داده های دقیق و قطعی است (جیبی و اوتای، ۲۰۱۶).

ریسک: یکی از معیارهایی که در دهه های اخیر مورد توجه مدیران و محققان قرار گرفته است، معیار ریسک است. به طور کلی، ریسک به عنوان احتمال متفاوت بودن بازده تحقق یافته با بازده مورد انتظار تعریف می شود (سروش و صادقی، ۱۳۸۶).

ریسک زنجیره تأمین: مطابق با تعریف ارائه شده توسط تانگ، ریسک زنجیره تأمین به ریسک عملیاتی و اختلال طبقه بندی می شوند. ریسک ایجاد اختلال، ناشی از حوادث اخلاص مانند بلایای طبیعی خارجی یا اقدامات عمدی / غیرعمدی انسان، ممکن است تأثیرات ناخواسته ای بر عملکرد، اهداف و عملکرد زنجیره تأمین داشته باشد. علاوه بر این، ریسک عملیاتی ریشه در عدم قطعیت های

مکرر و ذاتی یک زنجیره تأمین دارد، مانند عدم اطمینان موجود در تقاضا، عرضه، قیمت بازار و هزینه ها. هر دو نوع ریسک می توانند بر استراتژی خرید یک زنجیره تأمین تأثیر بگذارند (تانگ، ۲۰۰۶).

ریسک تأمین احتمال شکست در یک واقعه مربوط به یک منبع منحصر به فرد یا عرضه در بازار واقع می گردد و نتیجه آن ناتوانی شرکت در خرید برای برآوردن تقاضای مشتری یا تهدید در ایمنی و زندگی مشتری می باشد (لاوستر و همکاران، ۲۰۱۲).

پوشش ریسک: پوشش ریسک، مدیریت و برنامه ریزی مالی بهتر را ارائه می دهد و از فروشندگان و خریداران کالا در برابر پیامدهای فاجعه بار احتمالی تغییرات پیش بینی نشده و ناگهانی در شرایط بازار محافظت می کند. (کامینسکی، ۲۰۰۴).

مدیریت ریسک بر شناسایی ریسک موجود و کاهش اثرات سوء بر زنجیره تأمین متمرکز است و شامل چهار مرحله است: شناسایی، ارزیابی، کنترل و ردیابی رویدادهای ریسک (ریچی و بریندلی، ۲۰۰۷).

اختیار معامله: قراردادی که به خریدار قرارداد، حق خرید/فروش دارایی به قیمت توافقی در تاریخ مشخص میدهد. اختیار ها از سال ۱۹۷۳ معامله میگردند (راعی و پویان فر، ۱۳۸۹).

۱-۷ روش تحقیق

داشتن پایداری به پیروی از سه معیار اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی بستگی دارد. از جمله چالش های رتبه بندی در نظر گرفتن معیارهای کمی و کیفی است، که کار را دشوار میکند. از طرف دیگر، رویکرد یکسانی برای همه شرکت ها وجود ندارد و هر شرکت باید متناسب با اهداف و استراتژی های خود تنظیم و اجرا شود. برای این منظور، پرسشنامه هایی برای سنجش میزان پایداری که با نظر کارشناسان شرکت و افرادی که در این امر تبحر دارند، تکمیل شده و نتیجه آن شناسایی و انتخاب زیرمعیارها و اهمیت هر یک در شرکت مورد نظر می باشد.

در این مطالعه یک زنجیره تأمین شامل یک شرکت پالایشی با سه سایت پالایش و ذخیره سازی در نظر گرفته شده است که در آن می توان مواد مورد نیاز را از طریق چندین تأمین کننده با قرارداد

اختیار یا بدون قرارداد تهیه کرد. تقاضای محصولات نهایی، قیمت بازار مواد، قیمت خرید و اعمال قرارداد اختیار معامله، میزان عرضه تامین کنندگان و میزان عرضه قرارداد اختیار معامله توسط تامین کنندگان تصادفی است. اول، برای دستیابی به دید جامع و کامل از تأمین کنندگان از نظر شاخص های پایداری، از روش تصمیم گیری چند معیاره TOPSIS فازی و تجزیه و تحلیل حالات بالقوه شکست و اثرات آن به صورت ترکیبی استفاده شده است. سپس، به منظور دستیابی به یک استراتژی خرید و لحاظ همزمان نتایج بدست آمده از ارزیابی پایداری تأمین کننده در افق برنامه ریزی چند دوره ای، یک برنامه تصادفی چند مرحله ای ریسک گریز تهیه شده است. علاوه بر این، برای بدست آوردن یک استراتژی انعطاف پذیر، از قرارداد اختیار معامله، استفاده می شود. برای نشان دادن کاربرد مدل بهینه سازی پیشنهادی، عملکرد سیاست اندازه گیری ریسک و تأثیر استراتژی کاهش بر انعطاف پذیری برنامه ریزی تدارکات، یک مطالعه موردی در زندگی واقعی مورد بررسی قرار گرفته است. در مطالعه موردی، یک ماده اولیه نفتی به عنوان یک منبع ضروری برای بهره وری یک زنجیره تامین در نظر گرفته شده است.

۱-۷-۱ روش گردآوری داده ها و اطلاعات

در این پژوهش از روش کتابخانه ای (کتاب، مقاله و متون اینترنتی) و همچنین مصاحبه و پرسشنامه استفاده شده است. برای ادبیات تحقیق از روش کتابخانه ای، برای جمع آوری اطلاعات کمی از اطلاعات و صورتهای مالی شرکت و برای جمع آوری اطلاعات کیفی، از پرسشنامه استفاده می شود.

۱-۷-۲ ابزار گردآوری اطلاعات

ابتدا پرسشنامه دلفی جهت انتخاب معیارها، سپس پرسشنامه مقایسه زوجی فازی جهت تعیین امتیاز معیارها و از ماتریس تصمیمگیری فازی FTOPSIS و FMEA جهت رتبه بندی استفاده می شود.

۳-۷-۱ جامعه آماری و نمونه تحقیق

تامین کنندگان شرکت پالایش نفت جی می باشد.

۴-۷-۱ قلمرو تحقیق (موضوعی، مکانی و زمانی)

- قلمرو موضوعی، مدیریت و برنامه ریزی تامین کنندگان پایدار و ریسک تامین میباشد.
- قلمرو مکانی این پژوهش شرکت پالایش نفت جی یکی از شرکت های صنعت نفت است.
- قلمرو زمانی این پژوهش سال ۱۳۹۹ می باشد و داده های مربوطه در این حوزه زمانی جمع آوری شده است. همچنین داده های تاریخی قیمت، عرضه و تقاضای مواد اولیه و محصول از سال ماقبل (۱۳۹۸) جمع اوری شده است.

۵-۷-۱ روش تحلیل نتایج و ارزیابی

در این پژوهش معیارهای پایداری و ریسک تامین کنندگان با توجه به ادبیات موجود در زنجیره تامین و پرسشنامه ای استخراج شد و با کمک نرم افزار PLS بار عاملی هر یک از معیارهای پایداری اندازه گیری شد و سپس هریک از آنها که بیشترین بار عاملی را داشت به عنوان شاخص های ارزیابی تامین کننده مورد استفاده قرار گرفت، پس از شناسایی و گزینش معیارهای پایداری و ریسک منطبق بر شرکت پالایش نفت جی، با توسعه برنامه تصادفی چند مرحله ای و ایجاد محدودیت ریسک کمی توسط معیار ریسک CVaR و همچنین لحاظ امتیاز کیفی محاسبه شده با روش FTOPSIS و FMEA به انتخاب بهینه تامین کنندگان پایدار، استراتژی تامین منابع و تخصیص سفارش در یک برنامه ریزی زنجیره تامین چند دوره ای تحت ریسک عملیاتی و اختلال پرداخته و ۱۰ تامین کننده، مورد ارزیابی قرار گرفته شده است.

۸-۱ ساختار پایان نامه

در فصل اول، توضیح مختصری از مفاهیم علمی مورد استفاده در پایان نامه ارائه شد. فصل دوم ادبیات منتخب را مرور کرده و در فصل سوم پس از بیان مسئله، مدل سازی انجام می شود و همچنین تدوین برنامه تصادفی چند مرحله ای و رویکرد مدل سازی عدم قطعیت مربوط به عدم قطعیت موجود در مسئله تصادفی توضیح داده شده است. در فصل چهارم، برای اطمینان از کارایی و امکان پذیر بودن رویکرد ارائه شده، یک مطالعه موردی در زمینه صنعت نفت انجام شده و بینش های مدیریتی مشتق شده از این مطالعه ارائه شده است. فصل پنجم به جمع بندی، نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات آتی مربوط می شود.

فصل ۲ : ادبیات نظری و ماشین پژوهش

۲-۱ مقدمه

تصمیم‌گیری در مورد تهیه مواد اولیه، انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش نقش عمده‌ای در استراتژی خرید زنجیره تأمین دارد. این فصل خواننده را با اطلاعات مهم و مقالات مرتبط با مدیریت زنجیره تأمین، انتخاب پایدار تأمین‌کننده، شناسایی معیارهای پایداری و ریسک تأمین‌کنندگان، معیارهای سنجش ریسک و قرارداد اختیار معامله آشنا می‌کند. بنابراین، سعی در بررسی واضح، تحلیل و طبقه‌بندی مبانی نظری موضوع است، نتایج این بخش مسیر مطالعه را مشخص می‌کند.

۲-۲ مدیریت زنجیره تأمین

مدیریت زنجیره تأمین فرآیند زنجیره تأمین و جریان مواد از منبع به مشتری را هماهنگ می‌کند (فردندال و هیل، ۲۰۰۰).

سو و همکاران بر اهمیت روابط با کیفیت و همکاری در سراسر زنجیره تأمین تأکید کرده و رابطه بین عناصر زنجیره تأمین را از مهمترین عوامل موفقیت سازمان بحساب می‌آورند (سو و همکاران، ۲۰۱۶). مدیریت زنجیره تأمین، تولید، توزیع و بازیافت مواد و کالاها را در سراسر زنجیره تأمین یا بخشی از آن تحت پوشش قرار می‌دهد (هارمز و همکاران، ۲۰۱۱).

۲-۲-۱ استراتژی زنجیره تأمین

مایکل پورتر می‌گوید اهمیت استراتژی این است که ما یا کارهای متفاوتی نسبت به رقبای خود انجام دهیم یا کارهای مشابه را متفاوت انجام دهیم (هافمن، ۲۰۱۰).

در دهه‌های اخیر کشف شده است که راه دستیابی به مزیت رقابتی از طریق زنجیره تأمین است. در واقع، چگونگی طراحی شبکه زنجیره تأمین و ارتباطات درون آن به روشی دیگر، می‌تواند منبع مزیت رقابتی برای سازمان باشد. و با توجه به پیچیدگی‌های تجارت امروز، طراحی این شبکه‌ها و ارتباطات درون آنها می‌تواند موفقیت یا شکست سازمان را تضمین کند (کریستوفر و ترول، ۲۰۰۲).

۲-۲-۲ زنجیره تامین پایدار

به منظور تقویت قدرت در بازارها، سازمانها باید فعالیتهای تجاری خود را با ملاحظات پایداری هماهنگ و ترکیب کنند. (لینتون، ۲۰۰۷).

یان و همکاران، یک زنجیره تأمین حلقه بسته پایدار با معیارهای اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی ارائه کردند که اهداف آن کمینه کردن هزینه های کل، کمینه کردن میزان دی اکسید کربن آزادشده و بیشینه کردن اثرات اجتماعی بود. (یان و همکاران، ۲۰۲۰).

ریحانی و همکاران، یک مدل ریاضی چند هدفه برای زنجیره تأمین حلقه بسته پایدار برای محصولات کشاورزی ارائه کردند. اهداف اصلی پژوهش تعیین میزان جریان در هر سطح و مکان یابی تسهیلات بود و نتایج نشان دهنده عملکرد مناسب مدل پیشنهادی است (ریحانی و همکاران، ۲۰۲۰).

۲-۳ ارزیابی تاثیر فعالیتهای زنجیره تامین بر معیارهای پایداری

۲-۳-۱ معیار اقتصادی

تأثیرات اقتصادی شامل سه بعد است: کیفیت، کارایی و پاسخگویی. جدول ۲-۱ این ابعاد برای سودآوری طولانی مدت لازم است (چتینکایا و همکاران، ۲۰۱۱).

جدول ۲-۱ بعد اقتصادی (چتینکایا و همکاران، ۲۰۱۱)

بعد اقتصادی		
ابعاد فرعی	نمونه هایی از معیارهای کلیدی	نمونه هایی از معیارها
کیفیت	کیفیت خدمات و محصولات	زمان پاسخگویی به مشتری، کمبود موجودی بیش از حد، تأخیر در تحویل محصول، رضایت مشتری، درصد تحویل به موقع، شکایات مشتری، سطح موجودی، در دسترس بودن محصول، هزینه کل لجستیک، بهره وری، ارزش افزوده، cash
پاسخگویی	سطح خدمات مشتری بهره برداری در دسترس بودن کاهش هزینه بهره وری	to-cash- استفاده از هزینه تحویل، چرخه بازگشت سرمایه، میزان استفاده از انبار، بازگشت سرمایه، هزینه تحویل، زمان تحویل محصول به بازار، عملکرد ردیابی محصول، زمان چرخه سفارش محصول، انعطاف پذیری سفارش ها، کاهش زمان فرآیند تولید
کارایی	پاسخ به تغییرات بازار برآوردن نیازهای مشتری انعطاف پذیری	

۲-۳-۲ معیار اجتماعی

معمولاً معیارهای اجتماعی به طور کلی و مستقیماً در سیستم های اندازه گیری عملکرد سازمان در نظر گرفته نشده است. حتی اگر چنین معیارهایی لحاظ شده باشد، آنها اغلب از اندازه گیری عملکرد جدا هستند. به عنوان مثال، آنها در منابع انسانی استفاده شده اند. با این حال، افراد و مهارت های آنها موضوعات اساسی در جامعه هستند. انسان ها و مهارت های آنها و تأثیر آنها در جامعه یکی از اصلی ترین موضوعات پایداری است (چتینکایا و همکاران، ۲۰۱۱)

جدول ۲-۲ بعد اجتماعی (چتینکایا و همکاران، ۲۰۱۱)

بعد اجتماعی		
ابعاد فرعی	نمونه هایی از معیارهای کلیدی	نمونه هایی از معیارها
سلامت و امنیت	انتشار گاز های سمی و خطرناک شرایط کاری حوادث	تعداد کارمندان ، میزان حوادث ، پیمانکاران و تأمین کنندگان آموزش دیده در زمینه اقدامات بهداشت و سلامت ، فقدان قرارداد کار طولانی مدت با افراد ، تعداد کارمندان برای استفاده از سیستم های جدید ، تعداد مشاغل ایجاد شده ، غیبت شغلی ، درصد کارمندان آموزش دیده ، کاهش سر و صدا ، میزان فعالیت در مناطق صنعتی ، کاهش ازدحام ناشی از عملیات در انبارها
کارکنان	استخدام امنیت شغلی آموزش	
سر و صدا	سطح صدا محل صدا زمان صدا	

۲-۳-۳ معیار زیست محیطی

این بعد بر کاهش تأثیر منفی حمل و نقل و سایر فعالیتهای شرکت بر محیط زیست متمرکز است. طبق مطالعات چتینکایا و همکاران، بعد محیطی شامل سه زیر گروه: تشعشات، مصرف منابع طبیعی، زباله و بازیافت در امتداد زنجیره تأمین. تا همین اواخر، جنبه های زیست محیطی سیستم های اندازه گیری به طور گسترده ای توسط شرکت ها نادیده گرفته می شد. با این حال، هنگام بررسی تأثیر یک شرکت، باید نحوه تأثیر فعالیت های شرکت بر محیط را در نظر گرفت. که ممکن است شامل آزاد شدن دی اکسید کربن باشد. مصرف انرژی از سوخت های فسیلی می تواند باعث انتشار کربن شود. زباله و بازیافت مقوله دیگری است که بر محیط زیست تأثیر می گذارد. که می تواند در درصد زباله، انواع مختلف زباله، زباله های مورد استفاده برای بازیافت منعکس شود (چتینکایا و همکاران، ۲۰۱۱).

جدول ۳-۲ بعد زیست محیطی (چتینکایا و همکاران، ۲۰۱۱)

بعد زیست محیطی		
ابعاد فرعی	نمونه هایی از معیارهای کلیدی	نمونه هایی از معیارها
انتشار گازهای خطرناک	انتشار سایر آلاینده ها انتشار دی اکسید کربن	کاهش انتشار دی اکسید کربن ، صرفه جویی در مصرف آب ، صرفه جویی در مصرف انرژی ، بهره برداری از زمین ، کاهش نیاز به حمل و نقل جاده ای ، بهره برداری از انرژی مصرف شده در هر انبار ، درصد بسته بندی قابل بازیافت ، کاهش آسیب تجهیزات و پس افت ها ، درصد بسته بندی با قابلیت استفاده مجدد ، محصولات منقضي موجود در انبار ، کاهش خرابی تجهیزات
بهره برداری از منابع طبیعی	مصرف آب مصرف سوخت بهره برداری از زمین مصرف انرژی	
ضایعات و بازیافت	کاهش ضایعات استفاده از مواد مضر برای محیط زیست درصد مواد و محصولات بازیافتی	

۴-۲ انتخاب تأمین کننده

تصمیم گیری در مورد انتخاب تامین کننده نقش عمده ای در استراتژی های خرید زنجیره تامین دارد. بسیاری از مقالات مروری مانند (ورما و پولمن، ۱۹۹۸) (آیسائویی و همکاران، ۲۰۰۷) و (کارساک و دورسون، ۲۰۱۶) مسئله انتخاب تامین کننده را بررسی کردند و در مورد محیط های مختلف تصمیم گیری، محدودیت ها و اهداف در این زمینه بحث کردند.

مدل های برنامه نویسی تصادفی مبتنی بر سناریو را می توان تحت برنامه عدم اطمینان برای برنامه ریزی زنجیره تامین با موفقیت استفاده کرد و برای ارائه بینش مدیریتی مناسب است. در زمینه انتخاب تأمین کننده و یا تخصیص سفارش، چندین مطالعه از قبیل (خو و نوزیک، ۲۰۰۹)، (ساویک، ۲۰۱۱، ۲۰۱۳) و (ترابی و همکاران، ۲۰۱۵) مدل های تصادفی را توسعه داده اند.

با این حال، ایجاد سناریوها و به دست آوردن احتمالات مرتبط با آنها یک مسئله چالش برانگیز است. این مطالعه برای بدست آوردن مجموعه ای مناسب از سناریوها از روش ساخت سناریو که توسط (دوپاووا و همکاران، ۲۰۰۳) و (هایتس و رومن، ۲۰۰۹) توسعه یافته استفاده می کند.

فیکری دوبری و همکاران چارچوبی برای صنعت خودرو ارائه داده اند که، در وهله اول هدف باید تعیین شود و بر اساس آن هدف، تامین کنندگان می توانند رتبه بندی شوند. مرحله دوم تعیین

معیارها بر اساس بررسی مقالات مرتبط است. در مرحله سوم، بر اساس مقایسه زوجی متخصصان، رتبه بندی معیارها باید بدست آید. مجدداً در مرحله چهارم، برای هر یک از معیارهای بدست آمده در مرحله قبل، باید یک سری زیر معیارها طبق نظر کارشناسان مشخص شود. تامین کنندگان باید با استفاده از معیارها و زیر معیارهای بدست آمده ارزیابی شوند. در این مقاله از نرم افزار تجاری Expert Choice جهت رتبه بندی تامین کنندگان بهره برداری شده است. در نهایت، تجزیه و تحلیل حساسیت با توجه به هدف مشخص انجام شده است (دویری و همکاران، ۲۰۱۶).

رزمی و همکاران مقاله ای با عنوان "ارائه مدل ترکیبی برای مسئله تصمیم گیری انتخاب تامین کنندگان و حل آن با الگوریتم ژنتیک" ارائه کردند. در این مقاله، مدلی برای بررسی دو موضوع انتخاب تامین کننده و اختصاص سفارش به تامین کنندگان انتخابی ارائه شده است. تابع هدف نهایی در ساختار پیشنهادی به عنوان یک مدل تصمیم گیری چند هدفه ارائه شده است. برای حل مدل نیز از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. (رزمی و همکاران، ۱۳۸۶).

امیری و همکاران مقاله ای تحت عنوان "ارائه مدلی جهت حل مسئله انتخاب تامین کنندگان با استفاده از روش تصمیم گیری خاکستری و تحلیل عاملی" (مطالعه موردی: سازه گستر سایپا) تهیه کردند. در این مقاله، یک روش مناسب و کاربردی برای رتبه بندی تامین کنندگان در یک محیط غیر قطعی و در حضور معیارهای وابسته ارائه شده است. (امیری و همکاران، ۱۳۹۱).

همایونفر و همکاران یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر روش تصمیم گیری چند معیاره فازی برای ارزیابی و اولویت بندی تامین کنندگان سایپا ارائه نمودند. در این تحقیق از رویکرد دلفی فازی برای غربالگری شاخص ها استفاده شده است. برای تعیین وزن شاخص ها از رویکرد تحلیل سلسله مراتبی فازی و برای رتبه بندی تامین کنندگان از رویکرد ویکور فازی استفاده شده است. در این مطالعه معیارهای اجتماعی در نظر گرفته نشد (همایون فر و همکاران، ۱۳۹۷).

۱-۴-۲ انتخاب تأمین کننده پایدار

به دلیل اهمیت انتخاب تأمین کننده در زنجیره تأمین، انتخاب تأمین کنندگان پایدار به یک تصمیم مهم در فرآیند مدیریت زنجیره تأمین پایدار تبدیل شده است. تحقیقات نشان می دهد که کار با تأمین کنندگان متمرکز بر عوامل اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی می تواند پایداری زنجیره تأمین را بهبود بخشد.

تراپ و همکاران مدل ریاضی صفر یک جهت بهینه سازی انتخاب و توسعه تأمین کننده با مفهوم پایداری ارائه دادند. هدف این مدل انتخاب بهینه تأمین کننده و همچنین توسعه تأمین کنندگان فعلی میباشد. به دلیل پیچیدگی انتخاب تأمین کننده، آنها از ابزاری جهت افزایش سرعت حل مسئله و ارائه پاسخ های متفاوت استفاده کردند. پس از توسعه مدل و روش حل فوق، با دو روش مختلف برای اعتبار سنجی از جمله ماکس مین^۱ و مرکز ثقل^۲ پیاده سازی شد. (تراپ و همکاران، ۲۰۱۶).

آقا محمد علی کرمانی و همکارانش مقاله ای تحت عنوان "ارائه مدل برنامه ریزی ریاضی چند هدفه انتخاب تأمین کننده در فضای توسعه پایدار" ارائه کردند و شاخص های این تحقیق در سه حوزه متناسب با محیط توسعه پایدار است (اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی) در این تحقیق، یک مدل برنامه ریزی ریاضی چند هدفه با چهار هدف کیفیت، قیمت، سطح خدمات و عملکرد محیط زیستی، با وجود محدودیت هایی مانند محدودیت های عرضه تمام تقاضا، محدودیت های ظرفیت تأمین کننده، در نظر گرفته شده است (آقا محمد علی کرمانی و همکاران، ۱۳۸۹).

رابعه و همکاران با استفاده از روش دلفی، شاخص های ارزیابی تأمین کنندگان شرکت مورد مطالعه (سپکو) را در سه بعد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی شناسایی کردند. سپس با استفاده از این

^۱ Max-min

^۲ Centroid

شاخص ها یک مدل برنامه ریزی ریاضی چندهدفه برای حل مسئله انتخاب تامین کنندگان و تخصیص سفارش به آنها ارائه کردند (رابعه و همکاران، ۲۰۱۹)

خان و همکاران به ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان پایدار با استفاده از رویکرد وزندهی آنتروپی فازی و سیستم استنتاج فازی برای رتبه بندی تامین کنندگان پرداختند (خان و همکاران، ۲۰۱۸).

علیخانی و همکاران در موضوع انتخاب تامین کننده، عوامل پایداری و ریسک تامین کننده را به طور همزمان و همچنین رابطه بین پایداری و ریسک را در نظر گرفت. برای این منظور، آنها از مجموعه های فازی فاصله ای نوع دوم برای رویارویی با قضاوت شهودی تصمیم گیرندگان در مورد ریسک تامین کننده و تفسیر آن به اعداد قطعی استفاده کردند. آنها با استفاده از یک مدل تحلیل پوششی داده ها با عملکرد بالا، اهمیت شاخص های پایداری را تعیین کردند و تامین کنندگان منتخب را رتبه بندی کردند. نتایج نشان داد که در نظر گرفتن شاخص های پایداری یا عوامل ریسک به طور جداگانه منجر به تصمیم گیری اشتباه می شود (علیخانی و همکاران، ۲۰۱۹).

۲-۴-۲ شناسایی معیار های انتخاب تامین کننده پایدار

با توجه به رشد دانش در محیط پایداری، انتخاب تامین کنندگان پایدار یکی از اجزای اصلی در مدیریت زنجیره تامین پایدار میباشد، با توجه به شرایط هر سازمان ممکن است معیارهای اختصاصی انتخاب تامین کننده به انتخاب بهترین تامین کنندگان بپردازد. (امین دوست و همکاران، ۲۰۱۲)

جدول ۲-۴ معیارهای انتخاب تامین کنندگان پایدار را که توسط بیا و سارکیس و باسکاران و همکارانش استفاده شده است، خلاصه می کند.

جدول ۲-۴ معیارهای انتخاب تامین کننده پایدار

محققان	سال نشر	معیارهای مورد مطالعه
بای و سارکیس	۲۰۱۰	مصرف منابع، سیستم مدیریت زیست محیطی، ایمنی و سلامت و جوامع محلی، شیوه های استخدام
باسکاران و همکارانش	۲۰۱۲	حضور در بازار، عملکرد اقتصادی، تأثیرات غیر مستقیم اقتصادی، مسئولیت پذیری، سلامت و ایمنی مشتریان، حقوق کارکنان، رقابت جوامع، شیوه های نیروی کار، آلودگی محیط زیست

معیارهای جمع آوری شده براساس مطالعات قبلی و مصاحبه با متخصصان در مجموع ۶۱ زیر معیار پایداری مطابق جدول ۵-۲ ارائه شده است.

جدول ۵-۲ معیارها و ابعاد انتخاب تأمین کننده در زنجیره تأمین پایدار

معیارهای منتخب بعد زیست محیطی	معیارهای منتخب بعد اجتماعی	معیارهای منتخب بعد اقتصادی
انتشار گازهای خطرناک	میزان حوادث	کمبود موجودی بیش از حد
انتشار سایر آلاینده ها	تعداد کارکنان به منظور بکارگیری سیستمهای جدید	تأخیر در ارسال محصول
انتشار دی اکسید کربن	پیمانکاران و تأمین کنندگان آموزش دیده در رویه های بهداشتی و سلامت	زمان پاسخگویی به مشتری
کاهش انتشار دی اکسید کربن	قراردادهای بلند مدت کاری با افراد	درصد تحویل های بموقع
صرفه جویی در مصرف آب	نفر ساعت آموزش کارمندان	شکایات مشتری
صرفه جویی در مصرف سوخت	تعداد مشاغل ایجاد شده	رضایت مشتری
بهره برداری از زمین	غیبت شغلی	در دسترس بودن محصول
بهینه سازی حمل و نقل جاده ای	پیشنهادهای نوآورانه	هزینه کل لجستیک
بهره برداری از انرژی مصرف شده در انبارها	تعدیل نیرو	سطح موجودی محتاطانه
درصد بسته بندی قابل بازیافت	رضایت کارکنان	ارزش افزوده
کاهش خسارات به تجهیزات و پس افت ها	بهداشت و ایمنی	بازگشت سرمایه
درصد بسته بندی های قابل استفاده مجدد	رضایت شرکا	بهره وری
کاهش از کار افتادگی تجهیزات	کاهش سر و صدا	cash-to-cash
مصرف سوخت	میزان فعالیت در مناطق صنعتی	شرایط تحویل
بهره برداری از منابع طبیعی	کاهش ازدحام ناشی از عملیات در انبارها	چرخه بازگشت سرمایه، استفاده از هزینه
مصرف آب	بعد اجتماعی	میزان بهره برداری از انبار
استفاده از زمین	توجه به سیاست های اجتماعی	مدت زمان ارائه محصول به بازار
مصرف انرژی	مشارکت در فعالیتهای اجتماعی	هزینه تحویل
ضایعات و بازیافت		زمان چرخه سفارش محصول
استفاده از مواد مضر برای محیط زیست		انعطاف پذیری در سفارشات
کاهش ضایعات		عملکرد ردیابی محصول
		زمان تحویل

۳-۴-۲ شناسایی معیارهای ریسک تأمین کننده پایدار

به گفته چای و نای، با توجه به اینکه فرآیند انتخاب تأمین کننده ذاتاً یک فرآیند چند مرحله ای است که شامل غربالگری و فهرست کوتاه، معیارهای ارزیابی تأمین کننده، رتبه بندی تأمین کنندگان و تخصیص سفارش است، استفاده از رویکردهای یکپارچه برای تصمیم گیری چند معیاره و بهینه سازی

برای حل این مسئله ضروری است. آنها نشان دادند که در سالهای اخیر توجه محققان از موضوع عدم قطعیت تقاضا به موضوع ریسک تأمین معطوف شده است (چای و نای، ۲۰۲۰).

واگنر و بود، اختلال زنجیره تامین را ترکیبی از ۱) یک رویداد غیرعادی که در زنجیره تامین یا محیط آن به وقوع می‌پیوندد، و ۲) یک موقعیت مهم که عملکرد عادی شرکت های زنجیره ای را به طور قابل توجهی تهدید می کند، توصیف کردند. برای سازمان های آسیب دیده، این وضعیت استثنایی در مقایسه با وضعیت تجاری روزانه آنها است. اختلال احتمال وقوع مشخصی دارد که با شدت و پیامدهای مستقیم یا غیر مستقیم آن تعیین می شود. از آنجا که تلفات تابعی از زمان هستند، اختلالات زنجیره تامین نیز شامل فشار زمان می شود، بنابراین اقدامات کاهش دهنده باید به سرعت انجام شود و بسته به شدت آنها، اقدامات لازم (مانند خطای کوچک، اختلال، تصادف، فاجعه یا بحران) انجام شود. اختلالات زنجیره تامین می تواند در داخل یا خارج از زنجیره رخ دهد، بنابراین این اختلالات می تواند بسیار متفاوت باشد. به عنوان مثال، یک مشکل مالی از تأمین کننده یا وقوع زلزله، که هر دو به ظرفیت تولید آسیب می رسانند، شرایطی با ویژگی های کاملاً متفاوت است و در نتیجه تأثیرات متفاوتی بر زنجیره تأمین خواهد گذاشت. اختلالات زنجیره تامین غالباً "محرکهای ریسک زنجیره تامین" نامیده می شوند. آنها ریسک های زنجیره تامین را به پنج دسته مجزا تقسیم کردند:

- **تقاضا** شامل تقاضای غیرقابل پیش بینی یا بسیار ناپایدار مشتری، اطلاعات ناکافی یا نادرست سفارش مشتری، نقض پرداخت مشتری یا پرداخت نادرست است
- **تأمین** شامل نوسانات یا کمبود ظرفیت و همچنین نوسانات قیمت در بازارهای عرضه، عملکرد ضعیف لجستیک و مشکلات کیفیت تامین کنندگان، تخلفات تامین کننده است.
- **نظارتی، حقوقی و اداری**، از جمله موانع تنظیم مقررات، حقوقی و اداری، اخذ مجوز برای فعالیتهای راه اندازی زنجیره تامین و عملیات زنجیره تامین

- ریسک زیرساختی شامل توقف عملیات تولید به دلیل اختلالات اجتماعی و فنی مانند اعتصابات کارگران و نقص عملکرد ماشین آلات و تجهیزات، اختلال در سیستم های داخلی و خارجی فناوری اطلاعات است.

- پیشامدهای ناگوار شامل بلایای طبیعی، بیماری، بی ثباتی سیاسی، جنگ، ناآرامی سیاسی و اجتماعی و حملات تروریستی است.

دو دسته اول محرک های ریسک تقریباً ریسکهای داخلی زنجیره هستند، اما سه دسته دیگر لزوماً داخلی نیستند. (واگنر و بود، ۲۰۰۸).

مظاهری و همکاران، در تحقیقات خود با عنوان "شناسایی و اولویت بندی ریسکهای زنجیره تامین"، ریسکهای تأمین کنندگان را خطاهای تحویل، بازگشت مواد، تامین به موقع مواد اولیه، عدم تماس مستقیم بین تامین کنندگان و مشتریان، افزایش قیمت مواد اولیه، ناتوانی در برآوردن خواسته های شناسایی شده، شرایط رقبا، مشکلات فناوری اطلاعات، ورشکستگی تامین کنندگان، موجودی ناکافی، عقب ماندگی ناشی از تغییرات سریع فناوری شناسایی کردند. (مظاهری و همکاران، ۱۳۹۰)

تانگ ریسکهای زنجیره تامین را به دو دسته کلی تقسیم کرد: ریسکهای عملیاتی و ریسکهای اختلال. ریسکهای عملیاتی مربوط به عدم قطعیت زنجیره تامین است که شامل عدم قطعیت عرضه، تقاضا و هزینه می شود، در حالی که ریسکهای اختلال ناشی از بلایای طبیعی یا انسانی مانند سیل، زلزله و بحران های اقتصادی است (تانگ، ۲۰۰۶).

تیمی از محققان دانشگاه فنی میلان در ایتالیا تحقیقاتی را با موضوع رابطه بین مدیریت ریسک زنجیره تامین و انتخاب تأمین کنندگان ارائه دادند. به گفته آنها، ریسکهای زنجیره تامین را می توان به سه دسته کلی تقسیم نمود: ریسک های محصول، ریسک های بازار و ریسک های تامین کننده. در زیر طبقه بندی جامع تری از این ریسکها آمده است: (میشلی، کاگنو و زورزینی، ۲۰۰۸)

ریسکهای محصول:

۱- پیچیدگی ۲- تأثیر بر قیمت ۳- سفارشی سازی ۴- تأثیر بر کیفیت ۵- تأثیر بر زمان

ریسکهای بازار:

۶- اشباع بیش از حد بازار ۷- تعداد کم تأمین کنندگان واجد شرایط ۸- افزایش قیمت ۹-

استاندارد پایین تأمین کننده ۱۰- تمرکز جغرافیایی تأمین کنندگان

ریسکهای تأمین کنندگان:

۱۱- اشتباهات تحویل ۱۲- مشکلات نوآوری در محصول ۱۴- تأخیر در تحویل ۱۴- ارتباط

غیرمستقیم تأمین کننده با مشتریان ۱۵- ارتباطات مبهم و غیر واضح ۱۶- مشکلات کیفی

۱۷- ناتوانی در برآورده سازی خواسته ها ۱۸- افزایش قیمت ۱۹- عقب ماندگی از تکنولوژی

۲۰- مشکلات زیست محیطی ۲۱- قطع ارائه محصول ۲۲- پایداری مالی و اقتصادی ۲۳- حمل

و نقل ناکافی ۲۴- مشکلات تکنولوژی اطلاعات ۲۵- ناتوانی در تغییر سریع تکنولوژی ۲۶-

موجودی در انبار ناکافی

لاوستر و همکاران ریسکهای زنجیره تأمین را ناشی از فرآیند، کنترل، تقاضا، عرضه و محیط بیان

میکنند. این ریسکها نیاز به پاسخ های خاص و کافی از طریق روش های فنی، رویکردها و استراتژی

های مدیریت ریسک دارند. سازمانها برای موثر بودن باید مدیریت ریسک زنجیره تامین را به عنوان

یک کار مدیریتی در داخل سازمان تعریف کنند. همچنین، مدیریت ریسک موثر زنجیره تأمین بر

اساس همکاری و فرایندهای مشترک با شرکای صنعتی است (لاوستر و همکاران، ۲۰۱۲).

وو و همکاران با تمرکز بر ریسکهای تأمین، آنها را به دو دسته کلی داخلی و خارجی تقسیم کردند.

ریسکهای داخلی از جمله ریسکهای قابل کنترل (هزینه، کیفیت، ارسال به موقع، مسائل مربوط به

مدیریت بلایا (نسبتاً قابل کنترل)، انعطاف پذیری تولید، نقاط قوت بازار، مباحث حقوقی داخلی

زنجیره و ریسکهای غیرقابل کنترل که علت آنها هنوز مشخص نیست. ریسکهای خارجی از جمله

ریسکهای قابل کنترل، ریسکهای نسبتاً قابل کنترل (تقاضا، مسائل حقوقی خارجی، امنیت) و

ریسکهای غیرقابل کنترل از جمله بلایای طبیعی / انسانی، ویژگی بازار، ثبات اقتصادی / سیاسی

میباشد. برای رتبه بندی عوامل خطر از روش AHP استفاده شد. (وو و همکاران، ۲۰۰۶)

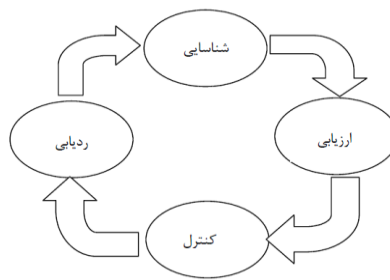
حیاتی و همکاران در مقاله خود ریسکهای تامین را ریسک عدم ارسال به موقع مواد به شرکت، ریسک عدم ثبات در فرآیند حمل و نقل ترابری، ریسک کیفیت مواد تامین کنندگان، ریسک ورشکستگی تامین کننده، ریسک تأخیر، ریسک وابستگی به تامین کننده، ریسک ظرفیت عرضه، ریسک استفاده از یک تامین کننده در نظر گرفتند (حیاتی و همکاران، ۱۳۹۳).

متوکف طبقه بندی دیگری از ریسکهای زنجیره را توضیح داد: او ریسک را به ۱۱ دسته مختلف تقسیم کرد: ریسک کمیت، ریسک قیمت، ریسک کیفیت، ریسک فناوری، ریسک اقتصادی، ریسک محیطی، ریسک فرآیند، ریسک آشفتگی و ریسک موجودی (ماتوک و همکاران، ۲۰۰۹). کریستوفر ریسکهای زنجیره تامین را به پنج دسته کلی تقسیم کرد: ریسک فرآیند، ریسک عرضه، ریسک تقاضا، ریسک محیطی و ریسک کنترل (کریستوفر، ۲۰۰۴).

۱. ریسک تامین: از مهمترین ریسکهای زنجیره تامین، که می تواند منشأ سایر ریسکها باشد. وقتی هزینه محصول یا خدمات پرداخت گردد، در معرض این ریسک قرار میگیرد که تامین کننده سفارش را با کمیت و کیفیت مناسب و به موقع تحویل ندهد، ریسک تامین می نامند.
۲. ریسک فرآیند: یک محصول در بخش خاصی به موقع و با مقدار و کیفیت لازم تولید نمیشود.
۳. ریسک تقاضا: ریسک عدم وجود تقاضا برای محصول یا کمبود تقاضا.
۴. ریسک کنترل: ریسک کنترل کیفیت ناکافی میباشد.
۵. ریسک زیست محیطی: ریسک ناشی از اثرات زیست محیطی است که می تواند ناشی از محیط فیزیکی، سیاسی، اجتماعی، حقوقی، اقتصادی و عملیاتی باشد.

۲-۵ مدیریت و کاهش ریسک زنجیره تامین

با توجه به ریسکهای بیان شده در زنجیره تامین، اکنون این سوال مطرح است که چه اقداماتی میتوان برای کاهش این ریسکها انجام داد.



شکل ۱-۲ فرآیند مدیریت ریسک زنجیره تامین (زیگنباين و نینه‌اوس، ۲۰۰۴)

مدل چرخه‌های موجود مدیریت ریسک استراتژیک و مالی را با ریسک‌های زنجیره تامین تطبیق می‌دهد. در مرحله اول، شناسایی ریسک زنجیره تامین، ریسک‌های بالقوه در زنجیره تامین و منابع ریسک باید شناسایی، طبقه‌بندی و مستند شوند. سپس، ریسک‌های بالقوه در مرحله ارزیابی ریسک زنجیره تامین باید ارزیابی شوند. روش مناسب، ترسیم احتمال و تأثیر منابع ریسک بر روی نقشه ریسک است. احتمال وقوع و شدت آن نیز می‌تواند کیفی یا کمی باشد. طبق این ارزیابی، در رابطه با نحوه برخورد با این ریسک‌ها تصمیم‌گیری صورت می‌گیرد. مرحله کنترل ریسک زنجیره تامین، پس از ارزیابی و برآورد^۱، انتخاب اقدامات برای کنترل ریسک می‌باشد. شیوه‌های متداول مدیریت ریسک می‌تواند شامل اجتناب^۲، کاهش^۳، انتقال^۴، تقسیم^۵ یا حتی پذیرش ریسک^۶ باشد. در نهایت، مرحله ردیابی ریسک زنجیره تامین، اجرا و تأثیر اقدامات اتخاذ شده را بررسی کرده و شرکت را قادر می‌سازد تا در هر زمان دید روشنی از وضعیت ریسک زنجیره تامین داشته باشد (زیگنباين و نینه‌اوس، ۲۰۰۴).

اتخاذ یا پذیرش به این معنی است که هیچ اقدامی در برابر خطرات زنجیره تامین انجام نمی‌شود. کاهش و اجتناب وقوع منبع ریسک، با علت و عامل ریسک در زنجیره تامین سروکار دارد. اجتناب، از بین بردن منبع ریسک به معنی از بین بردن انواع حوادثی است که می‌تواند ریسک را ایجاد کند و از

-
- Estimation^۱
 - Avoid^۲
 - Reduce^۳
 - Transfer^۴
 - Share^۵
 - Take risk^۶

کاهش هم برای کاهش احتمال و هم برای کاهش نتیجه مورد استفاده قرار می‌گیرد. اقدامات برای کاهش وقوع احتمال یا وقوع گرا طبق نقشه ریسک فوق، انتقال موقعیت منبع ریسک به پایین نقشه ریسک و بالعکس، اقدامات برای کاهش نتیجه یا اثر گرا بر اساس نقشه ریسک با حرکت دادن موقعیت ریسک به سمت چپ در نقشه ریسک شرح داده می‌شود. نمونه هایی از اقدامات کاهش اثر می تواند داشتن منابع متعدد، داشتن موجودی اضافی باشد و نمونه هایی از نحوه ی کاهش احتمال وقوع می تواند بهبود فرآیندهای ریسک عملیاتی داخلی، افزایش انعطاف پذیری زنجیره تأمین باشد. با انتقال مسئولیت موجودی، تغییر زمان تحویل (تحویل به موقع تأمین کننده)، سازمان می توان ریسک را به شرکت های بیمه و اعضای زنجیره تأمین منتقل کرد. علاوه بر این، می توان از قراردادهای برای انتقال ریسکهای تجاری استفاده کرد. سرانجام، ریسکها را می توان از طریق مکانیسم های قراردادی و بهبود همکاری، تقسیم کرد. کلید مدیریت زنجیره تامین به اشتراک گذاشتن ریسک ها و مزایا بین اعضای زنجیره تأمین است (نوررمن و لیندروت، ۲۰۰۴).

در مقاله ای، یوتنر و کریستوفر از پنج استراتژی برای کاهش ریسک زنجیره تأمین استفاده کردند، که در جدول ۶-۲ با مثال ذکر شده است. (یوتنر و همکاران، ۲۰۰۳).

جدول ۶-۲ استراتژی های کاهش ریسک در زنجیره تأمین (یوتنر و همکاران، ۲۰۰۳)

عنوان استراتژی	مثالهای مرتبط
پرهیز	یک محصول خاص / بازار جغرافیایی خاص / تامین کننده خاص / مشتری خاص را رها کردن، ارزیابی بر اساس ریسک از فعالیت های جدید تجاری، حساسی های خارجی مستقل، ارزیابی خود
کنترل و تحمل	افزایش ذخیره سازی و استفاده از موجودی اطمینان، ادغام عمودی، حفظ ظرفیت تولید اضافی، حمل و نقل، تعیین تعهدات قراردادی برای تأمین کنندگان، محافظت از داده ها و فرآیند، برنامه ریزی پایدار
همکاری	همکاری در اشتراک گذاری اطلاعات مربوط به ریسک، همکاری در افزایش شفافیت و درک زنجیره تامین، مشارکت برای فراهم نمودن طرحهای مستمر در زنجیره تأمین
انعطاف پذیری	استفاده از منابع متعدد، تعویق انداختن، بومی نمودن منابع
انتقال ریسک	اقدامات مصونیت و بیمه

با توجه به اینکه سازمانها همیشه در معرض عدم موفقیت تأمین منابع لازم، به موقع و با کیفیت یا قیمت توافق شده هستند، با رشد زنجیره تأمین، میزان تأمین منابع لازم و تقاضا برای کالاهای

تولیدی با نرخ فزاینده ای به سمت عدم قطعیت حرکت می کند و موقعیت مدیریت و تقسیم ریسک در سراسر زنجیره تأمین اهمیت بیشتری پیدا خواهد کرد (نورمن و جانسون، ۲۰۰۴).

بسیاری از معیارهای ریسک، مانند ارزش در معرض ریسک شرطی (CVaR)، انحراف معیار، واریانس و انحراف مطلق، که اولین بار در حوزه امور مالی و بیمه ایجاد شدند، می توانند برای پیشنهاد استراتژی ریسک گریز مبتنی بر نگرش ریسک تصمیم گیرنده استفاده شوند (هکمن و دیگران، ۲۰۱۵).

ارزش در معرض ریسک (VaR و CVaR) به عنوان دو معیار ریسک شناخته شده، توسط ساویک برای ارائه مدل‌های تصادفی ریسک گریز برای انتخاب یکپارچه تأمین کننده و مسئله تخصیص سفارش استفاده می شود (ساویک، ۲۰۱۱، ۲۰۱۳، ۲۰۱۴).

بیلسل و راویندران یک مدل برنامه نویسی محدود کننده شانس با چندین هدف برای انتخاب تأمین کنندگان تحت عدم اطمینان ارائه دادند. مدل آنها از ارائه دهندگان پشتیبانی به عنوان یک استراتژی کاهش ریسک استفاده می کرد. در این زمینه، استفاده از تأمین کنندگان دوگانه/چندگانه یا پشتیبانی یک استراتژی معمول برای کاهش ریسک عملیاتی و اختلال است (بیلسل و راویندران، ۲۰۱۱).

تالوری و همکاران انتخاب تأمین کننده را مانند مسئله انتخاب پورتفولیو ارائه دادند. زیرا این شرکت مقدار مشخصی از بودجه را برای سرمایه گذاری در تأمین کنندگانی با مشخصات مختلف در نظر گرفته است. با مدل مارکوفیتز مسئله را بازنویسی کرده و حل میکنند (تالوری و همکاران، ۲۰۱۰).

کیبزون و کازنزو در مقاله خود دو معیار CVaR و VaR را بررسی کردند و ارتباطی را بین این دو ایجاد کردند. همچنین روشهایی را برای انتخاب سطح اطمینان در مسائل بهینه سازی چندگانه پیشنهاد دادند. انتخاب نحوه سنجش ریسک نقش مهمی در مسائل بهینه سازی پورتفوی دارد (کیبزون و کازنزو، ۲۰۰۶).

مولوی و ارکان برای کاهش ریسک های شرکت و افزایش سود در مدل خود استراتژی مدیریت ریسک غیرمتمرکز را بر اساس مدل بهینه سازی تصادفی معرفی کردند و از معیار CVaR استفاده کردند و مزایای آن را نسبت به معیار سنتی VaR برشمردند. (مولوی و ارکان، ۲۰۰۶)

جورجیو زیگو انواع مختلف مقیاس های ریسک را بررسی کرده و نشان می دهد که VaR ریسک را

اندازه گیری نمیکند. او مقیاس ریسک قابل قبول را دارای چهار ویژگی زیر بیان کرد: (زیگو، ۲۰۰۵)

۱. همگنی مثبت^۱: به ازای هر متغیر تصادفی X و همه اعداد حقیقی مثبت برقرار باشد:

$$p(\lambda x) = \lambda p(x)$$

۲. جمع پذیری: برای همه متغیرهای تصادفی X و Y برقرار باشد:

$$p(x + y) \leq p(x) + p(y)$$

۳. یکنواختی^۲: برای هر متغیر تصادفی X و Y باید $Y > X$ نتیجه دهد

$$p(x) \leq p(y)$$

۴. تغییر ناپذیری انتقالی^۳: به ازای تمام متغیرهای تصادفی X و اعداد حقیقی α و تمام نرخ های

بدون ریسک، تحت رابطه زیر وجود دارد

$$p(x + r) = p(x) + \alpha$$

فنگ جی و پینگ ریسک عملیاتی را براساس CVaR بررسی و اندازه گیری کردند و بر اساس نتایج،

استراتژی هایی مانند ذخیره ریسک، تخصیص سرمایه اقتصادی، بیمه و برون سپاری در جهت کنترل

و مدیریت ریسک های عملیاتی مشخص شدند. ریسک های عملیاتی در موسسات مالی به مدت

طولانی وجود داشته است. همانطور که توسط کمیته باسل^۴ تعریف شده است، ریسکهای عملیاتی

ریسکهای ناشی از ناقص یا ناکارآمد بودن برنامه داخلی، کارکنان و سیستم یا رویدادهای خارجی

است. (فنگ جی و پینگ، ۲۰۱۲)

فنگ جی و پینگ اظهار داشتند که در چین اخیراً بررسی کاربردهای CVaR در طراحی زنجیره

تأمین آغاز شده است و تعدادی از مقاله ها به تعریف CVaR، روش بهینه سازی آن و روش ارزیابی آن

پرداخته اند. مزیت CVaR این است که هم زیان های مورد انتظار و هم زیان های غیر منتظره را

Positive Homogeneity^۱

Monotonicity^۲

Transitional invariance^۳

^۴ کمیته باسل (Basel Committee) موسسه ای است که در سال ۱۹۷۴ توسط مدیران بانک مرکزی گروه ۱۰ کشور ایجاد گردید و به طور منظم سالی چهار بار در باسل سوئیس تشکیل جلسه می دهد

محاسبه میکند. زیان های انتظاری عبارتند از: زیان هایی که بانک می داند در جریان تجارت رخ می دهد مانند: نرخ خطا، خرابی سیستم و ... (فنگ جی و پینگ، ۲۰۱۲).

قمی اوپلی و همکاران موضوع طراحی یک شبکه زنجیره تامین حلقه بسته با استفاده از یک رویکرد دو مرحله ای احتمالی در شرایط ریسک تأمین را بررسی کرده اند. علاوه بر اخلاص در تأمین، عواملی مانند استفاده از موجودی مازاد و همچنین قرارداد با تامین کنندگان قابل اطمینان در دوره هایی که مختل نشده اند به عنوان استراتژی در نظر گرفته شده است. هدف به حداقل رساندن هزینه های زنجیره با توجه به تصمیم گیری در مورد مکان یابی میزان جریان بین سطوح و فروش از دست رفته است (قمی اوپلی و همکاران، ۱۳۹۸)

جبارزاده و همکاران یک مدل بهینه سازی تصادفی مستقل برای طراحی شبکه زنجیره تامین حلقه بسته ارائه کرده اند که در صورت بروز اختلال به صورت انعطاف پذیر عمل می کند. مدل پیشنهادی قادر است حمل و نقل جانبی را به عنوان یک استراتژی پاسخ برای مقابله با مخاطرات عملیاتی و اختلال در نظر بگیرد. هدف تعیین مکان تاسیسات و میزان حمل و نقل جانبی است که حداقل هزینه زنجیره تامین را در سناریوهای مختلف اختلال به حداقل می رساند. یک الگوریتم آزادسازی لاگرانژ برای حل موثر مدل استوار توسعه داده شده است. بینش های مدیریتی مهمی از پیاده سازی مدل در مطالعه موردی صنعت شیشه به دست می آید (جبارزاده و همکاران، ۲۰۱۸)

هدف اصلی مطالعه توسط ویلکو و همکاران. بهبود فرآیند تصمیم گیری در مدیریت زنجیره تامین دریایی با بهبود دید و کنترل ریسک است. در نهایت، چنین پیشرفت هایی می تواند ریسکها را کاهش داده و ایمنی، کارایی و بهره وری را افزایش دهد. برای این منظور، آنها یک چارچوب جامع و تحلیلی از دید و کنترل ریسک را برای استفاده بازیگران زنجیره تامین ارائه کردند. در این مطالعه، از یافته های تجربی به دست آمده از مصاحبه های گسترده و داده های تخصصی پانل استفاده شده است. شرکت های مورد تحقیق متعلق به یک زنجیره تامین دریایی واردات و صادرات از دریای بالتیک به فنلاند هستند. مدیریت ریسک زنجیره تامین از دو منظر کمی و کیفی مورد مطالعه قرار گرفته است.

به طور معمول، رویکرد کمی زمانی معنا پیدا می کند که داده های معتبر و تخصصی کافی در دسترس داشته باشد. در غیر این صورت، رویکرد کیفی مناسب تر است، که با توجه به ماهیت این مطالعه، از روش کیفی بیشتر استفاده شده است. ویلکو و همکاران سه نوع ریسک که بر زنجیره تامین دریایی تأثیر می گذارد شناسایی کردند: ریسک زمان، ریسک مالی و ریسک کیفیت. این مقاله همچنین از ساختار شناسایی ریسک و روش تجزیه و تحلیل ریسک (FMEA) استفاده کرده است، که در آن منابع ریسک (علل) و تأثیر (اثر) به طور سیستماتیک مورد توجه قرار گرفته است. FMEA یک روش قدرتمند برای شناسایی ریسک مد نظر قرار گرفته است (ویلکو و همکاران، ۲۰۱۹).

میهایس کیاناکیس و همکاران در تحقیقات خود رویکرد مدیریت ریسک را در زنجیره تامین پایدار ارائه کرده اند. در این مطالعه ابتدا عوامل تعیین کننده ریسک مربوط به زنجیره تامین پایدار شناسایی و سپس احتمال وقوع، شدت و تشخیص برای هر ریسک محاسبه می شود. ریسکهای شناسایی شده اولویت بندی می شوند، سپس تجزیه و تحلیل ریسک های بالقوه و تأثیرات آن بر زنجیره تامین انجام می شود و اقدامات و استراتژی ها برای کاهش تمام ریسک های بالقوه ارائه میگردد. در این مدل، روشی ترکیبی برای جمع آوری داده ها و تجزیه و تحلیل حالت های بالقوه شکست (FMEA) برای ارزیابی اهمیت نسبی ریسک ها ارائه شده است (گیاناکیس و همکاران، ۲۰۱۶).

احمدی و همکاران از روش ترکیبی FMEA-TOPSIS برای ارزیابی ریسکها استفاده کردند. در این مقاله ریسک های صنعت فولاد مبارکه اصفهان مورد بررسی قرار گرفته است. در این روش ترکیبی، TOPSIS به محاسبه میزان شدت اثر و احتمال کشف برای هشت معیار مختلف به روش تجزیه و تحلیل حالات شکست کمک می کند. مقادیر احتمال به روشی متفاوت از فرم کلاسیک که در آن داده های واقعی مبتنی بر رویدادهای ریسک است، جمع آوری می شوند. با ضرب مقادیر بدست آمده، اعداد اولویت هر ریسک محاسبه می گردد و ریسک هایی با بالاترین RPN برای مدیران اولویت بندی می گردد. بحرانی ترین ریسک با شماره اولویت ۴۱.۵۱ مربوط به خوردگی در خطوط تولید است. به

طور کلی، ریسک های بحرانی در این مقاله مربوط به ریسک های ذوب فولاد است. (احمدی و همکاران، ۲۰۱۷)

قاچ و همکاران، با هدف استفاده از قراردادهای تقسیم ریسک برای کاهش ریسک زنجیره تامین، کاهش عدم قطعیت تقاضا و همچنین کاهش ریسک بین خریدار و تأمین کننده، قراردادهای تقسیم ریسک برای کاهش ریسک های زنجیره تامین مدلی را با استفاده از برنامه ریزی عدد صحیح ارائه می دهد. (قاچ و همکاران، ۲۰۱۷).

پونگ ساکدی و همکاران یک مدل تصادفی دو مرحله ای را برای تعیین مقدار نفت خام توسط یک پالایشگاه و سطح تولید آن با توجه به تخمین تقاضا تهیه کردند. با وجود بسیاری از مطالعات در زمینه مشکلات بهینه سازی تحت عدم اطمینان در صنعت نفت، تعداد کمی مدیریت ریسک را در نظر میگیرند. معیار ارزش در معرض ریسک (VaR) و معیار ریسک منطقه (RAR) برای مطالعه جنبه های ریسک مالی در خرید نفت خام استفاده شد. (پونگ ساکدی و همکاران، ۲۰۰۶).

ساجدی و همکاران در پژوهشی به مکان یابی اجزای یک زنجیره تأمین سه هدفه، حلقه بسته پایدار، چند کالایی، چنددوره ای با در نظر گرفتن عدم قطعیت و سناریوهای بازار با رویکرد ریسک پرداخته میشود. با در نظر گرفتن ریسک در زنجیره تأمین حلقه بسته پایدار به عنوان بخشی از تابع هدف، با توجه به $Hard-NP$ بودن مسئله، مدل پیشنهادی با استفاده از رویکرد فرا ابتکاری ژنتیک رتبه بندی نا مغلوب $II-NSGA$ حل شده است (ساجدی و همکاران، ۱۴۰۰).

۱-۵-۲ ارزش در معرض ریسک (VaR)

کریستینا ری روش های محاسبه VaR را به دو نوع پارامتریک و غیر پارامتری تقسیم مینماید. روش پارامتریک با استفاده از واریانس کوواریانس و برخی از روش های تحلیلی خلاصه میشود. روش

غیرپارامتری همچنین شامل شبیه سازی تاریخی شبیه سازی مونت کارلو^۱ و تئوری مقدار بحرانی^۲ (EVT) است که فقط بر رویدادهای بسیار غیرمنتظره تمرکز می کند. کاربرد هریک از این روشها تا حد زیادی تحت تأثیر نیازهای تحلیلگران و تصمیم گیران سازمان، نوع دارایی های مورد مطالعه، میزان دقت و سرعت در محاسبات و دیگر ملاحظات است (ری، ۲۰۱۰).

روش پارامتریک شامل شناسایی سرمایه گذاری های صورت گرفته برای هر دارایی و تعیین میانگین و ماتریس کوواریانس بازده دارایی ها است. فرضیات این روش به شرح زیر است:

۱. بازده سرمایه از توزیع نرمال پیروی می کند.
۲. بازده سرمایه مستقل از زمان است.
۳. بازه زمانی یک روزه، یک دوره زمانی مناسب برای محاسبه VaR است.
۴. بین عوامل ریسک بازار و ارزش دارایی ها رابطه خطی برقرار میباشد. توزیع بازده سبد سهام را می توان با استفاده از روش مارکوفیتز بر اساس نرخ بازده مورد انتظار، انحراف معیار دارایی های جداگانه که سبد سهام را تشکیل میدهند، همبستگی بین ترکیب دوتایی دارایی ها و وزن فردی محاسبه کرد.

روش واریانس-کوواریانس: به طور کلی، روش واریانس-کوواریانس دارای دو فرض اساسی است:

۱. بازده دارایی های مالی یا سرمایه گذاری به طور نرمال توزیع می شود. این پیش فرض محاسبه VaR را آسان و سریع می کند، به ویژه در موارد محاسبه به صورت روزانه می شود.
۲. بین عوامل ریسک بازار و ارزش دارایی ها رابطه خطی برقرار است.

روش شبیه سازی تاریخی: روش شبیه سازی تاریخی برآورد ارزش در معرض ریسک، بر اساس تقریب خطی نمیباشد و فرض خاصی در مورد توزیع تغییرات عوامل بازار در نظر نگرفته و فرض بر این است که توزیع تغییرات احتمالی عوامل بازار برای دوره بعدی مشابه است با توزیع در N دوره قبل.

روش شبیه سازی مونت کارلو: این روش در مواردی شبیه به روش شبیه سازی تاریخی است. در این روش، لازم نیست فرض کنیم که توزیع بازدهی نرمال است. بنابراین، روش شبیه سازی مونت کارلو، مشابه روش شبیه سازی تاریخی، سبد سهام را شامل گزینه ها و سایر ابزارهایی می کند که ارزش آنها تابع غیر خطی عوامل بازار است. برخلاف روش شبیه سازی تاریخی، روش شبیه سازی مونت کارلو از اطلاعات تاریخی استفاده نمی کند و تغییرات آینده را با استفاده از فرایندهای تصادفی و چندین مثال شبیه سازی شده کامپیوتری پیش بینی می کند. مشکل دیگر VaR این است که راهی واحد برای محاسبه آن وجود ندارد. این امر تجزیه و تحلیل نتایج را منوط به قضاوت ذهنی تحلیلگران می کند. همچنین، هیچ یک از روشهای محاسبه VaR مطلقاً بر سایر روشها برتری ندارد. از سوی دیگر، باید توجه داشت که VaR یک تجزیه و تحلیل آماری است که عمدتاً برای تعیین کمی ریسک بازار استفاده می شود و قادر به ارزیابی ریسک مرتبط با رویدادهای کیفی نیست. همچنین، VaR محاسبه شده توسط تحلیلگران بسیار وابسته به صدک انتخاب شده به عنوان بحرانی ترین حالت ممکن است.

در شرایط عادی، VaR بیشتر برای ارزیابی کوتاه مدت ریسک (یک روزه تا دو هفته ای) استفاده می شود. وقتی الگوی بازار به دلیل حوادث ناگوار از حالت عادی خارج می شود، VaR معمولاً به طور قابل توجهی ریسک را پایین اعلام می کند. تجزیه و تحلیل VaR همچنین مستلزم آن است که قیمت های تاریخی دارایی ها مشخص باشد. محاسبه VaR برای دارایی هایی که قبلاً در بورس و بازارهای ثانویه معامله نشده اند غیر ممکن است. مدل VaR دارای سه مولفه است:

۱. افق زمانی ارزیابی و پیش بینی ریسک

۲. درجه اطمینان پیش بینی

۳. میزان سرمایه

آزمون استرسی^۱ و آزمون بازخورد^۲

از آزمون های استرس برای برآورد عملکرد تحت تغییرات شدید در ۱۰ تا ۲۰ سال گذشته استفاده می شود. تست استرس آن دسته از وقایع خاص و مهم از مقاطع زمانی را در نظر میگیرد. این رویدادها معمولاً به دلیل توزیع احتمالات فرض شده برای متغیرهای بازار غیرممکن است. از آزمون بازخورد برای اندازه گیری عملکرد تخمین های VaR در گذشته استفاده میشود. سوال ساده این آزمون عبارت است از: چند بار بیشتر از مقدار برآوردی ارزش در معرض ریسک متحمل زیان شده ایم؟

گودرزی و ذگردی عدم قطعیت زنجیره تامین در صنعت خودرو را با استفاده از ارزش در معرض ریسک مدل سازی کردند. آنها معتقدند که عناصر اصلی زنجیره تامین خودرو، تامین کنندگان، خودروسازان، خدمات پس از فروش و مشتریان هستند و در این مقاله رابطه بین تامین کنندگان و خودروسازان مورد توجه قرار گرفته است. اختلالات و ریسک های زیست محیطی در این مقاله به عنوان بخشی از عامل تصادفی زمان ورود سفارش در نظر گرفته شده است. در این مقاله، موضوع تخصیص بهینه قطعات به مجموعه تامین کنندگان با فرض وجود ریسک و عدم قطعیت در زنجیره تامین خودرو به عنوان یک مدل خطی احتمالی مورد بررسی قرار گرفت. مدل پیشنهادی قادر است مجموعه تامین کنندگان را با محاسبه ارزش در معرض ریسک بهینه سازد. این مجموعه بر اساس هزینه مورد انتظار سفارش، خرید و جریمه تحویل دیرهنگام سفارشات، با در نظر گرفتن عدم قطعیت زمان رسیدن هر سفارش، انتخاب می شود. اختلالات و ریسک های زیست محیطی، که معمولاً به عنوان زلزله، حملات تروریستی، سیل و اعتصاب های کارگری شناخته می شود، به عنوان بخشی غیر سیستماتیک از ریسک در قسمت تصادفی زمان ورود سفارش در نظر گرفته می شوند، که مدل را به

موقعیت واقعی نزدیک می کند. مدل پیشنهادی با استفاده از نرم افزار GAMS برای مثال عددی حل شده است. (گودرزی و ذگردی، ۱۳۹۴).

۲-۵-۲ ارزش در معرض ریسک مشروط (CVaR)

تعیین حداکثر ضرر هدف اصلی ارزش در معرض ریسک است، اما ارزش در معرض ریسک مشروط حداکثر ضرر را در شرایط نامطلوب تعیین می کند. و این به معنای پاسخ به این سوال است که حداکثر ضرر شرکت در بدترین حالت چه میزان خواهد بود؟ ارزش در معرض ریسک روشی برای ارزیابی و تشخیص ریسک میباشد که از تکنیک های آماری استاندارد استفاده می کند که به طور روزانه در زمینه های دیگر استفاده می شود. احمدپور و رسایان خساراتی که منشاء ریسک هستند به شرح زیر طبقه بندی می کنند: (احمدپور و رسایان، ۱۳۸۵)

۱. **زیان انتظاری**^۱: شامل خساراتی است که باید به منظور افزایش و بهبود زیرساخت های تجاری در نظر گرفته شود.

۲. **زیان غیرمنتظره**^۲: شامل خساراتی غیر معمول اما قابل پیش بینی است. اینها خساراتی است که شرکت باید قادر به جذب آنها در طول فعالیت تجاری باشد.

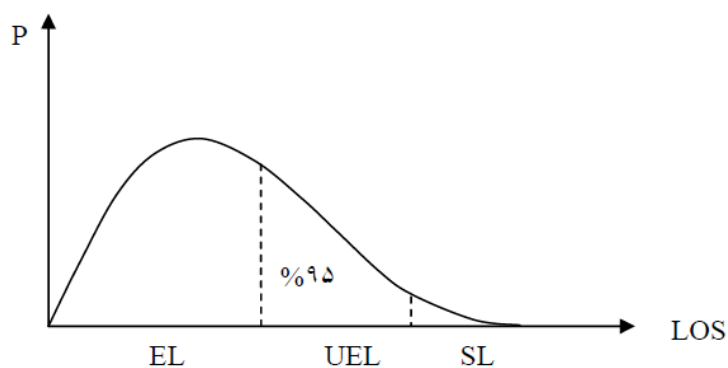
۳. **زیان نگران کننده یا فاجعه بار**: اینها سناریوهای خسارات هستند که اگرچه بعید به نظر می آیند، اما شرکت ها باید بتوانند به فعالیت با آن ادامه دهند.

ارزش در معرض ریسک مربوط به همین خسارات است. تقسیم بندی فوق در نمودار ۱-۲ شرح داده شده است. در این نمودار، EL، UEL و SL به ترتیب زیان انتظاری، زیان غیرمنتظره و زیان نگران کننده یا فاجعه آمیز می باشند. ارزش در معرض ریسک از معیارهای اندازه گیری ریسک نامطلوب است. این روش اندازه گیری ریسک ابتدا توسط تیل گولدیمن^۳ در سال ۱۹۸۰ ارائه شد.

Expected Loss^۱

Unexpected Loss^۲

Till Goldiman^۳



نمودار ۱-۲ تقسیم بندی خسارات ناشی از ریسک (احمدپور و رسائیان، ۱۳۸۵)

چنگ و همکاران، در مقاله ای با عنوان "مدل روزنامه فروش دو سطحی" CVaR را با هدف خرده فروش در نظر گرفتند. آنها از CVaR استفاده نمودند زیرا VaR دارای دو نقطه ضعف اساسی می باشد: (۱) جمع پذیر نیست^۱، VaR مجموع دو سبد می تواند از مجموع VaR های فردی آنها بیشتر باشد. (۲) محدب نمی باشد^۲، تابع $f: I \rightarrow R$ محدب می باشد هرگاه برای هر x و y در I و هر λ بین صفر و یک برقرار باشد، $f(\lambda x + (1 - \lambda)y) \leq \lambda f(x) + (1 - \lambda)f(y)$ در عوض CVaR دارای این دو نقطه ضعف نمی باشد و عملکرد بهتری نیز دارد. (چنگ و همکاران، ۲۰۰۹)

یک ویژگی بسیار مهم CVaR تحدب آن است که میتوان آن را به حداقل رساند و به راه حل بهینه رسید. در این راستا، راکفلر و اوریاسیو نشان دادند که چگونه می توان به این مهم دست یافت. قابل توجه است که L یک تابع زیان^۳ است و X یک متغیر تصادفی است (روکافلر و اوریاسیو، ۲۰۰۰، ۲۰۰۲)، بنابراین باید:

$$VaR(x) = \inf\{u | p\{1(x, \varepsilon) \leq u\} \geq \alpha\} \quad (2-1)$$

$$CVaR_{\alpha}(x) = E\{L(x, \varepsilon) | L(x, \varepsilon) \geq VaR(x)\} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \int_{L(x, Y) \geq VaR_{\alpha}(X)} L(x, y) f(y) dy \quad (2-2)$$

Non - subadditivity^۱
non - convex^۲
Loss function^۳

که $f(y)$ تابع چگالی ε است. روکافلر و اوراسیور ثابت کردند که برای به حداقل رساندن CVaR کافی است تابع کمکی زیر به حداقل برسد.

$$F_{\alpha}(X, U) = U + \frac{1}{1-\alpha} E[[L(x, \varepsilon) - u]^+] \quad (2-3)$$

ری در فصل ۴ کتاب خود مقیاس ها و معیارهای مختلف ریسک را بررسی می کند و بیان می کند که ارزش در معرض ریسک فقط یک مقیاس است مانند دما یا فشار و استفاده از آن چیزی درباره روش مورد استفاده برای تخمین آن نمی گوید. پیش بینی پارامتر برای VaR معمولاً از داده های تاریخی تخمین زده می شود. در انتخاب دوره تاریخی، باید بین استفاده از یک دوره طولانی تر (که در سیستم های پایدار منجر به نتایج قابل قبول تر می شود) و یک دوره کوتاه تر (که باعث می شود VaR به شرایط فعلی بازار پاسخگو باشد) توجه شود.

می توان اثبات کرد که هر تابع همگن مثبت p محدب است اگر و فقط اگر قابل جمع باشد. همچنین، اگر دو ویژگی ۱ و ۲ برقرار شود، پس p یک مقیاس ریسک منسجم^۱ است، اگرچه کلمه منسجم اضافی است. هر مقیاسی از ریسک باید دارای این شرایط باشد. اگر در مورد این شرایط از دید اقتصادی صحبت گردد، به عنوان مثال، جمع پذیری: اگر p جمع پذیر نباشد آنگاه، $p(x) + p(y) < p(x + y)$ این موضوع این را می رساند که، به عنوان مثال، برای کاهش ریسک، تقسیم یک شرکت به بخشهای جداگانه آسان است.

ارزش در معرض ریسک به طور کلی نه جمع پذیر است و نه منسجم. اندازه گیری ریسک بدون این ویژگی مانند اندازه گیری فاصله بین دو نقطه با کش است به جای خط کش، فقط در حالت خاصی که توزیع برگشت بیضوی است VaR، جمع پذیر می شود.

مقیاس های ریسک صحیح: برخی از مقیاس هایی که شرایط فوق را برآورده می کنند عبارتند از:

۱. پشیمانی مورد انتظار^۱
۲. ارزش در معرض ریسک مشروط
۳. کسری مورد انتظار^۲
۴. امید شرطی دم^۳ و میانگین دم
۵. امید شرطی بدترین حالت^۴
۶. مقیاسهای ریسک طیفی

۲-۶ قرارداد اختیار معامله

قراردادهای تأمین بین اعضای مختلف زنجیره تأمین اغلب به عنوان استراتژی کاهش ریسک در حضور تقاضا و یا عدم اطمینان قیمت به کار می رود. علاقه مندان می توانند به چندین مطالعه نظرسنجی در مورد قرارداد تأمین مانند (تسای و همکاران، ۱۹۹۹) و (آنوپندی و باسوک، ۱۹۹۹) مراجعه کنند. اخیراً، اسلوئیس و دی جیووانی بصورت تجربی عوامل اصلی شرکتها را در انتخاب قرارداد در زنجیره تأمین خود مشخص کرده اند (اسلوئیس و دی جیووانی، ۲۰۱۶).

مطالعاتی از جمله (کیوانلو و همکاران، ۲۰۱۴، ۲۰۱۵) (فتاحی، ۲۰۱۷) (ون دلفت و ویال، ۲۰۰۴) از روش های برنامه نویسی تصادفی برای حل مسئله تأمین منابع با قرارداد اختیار معامله استفاده کردند. اخیراً، قراردادهای آپشن به تدریج در چندین صنعت مدرن برای تأمین منابع اساسی و مواد اولیه خود مورد بهره برداری قرار گرفته است. براساس یک مکانیزم قرارداد اختیار در افق برنامه ریزی چند دوره ای، در ابتدای افق، یک زنجیره تأمین برای هر دوره R واحد اختیار با هزینه رزرو r خریداری می کند. سپس، در هر دوره، زنجیره تأمین می تواند اختیار را تا R واحد با قیمت مشخص شده در قرارداد اعمال کند. (کیوانلو و همکاران، ۲۰۱۵)

Expected regret^۱
 Expected shortfall^۲
 Tail conditional Expectation^۳
 Worst conditional Expectation^۴

قرارداد اختیار برای مسئله تأمین منابع تحت عدم اطمینان تقاضا یا / و قیمت توسط (ایندر فورت و کل، ۲۰۱۱)، (لی و همکاران، ۲۰۰۹) و (بارنز-شوستر و همکاران، ۲۰۰۲) استفاده می شود. با این حال، مقاله هایی وجود دارد که عدم اطمینان از قیمت را در بازار با افق برنامه ریزی چند دوره ای به دست آورده اند. (کیوانلو و همکاران، ۲۰۱۵) مانند این مطالعه، از فرآیند تصادفی حرکت هندسی براونی با استفاده از رانش برای مقابله با عدم اطمینان قیمت در چندین دوره استفاده کرد. خو و نوزیک یک مدل برنامه نویسی تصادفی دو مرحله ای را برای بهینه سازی انتخاب تأمین کننده برای یک زنجیره تأمین شامل چندین کارخانه با تقاضای قطعی و چندین تأمین کننده غیرقابل اعتماد، ایجاد کردند. آنها قرارداد اختیار را به عنوان یک استراتژی جایگزین تأمین منابع در برابر حوادث اخلال در نظر گرفتند (خو و نوزیک، ۲۰۰۹).

۷-۲ نوآوری های پژوهش

در این بخش به بررسی پیشینه نزدیک به موضوع در پژوهشهای داخلی و خارجی پرداخته شده است که برای بررسی دقیقتر معیارها، در نظر گرفتن عدم قطعیت و رویکرد مدل سازی عدم قطعیت، ستون مخصوصی برای این موضوعات در جدول در نظر گرفته شده است. به دلیل اهمیت پایداری، مدیریت ریسک و استراتژی کاهش نیز در دسته ی اهداف، مورد بررسی قرار گرفته شده اند. در ستون آخر، روشهای حل بکار گرفته شده در مقالات آورده شده است.

روش حل	اهداف				رویکرد مدل‌سازی عدم قطعیت			عدم قطعیت		معیارها		پژوهشگر
	تخصیص سفارش	مدیریت ریسک	استراتژی کاهش	پایداری	سناریویی	احتمالی	فازی	غیر قطعی	قطعی	کمی	کیفی	
مدلسازی ریاضی				*					*	*		یان و همکاران، ۲۰۲۰
مدلسازی ریاضی				*					*	*		ریحانی و همکاران، ۲۰۲۰
برنامه نویسی تصادفی	*	*			*			*		*		خو و نوزیک، ۲۰۰۹
برنامه نویسی عدد صحیح مختلط با معیار ریسک CVaR	*	*	*		*			*		*		ساویک، ۲۰۱۱، ۲۰۱۳

ترابی و همکاران، ۲۰۱۵	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	برنامه ریزی تصادفی دو مرحله ای
دویری و همکاران، ۲۰۱۶	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	تحلیل سلسله مراتبی (AHP)
رزمی و همکاران، ۱۳۸۶	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مدلسازی ریاضی الگوریتم ژنتیک
امیری و همکاران، ۱۳۹۱	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	روش تصمیم گیری خاکستری و تحلیل عاملی
تراپ و همکاران، ۲۰۱۶	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	برنامه نویسی عدد صحیح
بیلسل و راویندران، ۲۰۱۱	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	برنامه ریزی تصادفی محدود کننده شانس
تالوری و همکاران، ۲۰۱۰	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	برنامه ریزی ریاضی مدل مارکوفیتز
کیوانلو و همکاران، ۲۰۱۵، ۲۰۱۴	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	برنامه نویسی تصادفی CVaR
فتاحی، ۲۰۱۷	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	برنامه نویسی تصادفی semi-deviation from a predetermined target
ون دلفت و ویال، ۲۰۰۴	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	برنامه نویسی تصادفی مدلسازی جبری CVaR
ایندر فورث و کل، ۲۰۱۱	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	برنامه ریزی ریاضی
گودرزی و ذگردی، ۱۳۹۴	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	برنامه ریزی ریاضی CVaR
قمی اولی و همکاران، ۱۳۹۸	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	برنامه ریزی عدد صحیح آمیخته
همایون فر و همکاران، ۱۳۹۷	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	رویکرد دلفی فازی رویکرد تحلیل سلسله مراتبی فازی رویکرد ویکور فازی
آقامحمدعلی کرمانی و همکاران، ۱۳۸۹	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	برنامه ریزی ریاضی چند هدفه رویکرد تحلیل سلسله مراتبی
جبارزاده و همکاران، ۲۰۱۸	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	مدل بهینه سازی قوی تصادفی
ویلکو و همکاران، ۲۰۱۹	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	FMEA
رابعه و همکاران، ۲۰۱۹	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	روش دلفی تأپسیس فازی برنامه ریزی ریاضی چندهدفه محدودیت اسپیلون
خان و همکاران، ۲۰۱۸	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	رویکرد وزندهی آنتروپی فازی و سیستم استنتاج فازی
گیاناکیس و همکاران، ۲۰۱۸	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	FMEA

												۲۰۱۶
روش ترکیبی FMEA-TOPSIS		*									*	احمدی و همکاران، ۲۰۱۷
برنامه ریزی عدد صحیح		*	*						*	*		قاچ و همکاران، ۲۰۱۷
برنامه ریزی تصادفی دو مرحله ای VaR RAR		*						*		*		پونگ ساکدی و همکاران، ۲۰۰۶
مجموعه های فازی نوع ۲ VIKOR DEA		*		*			*	*			*	علیخانی و همکاران، ۲۰۱۹
برنامه ریزی تصادفی دو مرحله ای	*	*	*	*	*		*	*		*	*	این پژوهش

با توجه به جدول مرور مبانی نظری میتوان دریافت در پژوهش های گذشته موارد زیر به صورت دقیق

و همزمان بررسی نشده است:

۱. توجه توأمان به معیارهای کیفی و کمی در تأمین کنندگان

۲. توجه به عدم قطعیت تأمین با استفاده از سناریوهای تعریف شده

۳. توجه به استراتژی کاهش در مدیریت ریسک

بنابراین نوآوری های پژوهش به شرح زیر است:

۱. در نظر گرفتن توأمان معیارهای کیفی و کمی در پایداری تأمین کنندگان و مدیریت ریسک

۲. مدل سازی عدم قطعیت با تولید سناریوهای گسسته از روش مونت کارلو

۳. مدل سازی عدم قطعیت ها با استفاده از فرآیند حرکت براونی هندسی (GBM) و خود

رگرسیون مرتبه اول (AR)

۴. محدود کردن سطح ریسک کمی توسط معیار ریسک CVaR و ریسک کیفی محاسبه شده با

FMEA

۵. در نظر گرفتن قرارداد اختیار معامله بعنوان استراتژی کاهش

فصل ۳: روش تحقیق

۱-۳ مقدمه

در این بخش، سعی میشود مسئله را که مدل بر اساس آن استوار است، دقیق و با جزئیات بیشتر شرح داده شود. با توجه به هدف ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان بر اساس ابعاد پایداری (اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی) در زنجیره تامین و مدیریت ریسک اهم از کمی و کیفی، پس از شناسایی و گزینش معیارهای پایداری و ریسک منطبق بر شرکت پالایش نفت جی، با توسعه برنامه تصادفی چند مرحله ای و ایجاد محدودیت ریسک کمی توسط معیار ریسک CVaR و همچنین لحاظ معیارهای پایداری و ریسک کیفی محاسبه شده با FTOPSIS و FMEA به انتخاب بهینه تامین کنندگان پایدار، استراتژی تامین منابع و تخصیص سفارش در یک برنامه ریزی زنجیره تامین چند دوره ای تحت ریسک عملیاتی و اختلال پرداخته میشود و تامین کنندگان، مورد ارزیابی قرار میگیرند. بنابراین قرارداد اختیار معامله و بازار معاملات به عنوان دو گزینه برای تامین مواد اولیه ضروری در شرایط نامطمئن تصمیم گیری در نظر گرفته شدند. تقاضای محصولات نهایی، قیمت بازار مواد، قیمت خرید و اعمال قرارداد اختیار معامله، میزان عرضه تامین کنندگان و میزان عرضه قرارداد اختیار معامله توسط تامین کنندگان تصادفی است.

مدل ریاضی توسعه یافته چندین محصول، یک قلم ماده اولیه ضروری، سه سایت پالایش و ذخیره سازی، چندین تامین کننده را همزمان، در یک افق برنامه ریزی شامل چندین دوره تاکتیکی و استراتژیک، بهینه میکند که شامل دو تابع هدف به منظور به حداقل رساندن هزینه ها، و به حداقل رساندن درصد کل ریسک تامین کنندگان در رابطه با معیارهای کیفی پایداری است. در مدل توسعه یافته، تامین کنندگان کاملاً آزاد هستند که سیاست فروش مشتقات مالی را انتخاب کنند تا سیاست فروش خود را با توجه به شرایط شرکت دنبال کنند. به این ترتیب، هر یک از تامین کنندگان علاوه بر قیمت گذاری واحد، می توانند مشتقات را از جمله اختیار معامله ارائه دهند و این مورد در مدل کاملاً در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است که در روش پیشنهادی، ارزیابی تامین کننده پایدار به عنوان دو فاز جداگانه (معیارهای کمی و کیفی پایداری، ریسکهای کمی و کیفی پایداری) اما یکپارچه

در نظر گرفته شده است. بنابراین، در فاز اول، تأمین کنندگان بالقوه بر اساس معیارهای کیفی شناخته شده پایداری و ریسک کیفی در رابطه با مطالعه موردی ارزیابی و رتبه بندی می شوند و در مرحله دوم، تخصیص سفارش با لحاظ نتایج مرحله اول و معیارها و ریسکهای کمی انجام می شود. برای مدل سازی عدم قطعیت، سناریوهای گسسته از طریق یک رویکرد شبیه سازی تولید می شوند و سپس، یک روش کاهش سناریو برای ساخت یک درخت سناریوی مناسب استفاده می شود. برای دستیابی به یک برنامه ریزی انعطاف پذیر، از قرارداد اختیار معامله به عنوان استراتژی کاهش استفاده می شود. بعلاوه، سطح ریسک زنجیره تأمین از طریق اندازه گیری ریسک کمی شده و با محدودیتهای ریسک کنترل می شود. با استفاده از مطالعات محاسباتی و تجزیه و تحلیل حساسیت، کاربرد مدل تصادفی، عملکرد سیاست های اندازه گیری ریسک و اهمیت استراتژی کاهش برای ارائه برخی بینش های مدیریتی بررسی شده است. نتایج محاسباتی در یک زنجیره تأمین در مطالعه موردی شامل چندین پالایشگاه به عنوان تأمین کننده و شرکت پالایش نفت جی که تولید کننده قیر میباشد با سه سایت پالایش و ذخیره سازی در زنجیره تأمین، ارائه میشود.

۲-۳ تشریح مسئله

۲-۳-۱ تشریح فرضیات مسئله

فرضیه های زیر در مدل سازی مسئله لحاظ شده است:

- چند دوره ای بودن
- چند محصولی و یک قلم ماده اولیه ضروری
- چندین تأمین کننده
- روشهای حمل و نقل متفاوت (خط لوله، راه آهن، حمل و نقل جاده ای)

- تقاضای محصولات، قیمت بازار مواد، قیمت خرید و اعمال قرارداد اختیار معامله، میزان عرضه مواد اولیه و عرضه قرارداد اختیار معامله توسط تامین کنندگان در طول زمان تصادفی است.
- امکان انعقاد قرارداد اختیار خرید با تعدادی از تامین کنندگان وجود دارد.
- مواد اولیه را می توان از یک یا چند تامین کننده خریداری کرد.
- میزان مصرف ماده اولیه برای تولید یک واحد از هر محصول در پالایشگاه مشخص است.
- سایت های شرکت بر اساس ظرفیت خود می تواند مواد اولیه و محصولات را ذخیره کنند.
- هزینه کمبود واحد در نظر گرفته می شود.

۲-۲-۳ تشریح اهداف مسئله

اهدافی برای تحقیق ارائه شده است که اجرای رویکرد فعلی به دنبال دستیابی به آنها میباشد.

- شناسایی معیارها و شاخص های موثر در انتخاب تامین کنندگان از طریق مطالعات کتابخانه ای و با توجه به ابعاد پایداری و ریسک تامین
- انتخاب معیارها و شاخص های مهم از مجموعه جمع آوری شده با توجه به میانگین نظرات کارشناسان شرکت پالایش نفت جی و متخصصان امر
- ارزیابی و رتبه بندی تامین کنندگان بالقوه از نظر معیارهای تأثیرگذار بر سه بعد پایداری و ریسک تامین کننده، با استفاده از روش ترکیبی تکنیک تاپسیس فازی و FMEA
- ارائه مدل ریاضی برای انتخاب تامین کننده و تخصیص سفارش
- کمینه کردن هزینه خرید
- بیشینه کردن پایداری تامین کنندگان
- کمینه کردن ریسکهای پایداری تامین کنندگان
- گسترش استراتژی انعطاف پذیر برای به حداقل رساندن هزینه در برابر عدم اطمینان موجود
- تخصیص بهینه با توجه به هزینه، امتیاز پایداری، ریسک تامین و قرارداد اختیار معامله

- میزان بهینه نگهداری موجودی مواد اولیه و محصول نهایی در هر دوره
- بررسی تأثیر مشتقات مالی بر پوشش ریسک تأمین

۳-۳ روش تحقیق

تحقیقات را می توان با توجه به هدف به سه شکل تقسیم کرد: بنیادی، کاربردی و توسعه ای. تحقیق کاربردی پژوهشی است که می توان از نتایج آن برای رفع نیازها و حل مشکلات استفاده کرد، بنابراین هدف این نوع تحقیق استفاده از آن در حل مشکلات خاص است. از آنجا که هدف این تحقیق شناسایی شاخص های موثر بر پایداری و ریسک در انتخاب تامین کننده زنجیره تأمین شرکت میباشد، بنابراین میتوان گفت که مطالعه حاضر از نظر هدف کاربردی است.

در تقسیم بندی براساس نحوه گردآوری اطلاعات، تحقیقات علمی را می توان به دو گروه تحقیق توصیفی (غیر آزمایشی) و تحقیق آزمایشی تقسیم کرد (ممبینی، ۱۳۹۳). تحقیق حاضر بر این اساس توصیفی است، زیرا هدف آن توصیف شرایط مورد بررسی است.

تحقیق توصیفی به پنج دسته پیمایشی، همبستگی، اقدام پژوهی، مطالعه موردی و پس رویدادی (علی-مقایسه ای) تقسیم می شود (ممبینی، ۱۳۹۳) تحقیق حاضر از نوع توصیفی-پیمایشی است. پژوهشی که جمع آوری داده ها در یک یا چند صفت در یک بازه زمانی و از طریق نمونه گیری از جامعه، انجام شده باشد، مطالعه مقطعی است. این تحقیق به صورت مقطعی انجام شده است و با توجه به انجام تحقیقات در شرکت پالایش نفت جی، مطالعه به صورت موردی است.

۳-۳-۱ جامعه آماری

یک نمونه آماری مجموعه ای از نشانه ها است که از یک قسمت، گروه یا جامعه بزرگتر انتخاب می شود، به طوری که این مجموعه کیفیت ها و ویژگی های آن بخش، گروه یا جامعه بزرگتر را نشان می دهد و معمولاً با n نمایش داده می شود. (خاکی، ۱۳۹۰)

از آنجا که تعداد افراد و کارشناسانی برای تکمیل پرسشنامه ها باید براساس عوامل مختلف (از جمله تخصصی بودن سوالات، روند طولانی پرسشنامه و غیره) در این نمونه باشند محدود بوده و با توجه به دانش محقق از افرادی که در این دسته ها قرار میگیرند مشخص و از پیش تعیین شده اند. بنابراین، روش نمونه گیری مطالعه حاضر، روش نمونه گیری غیر تصادفی هدفمند قضاوتی (عمدی) است. در روش های نمونه گیری غیر تصادفی، از آنجا که افراد براساس خواسته های محقق و شرایط خاص هر تحقیق انتخاب می شوند، بنابراین روشی برای تعیین حجم نمونه معنا پیدا نمیکند.

۲-۳-۳ گروه خبرگان

گروه خبرگان این تحقیق ۱۰ مدیر ارشد، میانی و تصمیم گیرنده و همچنین کارشناسان در زمینه زنجیره تأمین خوراک پالایشگاه در شرکت پالایش نفت جی را شامل می شوند.

۳-۳-۳ قلمرو تحقیق

قلمرو مکانی مربوط به واحد تأمین شرکت پالایش نفت جی و به طور خاص تأمین خوراک و ۱۰ پالایشگاه تامین کننده خوراک که در منطقه جغرافیایی ایران گسترش یافته اند، قلمرو زمانی مربوط به سال ۱۳۹۹ است (داده های تاریخی قیمت، عرضه و تقاضا از داده های سال ۱۳۹۸ استفاده شده است). همچنین قلمرو موضوعی در زمینه تأمین کننده پایدار، ریسک و قرارداد اختیار معامله است. کالای مورد بحث در تحقیق، ته ماند برج تقطیر است و منظور از واحد در ادبیات مدل، یک تن است.

۴-۳-۳ شیوه گردآوری داده ها

در این تحقیق از روش کتابخانه ای (کتاب، مقالات و متون اینترنتی) و همچنین مصاحبه و پرسشنامه استفاده می شود. بدین ترتیب که برای ادبیات تحقیق موردنظر از روش کتابخانه ای، برای گردآوری اطلاعات مورد نیاز کمی از اطلاعات و صورتهای مالی شرکت و برای گردآوری اطلاعات مورد نیاز کیفی از پرسش نامه استفاده می شود.

۵-۳-۳ ابزار گردآوری داده ها

با مرور ادبیات، معیارهای پایداری و ریسک استخراج شد، سپس پرسشنامه ای بر اساس این معیارها تهیه و اهمیت این معیارها مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله بعدی، سه پرسشنامه تهیه شد، پرسشنامه اول مربوط به اندازه گیری سطح تخصص و کفایت پاسخ دهندگان و پرسشنامه دوم و سوم مربوط به مرحله نهایی کار، یعنی اولویت بندی تأمین کنندگان شرکت. سپس اطلاعات دریافتی از بانک اطلاعاتی زنجیره تأمین مطابق با متغیرها و پارامترهای مدل استخراج شده و برای حل در مدل ریاضی چند هدفه در نظر گرفته شده است.

۶-۳-۳ اعتبار (روایی) ابزار جمع آوری داده ها

اعتبار نشان می دهد که استنباط ها بر اساس آزمون ها چقدر معنی دار، مفید و مناسب هستند. روش های زیادی برای اعتبارسنجی ابزار جمع آوری داده وجود دارد که اعتبار سازه، اعتبار محتوا، اعتبار پیشبین، اعتبار همزمان و اعتبار نتیجه از آن جمله اند (خاکی، ۱۳۹۰). در این مطالعه، برای تعیین اعتبار پرسشنامه دو نوع اعتبار استفاده شده:

۱. روایی صوری که ساختار کلی پرسشنامه توسط ناظران، مشاوران و کارشناسان تأیید شد.
۲. روایی محتوا که در آن گویه ها و سوالات پرسشنامه به تأیید میرسند از آن جهت که:
 - محقق باید اطمینان حاصل کند که کلمات و عبارات استفاده شده در پرسشنامه به گونه ای انتخاب شده است که عناصر اصلی تحقیق از آنها استنباط شود.
 - پرسشهایی که طراحی شده اند و عبارات استفاده شده برای پاسخ دهندگان قابل درک است و درک یکسانی از سوالات تحقیق دارند.

قابلیت اعتماد (پایایی) جمع آوری داده ها

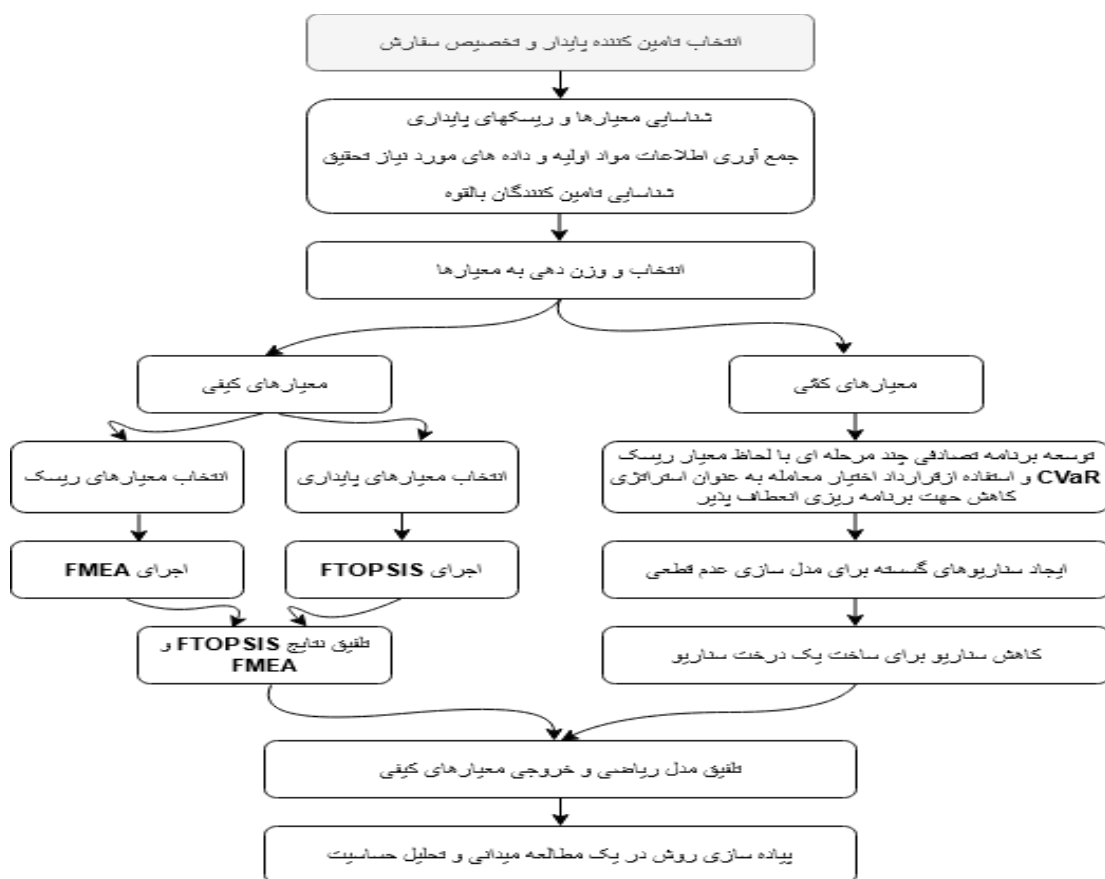
از آنجا که در مدل سازی معادلات ساختاری، همبستگیهای غیریکسان با وزنهاى متفاوت بین شاخصها و عوامل وجود دارد، ضریب آلفای کرونباخ مقداری غیر از مقدار واقعی ارائه می دهد. به همین دلیل

پایایی ترکیبی^۱ از بارهای عاملی میتواند برآورد دقیق تری از پایایی نسبت به ضریب آلفای کرونباخ ارائه دهد. (گلدوف و همکاران، ۲۰۱۴). زمانی که مقدار ضریب پایایی ترکیبی (CR) بیش از ۰.۷ است، می توان گفت پرسشنامه از پایایی قابل قبولی برخوردار است (کائو و همکاران، ۲۰۱۰).

۴-۳ فرآیند اجرای پژوهش

فرآیند اجرای پژوهش در قالب شکل ۱-۳ تهیه شده است. همانطور که در شکل مشاهده می شود، برای تصمیم گیری بهتر و دقیق تر، جنبه های مهم ارزیابی تأمین کننده در نظر گرفته شده است. به همین دلیل است که انتخاب تأمین کننده پایدار با لحاظ ریسکهای کمی و کیفی و همچنین قراردادهای اختیار معامله انجام می شود. اولین قدم در انتخاب تأمین کننده مناسب، جمع آوری اطلاعات دقیق و کامل در مورد ماده اولیه مورد نیاز تولید است. در مرحله دوم، بر اساس ماده اولیه شناسایی شده، لیستی از تأمین کنندگان بالقوه تهیه می گردد. از این مرحله به بعد، رویکرد ارائه شده در این مطالعه در دو فاز جداگانه ادامه دارد. به طور کلی، سمت چپ نمودار، براساس معیارهای اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی به دست آمده از مطالعات پیشین، معیارهای کیفی انتخاب تأمین کننده را در نظر گرفته است که به دو زیر بخش تقسیم می شود، یکی از آنها ریسک تأمین کننده را با روش FMEA محاسبه می کند و دیگر بخش نیز با استفاده از روش چند معیاره تاپسیس فازی (FTOPSIS)، کارایی کلی تأمین کنندگان را محاسبه میکند. از طرف دیگر، به دلیل جنبه اقتصادی در انتخاب تأمین کننده، سمت راست نمودار برای در نظر گرفتن عوامل اقتصادی کمی، برنامه تصادفی چند مرحله ای با ایجاد محدودیت ریسک کمی توسط معیار ریسک CVaR جهت کنترل سطح ریسک کمی و در نظر گرفتن قراردادهای اختیار معامله به عنوان استراتژی کاهش، یک برنامه ریزی انعطاف پذیر توسعه یافته است. برای حل مدل از نرم افزار GAMS استفاده شده است. به منظور ادغام

دو مرحله مختلف، معیارهای کیفی و کمی، نتایج بدست آمده از معیارهای کیفی پایداری به عنوان یک پارامتر در مدل ریاضی توسعه یافته، استفاده می شود. سرانجام، با استفاده از مطالعات محاسباتی و تجزیه و تحلیل حساسیت، کاربرد مدل، عملکرد سیاست های اندازه گیری ریسک و اهمیت استراتژی کاهش برای ارائه برخی بینش های مدیریتی بررسی شده است. نتایج محاسباتی در یک زنجیره تأمین در مطالعه موردی شامل چندین پالایشگاه به عنوان تأمین کننده و شرکت پالایش نفت جی که تولید کننده قیر میباشد با سه سایت پالایشی و ذخیره سازی در زنجیره تأمین، ارائه میشود.



شکل ۳-۱ چارچوب روش پیشنهادی

۳-۵ روش تجزیه و تحلیل داده ها

از آنجا که این تحقیق در چند مرحله مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است، می توان ابزار مورد استفاده را به شرح زیر توضیح داد:

۱-۵-۳ روش غربالگری بر مبنای تکنیک دلفی

در این مرحله معیارهای استخراج شده از ادبیات تحقیق برای بومی سازی و ورود به فرآیند تحلیل از روش دلفی، امتیاز می گیرند. محدوده رتبه بندی برای تعیین اهمیت دامنه ۱ تا ۵ لیکرت در نظر گرفته شده است. فقط معیارهایی با نمره بالاتر از ۵۰٪ از این ابزار برای ورود به ماتریس ورودی مراحل بعدی تحقیق استفاده میشود. پرسشنامه معیارهای مورد بررسی در پیوست ۱ آورده شده است. در مورد ترکیب و حجم پانل تکنیک دلفی، توصیه معمول استفاده از ترکیب افراد با چندین تخصص میباشد و گروه های ناهمگن بهتر از گروه های همگن هستند. ۶ تا ۱۳ عضو برای روش دلفی ایده آل میباشد (پاول، ۲۰۰۳). در این مطالعه، از گروهی ۱۰ نفره با تخصص های مختلف استفاده شده است. معیارهای جمع آوری شده در فصل دوم پس از غربالگری، تحت سایر روشهای تجزیه و تحلیل داده ها با کمک نرم افزار PLS، تأیید و وزن دهی می شوند. این محاسبات در فصل چهارم ارائه شده است.

تحلیل عاملی تاییدی

در این مطالعه، با توجه به تعداد معیارهای اصلی برای انتخاب تامین کنندگان، مدل اندازه گیری برای اندازه گیری معیار اصلی انجام می شود. این کار با کمک نرم افزار SMART PLS انجام می شود.

شاخص های نیکویی برازش مدل

- شاخص کای دو (χ^2)

این شاخص میزان آماره کای دو برای مدل را نشان می دهد. در واقع، این شاخص تفاوت بین مدل و داده ها را نشان می دهد و معیار اندازه گیری بد بودن مدل است. بنابراین، هرچه مقدار کمتر باشد، تفاوت کمتری بین ماتریس واریانس-کوواریانس نمونه اتخاذ شده با ماتریس واریانس-کوواریانس به دست آمده از مدل اتخاذ شده وجود دارد و نشان می دهد که مدل بد است. البته باید توجه داشت که میزان این شاخص تحت تأثیر تعداد نمونه های اتخاذ شده قرار میگیرد. در واقع، اگر حجم نمونه از ۲۰۰ بیشتر شود، این شاخص تمایل به افزایش دارد. بنابراین، تحلیل برازندگی مدل با این شاخص

معمولاً در نمونه های بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ قابل اعتماد است. همچنین بهتر است این شاخص را با در نظر گرفتن درجه آزادی تفسیر کرد (چین و تاد، ۱۹۹۵).

- درجه آزادی (df)

این شاخص درجه آزادی مدل را نشان می دهد و نباید از صفر کمتر باشد. زیرا درجه ای از آزادی کمتر از صفر به معنای عدم اجرای مدل اندازه گیری یا مدل ساختاری است. حداقل درجه آزادی برای اجرای مدل صفر است.

- نسبت کای دو بر درجه آزادی ($\frac{\chi^2}{df}$)

یکی از بهترین شاخص های بررسی نیکویی برازش مدل، بررسی نسبت آماره کای دو به درجات آزادی است. البته برای مناسب بودن میزان این شاخص حد استاندارد وجود ندارد. اما بسیاری از اندیشمندان بر این باورند که این شاخص باید کمتر از ۳ باشد. سرانجام، حد مناسب بودن باید به صلاحدید محقق و براساس نوع تحقیق انجام شود. (سمکر و لومکس، ۲۰۰۴)

- شاخص میانگین مجذور خطاهای مدل (RMSEA)

این شاخص بر اساس خطاهای مدل استوار است و مانند شاخص کای دو، معیار عملکرد ضعیف مدل است. برخی از اندیشمندان بر این باورند که این شاخص باید کمتر از ۰.۰۵ باشد، در حالی که برخی دیگر حداکثر سطح RMSEA را کمتر از ۰.۱ مناسب می دانند. با این حال، هرچه RMSEA کمتر باشد، تناسب بهتری دارد.

- شاخص Goodness-of-Fit (GOF)

این شاخص معیار سنجش خوب بودن مدل است و مقادیر بالاتر از ۰.۹ نشان دهنده مناسب بودن مدل استخراج شده با توجه به داده ها است.

- شاخص Adjusted GFI (AGFI)

این شاخص در واقع حالت تطبیق داده شده شاخص GFI با در نظر گرفتن درجه آزادی (df) است و معیار دیگری برای خوب بودن مدل است. اگر مقدار این شاخص بیشتر از ۰.۹ باشد، نشان دهنده مناسب بودن مدل استخراجی با توجه به داده ها است.

• شاخص Normed Fit Index (NFI)

شاخصی برای اندازه گیری خوب بودن مدل به دست آمده با توجه به داده ها است. اگر مقدار این شاخص بیشتر از ۰.۹ باشد، نشان دهنده مناسب بودن مدل استخراج است (سمکر و لومکس، ۲۰۰۴).

۲-۵-۳ روش آنالیز توسعه چانگ

در این تحقیق، از روش آنالیز توسعه چانگ برای تعیین اولویت وزنی معیارها استفاده شده است.

فرض کنید $\tilde{A} = \{\tilde{M}_{ij}\}$ یک ماتریس مقایسه جفت فازی است که به شرح زیر تعریف شده است:

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{M}_{12} & \cdots & \tilde{M}_{1n} \\ \tilde{M}_{21} & 1 & \cdots & \tilde{M}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{M}_{n1} & \tilde{M}_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (3-1)$$

سپس رابطه $\tilde{M}_{ij} = 1/\tilde{M}_{ji}$ همیشه برقرار است.

مراحل تجزیه و تحلیل توسعه چانگ به شرح زیر است (پاتیل و کانت، ۲۰۱۴).

گام اول: اگر $M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots, M_{gi}^m$ مقادیر آنالیز توسعه iامین معیار به ازای m آرمان باشد، آنگاه بسط مرکب فازی m آرمان برای i امین معیار، به صورت زیر تعریف میشود:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j * \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (3-2)$$

در این فرمول، ز نشان دهنده هر یک از آرمان ها است. اگر $M_{gi}^j = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ باشد، سپس

$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = 1$ توسط عملگر جمع فازی روی آنالیز توسعه m آرمان به شرح زیر تعریف می شود:

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = (l_{i1}, m_{i1}, u_{i1}) + (l_{i2}, m_{i2}, u_{i2}) + \dots + (l_{im}, m_{im}, u_{im}) \quad (3-3)$$

$$= \left(\sum_{j=1}^m l_{ij}, \sum_{j=1}^m m_{ij}, \sum_{j=1}^m u_{ij} \right) = (l'_i, m'_i, u'_i)$$

همچنین برای به دست آوردن $[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]$ با اعمال عملگر جمع فازی، خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} \sum \sum M_{gi}^j &= \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m l_{ij}, \sum_{j=1}^m m_{ij}, \sum_{j=1}^m u_{ij} \right) \\ &= \left(\sum_{i=1}^n l'_i, \sum_{i=1}^n m'_i, \sum_{i=1}^n u'_i \right) \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right)^{-1} \\ &= \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u'_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m'_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l'_i} \right) \end{aligned} \quad (3-4)$$

بنابراین:

$$\begin{aligned} S_i &= \sum_{j=1}^m M_{gi}^j * \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} (l'_i, m'_i, u'_i) \\ &* \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u'_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m'_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l'_i} \right) = \left(\frac{l'_i}{\sum_{i=1}^n u'_i}, \frac{m'_i}{\sum_{i=1}^n m'_i}, \frac{u'_i}{\sum_{i=1}^n l'_i} \right) \end{aligned} \quad (3-5)$$

گام دوم: محاسبه درجه ارجحیت (درجه امکانپذیری) S_i بر S_k

چنانچه $S_i = (l_i, m_i, u_i)$ و $S_k = (l_k, m_k, u_k)$ دو عدد فازی مثلثی باشند، آنگاه درجه ارجحیت S_i

بر S_k که با $V(S_i > S_k)$ نمایش داده میشود، به صورت زیر تعریف میشود:

$$V(S_i > S_k) = \begin{cases} 1 & m_i \geq m_k \\ 0 & l_k \geq u_i \\ \frac{l_k - u_i}{(m_i - u_i) - (m_k - l_k)} & otherwise \end{cases} \quad (3-6)$$

گام سوم: محاسبه درجه ارجحیت (درجه امکانپذیری) یک عدد فازی S که بزرگتر از K عدد فازی

$S_i: i = 1, 2, \dots, k$ باشد، به صورت زیر تعریف میشود:

$$\begin{aligned} V(S \geq S_1, S_2, \dots, S_k) &= \left(V((S \geq S_1), (S \geq S_2), \dots, (S \geq S_k)) \right) \\ &= \min V((S \geq S_1), (S \geq S_2), \dots, (S \geq S_k)) \\ &= \min V(S \geq S_i) \quad i = 1, 2, \dots, k \end{aligned} \quad (3-7)$$

چنانچه برای هر $k = 1, 2, \dots, n$ $k \neq i$ فرض گردد که $d'(A_i) = \min V(S_i, S_k)$ آنگاه بردار وزن به صورت زیر به دست می آید:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n)) \quad (3-8)$$

گام چهارم: نرمالیزه کردن بردار W' و به دست آوردن وزن نرمالیزه شده W .

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n)) \quad (3-9)$$

۳-۵-۲-۱ سازگاری در قضاوت ها

گوگوس و بوچر پیشنهاد کردند که برای بررسی سازگاری، دو ماتریس (عدد میانی و حدود عدد فازی) از هر ماتریس فازی مشتق و سپس سازگاری هر ماتریس براساس روش ساعتی محاسبه شود. مراحل محاسبه نرخ سازگاری ماتریسهای فازی مقایسه زوجی به شرح زیر است: (گوگوس و بوچر، ۱۹۹۸)

مرحله ۱: در مرحله اول ماتریس مثلثی فازی را به دو ماتریس تقسیم کنید. ماتریس اول از اعداد میانی قضاوتهای مثلثی تشکیل میشود $A^m = [a_{ijm}]$ و ماتریس دوم شامل میانگین هندسی حدود بالا و پایین اعداد مثلثی میشود $A^g = \sqrt{a_{iju} \cdot a_{ijl}}$.

مرحله ۲: بردار وزن هر ماتریس را با استفاده از روش ساعتی به ترتیب زیر محاسبه کنید.

$$w_i^m = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ijm}}{\sum_{i=1}^n a_{ijm}} \quad (3-10)$$

$$w_i^g = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{\sqrt{a_{iju} a_{ijl}}}{\sum_{i=1}^n \sqrt{a_{iju} a_{ijl}}} \quad (3-11)$$

مرحله ۳: بزرگترین مقدار ویژه را برای هر ماتریس با استفاده از روابط زیر محاسبه نمایید.

$$\lambda_{max}^m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ijm} \left(\frac{w_j^m}{w_i^m} \right) \quad (3-12)$$

$$\lambda_{max}^g = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sqrt{a_{iju} a_{ijl}} \left(\frac{w_j^g}{w_i^g} \right) \quad (3-13)$$

مرحله ۴: شاخص سازگاری را با استفاده از معادله زیر محاسبه کنید:

$$CI^m = \frac{(\lambda_{max}^m - n)}{(n - 1)} \quad (3-14)$$

$$CI^g = \frac{(\lambda_{max}^g - n)}{(n - 1)} \quad (3-15)$$

مرحله ۵: برای محاسبه میزان نرخ ناسازگاری (CR)، شاخص CI را بر مقدار شاخص تصادفی (RI) تقسیم کنید. اگر مقدار حاصل از ۰.۱ کمتر باشد، ماتریس سازگار و قابل استفاده در نظر گرفته می شود. ساعتی برای بدست آوردن مقادیر شاخص های تصادفی (RI)، ۱۰۰ ماتریس را با اعداد تصادفی و با شرط متقابل بودن ماتریس ها تشکیل داد و مقادیر ناسازگاری و میانگین آنها را محاسبه کرد. اما از آنجا که مقادیر عددی مقایسه های فازی همیشه عدد صحیح نیستند و حتی در این صورت هم میانگین هندسی، آنها را به اعداد غیر صحیح تبدیل می کند، حتی اگر از مقیاس ساعتی (۱-۹) استفاده شود، نمی توان از جدول شاخصهای تصادفی (RI) ساعتی استفاده کرد. بنابراین گوگوس و بوچر با تولید ۴۰۰ ماتریس تصادفی جدول شاخص تصادفی (RI) را برای ماتریس های مقایسه زوجی فازی دوباره تولید کردند.

جدول ۳-۱ شاخص های تصادفی (RI)

اندازه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
RI^m	۰	۰	۰.۴۷۹	۰.۷۹۳۷	۱.۰۷۲	۱.۱۹۹۶	۱.۲۸۷۴	۱.۳۴۱	۱.۳۷۹۳	۱.۴۰۹۵	۱.۴۱۸۱	۱.۴۲۶۲	۱.۴۳۵۵	۱.۴۴۱۲	۱.۴۴۹۵
RI^g	۰	۰	۰.۱۷۹۶	۰.۲۶۲۷	۰.۳۵۹۷	۰.۳۸۱۸	۰.۴۰۰۹	۰.۴۱۶۴	۰.۴۳۴۸	۰.۴۴۵۵	۰.۴۵۲۶	۰.۴۵۷۶	۰.۴۶۹۱	۰.۴۸۰۴	۰.۴۸۸

با محاسبه نرخ ناسازگاری برای دو ماتریس بر اساس معادلات زیر، با آستانه ۰.۱ مقایسه می گردند:

$$CR^g = \frac{CI^g}{RI^g} \quad (3-16)$$

$$CR^m = \frac{CI^m}{RI^m} \quad (3-17)$$

اگر هر دو این شاخص ها از ۰.۱ کمتر باشد، ماتریس فازی سازگار است. اگر هر دو از ۰.۱ بیشتر بود، از تصمیم گیرنده خواسته می شود که در اولویت های داده شده تجدید نظر کند و اگر فقط

$CR^m(CR^g)$ بیشتر از ۰.۱ باشد، تصمیم گیرنده مقادیر میانی (حدود) را برای قضاوت های فازی تجدید نظر می کند.

۳-۵-۳ روش تاپسیس فازی

روش تاپسیس در سال ۱۹۸۱ توسط هوانگ یون برای حل مسئله مکان کارخانه معرفی شد. از آنجا که معیارهای کیفی و قضاوتی برای اندازه گیری برخی شاخص ها استفاده می شود و همچنین مقدار عددی برای معیارهای کیفی وجود ندارد، آنها با مقادیر زبانی ارزیابی می شوند (رمضانیان و زارعی دودجی، ۱۳۹۱) و بنابراین در ارزیابی تأمین کنندگان. و برای نشان دادن متغیرهای زبانی، از اعداد فازی مثلثی استفاده می شود که به همراه مقادیر زبانی مربوطه در جدول ۳-۲ آورده شده است. در این مطالعه، وزن معیارها و زیرمعیارها با استفاده از پرسشنامه تعیین و با اعداد فازی ارزشگذاری شد.

جدول ۳-۲ مقادیر زبانی متغیرهای ارزیابی و معادل فازی آنها (ارطغرول و همکاران، ۲۰۰۷)

متغیر زبانی	بسیار زیاد	زیاد	ناحدودی زیاد	مناسب	ناحدودی کم	کم	بسیار کم
اعداد فاز متناظر	(۹ و ۱۰)	(۷ و ۹)	(۵ و ۷)	(۳ و ۵)	(۱ و ۳)	(۰ و ۲)	(۰ و ۱)

ابتدا برای گزینه ها با معیارهای مختلف، ماتریس تصمیم بصورت رابطه (۳-۱۸) تشکیل می شود:

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (3-18)$$

در صورتی که از اعداد فازی مثلثی استفاده شود، $x_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ عملکرد گزینه i در رابطه با معیار j ($j=1,2,3,\dots,n$) می باشد.

اگر کمیته تصمیم گیرنده دارای k عضو باشد و رتبه بندی فازی k امین تصمیم گیرنده $x_{ij} = (a_{ijk}, b_{ijk}, c_{ijk})$ عدد فازی (مثلثی) به ازای $i=1,2,3,\dots,m$ و $j=1,2,3,\dots,n$ باشد، با توجه به معیارها،

رتبه بندی فازی ترکیبی $x_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ گزینه ها بر اساس روابط زیر بدست می آید

$$a_{ij} = \text{Min}\{a_{ijk}\} \quad (3-19)$$

$$b_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^k b_{ijk}}{k} \quad (3-20)$$

$$c_{ij} = \text{Max}\{c_{ijk}\} \quad (3-21)$$

در مرحله بعد ضریب اهمیت معیارهای مختلف در تصمیم گیری، به صورت رابطه زیر تعریف می شود:

$$W = [w_1, w_2, \dots, w_n] \quad (3-22)$$

که در صورتی که از اعداد فازی مثلثی استفاده شود، هریک از مولفه های w_j (وزن هر معیار) به صورت $w_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$ تعریف خواهند شد.

اگر کمیته تصمیم گیرنده دارای k عضو باشد و ضریب اهمیت k امین تصمیم گیرنده $w_j = (w_{jk1}, w_{jk2}, w_{jk3})$ به ازای $j=1,2,3,\dots,n$ باشد، رتبه بندی فازی w_j را می توان از روابط زیر به دست آورد:

$$w_{j1} = \text{Min}\{w_{jk1}\} \quad (3-23)$$

$$w_{j2} = \frac{\sum_{k=1}^k w_{jk2}}{k} \quad (3-24)$$

$$w_{j3} = \text{Max}\{w_{jk3}\} \quad (3-25)$$

در مرحله بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم فازی، زمانی که x_{ij} به صورت فازی هستند، مسلماً r_{ij} ها نیز فازی خواهند بود. برای بی مقیاس کردن به جای محاسبات پیچیده در روش شباهت به گزینه ایده آل کلاسیک، در این مرحله از تغییر مقیاس خطی^۱ برای تبدیل مقیاس معیارهای مختلف به مقیاس قابل محاسبه استفاده می شود. و درایه های ماتریس تصمیم بی مقیاس برای معیارهای مثبت و منفی به ترتیب از روابط زیر محاسبه می شود:

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right) \quad (3-26)$$

^۱ Linear scale transformation

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right) \quad (3-27)$$

که در این روابط برقرار است:

$$c_j^* = \max_i c_{ij} \quad (3-28)$$

$$a_j^- = \min_i a_{ij} \quad (3-29)$$

بنابراین ماتریس فازی بی مقیاس شده (R) به صورت زیر به دست می آید:

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2, \dots, m ; j = 1, 2, \dots, n \quad (3-30)$$

$$\tilde{R} = \begin{bmatrix} \tilde{r}_{11} & \dots & \tilde{r}_{1j} & \dots & \tilde{r}_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \tilde{r}_{i1} & \dots & \tilde{r}_{ij} & \dots & \tilde{r}_{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \tilde{r}_{m1} & \dots & \tilde{r}_{mj} & \dots & \tilde{r}_{mn} \end{bmatrix} \quad (3-31)$$

که m بیانگر گزینه ها و n بیانگر تعداد معیارها می باشد. در مرحله تعیین ماتریس تصمیم فازی وزن دار، با توجه به معیارهای مختلف، ماتریس تصمیم فازی وزن دار از ضرب اهمیت مربوط به هر معیار در ماتریس بی مقیاس شده فازی و به صورت زیر به دست می آید:

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \cdot \tilde{w}_j \quad (3-32)$$

که w_j بیان کننده ضریب اهمیت معیار c_j میباشد. ماتریس تصمیم فازی وزن دار بصورت زیر میباشد:

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2, \dots, m ; j = 1, 2, \dots, n \quad (3-33)$$

$$\tilde{V} = \begin{bmatrix} \tilde{v}_{11} & \dots & \tilde{v}_{1j} & \dots & \tilde{v}_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \tilde{v}_{i1} & \dots & \tilde{v}_{ij} & \dots & \tilde{v}_{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \tilde{v}_{m1} & \dots & \tilde{v}_{mj} & \dots & \tilde{v}_{mn} \end{bmatrix} \quad (3-34)$$

در مرحله یافتن حل ایده آل فازی و حل ضد ایده آل فازی به ترتیب از روابط زیر استفاده می شود:

$$A^* = \{\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*\} \quad (3-35)$$

$$A^- = \{\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-\} \quad (3-36)$$

که v_j^* بهترین مقدار معیار از بین تمام گزینه ها و v_j^- بدترین مقدار معیار از بین تمام گزینه ها می باشد. این مقادیر از روابط زیر به دست می آیند:

$$\tilde{v}_j^* = \max_i \{\tilde{v}_{ij3}\} \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, 3 \dots n \quad (3-37)$$

$$\tilde{v}_j^- = \min_i \{\tilde{v}_{ij1}\} \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, 3 \dots n \quad (3-38)$$

گزینه هایی که در A^* و A^- قرار می گیرند، گزینه های کاملاً بهتر و کاملاً بدتر را نشان میدهند. در مرحله محاسبه فاصله از حل ایده آل و ضد ایده آل، فاصله هر گزینه از حل ایده آل و ضد ایده آل فازی به ترتیب از روابط زیر قابل محاسبه است:

$$S_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*) \quad , i = 1, 2, \dots, m \quad (3-39)$$

$$S_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) \quad , i = 1, 2, \dots, m \quad (3-40)$$

d فاصله بین دو عدد فازی است که اگر (a_1, b_1, c_1) و (a_2, b_2, c_2) دو عدد فازی مثلثی باشد، فاصله دو عدد برابر است با:

$$d_v(\tilde{M}_1, \tilde{M}_2) = \sqrt{\frac{1}{3} [(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (c_1 - c_2)^2]} \quad (3-41)$$

و شاخص شباهت از روابط زیر به دست می آید:

$$cc_i = \frac{S_i^-}{S_i^* + S_i^-} \quad , i = 1, 2, \dots, m \quad (3-42)$$

و با توجه به میزان شاخص شباهت، گزینه ها رتبه بندی می شوند به طوریکه گزینه های با شاخص شباهت بیشتر در اولویت قرار دارند (عطایی، ۱۳۸۹).

۴-۵-۳ تجزیه و تحلیل سناریوهای بالقوه شکست و اثرات آن^۱

در امر انتخاب تأمین کننده پایدار، پس از کسب امتیاز تأمین کننده بر اساس تاپسیس فازی، محاسبه ریسک هر تأمین کننده ضروری است. زیرا در روش تاپسیس فازی، تأمین کنندگان فقط بر اساس عملکرد کلی امتیازدهی و رتبه بندی می شوند و ریسک و شکست تأمین کنندگان نادیده گرفته می شوند. اما در دنیای واقعی، حتی کارآمدترین تأمین کننده نیز ممکن است با شکست مواجه شود. برای این منظور، احتمال وقوع این شکستها و مفهوم ریسک در این تحقیق گنجانده شده است. به طور طبیعی، اولین گام در ارزیابی ریسک نظرسنجی از متخصصان شرکت برای بدست آوردن معیارهای مهم ارزیابی ریسک براساس مطالعه موردی است. متخصصان می توانند این معیارها را از طریق تجربه، سوابق کارخانه یا بررسی تحقیقات قبلی در این زمینه بدست آورند. تاکنون معیارهای محاسبه ریسک و نحوه انتخاب معیارها بیان شد. در ادامه، در مورد اجرای روش FMEA بیان میشود.

طبق تکنیک FMEA، برای هر یک از معیارهای ریسک انتخاب شده، باید سه بعد اصلی آنها با نام شدت، وقوع و تشخیص (شناسایی) مشخص شود. اولین قدم در اجرای FMEA طراحی اسناد برای هر یک از معیارها است. برای طراحی اسناد در این پژوهش از مقیاس ۱-۱۰ ارائه شده توسط کارلسون در سال ۲۰۱۲ استفاده می شود. هر سند دارای رتبه بندی ۱-۱۰ و شرح مختصری از هر سه بعد FMEA است که به تصمیم گیرنده در انتخاب رتبه هر یک کمک می کند. مقادیر بالاتر نشانگر ریسک بالاتر است و بالعکس. جدول ۳-۳ فرم کلی از اسناد است که در بسیاری از موارد کاربرد دارد.

لی و زنگ یک رویکرد طراحی سند در سال ۲۰۱۴ ارائه دادند که باید به سه سوال پاسخ داد:

۱. چرا و چگونه ریسک اتفاق میافتد؟

۲. چقدر احتمال دارد که ریسک برای تأمین کننده اتفاق بافتد؟

۳. اگر تأمین کنندگان انتخاب شوند و ریسک رخ دهد، چقدر بر کارخانه تأثیر می گذارد؟

جدول ۳-۳ حالت عمومی اسناد FMEA

رتبه	شدت	وقوع	تشخیص
۹-۱۰	همه عملکردها را مختل می کند	بسیار شدید	هیچ شناسی برای تشخیص وجود ندارد
۷-۸	عملکردهای اولیه را مختل میکند	شدید و نا مطمئن	با آزمایشهای مختلف قابل تشخیص است
۵-۶	عملکردهای ثانویه را مختل میکند	متوسط	با آزمایش قابل تشخیص است
۲-۴	تأثیر کم دارد	کم	نیاز به آزمایشهای ساده برای تشخیص دارد
۱	بدون آثار مخرب	خیلی کم	کاملاً قابل تشخیص

پس از طراحی اسناد، تصمیم گیرنده باید سه رتبه را برای همه معیارها انتخاب کند، یکی برای شدت، یکی برای وقوع و دیگری برای تشخیص. مفهوم RPN برای یکپارچه سازی رتبه های به دست آمده از تصمیم متخصصان در مورد شدت، وقوع و تشخیص به اعداد مناسب برای انتخاب تأمین کنندگان ایجاد شده است. فرض کنید که S، O و D به ترتیب نشان دهنده امتیازات برای شدت، وقوع و تشخیص را نشان می دهند. سپس ساده ترین راه برای به دست آوردن RPN ضرب هر سه عدد است که طبق گفته های کیمنتا و ایشی ۲۰۰۴ دارای ضعف بسیار زیادی است. برای بهبود فرمول RPN، روش جدیدی توسط لی و زانگ در سال ۲۰۱۴ توسعه داده شد. در این روش، آنها S، O و D را به دو دسته تقسیم کردند، S و O را در دسته اول و D را در دسته دوم قرار دادند. سپس L، که حاصل ضرب S و O است را طبق معادله (۳-۴۳) به عنوان عدد ریسک معرفی کردند:

$$L = S * O \quad (3-43)$$

همچنین درصد ریسک را با معادله (۳-۴۴) بدست آوردند:

$$RISK = \frac{(L - 1) * 100}{99} \quad (3-44)$$

اما در رابطه (۳-۴۴) بعد تشخیص، تاثیری بر روی فرمول ندارد، بنابراین آنها از ep مطابق فرمول

(۳-۴۵) برای در نظر گرفتن تشخیص استفاده کردند در نهایت فرمول (۳-۴۶) برای محاسبه RPN

استفاده می شود.

$$ep = -0.1 * D + 1.55 \quad (3-45)$$

$$RISK = \left[\frac{(l-1)}{99} \right]^{ep} * 100 \quad (3-46)$$

دلیل استفاده از فرمول (3-45) برای در نظر گرفتن تشخیص: از آنجا که دامنه تشخیص بین ۱ تا ۱۰ است، وقتی D در وسط این محدوده باشد، نباید ریسک مثبت یا منفی برای تشخیص وجود داشته باشد. به عبارتی، تشخیص باید بی تأثیر و برابر با ۱ باشد. واضح است که وقتی D=5.5 باشد ep مقدار ۱ میگیرد.

سرانجام، برای تلفیق نتایج FMEA و FTOPSIS، باید روشی ارائه شود که بتواند برای ارزیابی جامع تأمین کنندگان استفاده شود. به همین دلیل، از فرمول (3-47) استفاده می شود. لازم به ذکر است که نتایج بدست آمده از FTOPSIS از ویژگیهای مثبت تأمین کننده است، یعنی هرچه بالاتر باشد، تأمین کننده عملکرد بهتری خواهد داشت، اما نتایج بدست آمده از FMEA از نوع ریسک است، یعنی هرچه پایین تر باشد، عملکرد تأمین کننده بهتر است. بنابراین واضح است که ضرب مستقیم FTOPSIS و FMEA غیر منطقی است، بنابراین از فرمول (3-47) استفاده می شود.

$$Risk\ discount = risk * (1 - FTOPSIS) \quad (3-47)$$

۳-۶ عدم اطمینان معیارهای کمی

پارامترهای نامشخص از طریق مجموعه ای از سناریوهای گسسته با احتمالات از پیش تعیین شده در برنامه تصادفی مدل سازی می شوند. به منظور تولید سناریوها، از فرایندهای تصادفی برای مدل سازی رفتار پارامترهای تصادفی در افق برنامه ریزی استفاده می شود.

در برنامه تصادفی، تصمیمات به شش گروه طبقه بندی می شوند: ۱-انتخاب تأمین کنندگان پایدار ۲- رزرو ظرفیت با استفاده از قراردادهای اختیار ۳-تصمیمات خرید ۴-تصمیمات تخصیص سفارش ۵- تصمیمات تولید و ۶-تصمیمات موجودی. تصمیمات ۱ و ۲ تصمیمات برنامه ریزی استراتژیک هستند و تصمیمات ۳ تا ۶ تصمیمات تاکتیکی وابسته به زمان هستند. به منظور ادغام تصمیمات استراتژیک با تاکتیکی در مسئله، افق برنامه ریزی شامل چندین دوره زمانی تاکتیکی در نظر گرفته شده است.

تصمیمات استراتژیک باید قبل از تحقق عدم اطمینان در افق برنامه ریزی اتخاذ شوند. با این حال، تصمیمات تاکتیکی فقط پس از تحقق پارامترهای نامشخص در هر دوره زمانی تعیین می شود. توابع هدف کمینه کردن کل هزینه های مورد انتظار با لحاظ ریسک و کمینه کردن ریسک پایداری میباشد. در نتیجه، سطح ریسک زنجیره تأمین با توجه به هدف و بوسیله محدودیت ها در مسئله بهینه سازی بر اساس معیار شناخته شده ریسک محدود می شود. با فرض یک محیط چند دوره ای و یک محیط تصمیم گیری تصادفی، یک برنامه تصادفی چند مرحله ای برای مسئله ایجاد شده است.

۱-۶-۳ نحوه برخورد با عدم اطمینان

اگر بر اساس داده هایی که مشخص نیستند یا با عدم اطمینان همراه هستند تصمیم گیری صورت بگیرد (به عنوان مثال، قیمت، کیفیت، تقاضای مشتری)، رویکرد معمول استفاده از حاشیه خطا در تصمیم گیری یا در نظر گرفتن موارد عدم اطمینان میباشد. که به تصمیم گیرنده یا کامل بودن داده های موجود بستگی دارد. حتی احساسات شخصی نیز در انتخاب حالت ها یا افزودن حاشیه خطا به تصمیمات نقش مهمی دارند. در ادامه چند روش برای مقابله با عدم اطمینان در صورت پیچیده تر بودن موضوع بیان شده است.

اگر پیچیدگی مسئله افزایش یابد، در نظر گرفتن شرایط مختلف بسیار وقت گیر و غیر عملی است. همچنین اگر داده ها فقط کمی نادرست یا متفاوت از آنچه تصویری شود، باشد. تصمیمات می تواند ناموجه شود. برخی از تکنیک ها برای توجیه عدم اطمینان عبارتند از:

۱. آنالیز سناریو: فرض کنید به جای تعداد محدودی از موارد، موارد زیادی به صورت مستقل در

نظر گرفته شود، به عنوان مثال، سناریوهای مختلف تقاضا، نرخ تولید و ... ، سپس تصمیمات

مربوط به همه موارد را بررسی شود و از آنها برای تصمیم گیری نهایی استفاده شود.

۲. برنامه ریزی تصادفی: بسیاری از مسائل تصمیم گیری را می توان با استفاده از برنامه های

ریاضی که به دنبال کمینه کردن یا بیشینه کردن برخی از اهداف تابع تصمیم گیری هستند،

مدل سازی کرد. تصمیمات ممکن است با تعدادی محدودیت همراه باشد. تصمیمات توسط متغیرهایی نشان داده می شوند که می توانند به عنوان مثال غیر منفی یا عدد صحیح باشند. تابع هدف و محدودیتها توابعی از متغیرها و داده های مسئله هستند. نمونه هایی از داده های مسئله عبارتند از: هزینه های تولید، نرخ های مختلف تولید، فروش، ظرفیت. برنامه نویسی ریاضی مانند برنامه ریزی خطی، برنامه نویسی عدد صحیح مختلط، برنامه نویسی غیرخطی و غیره یک پیش فرض مشترک دارند که کلیه داده های ورودی مورد استفاده در فرمول بندی مسئله ریاضی، بطور قاطع مشخص و معین هستند. به چنین مسائلی، تصمیم گیری تحت شرایط قطعیت و به مدلهای مربوطه مدلهای قطعی^۱ یا معین گفته می شود. اما واضح است که در واقعیت همیشه فرض بر این نیست که تمام داده های مورد نیاز مسئله معین و مشخص هستند و هیچ عدم قطعیتی در مسئله وجود ندارد. مدل هایی که برای مقابله با این عدم قطعیت ها در داده های ورودی استفاده می شود، مدل های تصادفی نامیده می شود. مطالعه برنامه نویسی تصادفی به دهه های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ برمی گردد. بیلی و دانتزیک^۲ برای اولین بار برنامه نویسی خطی تصادفی را به عنوان مکانیزمی برای تلفیق عدم قطعیت در برنامه ریزی خطی معرفی کردند. در صورت تصادفی بودن داده های مسئله، مقدار تابع هدف یک متغیر تصادفی خواهد بود. بیشتر برنامه های تصادفی مبتنی بر، به حداقل رساندن یا به حداکثر رساندن توزیع متوسط نتایج خود هستند.

۳. بهینه سازی استوار: بهینه سازی استوار برای اولین بار توسط سوئیستر^۳ در سال ۱۹۷۰ وارد مرحله جدیدی شد. با ارائه مدلی که بدترین سناریو را در نظر گرفت، او سعی کرد شرایط

عدم اطمینان را در مدل خود لحاظ کند. بهینه سازی استوار برای شرایطی مناسب است که دامنه عدم اطمینان مشخص باشد اما توزیع آنها لزوماً مشخص نیست (بسته به صنعت می تواند قیمت، دما، تقاضا و ... باشد). معمولاً برخی از ورودی ها که در داخل دامنه های عدم اطمینان حرکت می کنند توجیه پذیر هستند. استوار بودن تصمیمات با بهترین عملکرد در برابر همه ادراکات ممکن از مقادیر پارامترها اندازه گیری می شود. بهینه سازی استوار برای بسیاری از مسائل مناسب است به طوری که نیازی به تعریف سناریوها و توابع توزیع نیست. اگر پاسخ برای اکثر یا همه سناریوها از داده های ورودی نزدیک به بهینه باقی بماند، یک پاسخ استوار است.

۷-۳ مدل سازی مسئله

در این بخش، مراحل مدل سازی و اجرای حل مسئله برنامه ریزی ریاضی ارائه شده است. تا با استفاده از آن اهداف از پیش تعیین شده محقق گردد.

در این مقاله، یک برنامه تصادفی چند مرحله ای برای برنامه ریزی خرید انعطاف پذیر در زنجیره های تأمین پیشنهاد شده است. به طور کلی، دنباله ای از پارامترهای تصادفی $\xi^1, \xi^2, \dots, \xi^{N-1}$ نشان دهنده عدم اطمینان در مورد یک برنامه تصادفی مرحله N است. مجموعه ای از سناریوها S ، برای نشان دادن این پارامترهای تصادفی بصورت مجزا در نظر گرفته شده و این سناریوها به صورت درخت سناریو هستند. احتمال مربوط به هر سناریو $\pi_s, s \in S$ است، و تحقق پارامترهای تصادفی مربوط به سناریو $s \in S$ توسط $(\xi^{1,s}, \xi^{2,s}, \dots, \xi^{N-1,s})$ نشان داده می شود.

در مسئله، افق برنامه ریزی شامل چندین دوره تاکتیکی در نظر گرفته شده است. مجموعه دوره ها T است، و تعداد کل دوره ها برابر است با اصالت مجموعه ارائه شده توسط T . بردارهای مربوط به پارامترهای تصادفی از جمله تقاضا محصولات، قیمت بازار ماده اولیه، قیمت خرید و اعمال قرارداد اختیار معامله، عرضه تأمین کنندگان، عرضه قرارداد اختیار توسط تأمین کنندگان برای دوره $t \in T$ و

سناریو $s \in S$ توسط $cs_{i,t,s}$, $cs_{i,t,s}$, $ep_{t,s}$, $op_{t,s}$, $p_{t,s}$, $d_{t,m,k,s}$ نشان داده می شود. در برنامه تصادفی چند مرحله ای، بین مراحل و دوره های زمانی رابطه وجود دارد و مطابق با این رابطه، $N = |T| + 1$ و برای هر مرحله n ، $\xi^{n,s} = (cs_{i,t,s}, cs_{i,t,s}, ep_{t,s}, op_{t,s}, p_{t,s}, d_{t,m,k,s})$. در برنامه های تصادفی چند مرحله ای، یک سیاست باید پیش بینی نشده باشد. در یک سیاست غیر پیش بینی شده، تصمیمات در هر مرحله نباید منوط به تحقق پارامترهای تصادفی در مراحل بعدی باشد. به منظور تدوین یک برنامه تصادفی چند مرحله ای، طبق نظر (دوپاوووا، ۱۹۹۵)، دو رویکرد اصلی وجود دارد. یکی از آنها افزودن صریح محدودیت های غیر پیش بینی به یک مدل تصادفی است و از این روش در این مطالعه بهره برداری می شود. در مدل تصادفی، تصمیمات استراتژیک، تصمیمات (۲۱)، تصمیماتی قابل اجرا هستند و باید قبل از تحقق عدم اطمینان اتخاذ شوند و از این رو محدودیت های غیر پیش بینی برای آنها در نظر گرفته می شود (محدودیت ۱۴ (۳-۶۳)).

۱-۷-۳ فرضیات مدل

فرضیات مدل برنامه ریزی ریاضی به شرح زیر است:

- (۱) چند دوره ای بودن
- (۲) چند محصولی و یک قلم ماده اولیه ضروری
- (۳) چندین تامین کننده با مکان های مشخص
- (۴) روشهای حمل و نقل (خط لوله، راه آهن، حمل و نقل جاده ای) متفاوت امکان پذیر میباشد.
- (۵) تقاضای محصولات نهایی، قیمت بازار مواد، قیمت خرید و اعمال قرارداد اختیار معامله، میزان عرضه مواد و عرضه قرارداد اختیار معامله توسط تامین کنندگان در طول زمان تصادفی است.
- (۶) امکان انعقاد قرارداد اختیار خرید با برخی از تأمین کنندگان وجود دارد.
- (۷) مواد اولیه را می توان از یک یا چند تأمین کننده خریداری کرد.
- (۸) میزان مصرف ماده اولیه برای تولید یک واحد از هر محصول در پالایشگاه مشخص است.

۹) سایت های شرکت، براساس ظرفیت خود، می تواند مواد اولیه و محصولات را ذخیره کنند.

۱۰) هزینه کمبود واحد در نظر گرفته می شود.

۲-۷-۳ معرفی متغیرهای تصمیم گیری و پارامترهای مدل

جدول زیر اندیس ها، پارامترها و متغیرهای تصمیم گیری را ارائه می دهد.

جدول ۳-۴ اندیس ها، پارامترها و متغیرهای تصمیم گیری

اندیس ها	
T	مجموعه ای از دوره های تاکتیکی در یک افق برنامه ریزی ($t = 1, 2, 3, \dots, T$)
T'	مجموعه ای از دوره هایی که در آن می توان تصمیمات استراتژیک از جمله انتخاب تأمین کننده و تصمیمات قرارداد اختیار را برای مدت زمان استراتژیک شامل چندین دوره تاکتیکی اتخاذ کرد. $T' \subset T$
I	مجموعه ای از تأمین کنندگان ($i = 1, 2, 3, \dots, I$)
BK	مجموعه ای از گروه محصولات ($bk = bk_1, bk_2, \dots, BK$)
K	مجموعه ای از محصولات ($k = k_1, k_2, k_3, \dots, K$)
M	مجموعه ای از سایت های پالایشگاه ($m = m_1, m_2, \dots, M$)
TM	مجموعه ای از حالت های حمل و نقل (خط لوله، راه آهن، حمل و نقل جاده ای)
S	مجموعه ای از سناریوها $S, S' \in S$
پارامترهای مدل	
hr	هزینه نگهداری هر واحد مواد اولیه برای یک دوره تاکتیکی در هر سایت
θ	ظرفیت کامیون ها برای حمل مواد اولیه
β	سطح اطمینان برای محاسبه ریسک CVaR
uCVaR	حد بالایی برای CVaR هزینه ها
Risk _i	میزان ریسک بدست آمده از تلفیق امتیاز FTOPSIS و FMEA، برای تأمین کننده i
π_s	احتمال وقوع سناریو S
$\Delta_{t',t}$	تعداد دوره تاکتیکی در مدت زمان استراتژیک که از دوره تاکتیکی T شروع می شود و تا دوره T' ادامه دارد
cm _m	حداکثر ظرفیت تولید سایت های پالایشگاه برای محصولات مختلف
sr _m	ظرفیت ذخیره مواد اولیه در سایت های پالایشگاه
sp _m	ظرفیت ذخیره محصولات در انبار سایت های پالایشگاه
o _i	مقداری صفر و یک، اگر سیاست تأمین کننده i فروش قرارداد اختیار باشد مقدار آن ۱، در غیر این صورت ۰.
mcs _i	حداکثر ظرفیت تأمین کننده i برای تولید مواد اولیه در افق برنامه ریزی
pc _k	هزینه عملیاتی تولید هر واحد از محصول k در هر سایت
hp _k	هزینه ذخیره سازی یک واحد محصول k در هر سایت برای یک دوره تاکتیکی
soc _k	هزینه کمبود هر واحد از محصول k در هر سایت
ψ_k	میزان مصرف ماده اولیه برای تولید یک واحد محصول k
p _{t,s}	قیمت بازار یک واحد مواد اولیه از تأمین کننده i ام در دوره t تحت سناریو S

$op_{t,s}$	قیمت اختیار برای خرید قرارداد اختیار خرید از تأمین کننده i ام در دوره t تحت سناریو s
$ep_{t,s}$	قیمت اعمال قرارداد یک واحد مواد اولیه از تأمین کننده i در دوره t تحت سناریو s
$cs_{i,t,s}$	مقدار عرضه مواد اولیه توسط تأمین کننده i ام در دوره t تحت سناریو s
$csO_{i,t,s}$	مقدار عرضه قرارداد اختیار از سوی تأمین کننده i ام در دوره t و تحت سناریو s
$d_{t,m,k,s}$	تقاضای مشتری برای محصول k در دوره t تحت سناریو s
$bcm_{bk,m}$	ظرفیت تولید پالایشگاه برای دسته ای از محصولات bk
$\partial_{i,m}$	فاصله بین تأمین کننده i تا سایت‌های پالایشگاه
$tc_{i,m,tm}$	هزینه حمل و نقل وابسته به تناژ (فی/تناژ تانکر) برای حمل مواد اولیه بین تأمین کننده i تا سایت‌های پالایشگاه و با حالت حمل و نقل ممکن
$tma_{i,m,tm}$	حالت‌های حمل و نقل در دسترس
$f_{i,t}$	هزینه ثابت سفارش دهی از تأمین کننده i در دوره t
متغیر تصمیم‌گیری	
$SS_{i,t,m,tm,s}$	مقدار صفر و یک، اگر تأمین کننده i جهت تخصیص سفارش در دوره t برای سایت m تحت سناریو s انتخاب شود مقدار آن ۱، در غیر اینصورت ۰ است.
$tcost_s$	کل هزینه‌های تاکتیکی تحت هر سناریو
$nt_{i,t,m,tm,s}$	تعداد کامیون استفاده شده برای حمل و کیوم باتوم از تأمین کننده i در دوره t برای سایت m تحت سناریو s
$cr_{i,t',t,s}$	مقدار مواد اولیه رزرو شده با قرارداد اختیار از تأمین کننده i در دوره t' و با سررسید t و تحت سناریو s
$V_{i,t',t,m,tm,s}$	مقدار مواد خریداری شده با اعمال قرارداد اختیار از تأمین کننده i که در دوره t' رزرو شده برای دوره t و برای سایت m تحت سناریو s
$Z_{i,t,m,tm,s}$	مقدار مواد خریداری شده به صورت عادی از تأمین کننده i در دوره t برای سایت m تحت سناریو s
$L_{t,m,k,s}$	مقدار کمبود محصول k در دوره t در سایت m تحت سناریو s
$Q_{t,m,k,s}$	مقدار تولید محصول k در دوره t در سایت m تحت سناریو s
$H_{t,m,k,s}$	مقدار ذخیره محصول k در دوره t در سایت m تحت سناریو s
$R_{t,m,s}$	مقدار ذخیره مواد اولیه در دوره t در سایت m تحت سناریو s
Var	ارزش در معرض ریسک، متغیری است که CVaR هزینه‌ها را در سطح اطمینان β ارائه می‌دهد
u_s	متغیر کمکی برای محاسبه CVaR

۳-۷-۳ فرمول بندی توابع هدف

این بخش مدل ریاضی را توصیف می‌کند. مدل تحقیق دارای دو تابع هدف است.

(۱) تابع هدف کمینه کردن هزینه

اولین هدف به حداقل رساندن کل هزینه در افق زمانی، از جمله:

- هزینه‌های استراتژیک شامل انتخاب تأمین کننده و هزینه رزرو با استفاده از قرارداد اختیار
- هزینه‌های خرید اعم از خرید در بازار لحظه‌ای یا خرید با اعمال قرارداد اختیار

- هزینه حمل و نقل از تأمین کنندگان به سایت‌های پالایشگاه، هزینه وابسته به ظرفیت کامیون
- هزینه های عملیاتی تولید محصولات از جمله آب، برق و ...
- هزینه های نگهداری که شامل دو قسمت میباشد: قسمت اول، هزینه ذخیره سازی مواد اولیه در بازه های زمانی مختلف و قسمت دوم، هزینه ذخیره سازی محصول نهایی در انبار است.
- هزینه های کمبود که ممکن است به عنوان هزینه خرید محصولات نهایی از سایر شرکت های داخلی یا خارجی تعبیر شود.

$$\begin{aligned}
 \min OB_1 = \sum_s \pi_s \bigg(& \sum_i \sum_{t'} \sum_t \sum_m \sum_{tm} f_{i,t}^{SS_{i,t'},t,m,tm,s} \\
 & + \sum_i \sum_{t'} \sum_t cr_{i,t',t,s} op_{t',s} \Delta_{t',t} \\
 & + \sum_i \sum_t \sum_m \sum_{tm} Z_{i,t,m,tm,s} p_{t,s} \\
 & + \sum_i \sum_{t'} \sum_t \sum_m \sum_{tm} V_{i,t',t,m,tm,s} ep_{t',s} \\
 & + \sum_i \sum_t \sum_m \sum_{tm} \left(\frac{tc_{i,m,tm}}{1000} \right) (Z_{i,t,m,tm,s}) \\
 & + \sum_i \sum_{t'} \sum_t \sum_m \sum_{tm} \left(\frac{tc_{i,m,tm}}{1000} \right) (V_{i,t',t,m,tm,s}) \\
 & + \sum_t \sum_m \sum_k pc_k Q_{t,m,k,s} + \sum_t \sum_m \sum_k hp_k H_{t,m,k,s} \\
 & + \sum_t \sum_m hr R_{t,m,s} + \sum_t \sum_m \sum_k soc_k L_{t,m,k,s} \bigg)
 \end{aligned} \tag{۳-۴۸}$$

۲) تابع هدف کمینه کردن ریسک معیارهای کیفی پایداری

دومین هدف به حداقل رساندن ریسک پایداری تأمین کننده میباشد. میزان ریسک بدست آمده از تلفیق FTOPSIS و FMEA، را در کل مواد خریداری شده از تأمین کننده i ، شامل خرید عادی و خرید با اعمال قرارداد اختیار، ضرب کرده و در این تابع هدف استفاده می شود.

$$\min OB_2 = \sum_i \sum_{t'} \sum_t \sum_m \sum_{tm} \sum_s Risk_i \pi_s (Z_{i,t,m,tm,s} + V_{i,t',t,m,tm,s}) \tag{۳-۴۹}$$

۳-۷-۴ محدودیت ها

۳-۷-۴-۱ محدودیت های تصمیمات استراتژیک

محدودیت ۱: تصمیمات استراتژیک از جمله انتخاب تامین کننده و رزرو ظرفیت با استفاده از قرارداد اختیار باید در طول مدت زمان استراتژیک مربوطه اتخاذ شود. مدت زمان استراتژیک $\Delta_{t',t}$ شامل دوره های زمانی تاکتیکی است که از دوره $t \in T'$ شروع و تا ابتدای دوره $t \in T$ ادامه دارد. به عنوان یک نتیجه از محدودیت ۱، تصمیمات استراتژیک را می توان برای دوره های پیش رو اتخاذ نمود.

$$cr_{i,t',t,s} = 0 \quad \forall i, t', t, s \quad : t' \geq t \quad \text{محدودیت ۱}$$

۳-۷-۴-۲ محدودیت هزینه ثابت سفارش دهی

محدودیت ۲: سفارش از تأمین کننده ای انجام نمیشود مگر اینکه هزینه ثابت سفارش دهی در تابع هدف در نظر گرفته شود. MM عدد بزرگ مثبت است.

$$Z_{i,t,m,tm,s} + \sum_{t'} V_{i,t',t,m,tm,s} \leq MM \times SS_{i,t,m,tm,s} \quad \forall i, t, m, tm, s \quad \text{محدودیت ۲}$$

۳-۷-۴-۳ محدودیت های قرارداد اختیار

محدودیت ۳: خرید قرارداد اختیار نمی تواند اتفاق بیفتد مگر اینکه تامین کننده، فروش قرارداد اختیار را ارائه دهد. این محدودیت همچنین بیان می کند که مقدار خرید قرارداد اختیار نباید بیش از مقدار ارائه شده توسط فروشنده اختیار (تامین کننده) در هر دوره باشد.

$$\sum_{t'} cr_{i,t',t,s} \leq CSO_{i,t,s} O_i \quad \forall i, t, s \quad \text{محدودیت ۳}$$

محدودیت ۴: کل مقدار ماده اولیه تهیه شده با استفاده از قرارداد اختیار خرید از یک تامین کننده نباید بیش از ظرفیت ذخیره شده تأمین کننده در هر دوره و تحت هر سناریو باشد.

$$\sum_m \sum_{tm} V_{i,t',t,m,tm,s} \leq cr_{i,t',t,s} \quad \forall i, t', t, s \quad \text{محدودیت ۴}$$

۳-۷-۴-۴ محدودیت های ظرفیت

محدودیت ۵: مقدار کل ماده اولیه تهیه شده از یک منبع باید کمتر یا مساوی با ظرفیت آن باشد.

$$\sum_m \sum_{tm} Z_{i,t,m,tm,s} + \sum_{t'} \sum_m \sum_{tm} V_{i,t',t,m,tm,s} \leq CS_{i,t,s} \quad \forall i, t, s \quad \text{محدودیت ۵}$$

محدودیت ۶: سایت‌های پالایشگاه در هر دوره و تحت هر سناریو نمی توانند بیش از ظرفیت خود تولید کنند.

$$\sum_{k=1}^5 Q_{t,m,k,s} \leq bcm_{bk,m}/12 \quad \forall t, m, s, bk = bk1 \quad \text{محدودیت ۶}$$

$$\sum_{k=6} Q_{t,m,k,s} \leq bcm_{bk,m}/12 \quad \forall t, m, s, bk = bk2$$

$$\sum_{k=7} Q_{t,m,k,s} \leq bcm_{bk,m}/12 \quad \forall t, m, s, bk = bk3$$

محدودیت ۷ مربوط به میزان ذخیره سازی محصولات در مسئله بهینه سازی است.

$$\sum_k H_{t,m,k,s} \leq sp_m \quad \forall t, m, s \quad \text{محدودیت ۷}$$

محدودیت ۸ مربوط به میزان ذخیره سازی مواد اولیه در مسئله بهینه سازی است.

$$R_{t,m,s} \leq sr_m \quad \forall t, m, s \quad \text{محدودیت ۸}$$

۳-۷-۴-۵ محدودیت های تعادل مربوط به ماده اولیه و تولید محصولات

طبق هر سناریو و در هر دوره تاکتیکی، محدودیت ۹ تعادل هر محصول قابل تولید در پالایشگاه را

تضمین می کند. در هر دوره، مقدار کمبود موجودی برای هر محصول در دوره بعد قابل تأمین است.

$$H_{t-1,m,k,s} + Q_{t,m,k,s} + L_{t,m,k,s} = d_{t,m,k,s} + L_{t-1,m,k,s} + H_{t,m,k,s} \quad \forall t, m, k, s \quad \text{محدودیت ۹}$$

محدودیت ۱۰ تعادل مربوط به ماده اولیه در پالایشگاه و روش بهینه حمل و نقل را بیان می کند.

$$\begin{aligned}
R_{t-1,m,s} + \sum_i \sum_{t'} \sum_{tm} V_{i,t',t,m,tm,s} tma_{i,m,tm} & \quad \forall t, m, s \quad \text{محدودیت} \\
+ \sum_i \sum_{tm} Z_{i,t,m,tm,s} tma_{i,m,tm} & \quad ۱۰ \\
= R_{t,m,s} + \sum_k \psi_k Q_{t,m,k,s} &
\end{aligned}$$

۳-۷-۴-۶ محدودیت های حمل و نقل

محدودیت ۱۱ تعادل ظرفیت بارگیری کامیون را تضمین می کند. مفروض است که محدودیت تعداد کامیون وجود ندارد و برای حمل و کیوم باتوم از کامیون های شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده های نفتی ایران استفاده میشود و همچنین امکان استفاده از شرکتهای حمل و نقل دارای کامیون های مخصوص حمل و کیوم باتوم وجود دارد.

$$\left(Z_{i,t,m,tm,s} + \sum_{t'} V_{i,t',t,m,tm,s} \right) / \theta = NT_{i,t,m,tm,s} \quad \forall i, t, m, tm_{truckloading, s} \quad \text{محدودیت ۱۱}$$

۳-۷-۴-۷ محدودیت های مدیریت ریسک

این مدل رویکردی مبتنی بر سناریو را در پیش گرفت و به سه منبع عدم اطمینان پرداخت، برای مقابله با این عدم قطعیت ها، ارزش در معرض خطر شرطی (CVaR) به عنوان یک معیار ریسک مورد استفاده قرار گرفت. هدف از این مطالعه محدود کردن ریسک های تامین میباشد. تا ریسک پایداری و توزیع هزینه های مربوطه را به حداقل برساند. مدل بهینه سازی تصادفی تحت محدودیت های CVaR تصادفی بودن در ضرایب تابع هدف را بهینه میکند و با این کار، هزینه های مورد انتظار را با محدود کردن تعداد سناریوهای تحقق که هزینه زیاد یا هزینه بیش از حداکثر مقدار تعیین شده برای محدودیت CVaR را به دست می دهد، به حداقل می رساند.

محدودیت ۱۲، محدودیت ۱۳، محدودیت ۱۴، محدودیت های CVaR در تامین مواد اولیه را در سطح اطمینان β (%) مدل می کند. متغیر VaR ارزش در معرض ریسک هزینه های تاکتیکی را فراهم

میکند، در حالی که پارامتر $uCVaR$ حد بالا تر $CVaR$ هزینه های تاکتیکی میباشد (مقداری که تصمیم گیرنده تعیین میکند) و عبارت $TCost_s$ هزینه های تاکتیکی برای هر سناریو است.

$$VaR + \frac{1}{(1-\beta)} \sum_{s \in S} \pi_s u_s \leq uCVaR \quad \text{محدودیت ۱۲}$$

$$u_s \geq 0 \quad \forall s \quad \text{محدودیت ۱۳}$$

$$u_s \geq TCost_s - VaR \quad \forall s \quad \text{محدودیت ۱۴}$$

۸-۴-۷-۳ محدودیت های غیر پیش بینی

محدودیت ۱۵ محدودیت غیر پیش بینی مربوط به برنامه تصادفی چند مرحله ای میباشد. تصمیم استراتژیک $(cr_{i,t',t,s})$ باید قبل از تحقق عدم اطمینان در هر دوره $t \in T'$ گرفته شود. به تصمیمات استراتژیک تصمیمات قابل اجرا نیز گفته می شود و محدودیتهای غیر پیش بینی فقط برای این تصمیمات در نظر گرفته می شود. مطابق با محدودیت ۱۵، در دوره تاکتیکی $t \in T$ ، اگر دو سناریو $s, s' : s, s' \in S$ از ابتدای افق برنامه ریزی تا دوره $t-1$ بر اساس اطلاعات موجود در ابتدای دوره t یکسان باشند، پس تصمیمات استراتژیک در دوره t برای هر دو سناریو باید یکسان باشد.

$$cr_{i,t',t,s} = cr_{i,t',t,s'} \quad \forall i, t', t, s, s' \quad \text{محدودیت ۱۵}$$

Error! Reference source not found. و **Error! Reference source not found.** محدودیت

های یکپارچگی و غیر منفی را برای متغیرهای تصمیم اعمال می کنند. در اینجا، اندیس متغیرها برای سهولت حذف شدند.

$$NT \geq 0 \text{ and integer} \quad \text{محدودیت ۱۶}$$

$$cr, V, Z, L, Q, H, R, u_s \geq 0 \quad \text{محدودیت ۱۷}$$

$$ss_{i,t,m,tm,s} \in \{0,1\}$$

۵-۷-۳ مدل سازی عدم قطعیت

یک مسئله اصلی چالش برانگیز در برنامه های تصادفی چند مرحله ای، ایجاد یک درخت سناریوی کارآمد است که عدم قطعیت مربوط به پارامترهای تصادفی را ارائه دهد.

زنجیره تأمین نفت و گاز یک زنجیره عمودی یکپارچه است که شامل تولید مواد اولیه، انتقال به پالایشگاه ها، تبدیل به محصولات تصفیه شده قابل تجارت و توزیع به بازارهای مصرف کننده است. برنامه ریزی زنجیره تأمین در بخش نفت و گاز شامل عدم قطعیت هایی، مانند قیمت نفت و محصولات، عرضه نفت و تقاضای محصول است، بعنوان مثال نوسان قیمت نفت: میانگین قیمت نفت سازمان کشورهای صادر کننده نفت از ۲۸.۱ دلار آمریکا در هر بشکه در سال ۲۰۰۳ به ۱۰۹.۴ دلار آمریکا در هر بشکه در سال ۲۰۰۸ افزایش یافت. این عدم قطعیت ها به ویژه در برنامه ریزی های طولانی مدت مهم هستند.

این تحقیق تصمیم یک تولید کننده برای خرید مواد اولیه اصلی در یک محیط نامطمئن را بررسی می کند. در دنیای واقعی، تقاضا برای محصولات، قیمت بازار مواد اولیه و عرضه مواد اولیه از سوی تامین کنندگان با رفتاری نامطمئن در طول زمان تغییر میکند. در این بخش، برای مدل سازی عدم قطعیت این پارامترها در افق برنامه ریزی، فرآیندهای تصادفی مربوطه معرفی می شوند.

- عدم اطمینان در قیمت بازار، قیمت خرید قرارداد اختیار و قیمت اعمال قرارداد

عدم اطمینان در قیمت می تواند نتیجه تغییرات نرخ ارز، تغییرات قیمت نفت، کمبود بازار آینده و غیره باشد. برای انطباق بیشتر با دنیای واقعیت، فرض بر این است که توزیع قیمت بازار، قیمت خرید قرارداد اختیار معامله و قیمت اعمال قرارداد می تواند در طول زمان متفاوت باشد. به منظور اعمال وابستگی زمانی این متغیرهای نامطمئن، از فرآیند حرکت براونی هندسی (GBM) به عنوان فرایندی محبوب برای مدل سازی قیمت استفاده می شود. این نوع فرآیند تصادفی اغلب به عنوان مدلی برای مقادیر متنوعی مانند قیمت سهام، قیمت منابع طبیعی و محصولات یا خدمات مورد استناد قرار می گیرد (کیوانلو، ۲۰۱۵).

یک فرآیند استاندارد وینر $W(\tau)$ که با اعداد واقعی غیر منفی τ نمایه می شود، حرکت استاندارد براونی نامیده می شود، دارای خصوصیات زیر است: (دورت، ۲۰۱۰)

$$W(0) = 0 \quad (۱)$$

(۲) برای احتمال برابر با ۱، تابع $W(\tau) \rightarrow \tau$ در τ پیوسته است.

(۳) به ازای $0 \leq \tau < \tau'$ افزایش $W(\tau') - W(\tau)$ یک تابع توزیع نرمال را با میانگین صفر و واریانس $\tau' - \tau$ دنبال می کند.

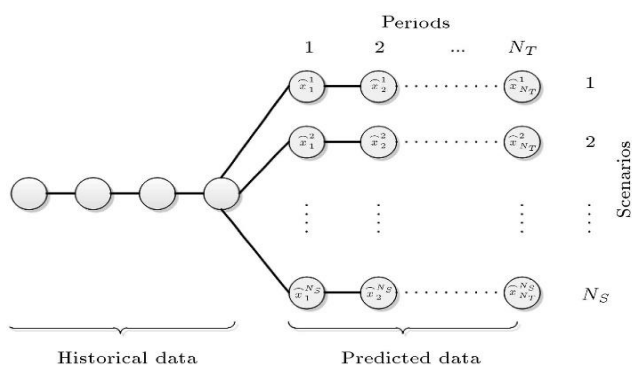
(۴) روند دارای افزایش ثابت و مستقلی است. به عبارتی، به ازای $0 \leq \tau_1 < \tau_2 \leq \tau'_1 < \tau'_2$

افزایش $W(\tau_2) - W(\tau_1)$ و $W(\tau'_2) - W(\tau'_1)$ متغیر تصادفی مستقل هستند.

$GBM x(\tau)$ به عنوان یک فرآیند تصادفی پیوسته، معادله دیفرانسیل تصادفی زیر را برای $\tau \in [0, \infty)$ برآورده می کند:

$$dx(\tau) = \mu x(\tau)d\tau + \sigma x(\tau)dW(\tau) \quad (۳-۵۰)$$

که $x(\tau)$ قیمت بازار در زمان τ است. μ و σ به ترتیب پارامترهای ثابت ارائه دهنده درصد رانش و نوسانات در افق زمانی هستند و $W(\tau)$ از روند استاندارد وینر پیروی می کند. روش تولید سناریو مورد استفاده به صورت شماتیک در شکل ۲-۳ نشان داده شده.



شکل ۲-۳ روش تولید سناریو

رفتارهای پارامتر تصادفی μ و σ که قبلاً معرفی شده، از داده های تاریخی تعیین می شود. با استفاده از اصطلاح تصادفی تولید شده، W_t^S ، برای هر دوره و سناریو، پارامترهای تصادفی پیش بینی شده را می توان با فرمول زیر ایجاد کرد:

در رابطه (۳-۵۱)، l طول هر دوره است، به عنوان مثال $(|T|)$ طول افق برنامه ریزی و z از عملکرد توزیع نرمال استاندارد پیروی می کند. رابطه (۳-۵۱) برای شبیه سازی مقادیر قیمت و عرضه مورد استفاده قرار می گیرد.

$$x^{t,s} = x^{t-1,s} e^{\left(\left(\mu - (\sigma^2/2) \right) l - \sigma \sqrt{l} z^{t,s} \right)} \quad (3-51)$$

- عدم اطمینان تقاضا، عرضه مواد اولیه و قرارداد اختیار معامله

به منظور مقابله با تقاضا و عرضه های تصادفی، از مدل اصلاح شده خود رگرسیون مرتبه اول (AR)، ارائه شده توسط (سودی، ۲۰۰۵) استفاده می شود. عدم اطمینان در عرضه ماده اولیه می تواند به عدم اطمینان مرتبط با سیاست های تولید و فروش تامین کننده و یا عملکرد تصادفی تولید تامین کننده مربوط شود. مدل های AR معمولاً برای مشخص کردن فرآیندهای متغیر با زمان مورد استفاده قرار می گیرند و این مدل AR اصلاح شده برای بدست آوردن تغییرات بالا نسبت به زمان مناسب است. این روند توسط بسیاری از مطالعات موردی برای مدل سازی تقاضا و عرضه اجرا شده است. تقاضای مشتری، عرضه مواد اولیه و عرضه قرارداد اختیار معامله در دوره $t \in T$ و تحت سناریو $s \in S$ را میتوان با رابطه زیر بدست آورد:

$$d_k^{t,s} - \bar{d}_k^t = \alpha_k (d_k^{t-1,s} - \bar{d}_k^{t-1}) + \varepsilon_k^{t,s} \quad (3-52)$$

که در آن بردار $\bar{d}$ مقادیر از پیش تعیین شده وابسته به دوره مربوط به تقاضای مورد انتظار هر محصول و در هر دوره و هر سناریو را ارائه می دهد. از آنجا که تقاضای محصولات فصلی بوده با استفاده از این پارامترها، بدست آوردن بعد وابسته به زمان مربوط به فصلی بودن تقاضا امکان پذیر است. بعلاوه، در رابطه (۳-۵۲)، بردار α پارامترهای ثابت خود رگرسیون را نشان می دهد، و ε نشان دهنده اصطلاحات خطا است که پارامترهای نویز سفید نیز نامیده می شوند، به دنبال توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس σ_ε^2 به منظور تولید سناریوهای

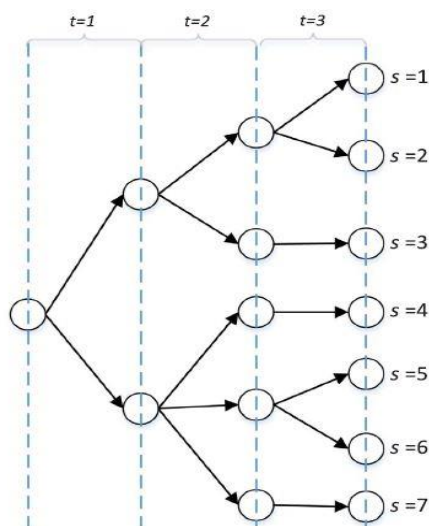
گسسته با استفاده از فرآیند تصادفی (۳-۵۲)، اصطلاحات خطا باید پس از تقریب پارامترهای

α ، $\bar{d}$ و σ_ε^2 با داده های تاریخی موجود تولید شود.

برای تولید سناریوهای گسسته برنامه تصادفی، از روش شبیه سازی مونت کارلو (MC) استفاده شده است. پارامترهای اصطلاحات خطا و ε در رابطه (۳-۵۲)، پارامتر z در رابطه (۳-۵۱) برای قیمت بر اساس توابع توزیع احتمال آنها به طور تصادفی از طریق رویکرد MC تولید می شوند. خروجی شبیه سازی MC یک فن سناریو است که شامل تعداد زیادی سناریوی گسسته با احتمال یکسان است.

به طور کلی، در نظر گرفتن تعداد زیادی از سناریوها منجر به یک مدل بهینه سازی غیرقابل حل می شود، و همچنین تعداد کم سناریوها نمی تواند عدم قطعیت موجود در مسئله را به درستی درک کند. در این مطالعه، از رویکرد ساخت درخت سناریو، ارائه شده (هایتس و رومیش، ۲۰۰۵) و (هایتس و رومیش، ۲۰۰۹)، برای کاهش تعداد سناریوها و تبدیل فن سناریوی تولید شده به درخت سناریو استفاده می شود. در این روش، در هر دوره زمانی، با استفاده از روش کاهش سناریوی رو به جلو، که توسط (دوپاوووا و همکاران، ۲۰۰۳) ارائه می شود، تعداد سناریوهای تولید شده پی در پی برای ایجاد یک درخت سناریوی مناسب کاهش می یابد.

درخت سناریوی نهایی نشان دهنده تحقق پارامترهای تصادفی شامل قیمت بازار، قیمت خرید قرارداد اختیار، قیمت اعمال قرارداد، تقاضا محصولات، عرضه مواد اولیه و عرضه قرارداد اختیار معامله است. بردار این پارامترها با $\xi = (p, op, ep, d, cs, cso)$ نشان داده می شود. تحقق پارامترهای تصادفی مربوط به سناریو $s \in S$ را می توان به صورت $(\xi^{1,s}, \xi^{2,s}, \dots, \xi^{|T|,s})$ با احتمال π_s نشان داد. شکل ۳-۳ نمونه ای از یک درخت سناریو با هفت سناریو را برای یک برنامه تصادفی چهار مرحله ای، در یک افق برنامه ریزی با سه دوره نشان می دهد.



شکل ۳-۳ یک نمونه درخت سناریو

۳-۸ حل مسئله

در تصمیم گیری چند هدفه، روش های مختلفی برای حل وجود دارد که پاسخ هر روش لزوماً با روش دیگر یکسان نیست، زیرا فرضیات هر روش همچنین میزان مشارکت تصمیم گیرنده در فرآیند حل متفاوت است. این روش ها عبارتند از: روش تبدیل تابع هدف به محدودیت، روش وزن دهی به اهداف، روش اولویت مطلق، روش معیار جامع، روش LP متریک، روش برنامه ریزی آرمانی و غیره.

مدل ریاضی طراحی شده در این تحقیق دو هدف دارد، بنابراین برای حل آن باید از روشهای حل چند هدفه استفاده شود. از روش ارائه شده توسط یعقوبی و تمیز در سال ۲۰۰۷ برای بدست آوردن متغیرهای تصمیم بهینه مطالعه موردی استفاده شد.

۳-۸-۱ بهینه سازی چند هدفه

امروزه، به دلیل پیچیدگی سیستم ها و تصمیم گیری های دشوار، توجه به موضوعات تصمیم گیری چند معیاره و چند هدفه از اهمیت بالایی برخوردار است. زیرا هر یک از اعضای سیستم به دنبال دستیابی به اهدافی متناسب با شرایط خود هستند و این تصمیمات وقتی دشوارتر می شوند که این اهداف با یکدیگر همسو نباشند و در تعارض با یکدیگر باشند. به عنوان مثال، یک کارخانه تولید

محصولات شیمیایی، میتواند با استفاده از موادی که صدمات زیادی به طبیعت وارد می کند، محصول نهایی را با کمترین هزینه تولید کند، اما تولید چنین محصولاتی باعث آسیب به محیط زیست می شود و یکی از اهداف دنیای امروز که همان محصولات دوستدار طبیعت میباشد را به شدت کاهش می دهد. به همین دلیل ایجاد روشهایی ضروری به نظر می رسد که به مدیران اجازه دهد بین اهداف مختلف سیستم تعادل برقرار کنند.

بسته به ترکیبی از بهینه سازی و فرایند تصمیم گیری، روش های بهینه سازی چند هدفه به سه دسته اصلی تقسیم می شوند. (هوانگ و مسعود، ۲۰۱۲)

(۱) تصمیم گیری قبل از جستجو: در این روش ها، مسئله چند هدفه به یک مسئله تک هدفی تبدیل می شود. به این ترتیب میزان اهمیت هر هدف توسط تصمیم گیرنده تعیین می شود. می توان به روش هایی از جمله تجمع وزن، برنامه ریزی آرمانی و Lp -Metric اشاره کرد.

(۲) جستجوی قبل از تصمیم گیری: بهینه سازی بدون هیچ گونه اطلاعاتی از اولویت های تصمیم گیری انجام می شود، نتیجه این بهینه سازی دستیابی به جوابهایی است که هیچ رجحانی بر یکدیگر ندارند، که به آنها پاسخ های پارتو می گویند. پس از به دست آوردن پاسخ های نهایی، تصمیم گیرنده با توجه به شرایط، یکی از راه حل ها را به عنوان پاسخ نهایی انتخاب می کند. رویکرد نمونه گیری پارتو و اپسیلون محدودیت^۱ نمونه ای از این رویکردها است.

(۳) تصمیم گیری مبتنی بر جستجو: در این حالت، تصمیم گیرنده می تواند تصمیمات خود را در فرآیند بهینه سازی به صورت پویا اعمال کند. به عبارتی، پس از هر مرحله بهینه سازی، تعدادی پاسخ به تصمیم گیرنده ارائه می شود که بر اساس آن تصمیم گیرنده ترجیحات خود

^۱ Eps-constraint

را به روز می کند، بنابراین با این روش، فرایند راه حل هدایت می شود. به این روش بیان
مترقی از ترجیحات نیز گفته می شود.

همانطور که گفته شد، هر یک از انواع روشهای حل مسئله چند هدفه دارای مزایا و معایبی است و
هیچ روش جامعی وجود ندارد که در آن تمام معایب برطرف شود.

۲-۸-۳ برنامه ریزی آرمانی توسعه یافته

روش های مختلفی برای تبدیل مدل چند هدفه به مدل تک هدفه ایجاد شده است که با نرم افزار
بهینه سازی دقیق قابل حل است. یکی از این روش ها برنامه ریزی آرمانی فازی^۱ است.

در سال ۲۰۰۷، یعقوبی و تمیز طبقه بندی از مدل های برنامه ریزی آرمانی را ارائه دادند که در مطالعات
مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. در این گروه سه مدل کلی وجود دارد: برنامه ریزی آرمانی وزن
دهی شده^۲، برنامه ریزی آرمانی لکسیکوگرافیک^۳ و برنامه ریزی آرمانی مین-مکس^۴. آنها همچنین
روش جدیدی را برای حل برنامه ریزی آرمانی بر اساس Min-Max توسعه دادند. وضعیت کلی مدل
ارائه شده توسط یعقوبی و تمیز در زیر توضیح داده شده است:

فرض کنید λ, p_i, n_i متغیرهای کمکی هستند و b_i مقادیر سطوح آرمان Δ_i^U بیشینه انحراف ممکن
برای تابع هدف نوع کمینه سازی و Δ_i^L کمینه انحراف ممکن برای تابع هدف نوع بیشینه سازی را
نشان می دهد. سپس محدودیت ۱۹ و محدودیت ۲۲ برای توابع هدف کمینه سازی و محدودیت ۲۰
و محدودیت ۲۳ برای توابع بیشینه سازی استفاده می شود. علاوه بر این، محدودیت ۲۱ و محدودیت
۲۴ زمانی استفاده می شوند که تابع هدف دقیقاً برابر با سطح آرمان باشد.

^۱Fuzzy goal programming (FGP)

^۲Weighted goal programming

^۳Lexicographic goal programming

^۴MINMAX goal programming

$max = \lambda$		محدودیت ۱۸
$(AX)_i - p_i \leq b_i$	$i = 1, \dots, i_0$	محدودیت ۱۹
$(AX)_i + n_i \geq b_i$	$i = i_0 + 1, \dots, j_0$	محدودیت ۲۰
$(AX)_i + n_i - p_i = b_i$	$i = j_0 + 1, \dots, k$	محدودیت ۲۱
$\lambda + \frac{1}{\Delta_{iR}} p_i \leq 1$	$i = 1, \dots, i_0$	محدودیت ۲۲
$\lambda + \frac{1}{\Delta_{iL}} n_i \leq 1$	$i = i_0 + 1, \dots, j_0$	محدودیت ۲۳
$\lambda + \frac{1}{\Delta_{iL}} n_i + \frac{1}{\Delta_{iR}} p_i \leq 1$	$i = j_0 + 1, \dots, k$	محدودیت ۲۴
$\lambda, p_i, n_i \geq 0$	$i = 1, \dots, k$	محدودیت ۲۵
$X \in C_S$		محدودیت ۲۶

تاکنون بسیاری از تحقیقات مشهور برای تبدیل مدل‌های چند هدفه به تک هدفه مانند یانگ ۱۹۹۱ یا

هنان ۱۹۸۱ انجام شده است. دلایل اصلی استفاده از روش برنامه ریزی آرمانی بشرح زیر است:

در روش هنان، انحرافات مطلق نیستند و از انحرافات نرمال شده استفاده می شود.

در حقیقت، تعیین سطح آرمان به طور دقیق غیرممکن است، بنابراین تصمیم گیرنده ممکن است

چندین بار سطح ایده آل را تغییر دهد. در هر دور، روش هنان و یانگ با تغییر سطح آرمان مدل به

تغییرات عمده ای نیاز دارد، اما در روش فوق کافی است فقط مقادیر مربوط به پارامترهای Δ_i^L و Δ_i^U

در محدودیت های ۲۲ تا ۲۴ تغییر کند.

فصل ۲ : تجزیہ و تحلیل داده؛

۴-۱ مقدمه

در این بخش، کارایی و توانایی اجرای رویکرد پیشنهادی با انجام یک مطالعه موردی انجام می شود. پس از معرفی مطالعه موردی، داده های مورد استفاده برای اجرای رویکرد فعلی برای انتخاب تأمین کننده ارائه می شود. ابتدا اعتبار و انتخاب معیارهای پایداری از مدل تحلیل عاملی تاییدی با کمک نرم افزار PLS انجام شده است و در مرحله بعد با استفاده از روش آنالیز توسعه چانگ وزن معیارهای پایداری در انتخاب تأمین کننده بر اساس اعداد فازی بدست آمد و با روش تاپسیس فازی امتیاز پایداری، و از روش FMEA ریسک تأمین کنندگان جهت ورود به مدل ریاضی مشخص شده است. مدل سازی عدم قطعیت پارامترهای قیمت بازار، قیمت خرید قرارداد اختیار، قیمت اعمال قرارداد، تقاضا محصولات، عرضه مواد اولیه و عرضه قرارداد اختیار معامله از طریق یک رویکرد شبیه سازی، سناریوهای گسسته تولید شده است و سپس، یک روش کاهش سناریو برای ساخت یک درخت سناریوی مناسب استفاده شد. مدل ریاضی با روش متریك MIP حل شد و استراتژی تأمین منابع، انتخاب تأمین کنندگان پایدار و مقدار سفارش در افق برنامه ریزی بهینه شده. سرانجام، نتایج محاسباتی و تجزیه و تحلیل حساسیت، کاربرد مدل تصادفی، عملکرد سیاست های اندازه گیری ریسک و اهمیت استراتژی کاهش برای ارائه برخی بینش های مدیریتی بررسی شده است.

۴-۲ مطالعه موردی

زنجیره تأمین در صنعت نفت شامل فعالیتهای مختلفی است که میتوان آنها را به دو بخش اصلی بالادست و پایین دست تقسیم کرد. بخش بالادست شامل جستجوی چاه، اکتشاف، حفاری، تکمیل و تولید نفت است. بخش پایین دستی شامل حمل و نقل، پالایش و توزیع نفت خام و محصولات تصفیه شده است. فعالیت تصفیه نفت پیچیده بوده و مطمئناً یکی از پیچیده ترین صنایع شیمیایی است، که شامل چندین فرآیند با پیکربندی ها و ساختارهای مختلف میباشد. هدف اصلی یک پالایشگاه این است که نفت خام را به محصولات تصفیه شده با ارزش کل بالاتر، مانند بنزین، گازوئیل، قیر و غیره

تبدیل کند تا حداکثر سود ممکن را بدست آورد. هر پالایشگاه دارای مجموعه ای از واحدهای فرآیندی، مخازن ذخیره سازی محصولات نهایی و واسطه ای و لوله هایی است که تمام اجزا را به هم متصل می کند. بنابراین پالایش شامل چیدمان کلیه واحدهای فرآیندی در یک پالایشگاه است. انتخاب بهترین برنامه برای یک پالایش و تعیین برنامه ایده آل برای عملیات و حمل و نقل، به دلیل تعداد زیاد متغیرها و محدودیت های موجود در این فرایندها، کار دشواری است. برنامه نویسی ریاضی نقش اصلی را در حل این مسئله، کمک به فرایند تصمیم گیری و برنامه ریزی فعالیت های پایین دستی در سطح استراتژیک، تاکتیکی و عملیاتی بازی می کند.

پالایشگاه مورد مطالعه از طریق فرآیندهایی، ته ماند برج تقطیر^۱ واحدهای پالایشی بالا دست را به محصولات قابل فروش قیر تبدیل می کند. سایت اصلی پالایشگاه در استان اصفهان واقع می باشد. ده پالایشگاه بالادستی که به طور گسترده در منطقه جغرافیایی ایران گسترش یافته اند، ته ماند برج تقطیر را به عنوان ماده اولیه اصلی مورد نیاز تأمین میکنند. این مطالعه قسمتی از زنجیره تأمین این پالایشگاه را از جمله مکانهای تأمین ته ماند برج تقطیر، تقاضای محصول و سیستم تدارکات مرتبط با آنها را شامل میشود. در مدل، مشخصات محصولات و ماده اولیه در نظر گرفته شده است. با شروع فرآیندهای تبدیل داخلی، ماده اولیه تحت تغییرات بعدی قرار می گیرد و در طی هر سال برنامه ریزی منجر به تولید هفت محصول مهم قابل تجارت می شود که همگی با مشخصات کیفیت مطابقت دارند. جدول ۱-۴ اندازه مطالعه میدانی انجام شده بر اساس اندیس های مدل ریاضی را نشان میدهد.

جدول ۱-۴ تعداد اندیس ها

اندیس	محصول	تأمین کننده	قلم کالا	دوره زمانی	دوره استراتژیک
تعداد	۷	۱۰	۱	۱۲	۱۱

فرآورده های نفتی محصول تصفیه نفت خام در پالایشگاه هستند. پالایشگاه نفت، یک واحد صنعتی است که در آن نفت خام در کوره گرم شده، سپس به برج تقطیر ارسال می شود و در آنجا تحت فشار

جوی و خلا به شکل برش های نفتی تفکیک می شود. این برشها دارای نقطه جوش مختلف بوده و پالایش ساده یا مستقیم^۱ نفت خام خوانده می شود. بعضی اوقات ممکن است برخی از این برش ها به عنوان یک محصول نهایی مانند نفت کوره ساده به بازار عرضه شود، اما معمولاً با انجام عملیات دیگر روی این برشها، مانند تبدیل کاتالیستی^۲، کاهش گرانروی^۳ یا شستشو با حلال، محصول نهایی بدست می آید. بیش از دو هزار فرآورده نفتی با ویژگی های منحصر به فرد از نفت خام تولید و در گروه های مختلف طبقه بندی میگردد. ته مانده برج تقطیر با تعداد کربن بیشتر از ۷۰ و دمای جوش ۶۰۰ درجه سانتیگراد به محصولات^۴ی چون قیر (راهسازی، پشت بام) و کک نفتی تبدیل میشود.

ته مانده برج تقطیر را می توان در واحدهای گرانروی شکن، کک سازی و یا آسفالت زدایی برای تولید نفت کوره سنگین، خوراک واحد کراکینگ و یا خوراک واحد تولید روغن، پالایش شود. پالایشگاه های نفت بسته به نوع خوراکی که برای آن طراحی شده اند، بسته به میزان و نوع محصولات دارای پیچیدگی های مختلفی هستند. علاوه بر این، نقاط جوش ذکر شده در برج تقطیر و میزان تولید هر محصول با توجه به نیاز بازار قابل تغییر است.

ته مانده، سنگین ترین برش حاصل از تقطیر نفت خام است که از پس مانده برج تقطیر استحصال میشود و به سه دسته قیر نیمه جامد، جامد و مایع تقسیم می شود.

قیر نیمه جامد یا پالایش مستقیم: در بعضی موارد مستقیماً از ته برج تقطیر در خلا و بعضی اوقات با مخلوط شدن با روغن شستشو و هوادهی جزئی در دما و شرایط خاص بدست می آید. کاربرد این نوع قیرها در راه سازی، ساختمان سازی، استخرها و سدها برای ایجاد یک سطح عایق در برابر رطوبت است. قیر ۷۰/۶۰ معروف به قیر جاده، و قیر ۱۰۰/۸۵ معروف به قیر پشت بام از این نوع هستند.

قیر جامد یا دمیده: وقتی ماده اولیه قیر از خصوصیات مورد انتظار برخوردار نباشد، با دمیدن هوا به داخل ماده اولیه در دمای بین ۱۹۰ تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد، محصولی با خصوصیات اصلاح شده تولید می شود. این فرآیند را گاهی اکسیداسیون قیر و محصول آن را قیر اکسیده می نامند.

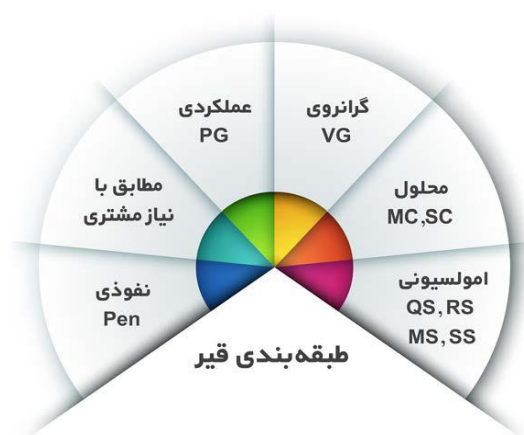
قیر مایع: با محلول قیر خالص در حلالها یا روغن های نفت به دست می آید. درصد حلال معمولاً از ۱۰ تا ۵۰٪ وزن محلول است. قیر مایع به سه دسته زیر تقسیم می شود:

قیرهای محلول زود بند: با محلول قیر ۶۰/۷۰ یا ۱۰۰/۸۵ در نفتا بدست می آیند. تبخیر حلال به سرعت انجام می شود و عمدتاً در مناطق سردسیر مورد استفاده قرار می گیرد.

قیرهای محلول نیم بند: از محلول قیر ۷۰/۶۰ یا ۱۰۰/۸۵ در نفت سفید بدست می آید. چون تبخیر حلال کند است، فرصت نفوذ به منافذ را دارد. و معمولاً در جاده سازی مناطق معتدل استفاده میشود.

قیرهای محلول دیر بند: با محلول قیر خالص در گازوئیل سنگین بدست می آید. از آنجا که این قیرها حلال تبخیری ندارند، برای جلوگیری از گرد و غبار در جاده های خاکی مناطق گرم استفاده میشود.

تولیدات شرکت پالایش نفت جی مطابق با استاندارد های ملی و بین المللی بوده و محصولات این شرکت در طبقه بندی های ذیل تولید و عرضه می شوند:



شکل ۱-۴ طبقه بندی محصولات پالایشگاه نفت جی

- طبقه بندی نفوذی (Penetration Grade)
- طبقه بندی عملکردی (PG; Performance Grade)

- طبقه بندی گرانی (VG; Viscosity Grade)

- انواع قیر های امولسیون SS , MS , RS , QS

- انواع قیر های محلول MC و RC

- تولید انواع قیر مطابق با استاندارد کشور استرالیا

- تولید انواع قیر های خاص مطابق با نیاز مشتریان

در این چرخه تولید و با توجه به حساسیت ها و ویژگی های این صنعت، بحث انتخاب تامین کننده پایدار اهمیت دو چندانی دارد. بنابراین، در این مطالعه، از متخصصان حوزه صنعت نفت در شرکت پالایش نفت جی دعوت شد تا ابتدا با رویکرد شاخص های پایداری، مهمترین فاکتورهای انتخاب تأمین کننده را از منظر این شاخص ها انتخاب کرده و سپس از روش پیشنهادی در این زمینه تأمین کننده مطلوب را برای سازمان انتخاب کنند.

شبکه لجستیک: شبکه لجستیک شامل ده پالایشگاه تأمین کننده، سه سایت پالایش و تولید قیر است که به وسیله خط لوله، راه آهن و شیوه های حمل و نقل جاده ای به یکدیگر متصل شده اند.

۳-۴ فرآیند اجرای تحقیق و تجزیه و تحلیل داده ها

در مطالعه موردی، یک افق برنامه ریزی با دوازده دوره تاکتیکی در نظر گرفته شده و هر دوره یک ماه طول می کشد. تصمیمات استراتژیک باید در دوره های قبل از وقوع عدم اطمینان تعیین شوند و این تصمیمات حداقل برای یک ماه قبل از دوره ی تاکتیکی اتخاذ میشوند.

مطابق با (فتاحی و همکاران، ۲۰۱۶)، مطالعات محدودی در زمینه مدیریت زنجیره تأمین وجود دارد که تصمیمات استراتژیک و تاکتیکی را در یک افق برنامه ریزی با دوره های استراتژیک و تاکتیکی بهم پیوسته ادغام می کند.

داده های مربوط به مسئله زنجیره تأمین و ظرفیت پالایشگاه و تأمین کنندگان در دسترس است. پارامترهای مربوط به پالایشگاه های (تأمین کننده) مطابق با داده های گزارش شده در پایگاه اطلاع

رسانی وزارت نفت، گزارشات و صورتهای مالی ارائه شده در بورس اوراق بهادار تهران و قضاوت های متخصصان است.

مدل اصلاح شده AR مربوط به تقاضای محصولات، عرضه مواد اولیه و قرارداد اختیار معامله با توجه به داده های تاریخی موجود پارامتر می شود. لازم به ذکر است که داده های مربوط در دوره های یک ماهه در افق برنامه ریزی جمع شده اند. میانگین و واریانس اصطلاحات خطا که توزیع طبیعی دارند برای تولید سناریوهای گسسته برآورد شده و استفاده می شود.

قیمت ته ماند برج تقطیر در بازار به عنوان ماده اولیه بر اساس ویسکوزیته آن تعیین میگردد. در مطالعه موردی، فرض بر این است که ته ماند با ویسکوزیته $3500Cst$ و دانسیته $1035 kg/m^3$ و درجه نفوذ $45 mm/10$ در پالایشگاه نفت جی استفاده می شود.

میانگین ماهانه قیمت ته ماند نسبت به سال قبل استخراج می شود و حرکت براونی هندسی (GBM)، رابطه (۳-۵۱) برای قیمت ته ماند برج تقطیر پارامتر می شود. پارامتر z در رابطه (۳-۵۱) که توزیع نرمال استاندارد را دنبال می کند برای ساخت مجموعه ای از سناریوهای گسسته تولید می شود.

برای مطالعه ی موردی، یک فن سناریو شامل ۲۰۰ سناریو برای پارامترهای تصادفی تولید می شود و پس از آن، رویکرد ساخت درخت سناریوی رو به جلو برای کاهش تعداد سناریوها و به دست آوردن یک درخت سناریوی کارآمد استفاده می شود. درخت سناریوی نهایی شامل ۲۵ سناریو است. پارامتر کاهش در اجرای روش ساخت درخت سناریو که مقدار ثابتی بین صفر و یک دارد و مقیاسی برای میزان کاهش فن سناریوی اولیه است، ۰.۸ تنظیم شده است. برای جزئیات بیشتر، می توان به (هایتس و رومیش، ۲۰۰۵)، (هایتس و رومیش، ۲۰۰۹) و (دوپاووا و همکاران، ۲۰۰۳) مراجعه کرد.

۴-۴ غربالگری اولیه معیارهای استخراج شده

معیارهای مشخص شده از ادبیات تحقیق با روش غربالگری دلفی به منظور دستیابی به اثربخش ترین معیارها برای انتخاب تأمین کننده، غربالگری شده است. این مرحله به منظور بومی سازی معیارها در

فضای صنعت مورد مطالعه صورت پذیرفته است. در این راستا ابتدا از ۲۸ نفر متخصص و صاحب نظر در زمینه برنامه ریزی تولید، طراحی محصول، تحقیق و توسعه، بازاریابی و فروش و امور قراردادهای تأمین کنندگان که دارای فعالیت و تجربه در زمینه تحقیق بودند، خواسته می شود تا میزان اهمیت زیر معیارهای چارچوب را در زمینه تحقیق بر اساس طیف پنجگانه لیکرت تعیین کنند. نتایج در جدول ۴-۲ ارائه شده است، که کلیه معیارهای مهم ارزیابی ریسک و پایداری را شامل می شود. پرسشنامه ی استفاده شده برای این منظور تهیه و در دسترس قرار گرفت. "پیوست ۱".

هدف از این بخش تعیین بار عاملی برای شاخص ها است، که به گفته آقای آذر و همکارانش، شاخص هایی را که بار عاملی آنها کمتر از ۰.۴ است حذف کردند (آذر و همکاران، ۱۳۹۱، صفحه ۱۸).

جدول ۴-۲ نتایج غربالگری معیارهای پایداری برای ارزیابی تأمین کنندگان

شاخص های پایداری	معیارها	نماد	میانگین امتیازات	بار عاملی	تایید جهت ارزیابی تأمین کنندگان
اقتصادی	کیفیت	ECO1	۲.۸۲۱	۰.۸۴۱	✓
	قیمت محصول	ECO2	۳.۲۵۰	۰.۸۱۹	✓
	سهم بازار	ECO3	۱.۹۲۹	۰.۱۷۰	×
	زمان پاسخگویی به مشتری	ECO4	۱.۷۱۴	۰.۱۱۶	×
	اختلال در فرآیند تولید	ECO5	۳.۱۷۹	۰.۸۳۸	✓
	تأخیر در ارسال محصول	ECO6	۲.۰۰۰	۰.۰۵۴	×
	رضایت مشتری	ECO7	۲.۰۷۱	۰.۱۰۹	×
	شکایات مشتری	ECO8	۲.۰۷۱	۰.۲۴۰	×
	در دسترس بودن محصول	ECO9	۲.۰۰۰	۰.۰۸۸	×
	سطح موجودی محتاطانه	ECO10	۱.۹۶۴	۰.۱۶۷	×
	هزینه کل لجستیک	ECO11	۳.۳۲۱	۰.۸۲۴	✓
	ارزش افزوده	ECO12	۲.۱۴۳	۰.۲۵۵	×
	بهره وری	ECO13	۲.۱۷۹	۰.۲۰۴	×
	بازگشت سرمایه	ECO14	۲.۲۸۶	۰.۱۶۷	×
	cash-to-cash	ECO15	۲.۲۸۶	۰.۳۵۲	×
	چرخه بازگشت سرمایه ، استفاده از هزینه	ECO16	۲.۰۳۶	۰.۱۹۶	×
	شرایط تحویل	ECO17	۱.۸۹۳	۰.۱۶۳	×
	میزان بهره برداری از انبار	ECO18	۱.۹۲۹	۰.۲۱۱	×
	سطح تکنولوژی	ECO19	۲.۱۷۹	۰.۱۳۶	×
	مدت زمان ارائه محصول به بازار	ECO20	۲.۰۰۰	۰.۱۸۰	×
	زمان چرخه سفارش محصول	ECO21	۱.۵۳۶	۰.۱۳۹	×
	عملکرد ردیابی محصول	ECO22	۲.۲۱۴	۰.۳۷۷	×

x	۰.۲۸۳	۱.۸۹۳	ECO23	انعطاف پذیری در سفارشات	
x	۰.۱۲۹	۲.۰۳۶	ECO24	زمان تحویل	
x	۰.۱۷۰	۲.۰۰۰	ECO25	موقعیت مالی	
✓	۰.۷۶۱	۳.۰۰۰	ECO26	نوسان در عرضه محصول	
x	۰.۳۹۵	۲.۱۰۷	ECO27	ثبات اقتصادی	
x	۰.۱۸۶	۱.۷۱۴	ENV1	صرفه جویی در مصرف آب	زیست محیطی
x	۰.۲۵۱	۱.۴۶۴	ENV2	بهره برداری از انرژی مصرف شده در هر انبار	
✓	۰.۷۹۸	۲.۸۹۳	ENV3	سیستم مدیریت زیست محیطی	
x	۰.۱۶۴	۱.۷۸۶	ENV4	انتشار گازهای خطرناک	
x	۰.۱۱۸	۱.۷۸۶	ENV5	انتشار دی اکسید کربن	
x	۰.۲۲۲	۱.۷۵۰	ENV6	زنجیره تأمین سبز	
✓	۰.۷۹۳	۳.۱۷۹	ENV7	انتشار سایر آلاینده ها	
x	۰.۱۲۳	۱.۸۵۷	ENV8	صرفه جویی در مصرف سوخت	
✓	۰.۷۲۷	۳.۱۰۷	ENV9	قابلیت تحقیق و توسعه	
x	۰.۱۴۴	۱.۹۲۹	ENV10	بهره برداری از زمین	
x	۰.۰۲۴	۱.۴۲۹	ENV11	کاهش ضایعات	
x	۰.۲۱۶	۱.۷۵۰	ENV12	بهینه سازی حمل و نقل جاده ای	
x	۰.۲۸۴	۲.۱۷۹	ENV13	درصد بسته بندی قابل بازیافت	
x	۰.۱۴۹	۱.۹۲۹	ENV14	درصد بسته بندی های قابل استفاده مجدد	
x	۰.۲۲۸	۱.۷۸۶	ENV15	کاهش خسارات به تجهیزات و پس افت ها	
x	۰.۳۴۷	۲.۰۷۱	ENV16	کاهش از کار افتادگی تجهیزات	
x	۰.۳۳۰	۱.۸۵۷	ENV17	بهره برداری از منابع طبیعی	
x	۰.۰۹۳	۱.۸۹۳	ENV18	مصرف سوخت	
x	۰.۲۲۳	۱.۶۷۹	ENV19	مصرف آب	
x	۰.۱۳۶	۲.۰۷۱	ENV20	استفاده از فناوریهای پاک	
x	۰.۱۰۹	۱.۵۰۰	ENV21	استفاده از زمین	
x	۰.۱۵۵	۱.۸۹۳	ENV22	ضایعات و بازیافت	
✓	۰.۷۹۲	۳.۰۷۱	ENV23	مصرف انرژی	
x	۰.۳۴۸	۲.۳۲۱	ENV24	استفاده از مواد مضر برای محیط زیست	
✓	۰.۸۰۴	۳.۳۲۱	SOC1	بهداشت و ایمنی کار	اجتماعی
✓	۰.۷۸۰	۲.۹۲۹	SOC2	توجه به سیاست های اجتماعی	
x	۰.۱۲۰	۱.۶۰۷	SOC3	میزان حوادث	
x	۰.۲۷۰	۱.۶۷۹	SOC4	پیمانکاران و تامین کنندگان آموزش دیده در رویه های بهداشتی و سلامت	
x	۰.۰۹۸	۱.۸۵۷	SOC5	نظم و انضباط و امنیت (امنیت نیروی انسانی، ایمنی کار)	
x	۰.۳۳۲	۱.۸۲۱	SOC6	ایمنی کارگر	
x	۰.۲۳۴	۱.۳۹۳	SOC7	تعداد مشاغل ایجاد شده	
x	۰.۲۳۴	۱.۵۷۱	SOC8	نفر ساعت آموزش کارمندان	
x	۰.۱۳۸	۱.۶۴۳	SOC9	غیبت شغلی	

✓	۰.۸۳۲	۳.۲۸۶	SOC10	رضایت کارکنان
x	۰.۳۱۴	۲.۰۷۱	SOC11	پیشنهادهای نوآورانه
x	۰.۳۵۹	۱.۵۰۰	SOC12	تعدیل نیرو
✓	۰.۷۳۷	۲.۹۶۴	SOC13	برابری فرصتهای شغلی
x	۰.۱۵۵	۱.۴۶۴	SOC14	رضایت شرکا
x	۰.۲۷۲	۱.۶۰۷	SOC15	کاهش سر و صدا
x	۰.۳۰۳	۱.۳۹۳	SOC16	کاهش ازدحام ناشی از عملیات در انبارها
x	۰.۲۶۹	۱.۶۷۹	SOC17	میزان فعالیت در مناطق صنعتی
x	۰.۲۰۰	۱.۶۴۳	SOC18	بعد اجتماعی
x	۰.۱۱۵	۱.۵۰۰	SOC19	مشارکت در فعالیتهای اجتماعی
x	۰.۲۲۹	۱.۶۰۷	SOC20	قراردادهای بلند مدت کاری با افراد

همانطور که مشاهده می شود، معیارهای استخراج شده ۷۱ زیر معیار برای ابعاد پایداری بوده است که پس از اجماع نظر خبرگان و میانگین امتیاز داده شده به این معیارها غربالگری صورت گرفته و ۱۳ معیار به عنوان معیار های برتر ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان پایدار شرکت انتخاب شدند. تعداد زیرمعیارهای بعد اجتماعی ۴ زیر معیار، بعد اقتصادی ۵ زیرمعیار و برای بعد زیست محیطی ۴ زیر معیار در نظر گرفته شده است. این تعداد زیر معیار برای هر بعد پایداری زنجیره تأمین جهت اجرای مدل ساختاری تأییدی در نظر گرفته شده است. ملاک تایید معیار جهت ارزیابی تأمین کنندگان امتیاز بالاتر از ۵۰٪ است. همچنین با توجه به اینکه مقادیر استاندارد بارهای عاملی در تحلیل عاملی تاییدی باید ترجیحا بالای ۰.۷ باشند لذا جهت اصلاح مدل و دستیابی به اثربخش ترین معیارها، مقادیر با بار عاملی ۰.۷ یا بالاتر در مدل باقی مانده و بقیه از مدل خارج شده است. جدول ۳-۴ شاخص های انتخاب شده شامل معیارهای مهم ارزیابی ریسک و معیارهای مهم اجرای تاپسیس فازی و تعریف مختصر آنها را نشان میدهد.

جدول ۳-۴ معیارهای انتخاب شده توسط خبرگان

شاخصهای پایداری	نماد	معیارها	تعریف	تایید جهت ارزیابی تأمین کنندگان
اقتصادی	ECO1	کیفیت	توانایی هر تأمین کننده برای دستیابی به ویژگیهای کیفی (نظیر ویسکوزیته، دانسیته و درجه نفوذ و...)	✓
	ECO2	قیمت محصول	قیمت عرضه وکیوم باتوم	✓
	ECO5	اختلال در فرآیند تولید	نظیر بلایای طبیعی، اختلافات کارکنان، ورشکستگی تأمین کننده، جنگ و تروریسم، وابستگی به تنها یک واحد عرضه	✓
	ECO11	هزینه لجستیک	تمامی هزینه های انتقال از محل تامین کننده تا شرکت	✓

✓	استمرار عرضه مواد اولیه که توسط تامین کننده مهیا میشود	نوسان در عرضه محصول	ECO26	زیست محیطی
✓	خط مشی های تأمین کننده گان مانند ایزو ۱۴۰۰۱	سیستم مدیریت زیست محیطی	ENV3	
✓	تولید آلاینده های خطرناک و سمی مانند SO_2 و H_2S و ... نشت آلاینده ها در مسیر انتقال مواد از تامین کننده تا شرکت	انتشار سایر آلاینده ها	ENV7	
✓	قابلیت طراحی محصول و ابزارهای تولید، برای جلوگیری از آلودگی	قابلیت تحقیق و توسعه	ENV9	
✓	میزان مصرف انرژی تجهیزات تامین کننده	مصرف انرژی	ENV23	
✓	استانداردهایی چون OHSAS 18001، شناسایی، ارزیابی و کنترل عوامل خطر در محل کار	بهداشت و ایمنی کار	SOC1	اجتماعی
✓	میزان رضایت جامعه و سلامتی افراد ساکن در منطقه کاندید	توجه به سیاست های اجتماعی	SOC2	
✓	سطح روحیه پرسنل در جهت نیل به اهداف سازمان	رضایت کارکنان	SOC10	
✓	تعداد کارکنان غیر بومی، مهاجر قانونی، تعداد کارکنان دارای معلولیت، توزیع درآمد بین سطوح سازمانی	برابری فرصتهای شغلی	SOC13	

۴-۴-۱ اجرای روش تحلیل عاملی تأییدی (تأیید معیارها)

۴-۴-۱-۱ ورود داده ها و محاسبه بار عاملی

مطابق ساختار معیارها و زیر معیارها، داده ها به نرم افزار Smart PLS وارد شده و با اجرای دستور تحلیل عامل تأییدی در نرم افزار، اعتبار معیارها بررسی شده است. با توجه به اینکه مقادیر استاندارد بار عاملی باید ترجیحا بالای ۰.۷ باشند لذا جهت اصلاح مدل و دستیابی به اثر بخش ترین معیارها، مقادیر با بار عاملی بیش از ۰.۷ در مدل باقی ماند و بقیه از مدل خارج شده است.

۴-۴-۱-۲ بررسی روایی شاخص

برای کشف عوامل تشکیل دهنده سازه ها و مدل، بارهای عاملی در نظر گرفته شده است. طبق نتایج، تمام بارهای عامل پس از تصحیح بالاتر از ۰.۷ است و آماره t سطح معنی داری ۹۵٪ را تأیید می کند و تمام مقادیر مربوطه بالاتر از ۱.۹۶ است.

۳-۱-۴ پایایی و پایایی ترکیبی

برای سنجش پایایی، شاخص پایایی ترکیبی در جدول زیر ارائه شده است. همانطور که مشاهده می شود، مقادیر محاسبه شده مقداری بیشتر از ۰.۷ را نشان می دهند که پایایی تحقیق را تأیید می کند.

شاخص ها	تعداد گویه ها	شاخص پایایی ترکیبی
اقتصادی	۲۷	۰.۷۵۶
زیست محیطی	۲۴	۰.۷۰۱
اجتماعی	۲۰	۰.۷۳۶
کل	۷۱	۰.۸۲۵

پس از اطمینان از مناسب بودن برازش مدل اندازه گیری، و با توجه به بارهای عاملی حاصل از این مدل، مرحله دوم تجزیه و تحلیل داده های مطالعه حاضر آغاز می شود.

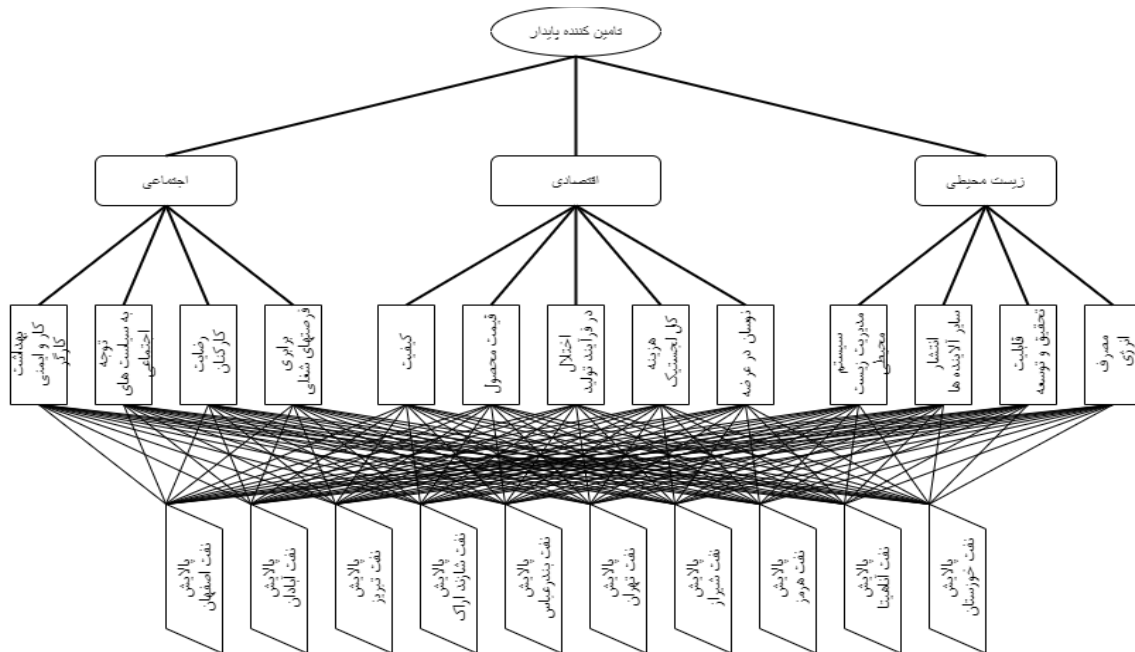
در این مرحله، با تدوین پرسشنامه دوم و توزیع آن بین ۱۰ نفر از افراد خبره در زمینه انتخاب تأمین کننده در زنجیره تأمین شرکت پالایش نفت جی، به اولویت بندی تأمین کنندگان پرداخته شد. برای این کار از روش آنالیز توسعه چانگ برای تعیین وزن معیارها استفاده شد، با استفاده از تاپسیس فازی (FTOPSIS) اولویت تأمین کنندگان مشخص شد و از روش FMEA درصد ریسک کل تأمین کنندگان محاسبه شد، و سایر پارامترهای لازم برای مدل چند هدفه توسعه یافته بدست آمد.

۵-۴ روش آنالیز توسعه چانگ

تصمیم گیرنده با ارائه درخت سلسله مراتب تصمیم گیری، تحلیل را آغاز می کند. در سطح صفر، هدف تصمیمگیری، در سطح اول شاخص ها یا معیارها، در سطح دوم زیر معیارها و در سطح آخر، اولویت بندی وجود دارد. همانطور که در روش تحقیق فصل ۳ بیان شد، سه بعد پایداری اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی مد نظر میباشد. در این بخش، هدف محاسبه وزن این سه شاخص و زیرشاخص ها، با استفاده از مقایسه های زوجی میباشد، بنابراین ابتدا مقایسه زوجی این شاخص ها و زیر شاخص ها تشکیل میگردد و سپس وزنها با استفاده از روش آنالیز توسعه چانگ محاسبه میشود. محاسبات توسعه چانگ و نرخ ناسازگاری در اکسل انجام شد و در پیوست نرم افزاری تحقیق ارائه شد.

۴-۵-۱ تشکیل ساختار سلسله مراتبی معیارها

نقشه ساختار سلسله مراتبی مسئله در شکل ۴-۲ ارائه شده است.



شکل ۴-۲ ساختار سلسله مراتبی مسئله

برای محاسبه وزن در مقایسه های زوجی، از عبارات کلامی و اعداد مثلثی فازی مندرج در جدول ۴-۴

استفاده شده است.

جدول ۴-۴ عبارات کلامی و اعداد فازی جهت وزن دهی به معیارها

کد	اولویت ها	معادل فازی اولویتها		
		حد پایین (L)	حد متوسط (M)	حد بالا (U)
۱	اهمیت یکسان	۱	۱	۱
۲	یکسان تا نسبتا مهمتر	۱	۲	۳
۳	نسبتا مهمتر	۲	۳	۴
۴	نسبتا مهمتر تا اهمیت زیاد	۳	۴	۵
۵	اهمیت زیاد	۴	۵	۶
۶	اهمیت زیاد تا بسیار زیاد	۵	۶	۷
۷	اهمیت بسیار زیاد	۶	۷	۸
۸	بسیار زیاد تا کاملا مهمتر	۷	۸	۹
۹	کاملا مهمتر	۸	۹	۱۰

۲-۵-۴ تشکیل ماتریس های مقایسه زوجی با رویکرد قضاوت ترجیحی

از ۱۰ متخصص در این مرحله به عنوان نمونه استفاده شده است. در مرحله توزیع پرسشنامه، برای جلوگیری از هرگونه ابهام یا دشواری در درک سوالات به صورتی که ممکن است روی پاسخ دهندگان تأثیر بگذارد و همچنین درک بیشتر مصاحبه شوندگان از مدل، به صورت حضوری ملاقات می شوند. پرسشنامه های مقایسه زوجی معیارهای اصلی و زیر معیارها در دسترس قرار گرفت. "پیوست ۳"

۳-۵-۴ محاسبه وزن نسبی و سازگاری در قضاوت های عوامل اصلی

برای انجام روش توسعه چانگ، در ابتدا خبرگان پرسشنامه سه بعد اصلی مقایسه زوجی را پاسخ دادند. جدول ۴-۵ نمونه ی ماتریس مقایسه زوجی، که توسط یکی از کارشناسان تکمیل شده، ارائه می دهد.

جدول ۴-۵ نمونه ای از ماتریس مقایسه زوجی تکمیل شده توسط کارشناسان (مقادیر فازی متناظر)

بر اساس انتخاب پایدار تامین کنندگان ، اهمیت هر یک از ابعاد پایداری را در ارتباط با یکدیگر تعیین کنید:			
معیار های زیست محیطی	معیارهای اجتماعی	معیارهای اقتصادی	انتخاب تامین کننده پایدار
(۱و۳و۲)	(۱و۳و۲)	(۱و۱و۱)	معیارهای اقتصادی
(۱و۱و۱)	(۱و۱و۱)		معیارهای اجتماعی
(۱و۱و۱)			معیار های زیست محیطی

سپس، با استفاده از روش میانگین هندسی، نظر ۱۰ متخصص ادغام شد. نتیجه نهایی ادغام و نرخ ناسازگاری ماتریس ادغام شده در جدول ۴-۶ آورده شده است.

جدول ۴-۶ میانگین هندسی نظرات مقایسه زوجی معیارها نسبت به هدف

معیار های زیست محیطی	معیارهای اجتماعی	معیارهای اقتصادی	انتخاب تامین کننده پایدار
(۱.۰۷۲و۲.۰۸۳و۳.۰۸۷)	(۱.۴۱۴و۲.۴۴۹و۳.۴۶۴)	(۱و۱و۱)	معیارهای اقتصادی
(۰.۵۷۸و۰.۷۵۸و۱.۱۱۶)	(۱و۱و۱)		معیارهای اجتماعی
(۱و۱و۱)			معیار های زیست محیطی
نرخ ناسازگاری: $CR^m = 0.002$, $CR^g = 0.0002$			

ناسازگاری مقایسه ها کمتر از ۰.۱ است، بنابراین می توان به مقایسه ها اعتماد داشت.

مرحله ۲ برای محاسبه وزن این جدول، از روش آنالیز توسعه چانگ استفاده شده است. نتایج این روش به ترتیب در زیر ارائه شده است.

همانطور که در فرآیند الگوریتم این روش بیان شد، ابتدا اعداد فازی هر سطر با هم جمع می شوند. در زیر هر خط یک عدد فازی بیان می شود.

مرحله اول چانگ			
$\sum M_g^j$ ₁	۳.۴۸۵۹۸۷	۵.۵۳۲۲۴۹	۷.۵۵۱۶۶
$\sum M_g^j$ ₂	۱.۸۶۶۰۲۵	۲.۱۶۶۱۰۷	۲.۸۳۳۲۳
$\sum M_g^j$ ₃	۲.۲۱۹۸۳۹	۲.۷۹۹۶۴	۳.۶۶۵۰۸۴

در مرحله بعد، تمام اعداد فازی بدست آمده در مرحله قبل جمع شده، سپس معکوس می شوند.

مرحله دوم چانگ			
$[\sum \sum M_{gi}^j]^{-1}$	۰.۰۷۱۲۲۵	۰.۰۹۵۲۵۶	۰.۱۳۲۰۶۸

در مرحله بعد، این معکوس در هر سطر مرحله اول (حاصل جمع هر سطر) ضرب می شود تا مقادیر

ادغام نرمال شده هر سطر را که اعداد S_i هستند بدست آید.

مرحله سوم چانگ			
S_1	۰.۲۴۸۲۹	۰.۵۲۶۹۸۱۴۵۹	۰.۹۹۷۳۳۳
S_2	۰.۱۳۲۹۰۸	۰.۲۰۶۳۳۵۲۴۵	۰.۳۷۲۸۵۹
S_3	۰.۱۵۸۱۰۸	۰.۲۶۶۶۸۳۲۹۶	۰.۴۸۴۰۴۱

اکنون هر ردیف باید با ردیف های پایین آن مقایسه میشود. برای مقایسه هر ردیف نسبت به خود،

عدد یک اختصاص داده میشود. مقادیر این مقایسه ها در زیر آورده شده است.

مرحله چهارم چانگ			
	S_1	S_2	S_3
$V(S_1)$	۱	۱	۱
$V(S_2)$	۰.۲۷۹۷۹۴	۱	۰.۷۸۰۶۳۱
$V(S_3)$	۰.۴۷۵۲۵۷	۱	۱

وزن نهایی هر عامل برابر با حداقل هر ردیف است که از مرحله قبل استخراج می گردد.

جدول ۴-۷ وزن نهایی معیارها

امتیاز نرمال شاخص ها		
شاخص	وزن خام	وزن نرمال شده
اقتصادی	۱.۰۰۰	۰.۵۷۰
اجتماعی	۰.۲۸۰	۰.۱۵۹
زیست محیطی	۰.۴۷۵	۰.۲۷۱

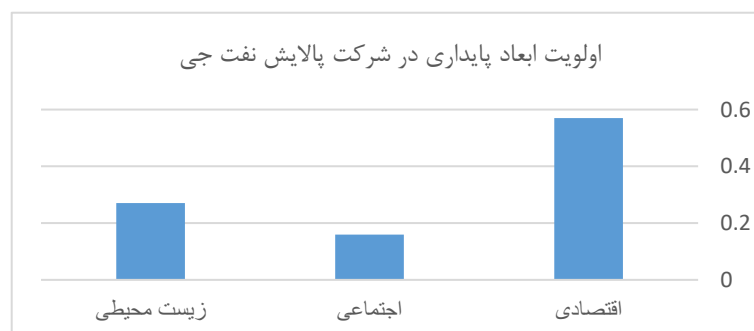
مقادیر وزن خام و نرمال در جدول ۴-۷ آورده شده است. مطابق جدول ۴-۷ بعد اقتصادی با وزن

نرمال ۰.۵۷۰ بیشترین اولویت، بعد محیطی با وزن نرمال ۰.۲۷۱ در اولویت میانی و بعد اجتماعی با

وزن نرمال ۰.۱۵۹ کمترین اولویت را دارند.

جدول ۸-۴ تعیین اولویت عوامل اصلی

معیار های زیست محیطی	معیارهای اجتماعی	معیارهای اقتصادی	انتخاب تامین کننده پایدار
(۰.۸۷و۳.۰۸۳و۲.۰۷۲)	(۳.۴۶۴و۲.۴۴۹و۱.۴۱۴)	(۱و۱)	معیارهای اقتصادی
(۰.۱۱۶و۱.۷۵۸و۰.۵۷۸)	(۱و۱)		معیارهای اجتماعی
(۱و۱)			معیار های زیست محیطی
معیار	وزن		
اقتصادی	۰.۵۷۰		
اجتماعی	۰.۱۵۹		
زیست محیطی	۰.۲۷۱		
نرخ ناسازگاری: $CR^m = 0.002, CR^g = 0.0002$			



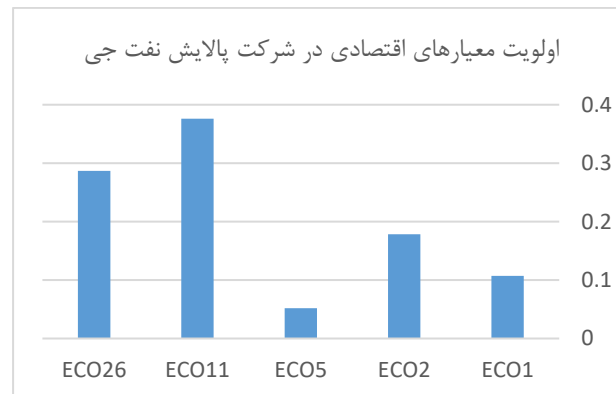
نمودار ۴-۱ نمایش گرافیکی اولویت معیارهای اصلی

۴-۵-۴ تعیین اولویت زیرمعیارهای بعد اقتصادی

زیرمعیارهای بعد اقتصادی عبارتند از: کیفیت (ECO1)، قیمت محصول (ECO2)، اختلال در فرآیند تولید (ECO5)، هزینه کل لجستیک (ECO11)، نوسان در عرضه محصول (ECO26). محاسبات انجام شده برای تعیین اولویت زیرمعیارهای بعد اقتصادی در جدول ۹-۴ ارائه شده است.

جدول ۹-۴ تعیین اولویت زیرمعیارهای بعد اقتصادی

نوسان در عرضه محصول	هزینه کل لجستیک	اختلال در فرآیند تولید	قیمت محصول	کیفیت محصول	بعد اقتصادی
(۰.۴۱،۰.۵۲،۰.۷۶)	(۰.۲۶،۰.۳۶،۰.۵۸)	(۱،۱.۵۲،۱.۹۳)	(۰.۷۲،۰.۸۱،۱)	(۱و۱)	کیفیت محصول
(۰.۷۲،۰.۸۱،۱)	(۰.۳۶،۰.۴۷،۰.۷۱)	(۱.۲۳،۱.۸۳،۲.۳۵)	(۱و۱)		قیمت محصول
(۰.۳۱،۰.۴۶،۰.۸۷)	(۰.۳،۰.۴۴،۰.۸)	(۱و۱)			اختلال در فرآیند تولید
(۱،۱.۱۵،۱.۲۵)	(۱و۱)				هزینه کل لجستیک
(۱و۱)					نوسان در عرضه محصول
معیار					وزن
کیفیت محصول					۰.۱۰۷
قیمت محصول					۰.۱۷۸
اختلال در فرآیند تولید					۰.۰۵۲
هزینه کل لجستیک					۰.۳۷۶
نوسان در عرضه					۰.۲۸۷
نرخ ناسازگاری: $CR^m = 0.01, CR^g = 0.028$					



نمودار ۲-۴ نمایش گرافیکی اولویت معیارهای بعد اقتصادی

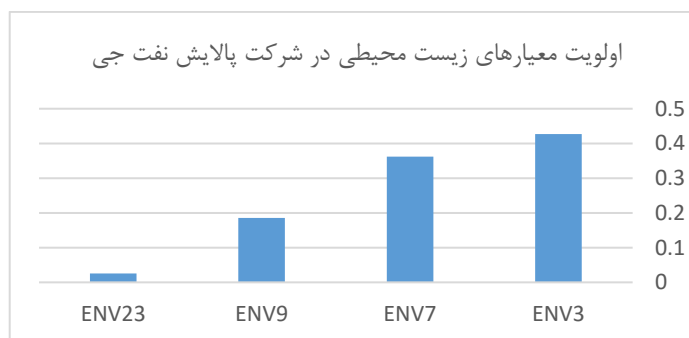
زیر معیار هزینه کل لجستیک با وزن نرمال ۰.۳۷۶ بیشترین اولویت، زیر معیار عدم عرضه با وزن ۰.۲۸۷ در اولویت دوم، زیر معیار قیمت با وزن ۰.۱۷۸ در اولویت سوم و زیر معیار کیفیت و اخلاق در فرآیند تولید به ترتیب با وزن ۰.۱۰۷ و ۰.۰۵۲ در اولویت چهارم و پنجم قرار دارند. میزان ناسازگاری محاسبات $CR^m = 0.01$, $CR^g = 0.028$ بود بنابراین می توان به نتایج اطمینان داشت.

۵-۴ تعیین اولویت زیرمعیارهای بعد زیست محیطی

محاسبات انجام شده برای اولویت بندی زیر معیارهای بعد زیست محیطی در جدول ۱۰-۴ ارائه شده است. این بعد نیز شامل ۴ زیرمعیار، سیستم مدیریت زیست محیطی (ENV3)، انتشار سایر آلاینده ها (ENV7)، قابلیت تحقیق و توسعه (ENV9)، مصرف انرژی (ENV23) است.

جدول ۱۰-۴ تعیین اولویت زیرمعیارهای بعد زیست محیطی

مصرف انرژی	قابلیت تحقیق و توسعه	انتشار سایر آلاینده ها	سیستم مدیریت زیست محیطی	زیست محیطی
(۱.۷۶, ۲.۸۱, ۳.۸۴)	(۱.۷۶, ۲.۸۱, ۳.۸۴)	(۱.۱۵, ۱.۶۴, ۲.۰۵)	(۱ و ۱)	سیستم مدیریت زیست محیطی
(۱.۴۳, ۲.۴۹, ۳.۵۲)	(۱.۵۳, ۲.۵۹, ۳.۶۲)	(۱ و ۱)		انتشار سایر آلاینده ها
(۱.۰۷, ۲.۰۸, ۳.۰۹)	(۱ و ۱)			قابلیت تحقیق و توسعه
(۱ و ۱)				مصرف انرژی
معیار				وزن
سیستم مدیریت زیست محیطی				۰.۴۲۷
انتشار سایر آلاینده ها				۰.۳۶۲
قابلیت تحقیق و توسعه				۰.۱۸۶
مصرف انرژی				۰.۰۲۶
نرخ ناسازگاری: $CR^m = 0.048$, $CR^g = 0.092$				



نمودار ۳-۴ نمایش گرافیکی اولویت معیارهای بعد زیست محیطی

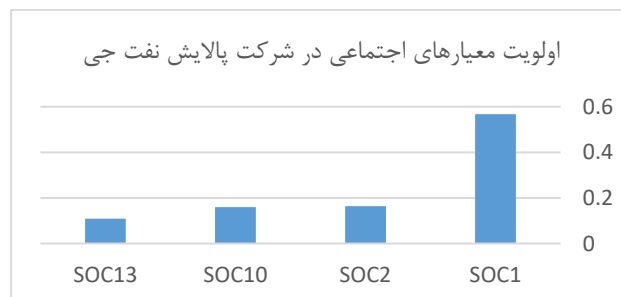
بر اساس روش توسعه چانگ، بیشترین اولویت مربوط به زیر معیار سیستم مدیریت زیست محیطی با وزن نرمال شده ۰.۴۲۷ است. زیر معیار انتشار سایر آلاینده ها با وزن ۰.۳۶۲ در اولویت دوم، زیر معیار قابلیت تحقیق و توسعه با وزن ۰.۱۸۶ در اولویت سوم و زیرمعیار مصرف انرژی با وزنی معادل ۰.۰۲۶ در اولویت چهارم قرار دارند. ناسازگاری محاسبات $CR^m = 0.048$, $CR^g = 0.092$ بود بنابراین می توان به نتایج اطمینان داشت.

۴-۵-۶ تعیین اولویت زیرمعیارهای بعد اجتماعی

زیرمعیارهای بعد اجتماعی شامل ۴ زیرمعیار، بهداشت و ایمنی کارگر (SOC1)، توجه به سیاست های اجتماعی (SOC2)، رضایت کارکنان (SOC10) و برابری فرصت های شغلی (SOC13). محاسبات انجام شده برای تعیین اولویت زیر معیارهای بعد اجتماعی در جدول ۴-۱۱ ارائه شده است.

جدول ۴-۱۱ تعیین اولویت زیرمعیارهای بعد اجتماعی

برابری فرصتهای شغلی	رضایت کارکنان	توجه به سیاست های اجتماعی	بهداشت و ایمنی کار	بعد اجتماعی
(۱.۱۵, ۲.۱۷, ۳.۱۸)	(۱.۳۲, ۲.۳۵, ۳.۳۷)	(۱.۵۲, ۲.۵۵, ۳.۵۷)	(۱ و ۱)	بهداشت و ایمنی کار
(۱, ۱.۱۵, ۱.۲۵)	(۱, ۱.۲۳, ۱.۳۹)	(۱ و ۱)		توجه به سیاست های اجتماعی
(۱, ۱.۳۲, ۱.۵۵)	(۱ و ۱)			رضایت کارکنان
(۱ و ۱)				برابری فرصتهای شغلی
معیار		وزن		
بهداشت و ایمنی کار		۰.۵۶۷		
توجه به سیاست های اجتماعی		۰.۱۶۴		
رضایت کارکنان		۰.۱۶۰		
برابری فرصتهای شغلی		۰.۱۰۹		
نرخ ناسازگاری: $CR^m = 0.012, CR^g = 0.028$				



نمودار ۴-۴ نمایش گرافیکی اولویت معیارهای بعد اجتماعی

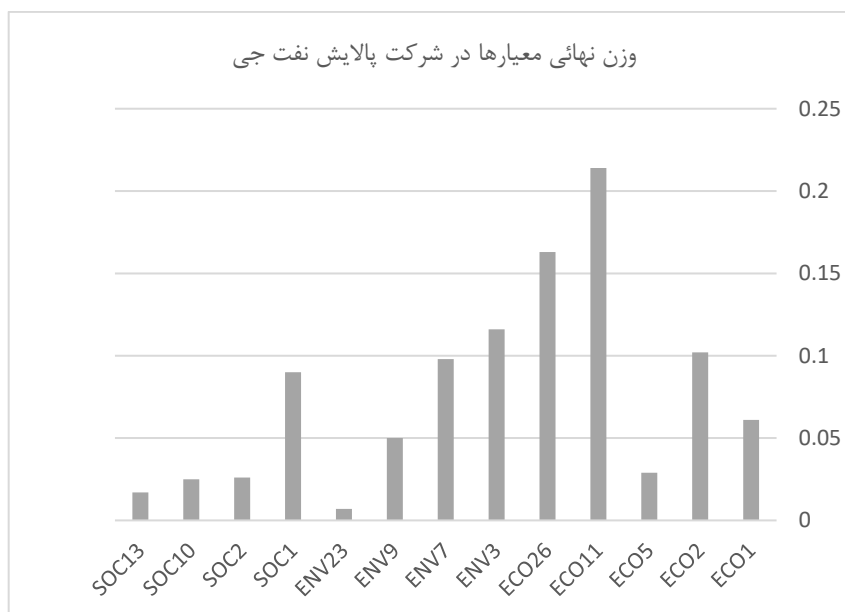
بر اساس بردار ویژه به دست آمده، زیر معیار بهداشت و ایمنی کار با وزن ۰.۵۶۷ در اولویت اول، زیر معیار توجه به سیاست های اجتماعی با وزن ۰.۱۶۴ در اولویت دوم، زیرمعیار رضایت کارکنان با وزن ۰.۱۶۰ در اولویت سوم، برابری فرصت های شغلی با وزنی معادل ۰.۱۰۹ در اولویت چهارم قرار دارند. ناسازگاری محاسبات $CR^m = 0.012$, $CR^g = 0.028$ بود بنابراین می توان به نتایج اطمینان داشت.

۴-۵-۷ اولویت نهائی معیارها

برای محاسبه وزن نهایی، وزنهای محاسبه شده را باید در هر سطر اثر داد. وزن عناصر داخلی هر زیر معیار اگر در وزن نهایی زیر معیار مربوطه ضرب شود، وزن نهایی آن شاخص بدست می آید که یک وزن نرمال خواهد بود. نتایج محاسبه و وزن شاخص ها در جدول ۴-۱۲ نشان داده شده است:

جدول ۴-۱۲ تعیین اولویت نهایی معیارهای انتخاب تامین کننده

شاخص های پایداری	وزن خوشه	معیارها	نماد	وزن محلی	وزن نهائی	اهمیت معیارها
اقتصادی	۰.۵۷۰	کیفیت	ECO1	۰.۱۰۷	۰.۰۶۱	۷
		قیمت محصول	ECO2	۰.۱۷۸	۰.۱۰۲	۴
		اختلال در فرآیند تولید	ECO5	۰.۰۵۲	۰.۰۲۹	۹
		لجستیک	ECO11	۰.۳۷۶	۰.۲۱۴	۱
		نوسان در عرضه محصول	ECO26	۰.۲۸۷	۰.۱۶۳	۲
زیست محیطی	۰.۲۷۱	سیستم مدیریت زیست محیطی	ENV3	۰.۴۲۷	۰.۱۱۶	۳
		انتشار سایر آلاینده ها	ENV7	۰.۳۶۲	۰.۰۹۸	۵
		قابلیت تحقیق و توسعه	ENV9	۰.۱۸۶	۰.۰۰۵	۸
		مصرف انرژی	ENV23	۰.۰۲۶	۰.۰۰۷	۱۳
اجتماعی	۰.۱۵۹	بهداشت و ایمنی کارگر	SOC1	۰.۵۶۷	۰.۰۰۹	۶
		توجه به سیاست های اجتماعی	SOC2	۰.۱۶۴	۰.۰۲۶	۱۰
		رضایت کارکنان	SOC10	۰.۱۶۰	۰.۰۲۵	۱۱
		برابری فرصت های شغلی	SOC13	۰.۱۰۹	۰.۰۱۷	۱۲



نمودار ۵-۴ نمایش گرافیکی وزن نهائی معیارها

۶-۴ اولویت بندی تامین کنندگان با روش تاپسیس فازی

مدل TOPSIS توسط هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱ پیشنهاد شده است. این مدل یکی از بهترین مدل های تصمیم گیری چند معیاره است و به طور گسترده ای مورد استفاده قرار می گیرد. در این روش، گزینه های m توسط n شاخص ارزیابی می شوند. اساس این روش بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخاب شده باید کمترین فاصله را از راه حل ایده آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیشترین فاصله را با راه حل ایده آل منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشد.

در جدول ۱۳-۴ متغیرهای زبانی برای رتبه بندی گزینه ها آورده شده است.

جدول ۱۳-۴ متغیرهای زبانی برای رتبه بندی گزینه ها (عطایی، ۱۳۸۹، ۵۴)

متغیر زبانی	بسیار کم	کم	تاحدودی کم	مناسب	تاحدودی زیاد	زیاد	بسیار زیاد
اعداد فازی متناظر	(۰ و ۰)	(۰ و ۳)	(۱ و ۳)	(۳ و ۷)	(۵ و ۹)	(۷ و ۹)	(۹ و ۱۰)

معرفی مجموعه ها:

بر اساس نظرات محقق و کارشناسان، ۱۰ مورد از ۱۳ معیار ارائه شده در جدول ۳-۴ برای ارزیابی تأمین کنندگان با استفاده از روش تاپسیس فازی انتخاب شد. این معیارها عبارتند از: کیفیت (ECO1)، اختلال در فرآیند تولید (ECO5)، سیستم مدیریت زیست محیطی (ENV3)، انتشار سایر

آلاینده ها (ENV7)، فعالیت قابلیت تحقیق و توسعه (ENV9)، مصرف انرژی (ENV23)، بهداشت و ایمنی کار (SOC1)، توجه به سیاست های اجتماعی (SOC2)، رضایت کارکنان (SOC10) و برابری فرصت های شغلی (SOC13).

تأمین کنندگان مورد مطالعه با توجه به کلمات اختصاری در جدول ۴-۱۴ معرفی می شوند.

جدول ۴-۱۴ مجموعه تأمین کنندگان

تأمین کننده	اختصار	فاصله تا پالایش نفت جی
پالایش نفت اصفهان	i_1	۱
پالایش نفت آبادان	i_2	۶۵۹
پالایش نفت تبریز	i_3	۸۹۹
پالایش نفت شازند اراک	i_4	۳۰۰
پالایش نفت بندرعباس	i_5	۹۷۷
پالایش نفت تهران	i_6	۴۲۸
پالایش نفت شیراز	i_7	۴۸۶
پالایش نفت هرمز	i_8	۱۱۹۷
پالایش نفت آناهیتا	i_9	۵۵۴
پالایش نفت خوزستان	i_{10}	۷۲۰

۱-۶-۴ ماتریس تصمیم تاپسیس فازی

پرسشنامه چهارم (ماتریس تصمیمگیری فازی FTOPSIS) "پیوست ۴". در این ماتریس، گزینه ها از

نظر معیارهای مختلف ارزیابی شده و نتایج به عنوان ماتریس تصمیم در جدول ۱۵-۴ ارائه شده است:

جدول ۱۵-۴ ماتریس تصمیم فازی

[illegible]

۴-۶-۲ ماتریس تصمیم بی مقیاس

در این ماتریس، با توجه به جنبه های مثبت و منفی معیارها، ماتریس تصمیم بی مقیاس مطابق

جدول ۴-۱۶ تشکیل شده است:

جدول ۴-۱۶ ماتریس تصمیم بی مقیاس فازی

شاخص	اقتصادی		زیست محیطی				اجتماعی			
گروه	ECO1	ECO5	ENV3	ENV7	ENV9	ENV23	SOC1	SOC2	SOC10	SOC13
I_1 پالایش نفت اصفهان										
I_2 پالایش نفت آبادان										
I_3 پالایش نفت تبریز										
I_4 پالایش نفت شانزد اراک										
I_5 پالایش نفت بندرعباس										
I_6 پالایش نفت تهران										
I_7 پالایش نفت شیراز										
I_8 پالایش نفت هرمز										
I_9 پالایش نفت آناهیتا										
I_{10} پالایش نفت خوزستان										

داده ها در فایل اکسل پیوست شد

۳-۶-۴ ماتریس تصمیم وزن دار

جدول ۱۷-۴ با توجه به وزن هر معیار که براساس روش آنالیز توسعه چانگ محاسبه گردیده است و

بر اساس رابطه ماتریس تصمیم بی مقیاس موزون به شرح زیر محاسبه شده است:

جدول ۱۷-۴ ماتریس تصمیم بی مقیاس موزون

[illegible]

۴-۶-۴ راه حل ایده آل فازی، شاخص شباهت و رتبه بندی

در جدول ۴-۱۸، فاصله ایده آل فازی و ضد ایده آل فازی از هر یک از تأمین کنندگان محاسبه شده است و بر این اساس، شاخص شباهت برای هر یک از آنها به شرح زیر است:

جدول ۴-۱۸ راه حل ایده آل و ضد ایده آل فازی، شاخص شباهت و رتبه بندی

رتبه بندی	وزن نرمالایز	شاخص شباهت	S^+	S^-	تأمین کنندگان
۱	۰.۱۰۵۸	۰.۵۸۰	۰.۲۴۱	۰.۱۷۴	I_1 پالایش نفت اصفهان
۹	۰.۰۹۰۵	۰.۴۹۶	۰.۱۹۹	۰.۲۰۲	I_2 پالایش نفت آبادان
۳	۰.۱۰۴۹	۰.۵۷۵	۰.۲۳۹	۰.۱۷۶	I_3 پالایش نفت تبریز
۲	۰.۱۰۵۵	۰.۵۷۸	۰.۲۴۱	۰.۱۷۶	I_4 پالایش نفت شازند اراک
۸	۰.۰۹۷۶	۰.۵۳۵	۰.۲۳۲	۰.۲۰۲	I_5 پالایش نفت بندرعباس
۴	۰.۱۰۴۹	۰.۵۷۵	۰.۲۳۹	۰.۱۷۶	I_6 پالایش نفت تهران
۱۰	۰.۰۸۷۲	۰.۴۷۸	۰.۱۹۱	۰.۲۰۹	I_7 پالایش نفت شیراز
۶	۰.۱۰۱۴	۰.۵۵۶	۰.۲۳۵	۰.۱۸۷	I_8 پالایش نفت هرمز
۷	۰.۱۰۰۶	۰.۵۵۲	۰.۲۳۳	۰.۱۹۰	I_9 پالایش نفت آناهیتا
۵	۰.۱۰۱۸	۰.۵۵۸	۰.۲۳۷	۰.۱۸۸	I_{10} پالایش نفت خوزستان

همانطور که در جدول ۴-۱۸ نشان داده شده است، شاخص شباهت بیشترین مقدار را برای پالایش نفت اصفهان و کمترین مقدار را برای پالایش نفت شیراز داشته است، بنابراین می توان گفت با توجه به ۱۰ معیار در نظر گرفته شده و با توجه به روش تاپسیس فازی و بدون لحاظ ریسک تأمین کنندگان، پالایش نفت شیراز دارای آخرین اولویت و پالایش نفت اصفهان دارای بالاترین اولویت در زنجیره تأمین شرکت میباشند.

۴-۷ اجرای FMEA

شناسایی ریسک ها و بررسی اثرات و علل ریشه ای بروز آنها در سازمان:

پس از نظر سنجی از خبرگان با توزیع پرسشنامه ای که مربوط به شناسایی ریسکها بود (پیوست ۱)، تعدادی از ریسک هایی که در فصل قبل معرفی شده بودند، حذف و یا برخی از آنها ادغام شدند. معیارهای ریسک در مطالعه موردی فعلی عبارتند از: کیفیت (ECO1)، قیمت محصول (ECO2)، اختلال در فرآیند تولید (ECO5)، نوسان در عرضه محصول (ECO26)، انتشار سایر آلاینده ها (ENV7)، بهداشت و ایمنی کار (SOC1). که چهار مورد کیفیت، اخلاص، انتشار آلاینده ها و بهداشت

کار و ایمنی کارگر به عنوان ریسکهای کیفی با روش FMEA سنجیده و اعمال میشود. اولین قدم در اجرای FMEA و محاسبه ریسک، تهیه اسناد FEMA برای هر یک از معیارها است. این اسناد ارزیابی دارای سه شاخص ریسک به نام شدت، وقوع و تشخیص است که باید متناسب با هر یک از معیارهای ریسک نوشته شود. به عنوان مثال، جدول ۱۹-۴ اسناد ارزیابی را برای معیار کیفیت نشان می دهد. برای سایر معیارهای ریسک، اسناد ارزیابی پیوست شده است. (پیوست ۵).

پس از شناسایی معیارهای ریسک و طراحی اسناد ارزیابی متناسب با مطالعه موردی، روند اجرای FMEA ارائه شده در بخش ۳-۹ به شرح زیر انجام می شود:

با مراجعه به سند ارزیابی طراحی شده برای معیار کیفیت (جدول ۱۹-۴)، مقادیر شدت، وقوع و تشخیص برای تامین کننده ۱، به ترتیب ۲.۴، ۱.۸ و ۶.۷ است. با استفاده از روابط ارائه شده در بخش ۳-۹، مقادیر $L=4.32$ و $ep = 0.88$ بدست می آید. بنابراین، ریسک تامین کننده ۱ برابر است با: $d=0.05$. به همین ترتیب می توان مقادیر ریسک سایر معیارها را محاسبه کرد. جدول ۲۰-۴ قضاوت خبرگان را برای هر یک از معیارهای ریسک از نظر شدت، وقوع و تشخیص نشان میدهد. پس از محاسبات، برای مواد اولیه ضروری ۴ مقدار ریسک وجود دارد. به عنوان مثال، پالایشگاه اصفهان دارای مقدار مشخصی از ریسک کیغیت، ریسک اختلال، ریسک انتشار آلاینده ها و ریسک بهداشت کار و ایمنی کارگر است. جدول ۲۱-۴ مقادیر ریسک تامین کنندگان مختلف را برای کلیه معیارهای ریسک نشان می دهد. با این حال، برای اینکه خروجی پیاده سازی FMEA به عنوان یک پارامتر ورودی در مدل ریاضی قابل استفاده باشد، باید با توجه به تمام معیارها، فقط یک مقدار به عنوان ریسک کل برای مواد اولیه ضروری تولید شده توسط تامین کننده وجود داشته باشد. از طرفی، اهمیت همه معیارهای ریسک در محاسبه ریسک کل تامین کنندگان یکسان نیست. برخی معیارها از اهمیت بیشتری برخوردار هستند و برخی دیگر از اهمیت کمتری برخوردارند. برای حل این مشکل می توان از یک میانگین وزنی استفاده کرد. از معادله (۱-۴) برای محاسبه میانگین وزنی استفاده می شود. در این مسئله w_i وزن معیار i ام و d_i مقدار ریسک برای i امین معیار است.

$$Total Risk = \frac{\sum_{i=1}^{10} w_i d_i}{\sum_{i=1}^{10} w_i} \quad (4-1)$$

با توجه به وزن کیفیت (ECO1)، اختلال در فرآیند تولید (ECO5)، انتشار سایر آلاینده ها (ENV7)، بهداشت و ایمنی کار (SOC1)، برای درک بهتر، مقدار کل ریسک تامین کننده ۱۰ محاسبه می گردد:

$$Total Risk = (0.208 * 0.050) + (0.013 * 0.100) + (0.101 * 0.123) + (0.162 * 0.156) = 0.049395$$

سایر مقادیر ریسک کل وزن دار شده در جدول ۴-۲۲ آمده است.

جدول ۴-۱۹ سند ارزیابی ریسک برای معیار کیفیت

رتبه	شدت	وقوع	تشخیص
۱۰	ویسکوزیته کمتر از 2400Cst	بیش از ۱۵٪ مواد خریداری شده در دوره	هیچ شناسی برای تشخیص وجود ندارد
۸-۹	ویسکوزیته کمتر از 2600Cst	بیش از ۱۰٪ مواد خریداری شده در دوره	فقط بازرسی تصادفی
۶-۷	ویسکوزیته کمتر از ۳۰۰۰Cst	بیش از ۸٪ مواد خریداری شده در دوره	آزمایش در محیط آزمایشگاهی
۴-۵	ویسکوزیته کمتر از ۳۵۰۰Cst	بیش از ۶٪ مواد خریداری شده در دوره	بازرسی نمونه برداری سخت گیرانه
۲-۳	ویسکوزیته کمتر از 4000Cst	بیش از ۴٪ مواد خریداری شده در دوره	بازرسی عمومی قبل از بارگیری
۱	ویسکوزیته بیشتر از 4000Cst	اتفاق نمیافتد	قابل تشخیص

جدول ۴-۲۰ نظرات کارشناسان در مورد معیارهای ریسک تأمین کننده ۱

تأمین کننده			کیفیت			اختلال در فرآیند تولید			انتشار سایر آلاینده ها			بهداشت و ایمنی کار		
شدت	وقوع	تشخیص	شدت	وقوع	تشخیص	شدت	وقوع	تشخیص	شدت	وقوع	تشخیص	شدت	وقوع	تشخیص
۲.۳	۱.۹	۲	۶.۲	۳	۷.۸	۲.۲	۲	۹	۲.۹	۲.۱	۸.۹	۲.۳	۱.۹	۲
۲	۲.۴	۱.۶	۲.۴	۳.۳	۷.۷	۴.۲	۳.۵	۶.۳	۶.۵	۱.۸	۸	۲	۲.۴	۱.۶
۲.۴	۱.۹	۲.۱	۲.۱	۳	۷.۴	۴.۲	۳.۸	۷.۶	۵.۷	۲.۴	۷.۱	۲.۴	۱.۹	۲.۱
۲	۲.۲	۲.۳	۲.۴	۲.۹	۷.۵	۳.۵	۳.۶	۶.۹	۷.۲	۲.۶	۷.۳	۲.۲	۲.۲	۲.۳
۱.۸	۲	۲.۴	۲.۷	۳	۷.۴	۴.۷	۳.۳	۶.۱	۴.۹	۱.۹	۸.۳	۲	۲.۲	۲.۳
۲	۲.۲	۱.۸	۲.۵	۲.۶	۷.۸	۴.۱	۳.۴	۶.۳	۴.۷	۲	۸.۳	۲	۲.۲	۲.۳
۲.۳	۲.۲	۱.۸	۲.۴	۲.۹	۷.۸	۴.۲	۳.۶	۶.۱	۴.۹	۲	۷.۸	۲	۲.۲	۲.۳
۲.۴	۲.۳	۱.۹	۶.۷	۸.۸	۷.۹	۵	۳.۶	۷.۸	۴.۷	۹.۱	۷.۶	۲.۴	۲.۳	۱.۹
۱.۹	۲.۱	۲	۶.۴	۹.۳	۸.۲	۵.۸	۹.۴	۸.۴	۴.۲	۳.۴	۷.۴	۲.۱	۲.۲	۲.۳
۲.۴	۱.۸	۶.۷	۲.۹	۳	۶.۵	۲.۹	۳.۵	۶.۷	۶.۶	۱.۸	۷.۱	۲.۴	۱.۸	۶.۶

جدول ۴-۲۱ مقادیر ریسک تأمین کنندگان بدون در نظر گرفتن وزن معیارها

تأمین کننده			کیفیت			اختلال در فرآیند تولید			انتشار سایر آلاینده ها			بهداشت و ایمنی کار		
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱

جدول ۲۲-۴ مقادیر ریسک کل برای هر تأمین کننده

تأمین کننده	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
مقادیر ریسک کل	۰.۰۴	۰.۰۵۱	۰.۰۵۵	۰.۰۵۹	۰.۰۴۷	۰.۰۴۶	۰.۰۴۵	۰.۱۲	۰.۱۰۸	۰.۰۴۹

واضح است که ماهیت نتایج بدست آمده از تاپسیس فازی با نتایج حاصل از تکنیک FMEA یکسان نیست. زیرا در روش FTOPSIS، هرچه مقدار خروجی بیشتر باشد، تأمین کننده عملکرد بهتری دارد، اما خروجی FMEA از جنس ریسک است، به این معنی که هرچه مقدار به دست آمده برای تأمین کننده کمتر باشد، تأمین کننده پایدارتر بوده و ریسک آن کمتر است. برای حل این مشکل و یکپارچه سازی نتایج FTOPSIS و FMEA، از آنجا که خروجی این دو روش نرمال شده و دومین تابع هدف از نوع کمینه سازی است، بنابراین خروجی FMEA ثابت در نظر گرفته و در (1-FTOPSIS) ضرب می گردد. ادغام FMEA و FTOPSIS در جدول ۲۳-۴ آورده شده است. این مقادیر به عنوان درصد ریسک شناخته می شوند و به عنوان پارامتر R_{Si} در تابع هدف دوم استفاده می شوند.

جدول ۲۳-۴ درصد ریسک

تأمین کننده	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
امتیاز FTOPSIS	۰.۱۰۶	۰.۰۹۰	۰.۱۰۵	۰.۱۰۵	۰.۰۹۸	۰.۱۰۵	۰.۰۸۷	۰.۱۰۱	۰.۱۰۱	۰.۱۰۲
ریسک تأمین کنندگان	۰.۰۴	۰.۰۵۱	۰.۰۵۵	۰.۰۵۹	۰.۰۴۷	۰.۰۴۶	۰.۰۴۵	۰.۱۲	۰.۱۰۸	۰.۰۴۹
مقادیر ریسک کل (R_{Si})	۰.۰۳۵	۰.۰۴۶	۰.۰۴۹	۰.۰۵۳	۰.۰۴۲	۰.۰۴۲	۰.۰۴۲	۰.۱۰۸	۰.۰۹۷	۰.۰۴۴

۴-۸ حل با استفاده از حل کننده تجاری

در این بخش، برنامه تصادفی توسعه یافته با استفاده از نرم افزار تجاری GAMS توسط حل کننده CPLEX برای مطالعه موردی حل شده است. مسئله مربوطه عمیقاً تحلیل شده و بینش مدیریتی بر اساس نتایج عددی استخراج شده است. لازم به ذکر است که از یک رایانه شخصی با پردازنده Intel(R) Core(TM) i3 CPU M 370 @ 2.40GHz 2.40 GHz و رم ۴ گیگابایت برای کلیه موارد پیاده سازی در این بخش استفاده می شود.

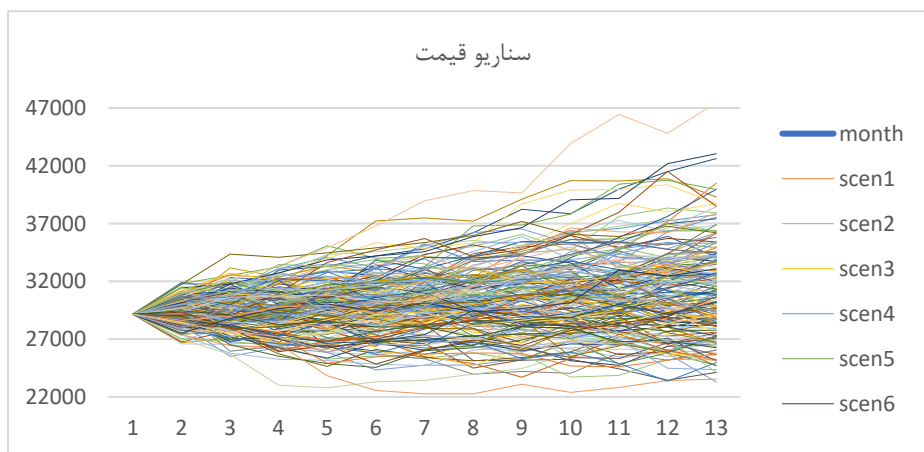
۴-۸-۱ جمع آوری و محاسبه داده های مورد نیاز

برای پیاده سازی اثربخش مدل، اطلاعاتی در مورد پارامترها مورد نیاز است. همانطور که در بخش مدل سازی عدم قطعیت بیان شد، یک روش تولید و کاهش سناریو برای گسسته سازی متغیرهای تصادفی استفاده می شود. افق برنامه ریزی به ۱۲ دوره تقسیم می شود. سناریوهای قیمت بر اساس حرکت هندسی براونی، با نوسانات و رانش ماهانه تولید می شود.

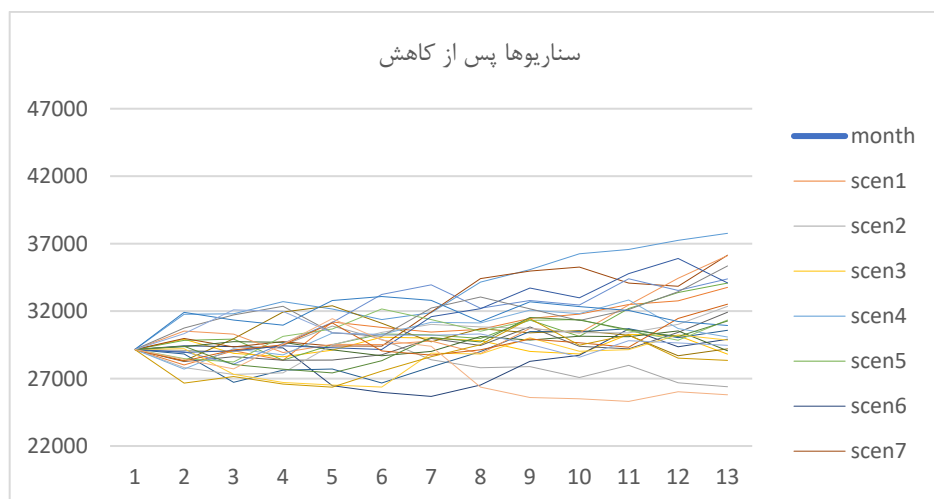
برای تعیین پارامتر تقاضای محصولات ابتدا بازارهای بالقوه فروش داخلی و صادراتی محصولات در سراسر کشور شناسایی شده و سپس با استفاده از سوابق فروش در این بازارها، سناریوهای تقاضا بدست می آید. پس از تحقیق و تعیین بازارهای بالقوه، سوابق نشان میدهد که تقاضا در طول یک سال دارای تناوب است. بر اساس مدل اصلاح شده خود رگرسیون مرتبه اول (AR)، به تولید سناریوهای مناسب برای تقاضای محصولات به تفکیک ماه در سال آینده پرداخته شد.

همچنین عرضه مواد اولیه بر اساس مدل اصلاح شده خود رگرسیون مرتبه اول (AR)، به تولید سناریوهای مناسب به تفکیک ماه در سال آینده پرداخته شد.

سناریوهای اولیه قیمت در نمودار ۴-۶ و سناریوها پس از کاهش در نمودار ۴-۷ نشان داده شده است.



نمودار ۴-۶ سناریوهای اولیه قیمت بازار وکیوم باتوم



نمودار ۴-۷ سناریوهای قیمت بازار وکیوم باتوم پس از کاهش سناریو

جدول ۲۴-۴ هزینه های عملیاتی، هزینه نگهداری، هزینه کمبود و ضرایبی برای تولید محصولات از مواد اولیه برای هر واحد از محصول را نشان می دهد. هزینه عملیاتی شامل هزینه تولید (غیر از هزینه مواد خام و انبارش)، دستمزد، تعمیرات جزئی، هزینه فروش، بیمه و مالیات اموال، هزینه محیط زیست برای آلاینده‌ها، هزینه‌های عمومی و اداری و تحقیق و توسعه میباشد.

جدول ۲۴-۴ اطلاعات محصولات

محصولات	هزینه عملیاتی	هزینه نگهداری	هزینه کمبود	مواد اولیه مورد نیاز	ظرفیت تولید در سایت اصفهان	ظرفیت تولید در سایت بندرعباس	ظرفیت تولید در سایت آبادان
۱ قیر ۶۰۷۰	۹۰۰	۱۵۰	۳۰۰۰۰	۰.۹۸	۱,۴۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۴۸۰,۰۰۰,۰۰۰	۲۵۰,۰۰۰,۰۰۰
۲ قیر ۸۵۱۰۰	۹۰۰	۱۵۰	۳۰۰۰۰	۰.۹۸			
۳ قیر PG5822	۱۰۴۰	۱۷۰	۳۴۷۸۰	۱.۱۴			
۴ قیر PG6422	۸۸۰	۱۵۰	۲۹۲۵۰	۰.۹۶			
۵ قیر PG7010	۹۱۰	۱۵۰	۳۰۴۵۰	۱			
۶ قیر امولسیون CRS1	۸۰۰	۱۳۰	۲۶۵۰۰	۰.۸۷	۵۰,۰۰۰,۰۰۰	.	.
۷ قیر MC250	۱۱۷۰	۲۰۰	۳۹۰۰۰	۱.۲۷	۳۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۲۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۰۰,۰۰۰,۰۰۰

جدول ۲۵-۴ حداکثر ظرفیت تأمین کنندگان و سیاست هر تأمین کننده برای فروش ته مانده برج

تقطیر را نشان می دهد.

جدول ۲۵-۴ اطلاعات تامین کنندگان

اختصار	تامین کننده	حداکثر ظرفیت (تن)	سیاست فروش بر اساس قیمت لحظه ای بازار	سیاست فروش بر اساس اختیار معامله
i_1	پالایش نفت اصفهان	۱,۵۵۰,۰۰۰	۱	۱
i_2	پالایش نفت آبادان	۲۶۱,۱۳۰	۱	۱
i_3	پالایش نفت تبریز	۵۱۰,۰۰۰	۱	۱
i_4	پالایش نفت شازند اراک	۵۰۱,۰۰۰	۱	۱
i_5	پالایش نفت بندرعباس	۱,۸۶۰,۰۰۰	۱	۱
i_6	پالایش نفت تهران	۱,۱۰۰,۰۰۰	۱	۱
i_7	پالایش نفت شیراز	۳۵۰,۰۰۰	۱	۱
i_8	پالایش نفت هرمز	۷۰۰,۰۰۰	۱	۰
i_9	پالایش نفت آناهیتا	۴۰۰,۰۰۰	۱	۰
i_{10}	پالایش نفت خوزستان	۵۰۰,۰۰۰	۱	۰

جدول ۲۶-۴ هزینه های حمل و نقل بر اساس نوع حمل و نقل و ظرفیت را نشان میدهد.

جدول ۲۶-۴ هزینه حمل و نقل

نوع حمل و نقل	مبدأ تامین کنندگان	مقصد سایت اصفهان	مقصد سایت بندرعباس	مقصد سایت آبادان
	هزینه به ازای هر تن	هزینه به ازای هر تن	هزینه به ازای هر تن	هزینه به ازای هر تن
تریلر تانکر	پالایش نفت اصفهان	خط لوله	۲۸۱۰۰۰	۲۲۰۰۰۰
	پالایش نفت آبادان	۲۲۲۰۰۰	۲۷۰۰۰۰	خط لوله
	پالایش نفت تبریز	۱۸۵۰۰۰	۴۲۰۰۰۰	۲۹۰۰۰۰
	پالایش نفت شازند اراک	۱۴۸۰۰۰	۳۸۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰
	پالایش نفت بندرعباس	۲۸۱۰۰۰	خط لوله	۲۷۰۰۰۰
	پالایش نفت تهران	۱۶۳۰۰۰	۳۶۰۰۰۰	۱۹۰۰۰۰
	پالایش نفت شیراز	۱۳۳۰۰۰	۲۸۴۰۰۰	۱۸۰۰۰۰
	پالایش نفت هرمز	۲۹۶۰۰۰	۱۷۰۰۰۰	۳۲۰۰۰۰
	پالایش نفت آناهیتا	۱۷۴۰۰۰	۳۴۰۰۰۰	۲۳۰۰۰۰
	پالایش نفت خوزستان	۲۳۰۰۰۰	۲۹۰۰۰۰	۱۴۰۰۰۰

هزینه حمل و نقل با خط لوله به ازای هر تن ۷۰,۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است و ظرفیت انتقال

خط لوله به اندازه کل ظرفیت سایت میباشد. هزینه نگهداری مواد اولیه نیز ۱۳۰,۰۰۰ ریال به ازای

هر تن میباشد.

ظرفیت ذخیره سازی مواد اولیه و همچنین محصولات در جدول ۲۷-۴ آمده است. شرکت پالایش

نفت جی دارای ظرفیت مخزن ذخیره سازی و ذخیره سازی به صورت مظروف با ظرفیت اسمی ماهانه

میباشد.

جدول ۲۷-۴ ظرفیت ذخیره سازی مواد اولیه و محصولات

مواد اولیه و محصولات	ظرفیت ذخیره سازی سایت اصفهان	ظرفیت ذخیره سازی سایت بندرعباس	ظرفیت ذخیره سازی سایت آبادان
ظرفیت مخازن ذخیره مواد اولیه	۳۵,۰۰۰,۰۰۰	۱۲,۰۰۰,۰۰۰	۷,۰۰۰,۰۰۰
ظرفیت مخازن ذخیره محصولات	۷۵,۰۰۰,۰۰۰	۵۲۴,۰۰۰,۰۰۰	۳۶۰,۰۰۰,۰۰۰
ظرفیت مظروف سازی محصولات (مظروف بشکه)	۲۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۲۰۰,۰۰۰,۰۰۰	

تاکنون کلیه داده های مورد نیاز برای اجرای مدل پیشنهادی تهیه شده است.

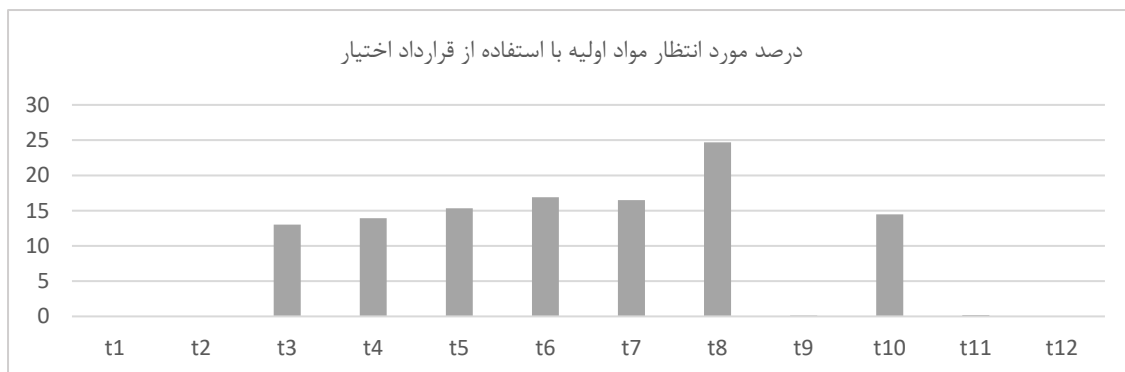
۲-۸-۴ تصمیم گیری خنثی در برابر ریسک

در مرحله اول، یک درخت سناریو در نظر گرفته شده و برنامه تصادفی ریسک خنثی با استفاده از نرم افزار GAMS حل شد. برای حل مدل چند هدفه توسعه یافته توسط روش یعقوبی و تمیز، تعیین سطح آرمان و حداکثر انحراف برای هر یک از توابع هدف ضروری است. برای تعیین سطح آرمان در توابع هدف اول و دوم، هر یک از این توابع به طور جداگانه اجرا شدند و مقدار تابع هدف بدست آمده از حل هر یک به عنوان سطح ایده آل در نظر گرفته شد. بنابراین، سطح ایده آل برای اولین تابع هدف $3.62534E+14$ در نظر گرفته شد. اما برای تعیین سطح ایده آل تابع هدف دوم، روش فوق مناسب نیست زیرا تابع هدف دوم برای به حداقل رساندن درصد ریسک انتخاب تأمین کننده است و اگر به طور جداگانه و تک هدفی اجرا شود، مقدار تابع هدف صفر میشود زیرا حداقل ریسک در صورت تولید هیچ محصولی است. در این صورت نیازی به خرید مواد اولیه نیست، پس تابع هدف صفر می شود. برای حل این مسئله و بدست آوردن مقدار مناسب برای سطح ایده آل تابع هدف دوم، مقادیر متغیر تصمیم تولید به دست آمده از اجرای تابع هدف اول به عنوان یک پارامتر ثابت در تابع هدف دوم در نظر گرفته شد. به عبارت دیگر، مدل خواستار این است که باید این مقدار مواد اولیه تأمین گردد، بنابراین بهترین تأمین کنندگان که با انتخاب آنها درصد ریسک به حداقل می رسد را پیدا کن. سرانجام، مقدار سطح ایده آل برای تابع هدف دوم $7.677896E+7$ است. تعیین حداکثر انحراف قابل قبول برای توابع هدف پارامتری است که کاملاً به تنظیمات مدیریت ارشد و تیمی از متخصصان

پالایشگاه بستگی دارد. به گفته آنها ۰.۲٪ از مبلغ هزینه کل در ازای بهبود ۲۰٪ پایداری تامین کنندگان قابل قبول است. بنابراین، برای تابع هدف اول Δ^U برابر با $7.25068E+11$ ، همچنین برای تابع هدف دوم Δ^U برابر با $1.535579E+7$ میباشد.

مقدار عینی مطلوب تابع هدف اول مسئله برابر با $3.63255E+14$ است که در آن میانگین هزینه های استراتژیک شامل قرارداد اختیار معامله برابر $1.95401E+11$ و هزینه بهبود پایداری برابر با $7.20984E+11$ و هزینه های تاکتیکی $3.63060E+14$ است. همچنین مقدار عینی مطلوب تابع هدف دوم مسئله برابر با $8.158196E+7$ است. راه حل جهت حل برنامه تصادفی را می توان به عنوان تقریبی برای واقعیت در نظر گرفت.

در استراتژی خرید بهینه، نمودار ۸-۴ درصد مورد انتظار مواد اولیه (ته ماند برج تقطیر) را که با استفاده از قرارداد اختیار خرید در هر دوره تاکتیکی خریداری شده است، نشان می دهد.



نمودار ۸-۴ میانگین درصد ماده اولیه که با استفاده از قرارداد اختیار در هر دوره تهیه می شود متغیر اصلی تصمیم، تخصیص سفارش، در جدول ۴-۲۸ آورده شد که درصد مورد انتظار مواد اولیه را که از هر تامین کننده به شرکت پالایش نفت جی منتقل می شود را گزارش می کند. برنامه ریزی تولید محصول در سایتهای شرکت پالایش نفت جی بر حسب تناژ در جدول ۴-۲۹ آورده شده است.

جدول ۲۸-۴ درصد متوسط مواد اولیه تهیه شده از تامین کنندگان مختلف

دوره تامین کننده	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	t11	t12	مجموعه
i_1	۶۱.۴	۶۳.۵	۶۳	۶۴.۶	۶۳.۷	۶۵.۸	۶۴.۷	۶۸.۴	۶۴.۵	۶۶.۸	۶۶.۳	۷۱.۷	۶۵.۴
i_2	۸.۳	۷.۱	۶.۹	۵.۶	۵.۱	۵.۵	۳.۶	۲.۸	۳.۳	۲.۵	۲.۱	۲.۸	۴.۶
i_3	۰.۷	۰	۰.۶	۰.۳	۱.۵	۰.۵	۰.۴	۰.۱	۱.۱	۱.۳	۱.۳	۰	۰.۷
i_4	۰.۹	۱.۵	۰.۴	۰.۶	۱.۵	۰.۵	۰.۷	۱.۱	۱.۳	۲.۱	۱.۷	۰.۳	۱.۱
i_5	۲۰.۶	۲۰.۹	۲۰.۴	۲۰.۹	۲۱.۷	۲۰.۴	۱۹.۱	۱۷.۹	۱۹.۹	۱۹.۵	۱۸.۵	۲۴.۶	۲۰.۴
i_6	۱.۱	۱.۷	۳.۳	۰.۳	۱.۴	۳.۵	۴.۱	۱.۲	۲.۳	۱.۸	۱.۴	۰.۶	۱.۹
i_7	۱.۹	۱.۸	۱.۶	۲.۹	۲.۴	۱.۲	۱.۶	۳.۳	۲.۸	۰.۵	۱.۵	۰	۱.۸
i_8	۰.۶	۰	۱.۸	۱	۰.۵	۰.۷	۱.۴	۰.۴	۰.۷	۱.۵	۲.۲	۰	۰.۹
i_9	۲.۲	۰.۴	۰.۸	۱	۰.۹	۰.۱	۲.۴	۱.۳	۱.۶	۱.۵	۰	۰	۱
i_{10}	۲.۲	۲.۹	۱.۲	۲.۸	۱.۲	۱.۹	۲	۳.۴	۲.۴	۲.۳	۵	۰	۲.۳

در جدول ۲۸-۴ نشان داده شده است که تامین کنندگان ۱ و ۲ نقش اصلی را در تامین شرکت پالایش نفت جی دارند. این تامین کنندگان به دلیل حمل و نقل مواد اولیه بوسیله لوله کشی دارای نقش اصلی در تامین را دارند تا در هزینه حمل و نقل کاهش بیشتری ایجاد کنند.

جدول ۲۹-۴ برنامه ریزی تولید محصول در سایتهای شرکت پالایش نفت جی بر حسب تناژ

دوره سایت محصول	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	t11	t12
$m_1.k_1$	۵۳۵۹۱	۴۹۶۵۹	۴۹۸۱۵	۴۲۵۳۶	۴۳۸۰۸	۴۵۴۳۸	۳۵۰۰۳	۲۸۲۸۲	۲۳۶۷۲	۱۵۹۱۸	۱۸۱۹۹	۲۷۷۹
$m_1.k_2$	۵۰۳۸	۷۱۶۸	۱۰۲۲۵	۱۰۶۰۳	۸۴۲۴	۴۲۰۴	۶۷۷۵	۸۷۴۵	۷۸۱۲	۶۵۲۸	۵۵۵۰	۴۴۴۷
$m_1.k_3$	۷۲۳۴	۶۹۹۵	۸۳۶۶	۸۵۷۱	۶۹۲۸	۸۰۸۰	۸۳۸۵	۵۷۰۲	۷۸۰۳	۷۲۲۸	۵۵۹۰	۲۵۷۰
$m_1.k_4$	۴۰۹۳۰	۳۷۷۹۴	۳۶۸۹۱	۳۰۸۱۳	۳۵۸۴۷	۳۰۶۲۱	۴۴۸۸۸	۳۴۷۱۹	۴۲۵۸۶	۴۱۳۸۲	۳۸۵۳۰	۱۲۹۳۰
$m_1.k_5$	۸۲۴۱	۱۰۲۸۰	۶۹۱۷	۱۲۶۹۷	۸۹۵۲	۵۵۲۱	۴۶۷۱	۸۷۳۳	۴۲۳۵	۹۳۳۷	۳۱۷۳	۱۰۸۷
$m_1.k_6$	۴۰۵۲	۳۹۹۰	۳۵۷۲	۳۱۵۶	۳۲۷۱	۳۱۵۸	۳۱۲۵	۲۹۴۵	۲۸۵۹	۲۸۳۵	۲۶۴۰	۶۹۹
$m_1.k_7$	۲۲۷۳۴	۲۰۳۷۲	۲۰۱۵۹	۱۹۱۹۳	۱۶۹۳۵	۱۴۷۲۹	۱۵۷۸۳	۱۳۹۵۷	۱۵۶۱۴	۱۴۴۵۶	۱۲۶۰۷	۴۳۱۴
$m_2.k_1$	۱۷۹۴۲	۱۸۳۹۹	۱۸۹۱۶	۱۶۰۶۷	۱۷۵۴۰	۱۱۷۶۴	۱۱۶۷۱	۹۵۸۳	۹۴۶۹	۹۴۱۳	۵۹۱۸	۱۹۸۵
$m_2.k_2$	۱۷۵۴	۲۱۷۱	۲۲۵۶	۵۲۳۷	۱۳۳۵	۱۰۵۸	۲۴۱۰	۴۰۶۳	۳۰۶۴	۱۶۸۹	۳۳۹۲	۱۴۱۳
$m_2.k_3$	۲۶۴۶	۲۴۸۰	۲۰۳۰	۲۵۳۴	۳۳۵۰	۲۴۵۵	۲۶۲۴	۱۶۸۹	۲۰۹۳	۲۶۶۹	۱۹۳۸	۸۷۲
$m_2.k_4$	۱۲۴۲۹	۱۱۱۹۳	۱۰۸۹۴	۹۱۹۳	۹۲۰۱	۱۴۰۹۰	۱۲۲۹۹	۹۸۳۵	۱۲۶۵۴	۱۰۲۰۰	۱۱۷۴۵	۲۹۵۲
$m_2.k_5$	۳۰۹۱	۳۲۵۴	۱۹۰۳	۲۳۷۲	۴۱۸۹	۲۲۹۱	۳۶۸۱	۱۲۴۱	۱۵۹۸	۲۴۱۹	۱۳۳۳	۳۸۵
$m_2.k_6$	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
$m_2.k_7$	۹۱۰۵	۸۱۵۸	۸۱۴۴	۷۸۳۰	۶۶۵۵	۵۷۴۹	۶۰۸۱	۶۲۴۸	۵۸۹۲	۵۴۰۳	۵۱۸۰	۱۷۳۱
$m_3.k_1$	۸۹۹۶	۱۰۲۸۳	۹۷۷۰	۹۵۰۵	۷۷۶۵	۶۸۵۸	۷۸۵۴	۴۰۴۹	۴۳۹۵	۲۳۰۵	۲۷۷۴	۵۶
$m_3.k_2$	۸۵۸	۱۴۰۱	۱۵۹۰	۱۹۵۳	۸۸۲	۸۷۵	۱۳۷۹	۲۱۵۴	۱۶۷۵	۸۴۸	۱۰۵۸	۴۳۰
$m_3.k_3$	۱۹۰۵	۱۰۳۴	۱۱۸۱	۸۸۹	۲۰۲۱	۱۰۷۲	۱۴۳۰	۹۳۶	۱۳۹۳	۹۹۷	۹۹۱	۴۶
$m_3.k_4$	۶۴۸۸	۵۴۹۸	۵۰۰۹	۴۸۸۳	۵۷۲۰	۶۰۸۵	۵۷۰۸	۵۸۵۷	۶۷۲۱	۸۰۶۹	۶۶۲۰	۴۱۰
$m_3.k_5$	۱۸۹۹	۱۵۵۶	۱۲۵۵	۱۲۹۴	۲۲۶۵	۱۳۶۷	۹۴۷	۱۰۶۱	۶۶۴	۹۶۶	۶۸۳	۳۰۷
$m_3.k_6$	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
$m_3.k_7$	۷۵۸۶	۷۱۲۴	۶۷۰۴	۶۳۲۷	۵۳۴۵	۵۱۵۸	۵۲۸۵	۴۵۶۷	۵۲۳۹	۴۴۶۵	۴۱۶۱	۴۳۴

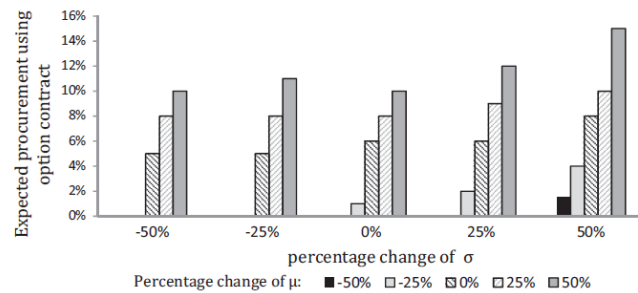
۴-۸-۲-۱ هزینه حمل و نقل

هزینه حمل و نقل نیز تأثیر عمده ای در تصمیمات خرید و هزینه های زنجیره تأمین دارد. در تنظیمات پیشنهادی، هزینه حمل و نقل وابسته به فاصله، ظرفیت کامیون، شرایط جاده و ترافیک بستگی دارد که شرکت پالایش و پخش فراورده های نفتی با توجه تمامی پارامترها هزینه حمل و نقل را بر حسب تناژ تعیین کرده و در این مطالعه نیز از نرخ مصوب شرکت پالایش و پخش استفاده می شود. منطقی است که تأمین کنندگان ۱ و ۲ به دلیل روش حمل و نقل بوسیله لوله کشی دارای نقش اصلی در تأمین مواد اولیه داشته باشند تا در هزینه حمل و نقل کاهش بیشتری ایجاد کند.

۴-۸-۲-۲ اهمیت قرارداد اختیار و عدم اطمینان قیمت و عرضه مواد اولیه

همانطور که قبلاً بیان شد، بر اساس داده های تاریخی و فرآیندهای تصادفی GBM و AR در مطالعه موردی برای مدل سازی پارامترهای تصادفی ته ماند برج تقطیر با ویسکوزیته 3500 Cst و دانسیته 1035 kg/m^3 و درجه نفوذ $45 \text{ mm}/10$ استفاده می شود. علاوه بر این، قرارداد اختیار به عنوان یک استراتژی کاهش در برابر عدم اطمینان ها اعمال می شود.

فتاحی در مقاله خود از فرآیند تصادفی GBM برای مدل سازی پارامترهای تصادفی استفاده کرد و برای بررسی تأثیر μ و σ بر استراتژی خرید بهینه، تجزیه و تحلیل حساسیت بین این پارامترها و درصد مورد انتظار مواد اولیه که در افق برنامه ریزی با استفاده از قرارداد اختیار تهیه می شود، انجام شد. برای انجام این تجزیه و تحلیل، هر دو پارامتر μ و σ از -50% تا 50% تغییر دادند و درختان سناریوی مختلفی برای مقادیر مختلف این پارامترها ساخته شد. سپس، استراتژی خرید مطلوب با حل برنامه تصادفی برای درختان سناریوی مختلف به دست آمد. در نمودار ۹-۴ درصد مورد انتظار خرید با استفاده از قرارداد اختیار برای تغییرات مختلف پارامترهای μ و σ از -50% تا 50% گزارش شد. همانطور که نشان داده شده است، با افزایش پارامترهای μ و σ ، مقدار درصد مواد اولیه تهیه شده با استفاده از قرارداد اختیار نسبتاً افزایش یافته است. در نتایج ارائه شده، در بازارهای با تغییرات زیاد یا روند افزایشی قیمت مواد اولیه، اهمیت استفاده از قرارداد اختیار برجسته می شود. (فتاحی، ۲۰۱۷)

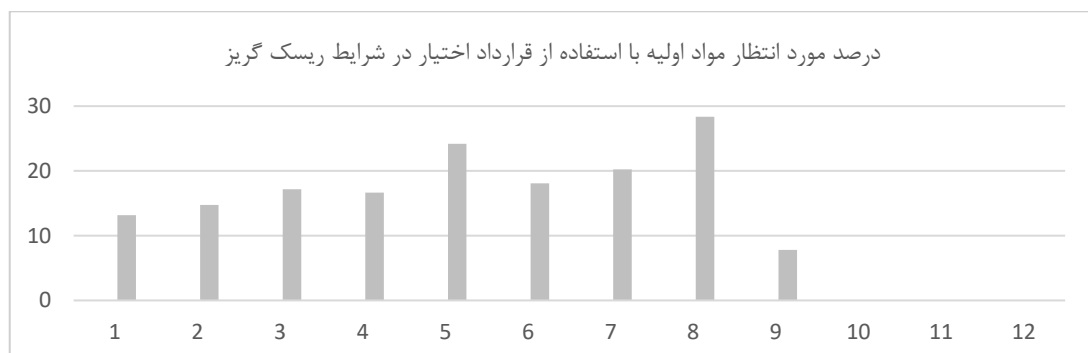


نمودار ۹-۴ درصد خرید با قرارداد اختیار برای تغییرات مختلف μ و σ (فتاحی، ۲۰۱۷)

۳-۸-۴ تصمیم گیری ریسک گریز

شبیه سازی با مقادیر $uCVaR=1.16863E+15$ و $\beta=0.95$ اجرا شد. سطح ایده آل برای اولین تابع هدف $3.62604E+14$ و برای تابع هدف دوم $7.687118E+7$ در نظر گرفته شد. برای تابع هدف اول Δ^U برابر با $7.25208E+11$ و برای تابع هدف دوم Δ^U برابر با $1.537424E+7$ میباشد. مقدار عینی مطلوب تابع هدف اول مسئله برابر با $3.63327E+14$ است که در آن میانگین هزینه های استراتژیک شامل قرارداد اختیار معامله برابر $4.17839E+11$ و هزینه بهبود پایداری برابر با $7.23671E+11$ و هزینه های تاکتیکی $3.62910E+14$ است. همچنین مقدار عینی مطلوب تابع هدف دوم مسئله برابر با $8.118568E+7$ است.

در استراتژی خرید بهینه در شرایط ریسک گریز، نمودار ۱۰-۴ درصد مورد انتظار مواد اولیه را که با استفاده از قرارداد اختیار خرید در هر دوره تاکتیکی خریداری شده است، نشان می دهد.



نمودار ۱۰-۴ میانگین درصد ماده اولیه تهیه شده با قرارداد اختیار در هر دوره و در شرایط ریسک گریز متغیر اصلی تصمیم، تخصیص سفارش، در جدول ۳۰-۴ آورده شد که درصد مورد انتظار مواد اولیه را که از هر تامین کننده در شرایط ریسک گریز به شرکت پالایش نفت جی منتقل می شود را گزارش

می کند. برنامه ریزی تولید محصول در سایتهای شرکت پالایش نفت جی در شرایط ریسک گریز، بر حسب تناژ در جدول ۴-۳۱ آورده شده است.

جدول ۴-۳۰ درصد متوسط مواد اولیه تهیه شده از تامین کنندگان مختلف در شرایط ریسک گریز

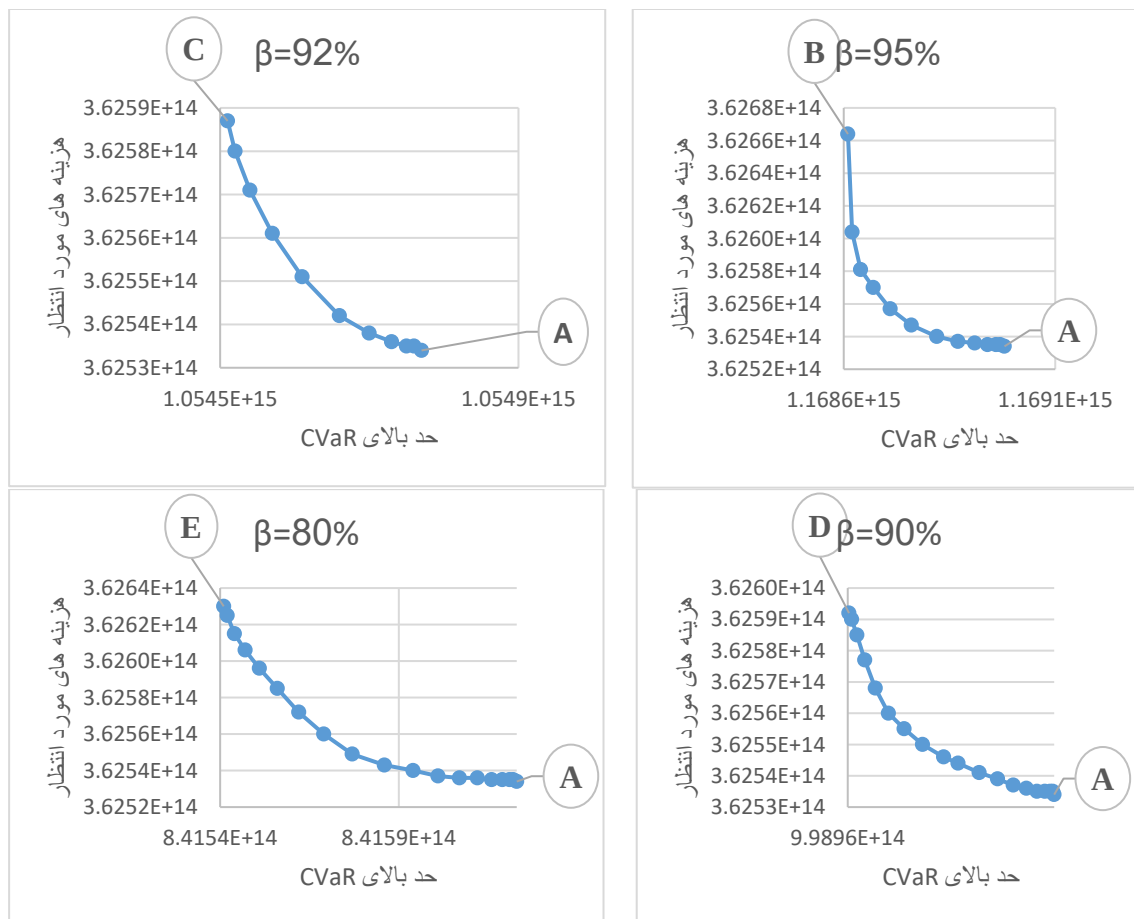
دوره تامین کننده	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	t11	t12	ریسک
i_1	۶۱.۱	۶۳.۲	۶۲.۲	۶۵.۱	۶۲.۱	۶۶.۲	۶۴	۶۸.۴	۶۵.۷	۶۸.۴	۶۹.۸	۷۳.۴	۶۵.۸
i_2	۸.۴	۷.۲	۷.۱	۵.۴	۵.۱	۵.۴	۳.۶	۲.۹	۲.۷	۲.۲	۱.۴	۲.۶	۴.۵
i_3	۰.۸	۰.۴	۰.۵	۰.۳	۰.۸	۱.۲	۰.۷	۰.۳	۱.۵	۱.۱	۰.۸	۰	۰.۷
i_4	۰.۹	۰.۹	۰.۵	۰.۴	۰.۸	۱	۰.۹	۱.۷	۱.۸	۰.۹	۱.۴	۰	۰.۹
i_5	۲۲.۴	۲۱.۷	۲۰	۲۰.۹	۲۱.۶	۲۰.۱	۲۱.۱	۱۸.۳	۱۹.۴	۱۹.۱	۱۷.۶	۲۲.۷	۲۰.۴
i_6	۱.۲	۱.۲	۱.۷	۱.۹	۰.۹	۲.۷	۲.۸	۱.۱	۲.۶	۱	۰.۷	۰.۱	۱.۵
i_7	۱.۶	۱.۵	۱.۹	۴	۲.۳	۱.۸	۰.۷	۱.۳	۲.۱	۳.۳	۳.۵	۰	۲
i_8	۰.۶	۱	۰.۱	۰.۶	۰.۵	۰.۹	۰.۹	۱.۷	۰.۸	۰.۱	۰.۹	۰	۰.۷
i_9	۰.۳	۲.۱	۰.۷	۱	۱.۲	۰.۲	۰.۴	۱.۶	۱.۹	۰.۹	۱.۷	۰	۱
i_{10}	۲.۶	۰.۸	۵.۳	۰.۴	۴.۸	۰.۴	۵	۲.۷	۱.۴	۳.۱	۲.۲	۱.۲	۲.۵

جدول ۴-۳۱ برنامه ریزی تولید در سایتهای شرکت پالایش نفت جی در شرایط ریسک گریز بر حسب تناژ

دوره سایت محصول	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	t11	t12
$m_1.k_1$	۵۰۵۲۶	۴۹۶۲۴	۵۶۸۰۶	۵۰۰۲۰	۳۴۵۷۸	۳۸۴۱۶	۳۹۲۵۳	۳۰۰۷۲	۲۸۹۷۸	۱۰۴۹۲	۹۹۴۱	۱۰۰۰۴
$m_1.k_2$	۵۳۰۳	۵۸۸۹	۱۰۵۴۴	۱۰۴۲۸	۵۶۳۷	۷۰۷۵	۸۱۵۶	۱۰۱۳۹	۵۲۴۲	۵۷۸۲	۶۹۰۹	۴۸۲۹
$m_1.k_3$	۷۳۳۵	۸۱۳۶	۷۰۶۱	۸۲۲۶	۷۵۲۰	۶۵۸۴	۷۸۶۸	۵۶۱۱	۵۸۸۶	۸۶۳۱	۶۶۴۴	۲۹۹۰
$m_1.k_4$	۴۲۵۱۴	۳۹۷۵۸	۲۶۰۳۱	۲۴۸۵۵	۴۳۰۳۷	۳۸۱۹۶	۳۶۷۷۵	۳۵۶۵۷	۴۰۹۲۱	۵۱۰۸۰	۴۲۸۰۵	۵۵۴۰
$m_1.k_5$	۷۶۰۰	۸۶۰۶	۸۹۵۴	۱۰۵۶۳	۱۳۶۴۶	۶۵۵۰	۵۸۶۵	۴۹۰۶	۵۱۷۱	۴۸۶۹	۶۸۲۰	۲۵۴۸
$m_1.k_6$	۴۰۶۸	۳۹۸۴	۳۵۷۵	۳۲۸۱	۳۲۲۰	۳۱۱۳	۳۱۰۹	۲۹۴۷	۲۹۰۴	۲۸۰۷	۲۶۶۲	۹۰۳
$m_1.k_7$	۲۲۳۵۸	۲۰۷۵۲	۲۰۰۹۶	۱۸۸۱۵	۱۷۴۲۷	۱۴۳۰۵	۱۵۷۴۱	۱۵۱۷۰	۱۶۱۲۴	۱۳۲۸۱	۱۲۷۲۳	۵۴۴۹
$m_2.k_1$	۱۸۱۳۸	۱۶۰۴۸	۱۸۰۶۹	۱۹۳۴۲	۱۵۸۱۶	۱۳۷۲۳	۱۶۰۴۷	۱۱۱۷۲	۶۹۹۷	۹۲۵۶	۴۳۱۸	۹۲۰
$m_2.k_2$	۱۵۵۵	۲۹۳۹	۳۴۷۶	۲۲۱۵	۲۱۰۱	۲۳۲۴	۲۰۶۸	۲۸۷۴	۲۱۴۹	۳۵۷۳	۲۸۹۲	۱۴۶۴
$m_2.k_3$	۲۶۰۴	۲۶۶۶	۲۱۱۲	۱۹۷۳	۳۶۹۲	۲۳۶۹	۲۳۲۱	۱۹۸۸	۲۱۲۱	۲۵۰۷	۲۰۲۶	۷۳۰
$m_2.k_4$	۱۲۶۱۸	۱۲۰۴۶	۱۰۱۱۸	۹۱۶۶	۱۰۲۰۴	۱۱۲۳۷	۹۲۶۵	۹۸۷۵	۱۴۹۲۶	۹۴۸۳	۱۳۱۷۱	۴۳۹۴
$m_2.k_5$	۲۹۴۷	۳۷۸۹	۲۵۴۲	۲۷۱۰	۳۶۲۸	۱۸۵۴	۲۶۹۴	۸۳۲	۲۲۵۴	۲۱۹۱	۱۶۷۴	۵۶۷
$m_2.k_6$	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
$m_2.k_7$	۹۱۱۰	۸۱۴۸	۷۸۸۴	۷۸۵۶	۶۶۶۰	۵۹۸۴	۶۱۱۷	۵۶۴۷	۶۴۸۸	۵۴۱۰	۵۱۲۹	۱۳۸۳
$m_3.k_1$	۸۸۱۳	۱۰۶۹۶	۱۰۱۱۸	۷۷۱۲	۷۰۳۷	۷۴۰۴	۸۷۷۹	۵۸۹۰	۴۵۵۱	۳۷۴۹	۲۰۱۵	۶۱۰
$m_3.k_2$	۹۳۳	۱۲۷۳	۱۲۰۷	۱۴۳۸	۲۱۳۱	۷۷۷	۱۰۷۳	۱۱۱۶	۱۵۴۴	۸۵۹	۸۲۹	۱۹
$m_3.k_3$	۱۶۸۴	۱۲۵۸	۱۱۳۶	۸۳۷	۲۱۲۲	۱۰۷۱	۱۴۷۰	۹۱۵	۱۳۸۵	۸۴۹	۱۱۲۳	۸۲
$m_3.k_4$	۶۷۹۰	۵۰۴۴	۴۷۷۱	۷۷۴۰	۵۰۴۶	۵۴۵۷	۴۵۲۹	۵۶۵۸	۷۲۵۱	۷۱۹۹	۶۶۰۲	۶۴۱
$m_3.k_5$	۱۹۴۶	۱۵۱۸	۱۵۲۶	۷۵۱	۲۳۷۵	۱۷۷۳	۹۹۶	۵۱۶	۶۷۹	۳۲۱	۱۴۰۱	۱۴۱
$m_3.k_6$	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
$m_3.k_7$	۷۵۸۶	۷۱۲۴	۶۷۴۵	۶۳۵۷	۵۲۲۶	۵۱۳۶	۵۳۰۷	۴۷۷۴	۵۰۲۹	۴۲۹۸	۴۲۷۹	۲۴۹

شیبه سازی با مقادیر مختلف $uCVaR$ و β اجرا شد. در حالیکه $uCVaR$ نشان دهنده حد بالا تر $CVaR$ هزینه های قابل پذیرش مدیریت است، β هزینه مورد انتظار مشروط در سبد خرید را نشان میدهد. به عنوان مثال، برای $\beta=95\%$ ، $CVaR$ با میانگین بیشترین هزینه 5% داده می شود. هرچه مقادیر $uCVaR$ بیشتر و β کمتر باشد ریسک پذیرفته شده توسط مدیریت بیشتر میباشد.

نمودار ۴-۱۱ نمودار تغییرات در هزینه های خرید مورد انتظار (تابع هدف) با توجه به تغییر در سطح ریسک ($CVaR$) را نشان می دهد. چهار منحنی با سطوح اطمینان مختلف رسم شد ($\beta=95\%$ ، 92% ، 90% ، 80%) که مرزهای کارآمد سبد خرید را با استفاده از $CVaR$ برای مدل نشان می دهند. نقاط موجود در نمودار ۴-۱۱ نشان دهنده یک نتیجه مطلوب برای هر ترکیب $uCVaR$ و β در مدل است.



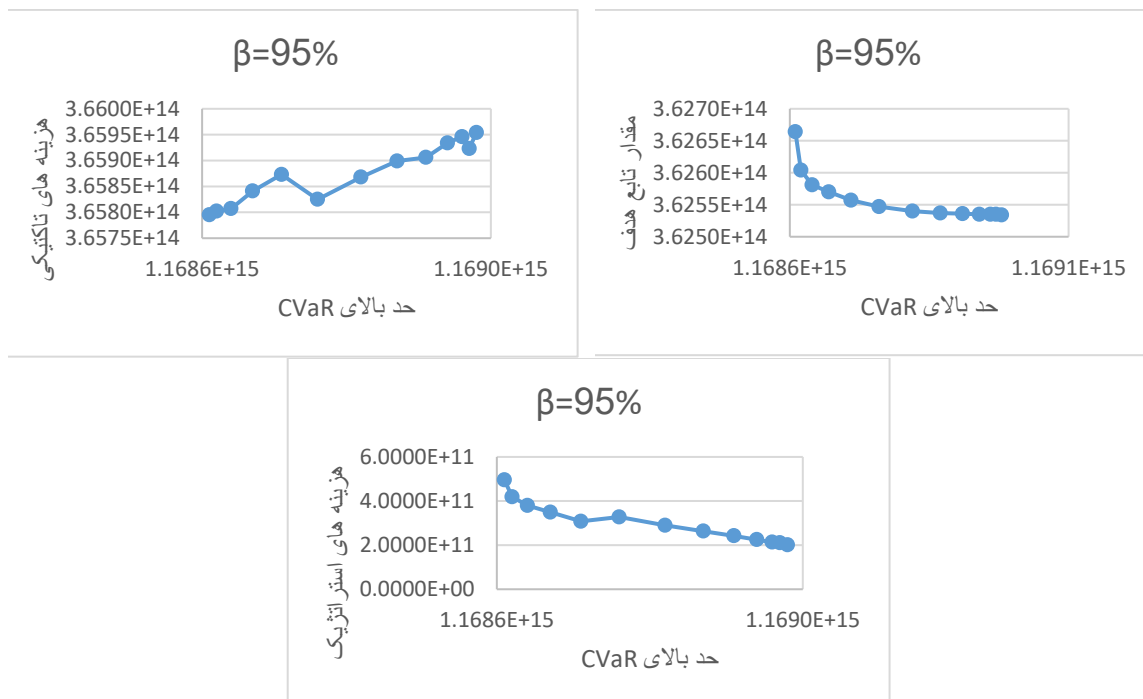
نمودار ۴-۱۱ مرزهای کارآمد سبد خرید با استفاده از $CVaR$

باید توجه داشت که تغییرات در مقدار مورد انتظار تابع هدف با کاهش ریسک افزایش می یابد. هرچه مقدار $uCVaR$ (حد بالا) کمتر باشد، هزینه ها در سناریوهای بدتر نیز بیشتر خواهد بود (یعنی ریسک کاهش می یابد). نقطه A نشان دهنده نقطه بالاترین ریسک و کمترین هزینه مورد انتظار است، در حالی که نقاط B، C، D و E نشان دهنده نقاط کمترین ریسک با توجه به سطح اطمینان است. در نقطه A، مقدار $uCVaR$ برابر با نتیجه بدترین حالت در شرایط بدون محدودیت ریسک است، بنابراین راه حل در نقطه A همان راه حل با ریسک محدود نشده است.

تصمیم گیرندگان هستند که سطح ریسکی را که مایل به مواجهه با آن هستند انتخاب میکنند. هرچه مقدار سطوح اطمینان کمتر باشد، تغییر در هزینه برای همان مقدار $CVaR$ پایین تر خواهد بود. همانطور که در جدول ۳۲-۴ گزارش شده است، در نظر گرفتن محدودیت های ریسک در مدل بهینه سازی منجر به افزایش مقدار مطلوب بهینه و پیش بینی هزینه های استراتژیک مربوط به انتخاب تأمین کنندگان با استفاده از قرارداد اختیار معامله می شود. در محدود کردن ریسک زنجیره تأمین، افزایش مقدار مطلوب بهینه را می توان به عنوان هزینه کاهش ریسک در زنجیره تأمین تفسیر کرد. نمودار ۱۲-۴ نشان می دهد که چگونه مقدار مورد انتظار هزینه های استراتژیک، هزینه های تاکتیکی و مقدار تابع هدف در سطوح مختلف $CVaR$ و $\beta=95\%$ تغییر می کند.

جدول ۳۲-۴ انتظار انواع مختلف اهداف بهینه در شرایط ریسک پذیر و ریسک گریز

هزینه ها	خنثی در برابر ریسک $CVaR = 1.16872E+15$ و $\beta=95\%$	
هزینه مورد انتظار تابع هدف اول	3.62534E+14	3.62557E+14
مقدار تابع هدف دوم (ریسک پایداری)	8.196967E+7	8.175985E+7
هزینه مورد انتظار تابع هدف کلی	3.66157E+14	3.66181E+14
هزینه های مورد انتظار استراتژیک	1.96038E+11	3.07720E+11
هزینه های مورد انتظار تاکتیکی	3.65961E+14	3.65873E+14



نمودار ۱۲-۴ هزینه های استراتژیک، تاکتیکی و تابع هدف در سطوح مختلف CVaR و $\beta=95\%$ همانطور که در نمودار ۱۲-۴ نشان داده شده است، کاهش پارامتر CVaR بیانگر سطح بالاتر گریز از ریسک در برنامه تصادفی است. به عنوان یک نتیجه، برای یک سطح اطمینان (β) ثابت، انتظار می رود هزینه های استراتژیک و مقدار هدف بهینه با کاهش مقدار CVaR افزایش یابد. بعلاوه، با افزایش سطح گریز از ریسک، عبارتی کاهش CVaR، مقدار مورد انتظار هزینه های تاکتیکی کاهش می یابد. همچنین، برای مقدار ثابتی از پارامتر CVaR و مقادیر بزرگتر برای سطح اطمینان (β)، انتظار از هزینه های استراتژیک و مقدار بهینه هدف افزایش میابد اما انتظار از هزینه های تاکتیکی کاهش می یابد. با استفاده از معیار ارزش در معرض ریسک، می توان بر اساس سطح اطمینان (β) و CVaR برای کل هزینه های تاکتیکی زنجیره تأمین و نگرش ریسک تصمیم گیرنده برنامه ریزی کرد. میتوان نتیجه گرفت که سیاستی با سطح بالاتری از ریسک گریزی، به سطح بالاتر خرید اختیار منجر میشود.

۴-۸-۴ ارزیابی کارایی استراتژی کاهش و پایداری تامین کنندگان

در این بخش، تأثیرات استراتژی کاهش در هزینه های زنجیره تأمین بررسی شده است. در برنامه تصادفی پیشنهادی، از استراتژی کاهش با استفاده از قرارداد اختیار معامله استفاده برای کاهش

ریسک مربوط به عدم اطمینان قیمت و عرضه تامین کنندگان تنظیم شده است. برای بررسی تأثیر استراتژی قرارداد اختیار، برنامه تصادفی چند مرحله ای که در آن $cr_{i,t',t,s}$ برای هر تأمین کننده صفر تنظیم شده حل می شود. در جدول ۴-۳۳ برای مطالعه موردی، نتایج حاصل از حل مسئله تصادفی ریسک خنثی و با شرایط ذکر شده در بالا گزارش شده است.

جدول ۴-۳۳ مقادیر مختلف بهینه نسبت به استراتژی کاهش و ریسک پایداری

مستله اصلی	بدون در نظر گرفتن رزرو اختیار معامله	بدون در نظر گرفتن پایداری تامین کنندگان	بدون در نظر گرفتن رزرو اختیار معامله	بدون در نظر گرفتن پایداری تامین کنندگان
مقدار بهینه تابع هدف کلی	3.63255E+14	3.63278E+14	3.63255E+14	3.62600E+14
مقدار تابع هدف دوم (ریسک پایداری)	8.149077E+7	8.128268E+7	8.022860E+7	8.028623E+7
هزینه های مورد انتظار انتخاب پایدار	7.20984E+11	6.78864E+11	0.000	0.000
هزینه های مورد انتظار استراتژیک	1.95401E+11	0.000	1.95401E+11	0.000
هزینه های مورد انتظار تاکتیکی	3.63060E+14	3.63278E+14	3.62339E+14	3.62600E+14

همانطور که در جدول ۴-۳۳ گزارش شده است، با لحاظ ریسک پایداری تامین کنندگان، مقدار تابع هدف و انتظار از هزینه های تاکتیکی افزایش می یابد. همچنین بدون استراتژی کاهش، مقدار تابع هدف و انتظار از هزینه های تاکتیکی افزایش می یابد. با این حال، تأثیرات این استراتژی بر روی یک زنجیره تأمین می تواند با در نظر گرفتن سطوح مختلف عدم اطمینان مربوط به قیمت و عرضه ایجاد شود. به طور کلی، افزایش رزرو با استفاده از قرارداد اختیار، منجر به برنامه ریزی خرید انعطاف پذیرتری می شود.

فصل ۵ : نتیجه گیری و پیشنهادات

۱-۵ مقدمه

در نهایت فصل پنجم اختصاص به ارائه نتیجه گیری پژوهش دارد. در ادامه پس از ارائه و تفسیر نتایج حاصل شده، محدودیت های پژوهش، نوآوریهای حاصل از آن و پیشنهادهایی برای استفاده کنندگان از نتایج پژوهش و اجرای تحقیقات آتی ذکر می گردد.

۲-۵ جمع بندی

یکی از مهمترین فعالیتهای برای موفقیت زنجیره تامین، خرید موثر و کارآمد است. خرید به دلیل عواملی مانند جهانی شدن، افزایش ارزش افزوده در عرضه و تغییرات سریع تکنولوژیکی در مدیریت زنجیره تامین بسیار مورد توجه قرار گرفته است. مهمترین فعالیت عملیات خرید، انتخاب تامین کننده مناسب است، زیرا انتخاب تامین کننده مناسب برای سازمان صرفه جویی قابل توجهی را به همراه دارد. هدف این است که با در نظر گرفتن عدم قطعیت های موجود و معیارهای پایداری، تامین کنندگان مناسب را انتخاب کرده و سفارشی به آنها اختصاص داده شود. عدم قطعیت و ریسک یکی از مهمترین و چالش برانگیزترین مسائل در زنجیره تامین است که تأثیر قابل توجهی بر عملکرد زنجیره دارد. اگر وقوع چنین رویدادهایی در زنجیره پیش بینی نشود و اقدامات مناسبی برای مقابله با آن صورت نگیرد، می تواند آسیب های جبران ناپذیری را به همراه داشته باشد. به منظور رفع عدم قطعیت های ذاتی تقاضا، عرضه، قیمت بازار و ریسکهای پایداری و همچنین وجود توابع هدف متضاد، برای تعیین بهترین تامین کنندگان پایدار، تخصیص سفارش و تصمیمات تأمین منابع به منظور مقابله با انواع خطرات احتمالی این زنجیره مدل چند مرحله ای تصادفی توسعه یافت و فرصت های خرید از بازار و قرارداد اختیار معامله نیز در مدل گنجانده شده و تأثیر آنها مورد بررسی قرار گرفته است.

مدل برنامه ریزی تهیه شده برای زنجیره های تامین تحت ریسکهای عملیاتی و اختلال قابل استفاده است. این مدل همچنین به دو صورت ریسک خنثی و ریسک گریز با استفاده از ابزار اندازه گیری CVaR مدل شد و نتایج آنها نیز بررسی شد. مدل های برنامه نویسی خطی با استفاده از رویکرد

مبتنی بر سناریو مدل سازی شدند. این رویکرد مبتنی بر سناریو می تواند منجر به راه حل های دقیق در توزیع گسسته متغیرهای تصادفی شود. یک مثال عددی برای تجزیه و تحلیل و اعتبار مدل و روش راه حل استفاده می شود، که در آن نتایج محاسباتی اثربخشی مدل پیشنهادی و روش راه حل را در ارزیابی تامین کنندگان، تعیین سفارشات به آنها و تعیین استراتژی بهینه نشان می دهد.

این تحقیق با استفاده از محدودیت های غیر پیش بینی برای برنامه ریزی یکپارچه استراتژیک و تاکتیکی در یک شبکه زنجیره تامین شامل تامین کنندگان و شرکت پالایش نفت جی، MSSP را ایجاد کرده است. در مسئله بهینه سازی با افق برنامه ریزی چند دوره ای، به منظور تهیه یک ماده اولیه ضروری، انتخاب بهینه تامین کننده پایدار با لحاظ ریسک پایداری و همچنین ذخیره ظرفیت با استفاده از قرارداد اختیار معامله به عنوان تصمیمات استراتژیک و تصمیمات مربوط به تخصیص سفارش و نوع منبع به عنوان تصمیمات تاکتیکی به طور همزمان تعیین میشود. در مسئله تصادفی، ریسک عملیاتی به دلیل عدم اطمینان ذاتی در تقاضا محصولات، قیمت بازار مواد اولیه و عرضه مواد اولیه در نظر گرفته شد. برای ساختن یک درخت سناریوی کارآمد که پارامترهای تصادفی را ارائه دهد، یک فن سناریو با شبیه سازی پارامترهای تصادفی بر اساس فرایندهای تصادفی وابسته به زمان آنها تولید شده و سپس از روش ساخت درخت سناریوی رو به جلو استفاده شد.

۳-۵ تحلیل یافته ها

با توجه به محاسبات و نتایج بدست آمده از تحقیق، یافته های زیر حاصل شد:

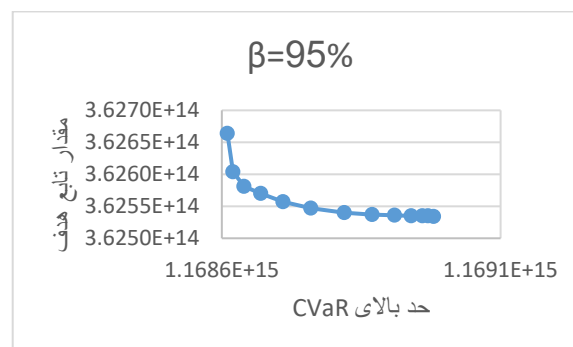
- ✓ هر تصمیم گیرنده باید دو رویکرد کلی برای کاهش ریسک داشته باشد. اول اینکه تا حد امکان از قرار گرفتن در معرض ریسک خودداری کند. دوم اینکه راهبردهایی برای مواقعی که ریسک مورد انتظار یا غیرمنتظره رخ میدهد داشته باشد تا کمترین ضرر را متحمل شود.
- ✓ قرارداد اختیار می تواند انعطاف پذیری برنامه ریزی تامین را برای زنجیره های تامین در صورت عدم اطمینان قیمت و عرضه و تقاضا بهبود بخشد. بر اساس نتایج عددی ارائه شده،

بدون استفاده از قرارداد اختیار، هزینه های زنجیره تأمین افزایش یافته است. میزان رزرو ظرفیت با استفاده از قرارداد اختیار بستگی به هزینه قرارداد، قیمت اعمال اختیار و درصد رانش و نوسانات مقادیر قیمت تأمین کنندگان در افق زمانی دارد.

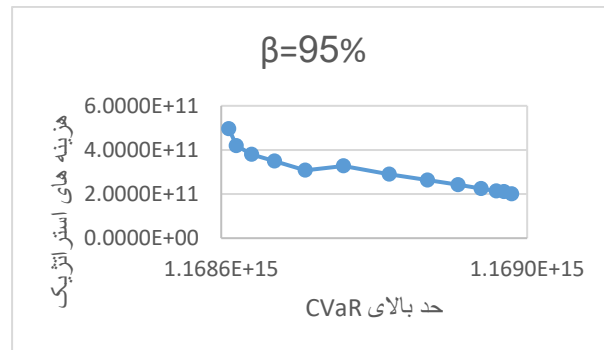
نمودار ۱-۵ مقادیر مختلف بهینه نسبت به استراتژی کاهش و ریسک پایداری

بدون در نظر گرفتن رزرو اختیار معامله	مسئله اصلی	
3.63278E+14	3.63255E+14	مقدار بهینه تابع هدف کلی
8.128268E+7	8.149077E+7	مقدار تابع هدف دوم (ریسک پایداری)
6.78864E+11	7.20984E+11	هزینه های مورد انتظار انتخاب پایدار
0.000	1.95401E+11	هزینه های مورد انتظار استراتژیک
3.63278E+14	3.63060E+14	هزینه های مورد انتظار تاکتیکی

✓ به طور کلی، انتخاب تأمین کنندگان بیشتر و رزرو بیشتر ظرفیت با استفاده از قرارداد اختیار، انعطاف پذیری شرکت برای تأمین منابع و مواد اولیه را افزایش می دهد و منجر به سرمایه گذاری بیشتر در برنامه ریزی های خرید می شود. در یک زنجیره تأمین با برنامه ریزی خرید انعطاف پذیر: ۱- تحت اختلال و شرایط نامطلوب، تأمین کنندگان بیشتری برای تهیه مواد و منابع در دسترس هستند ۲- قراردادهای اختیار معامله به خوبی در برابر عدم اطمینان قیمت، تقاضا و عرضه تأمین کنندگان از طریق کمی سازی و محدود کردن ریسک زنجیره تأمین با بهره گیری از CVaR به عنوان معیار ریسک، می توان تعادل بین انتظار و انحراف کل هزینه های زنجیره تأمین را بر اساس نگرش ریسک و هدف تصمیم گیرندگان تعیین کرد.

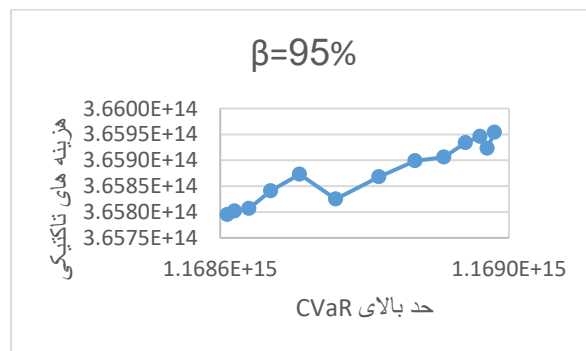


✓ در سیاستی برای برنامه ریزی خرید با سطح بالاتری از ریسک گریزی، سرمایه گذاری شرکت در تصمیمات استراتژیک افزایش می یابد.



✓ در مدل پیشنهادی، دو گزینه جایگزین از جمله بازار لحظه ای و قرارداد اختیار در نظر گرفته شد. برای تولید قیر پالایشگاه در صورت عدم اطمینان قیمت، اهمیت قرارداد اختیار نشان داده شد. علاوه بر این، تأکید شد که هزینه حمل و نقل به طور قابل توجهی بر مقدار تابع هدف و تصمیمات تخصیص سفارش تأثیر می گذارد. (بخش ۱-۲-۸-۴ هزینه ی حمل و نقل)

✓ ریسک عملیاتی زنجیره تأمین با استفاده از CVaR به عنوان معیار ریسک اندازه گیری شد. برای مسئله تصادفی ارائه شده، با افزایش ریسک گریزی، انتظار از هزینه های استراتژیک و مقدار هدف بهینه افزایش می یابد و انتظار از هزینه های تاکتیکی کاهش می یابد.



✓ با افزایش سطح اطمینان β ، هزینه مورد انتظار نیز افزایش می یابد. (نمودار ۱۱-۴ مرزهای کارآمد سید خرید با استفاده از CVaR)

✓ در مدل بهینه سازی از قرارداد اختیار معامله به عنوان استراتژی کاهش در برابر عدم اطمینان تقاضا برای محصولات، قیمت و عرضه مواد اولیه، بهره برداری شد. اگر تعداد تأمین کنندگان و میزان رزرو با استفاده از قرارداد اختیار افزایش یابد، زنجیره تأمین انعطاف پذیرتر می شود.

۴-۵ پیشنهادات برای تحقیقات آینده

در این بخش، پیشنهاداتی که می توان در تحقیقات آینده مورد توجه قرار داد ارائه شده است:

- ادغام سایر تصمیمات زنجیره تأمین مربوط به سطوح برنامه ریزی استراتژیک / تاکتیکی / عملیاتی می تواند منجر به الگوی جامع تر برنامه ریزی خرید تحت پایداری و عدم اطمینان شود. فرصت های زیادی برای در نظر گرفتن سایر گزینه های تأمین منابع و استراتژی های کاهش از جمله عمده فروشی، انعطاف پذیری کمیت و قرارداد تقسیم درآمد برای مقابله با عدم قطعیت تقاضا در مسئله به عنوان مباحث پژوهشی آینده وجود دارد.
- مدل سازی مسئله با رویکردهای مختلف مانند آنالیز سناریو و غیره و در نهایت مقایسه نتایج آنها با یکدیگر و تعیین بهترین راه حل برای مشکل.
- در نظر گرفتن دولت به عنوان یک نهاد تصمیم گیر و ایجاد یک مدل انتخاب تأمین کننده
- استفاده از الگوریتم های فرا ابتکاری برای حل مدل های پیشنهادی

منبع

منابع فارسی:

۱. زاهدی شمس، السادات، نجفی، & غلامعلی. (۱۳۸۵). بسط مفهومی توسعه پایدار. خبرنامه دانشگاه تربیت مدرس، ۱۰(۴)، ۴۳-۷۶.
۲. پورطاهری مهدی، سجاسی قیداری حمداله، & صادق لو طاهره. (۱۳۸۸). سنجش و اولویت بندی پایداری اجتماعی در مناطق روستایی، با استفاده از تکنیک رتبه بندی بر اساس تشابه به حل ایده آل فازی (مطالعه موردی: دهستان حومه بخش مرکزی شهرستان خدابنده).
۳. سروش، ابوزر، & صادقی (۱۳۸۶). مدیریت ریسک اوراق بهادار اجاره (صکوک اجاره). اقتصاد اسلامی، ۷(۲۷)، ۱۵۷-۱۸۶.
۴. راعی رضا و پویان فر احمد (۱۳۸۹) مدیریت سرمایه گذاری پیشرفته چاپ سوم انتشارات سمت.
۵. رزمی، جعفر؛ جولای، فریبرز؛ شخص نیایی، مجید، (۱۳۸۶)، "ارائه مدل ترکیبی برای مسئله تصمیم گیری انتخاب تأمین کننده و حل آن توسط الگوریتم ژنتیک"، فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۴۳، تابستان. ۱۲۱-۱۵۲، ۱۳۸۶.
۶. امیری، مقصود؛ صابری، نرگس؛ حاله، حسن، (۱۳۹۱)، "ارائه مدلی جهت حل مسئله انتخاب تأمین کنندگان با استفاده از روش تصمیم گیری خاکستری و تحلیل عاملی (مورد مطالعه: شرکت سازه گستر سایپا)"، فصلنامه مدیریت توسعه و تحول. ۲۷-۳۶ (۱۳۹۱).
۷. همایون فر، م.، گودرزوند چگینی، م.، دانشور، ا.، (۱۳۹۷). اولویت بندی تأمین کنندگان زنجیره تأمین سبز با استفاده از رویکرد ترکیبی MCDM فازی. مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، ۱۵(۲)، ۶۱-۴۱.
۸. آقامحمدعلی کرمانی، مهرداد؛ منصور، سعید؛ آل آقا، محمد رضا (۱۳۸۹). "ارائه مدل برنامه ریزی ریاضی چند هدفه انتخاب تأمین کننده در فضای توسعه ی پایدار". هفتمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع، ۱۴ و ۱۵ ام مهر ماه. دانشگاه صنعتی اصفهان.
۹. مظاهری، علی، مهدی کرباسیان و هادی شیرویه زاد، ۱۳۹۰، شناسایی و اولویت بندی ریسک های زنجیره تأمین در سازمان های تولیدی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، فصلنامه مدیریت زنجیره تأمین (۳۴).
۱۰. محمد حیاتی، محمد عطایی، رضا خالوکاکایی، احمد رضا صیادی. ۱۳۹۳. ارزیابی و رتبه بندی ریسک در زنجیره تأمین با استفاده از روش تحلیل تاکسونومی (مطالعه موردی: مجتمع ذوب آهن

اصفهان). مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال یازدهم، شماره اول (پیاپی ۴۱)، بهار ۹۳، ص ۸۵-۱۱۳

۱۱. قمی اویلی، م.؛ جلالی نائینی، س.؛ توکلی مقدم، ر و آ. جبارزاده (۱۳۹۸). طراحی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته تحت شرایط اختلال و عدم قطعیت با در نظر گرفتن کیفیت و استراتژی تاب آوری. نشریه علمی پژوهشی مهندسی و مدیریت کیفیت، ۶(۲)، صص ۱۳۳-۱۴۵.
۱۲. ساجدی، سینا، سرفراز، امیر همایون، بامداد، شهرروز، خلیلی دامغانی، کاوه. (۱۴۰۰). ارائه مدل ریاضی مکان‌یابی، چندکالایی و چنددوره‌ای در زنجیره حلقه‌بسته پایدار با در نظر گرفتن ریسک و عدم قطعیت در تقاضا و کیفیت. چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۱۱(۲)، ۲۷۱-۳۰۴.
۱۳. حسنی گودرزی، عاصفه و سیدحسام الدین ذگردی، ۱۳۹۴، مدل‌سازی عدم قطعیت در زنجیره تأمین خودرو با استفاده از ارزش در معرض ریسک، کنفرانس ملی مدیریت ریسک سازمانی، تهران، موسسه اطلاع رسانی نارکیش.
۱۴. احمدپور احمد، & رسایان امیر. ۱۳۸۵. رابطه بین معیارهای ریسک و اختلاف قیمت پیشنهادی خرید و فروش سهام در بورس اوراق بهادار تهران.
۱۵. ممبینی، یعقوب (۱۳۹۳). "بررسی تأثیر یکپارچگی رفتاری تیم مدیریت ارشد و دوسو توانی بر عملکرد". پایان نامه کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه گیلان
۱۶. خاکی، غلامرضا. (۱۳۹۰). روش تحقیق با رویکرد پایان نامه نویسی. انتشارات بازتاب، چاپ نهم.
۱۷. رمضانین، محمد رحیم؛ زارعی دودجی، ابوالقاسم (۱۳۹۱). "انتخاب استاد نمونه بر اساس مدل تاپسیس سلسله مراتبی در محیط فازی". فصلنامه پژوهش و برنامه ریزی در آموزش عالی.
۱۸. عطایی، محمد (۱۳۸۹). "تصمیم‌گیری چند معیاره فازی". انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، ویرایش اول، چاپ اول.
۱۹. آذر، عادل؛ غلامزاده، رسول؛ قنواتی، مهدی (۱۳۹۱). "مدلسازی مسیری- ساختاری در مدیریت- کاربرد نرم افزار SmartPLS" انتشارات نگاه دانش، چاپ اول.

منابع لاتین

1. Dey, P. K., Bhattacharya, A., Ho, W., & Clegg, B. (2015). Strategic supplier performance evaluation: A case-based action research of a UK manufacturing organisation. International Journal of Production Economics, 166, 192-214.

2. Chen, Z., Ming, X., Zhou, T., & Chang, Y. (2020). Sustainable supplier selection for smart supply chain considering internal and external uncertainty: An integrated rough-fuzzy approach. *Applied Soft Computing*, 87, 106004.
3. Bai, C., Kusi-Sarpong, S., Badri Ahmadi, H., & Sarkis, J. (2019). Social sustainable supplier evaluation and selection: a group decision-support approach. *International Journal of Production Research*, 57(22), 7046-7067.
4. Lapko, Y., Trucco, P., & Nuur, C. (2016). The business perspective on materials criticality: Evidence from manufacturers. *Resources Policy*, 50, 93-107.
5. Cachon, G. P. (2003). Supply chain coordination with contracts. *Handbooks in operations research and management science*, 11, 227-339.
6. Tang, C. S. (2006). Perspectives in supply chain risk management. *International journal of production economics*, 103(2), 451-488.
7. Jain, N., & Singh, A. R. (2020). Sustainable supplier selection under must-be criteria through Fuzzy inference system. *Journal of Cleaner Production*, 248, 119275.
8. Hendricks, K., & Singhal, V. R. (2005). The effect of supply chain disruptions on long-term shareholder value, profitability, and share price volatility. *Supply Chain Magazine*.
9. Bhar, R., & Hamori, S. (2005). Causality in variance and the type of traders in crude oil futures. *Energy Economics*, 27(3), 527-539.
10. Hudson, A. (2017). *The law on financial derivatives* (No. 6). Sweet and Maxwell Ltd..
11. Hassini, E., Surti, C., & Searcy, C. (2012). A literature review and a case study of sustainable supply chains with a focus on metrics. *International Journal of Production Economics*, 140(1), 69-82.
12. Özdemir, E. D., Härdtlein, M., Jenssen, T., Zech, D., & Eltrop, L. (2011). A confusion of tongues or the art of aggregating indicators—Reflections on four projective methodologies on sustainability measurement. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(5), 2385-2396.
13. Torjman, S. (2000). *The social dimension of sustainable development* (pp. 1-11). Toronto: Caledon Institute of Social Policy.
14. Ayhan, M. B., & Kilic, H. S. (2015). A two stage approach for supplier selection problem in multi-item/multi-supplier environment with quantity discounts. *Computers & Industrial Engineering*, 85, 1-12.
15. Çebi, F., & Otay, İ. (2016). A two-stage fuzzy approach for supplier evaluation and order allocation problem with quantity discounts and lead time. *Information Sciences*, 339, 143-157.

16. Lavastre, O., Gunasekaran, A., & Spalanzani, A. (2012). Supply chain risk management in French companies. *Decision Support Systems*, 52(4), 828-838.
17. Kaminski, V. (Ed.). (2004). Managing energy price risk: the new challenges and solutions. Risk Books.
18. Ritchie, B., & Brindley, C. (2007). Supply chain risk management and performance: A guiding framework for future development. *International Journal of Operations & Production Management*.
19. Fredendall, L. D., & Hill, E. (2000). Basics of supply chain management. CRC Press.
20. Su, C. M., Horng, D. J., Tseng, M. L., Chiu, A. S., Wu, K. J., & Chen, H. P. (2016). Improving sustainable supply chain management using a novel hierarchical grey-DEMATEL approach. *Journal of cleaner production*, 134, 469-481.
21. Harms, D., Hansen, E. G., & Schaltegger, S. (2011, June). Innovative Supplier Management Processes for Sustainability-Explorative Findings from German Stock Corporations. In 11th European Academy of Management (EURAM) Conference, Tallinn (Estonia).
22. Hofmann, E. (2010). Linking corporate strategy and supply chain management. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*.
23. Christopher, M., & R Towill, D. (2002). Developing market specific supply chain strategies. *The international journal of logistics management*, 13(1), 1-14.
24. Linton, J. D., Klassen, R., & Jayaraman, V. (2007). Sustainable supply chains: An introduction. *Journal of operations management*, 25(6), 1075-1082.
25. Yun, Y., Chuluunsukh, A., & Gen, M. (2020). Sustainable closed-loop supply chain design problem: A hybrid genetic algorithm approach. *Mathematics*, 8(1), 84.
26. Reyhani Yamchi, H., Jabarzadeh, Y., Ghaffarinasab, N., Kumar, V., & Garza-Reyes, J. A. (2020). A multi-objective linear optimization model for designing sustainable closed-loop agricultural supply chain.
27. Cetinkaya, B., Cuthbertson, R., Ewer, G., Klaas-Wissing, T., Piotrowicz, W., & Tyssen, C. (2011). Sustainable supply chain management: practical ideas for moving towards best practice. Springer Science & Business Media.
28. Verma, R., & Pullman, M. E. (1998). An analysis of the supplier selection process. *Omega*, 26(6), 739-750.

29. Aissaoui, N., Haouari, M., & Hassini, E. (2007). Supplier selection and order lot sizing modeling: A review. *Computers & operations research*, 34(12), 3516-3540.
30. Karsak, E. E., & Dursun, M. (2016). Taxonomy and review of non-deterministic analytical methods for supplier selection. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 29(3), 263-286.
31. Xu, N., & Nozick, L. (2009). Modeling supplier selection and the use of option contracts for global supply chain design. *Computers & Operations Research*, 36(10), 2786-2800.
32. Sawik, T. (2011). Selection of supply portfolio under disruption risks. *Omega*, 39(2), 194-208.
33. Sawik, T. (2013). Selection of resilient supply portfolio under disruption risks. *Omega*, 41(2), 259-269.
34. Torabi, S. A., Baghersad, M., & Mansouri, S. A. (2015). Resilient supplier selection and order allocation under operational and disruption risks. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 79, 22-48.
35. Dupačová, J., Gröwe-Kuska, N., & Römisch, W. (2003). Scenario reduction in stochastic programming. *Mathematical programming*, 95(3), 493-511.
36. Heitsch, H., & Römisch, W. (2009). Scenario tree reduction for multistage stochastic programs. *Computational Management Science*, 6(2), 117-133.
37. Dweiri, F., Kumar, S., Khan, S. A., & Jain, V. (2016). Designing an integrated AHP based decision support system for supplier selection in automotive industry. *Expert Systems with Applications*, 62, 273-283.
38. Trapp, A. C., & Sarkis, J. (2016). Identifying Robust portfolios of suppliers: a sustainability selection and development perspective. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2088-2100.
39. Rabieh, M., Fadaei Rafsanjani, A., Babaei, L., & Esmaeili, M. (2019). Sustainable supplier selection and order allocation: An integrated delphi method, fuzzy TOPSIS and multi-objective programming model. *Scientia Iranica*, 26(4), 2524-2540.
40. Khan, S. A., Kusi-Sarpong, S., Arhin, F. K., & Kusi-Sarpong, H. (2018). Supplier sustainability performance evaluation and selection: A framework and methodology. *Journal of Cleaner Production*, 205, 964-979.
41. Alikhani, R., Torabi, S. A., & Altay, N. (2019). Strategic supplier selection under sustainability and risk criteria. *International Journal of Production Economics*, 208, 69-82.

42. Amindoust, A., Ahmed, S., Saghafinia, A., & Bahreininejad, A. (2012). Sustainable supplier selection: A ranking model based on fuzzy inference system. *Applied soft computing*, 12(6), 1668-1677.
43. Baskaran, V., Nachiappan, S., & Rahman, S. (2012). Indian textile suppliers' sustainability evaluation using the grey approach. *International Journal of Production Economics*, 135(2), 647-658.
44. Chai, J., & Ngai, E. W. (2020). Decision-making techniques in supplier selection: Recent accomplishments and what lies ahead. *Expert Systems with Applications*, 140, 112903.
45. Wagner, S. M., & Bode, C. (2008). An empirical examination of supply chain performance along several dimensions of risk. *Journal of business logistics*, 29(1), 307-325.
46. Micheli, G. J., Cagno, E., & Zorzini, M. (2008). Supply risk management vs supplier selection to manage the supply risk in the EPC supply chain. *Management Research News*.
47. Wu, T., Blackhurst, J., & Chidambaram, V. (2006). A model for inbound supply risk analysis. *Computers in industry*, 57(4), 350-365.
48. Matook, S., Lasch, R., & Tamaschke, R. (2009). Supplier development with benchmarking as part of a comprehensive supplier risk management framework. *International Journal of Operations & Production Management*.
49. Christopher, M., & Lee, H. (2004). Mitigating supply chain risk through improved confidence. *International journal of physical distribution & logistics management*.
50. Ziegenbein, A., & Nienhaus, J. (2004). Coping with supply chain risks on strategic, tactical and operational level. In *Global project and manufacturing management: the symposium proceedings May 2004* (pp. 163-177). MIP.
51. Norrman, A., & Lindroth, R. (2004). Categorization of supply chain risk and risk management. *Supply chain risk*, 15(2), 14-27.
52. Jüttner, U., Peck, H., & Christopher, M. (2003). Supply chain risk management: outlining an agenda for future research. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 6(4), 197-210.
53. Norrman, A., & Jansson, U. (2004). Ericsson's proactive supply chain risk management approach after a serious sub-supplier accident. *International journal of physical distribution & logistics management*.
54. Heckmann, I., Comes, T., & Nickel, S. (2015). A critical review on supply chain risk—Definition, measure and modeling. *Omega*, 52, 119-132.
55. Sawik, T. (2014). Joint supplier selection and scheduling of customer orders under disruption risks: Single vs. dual sourcing. *Omega*, 43, 83-95.

56. Bilsel, R. U., & Ravindran, A. (2011). A multiobjective chance constrained programming model for supplier selection under uncertainty. *Transportation Research Part B: Methodological*, 45(8), 1284-1300.
57. Talluri, S., Narasimhan, R., & Chung, W. (2010). Manufacturer cooperation in supplier development under risk. *European Journal of Operational Research*, 207(1), 165-173.
58. Kibzun, A. I., & Kuznetsov, E. A. (2006). Analysis of criteria VaR and CVaR. *Journal of Banking & Finance*, 30(2), 779-796.
59. Mulvey, J. M., & Erkan, H. G. (2006). Applying CVaR for decentralized risk management of financial companies. *Journal of Banking & Finance*, 30(2), 627-644.
60. Szegö, G. (2005). Measures of risk. *European Journal of Operational Research*, 163(1), 5-19.
61. Feng-ge, Y. A. O., & Ping, Z. H. A. N. G. (2012). The measurement of operational risk based on CVaR: a decision engineering technique. *Systems Engineering Procedia*, 4, 438-447.
62. Jabbarzadeh, A., Haughton, M., & Khosrojerdi, A. (2018). Closed-loop supply chain network design under disruption risks: A robust approach with real world application. *Computers & industrial engineering*, 116, 178-191.
63. Vilko, J., Ritala, P., & Hallikas, J. (2019). Risk management abilities in multimodal maritime supply chains: Visibility and control perspectives. *Accident Analysis & Prevention*, 123, 469-481.
64. Giannakis, M., & Papadopoulos, T. (2016). Supply chain sustainability: A risk management approach. *International Journal of Production Economics*, 171, 455-470.
65. Ahmadi, M., Molana, S. M. H., & Sajadi, S. M. (2017). A hybrid FMEA-TOPSIS method for risk management, case study: Esfahan Mobarakeh Steel Company. *International Journal of Process Management and Benchmarking*, 7(3), 397-408.
66. Ghadge, A., Dani, S., Ojha, R., & Caldwell, N. (2017). Using risk sharing contracts for supply chain risk mitigation: A buyer-supplier power and dependence perspective. *Computers & Industrial Engineering*, 103, 262-270.
67. Pongsakdi, A., Rangsunvigit, P., Siemanond, K., & Bagajewicz, M. J. (2006). Financial risk management in the planning of refinery operations. *International Journal of Production Economics*, 103(1), 64-86.
68. Ray, C. (2010). *Extreme Risk Management Revolutionary Approaches to Evaluating and Measuring Risk*.

69. Cheng, L., Wan, Z., & Wang, G. (2009). Bilevel newsvendor models considering retailer with CVaR objective. *Computers & Industrial Engineering*, 57(1), 310-318.
70. Rockafellar, R. T., & Uryasev, S. (2000). Optimization of conditional value-at-risk. *Journal of risk*, 2, 21-42.
71. Rockafellar, R. T., & Uryasev, S. (2002). Conditional value-at-risk for general loss distributions. *Journal of banking & finance*, 26(7), 1443-1471.
72. Tsay, A. A., Nahmias, S., & Agrawal, N. (1999). Modeling supply chain contracts: A review. *Quantitative models for supply chain management*, 299-336.
73. Anupindi, R., & Bassok, Y. (1999). Supply contracts with quantity commitments and stochastic demand. In *Quantitative models for supply chain management* (pp. 197-232). Springer, Boston, MA.
74. Sluis, S., & De Giovanni, P. (2016). The selection of contracts in supply chains: An empirical analysis. *Journal of Operations Management*, 41, 1-11.
75. Keyvanloo, M., Kimiagari, A. M., & Esfahanipour, A. (2014). Risk analysis of sourcing problem using stochastic programming. *Scientia Iranica*, 21(3), 1034-1043.
76. Keyvanloo, M., Kimiagari, A. M., & Esfahanipour, A. (2015). A hybrid approach to select the best sourcing policy using stochastic programming. *Journal of Manufacturing Systems*, 36, 115-127.
77. Fattahi, M. (2017). Resilient procurement planning for supply chains: A case study for sourcing a critical mineral material. *Resources Policy*, 101093.
78. Van Delft, C., & Vial, J. P. (2004). A practical implementation of stochastic programming: an application to the evaluation of option contracts in supply chains. *Automatica*, 40(5), 743-756.
79. Inderfurth, K., & Kelle, P. (2011). Capacity reservation under spot market price uncertainty. *International Journal of Production Economics*, 133(1), 272-279.
80. Li, H., Ritchken, P., & Wang, Y. (2009). Option and forward contracting with asymmetric information: Valuation issues in supply chains. *European Journal of Operational Research*, 197(1), 134-148.
81. Barnes-Schuster, D., Bassok, Y., & Anupindi, R. (2002). Coordination and flexibility in supply contracts with options. *Manufacturing & Service Operations Management*, 4(3), 171-207.
82. Geldhof, G. J., Preacher, K. J., & Zyphur, M. J. (2014). Reliability estimation in a multilevel confirmatory factor analysis framework. *Psychological methods*, 19(1), 72.

83. Cao, M., Vonderembse, M. A., Zhang, Q., & Ragu-Nathan, T. S. (2010). Supply chain collaboration: conceptualisation and instrument development. *International Journal of Production Research*, 48(22), 6613-6635.
84. Powell, C. (2003). The Delphi technique: myths and realities. *Journal of advanced nursing*, 41(4), 376-382.
85. Chin, W. W., & Todd, P. A. (1995). On the use, usefulness, and ease of use of structural equation modeling in MIS research: A note of caution. *MIS quarterly*, 237-246.
86. Schumacker, R. E., & Lomax, R. G. (2004). *A beginner's guide to structural equation modeling*. psychology press.
87. Patil, S. K., & Kant, R. (2014). A fuzzy AHP-TOPSIS framework for ranking the solutions of Knowledge Management adoption in Supply Chain to overcome its barriers. *Expert systems with applications*, 41(2), 679-693.
88. Gogus, O., & Boucher, T. O. (1998). Strong transitivity, rationality and weak monotonicity in fuzzy pairwise comparisons. *Fuzzy Sets and Systems*, 94(1), 133-144.
89. Ertuğrul, İ., & Karakaşoğlu, N. (2007). Fuzzy TOPSIS method for academic member selection in engineering faculty. In *Innovations in E-learning, instruction technology, assessment, and engineering education* (pp. 151-156). Springer, Dordrecht.
90. Dupačová, J. (1995). Multistage stochastic programs: The state-of-the-art and selected bibliography. *Kybernetika*, 31(2), 151-174.
91. Durrett, R. (2010). *Probability: Theory and Examples*. Cambridge University Press.
92. Sodhi, M. S. (2005). Managing demand risk in tactical supply chain planning for a global consumer electronics company. *Production and Operations management*, 14(1), 69-79.
93. Heitsch, H., & Romisch, W. (2005, June). Generation of multivariate scenario trees to model stochasticity in power management. In *2005 IEEE Russia Power Tech* (pp. 1-7). IEEE.
94. Hwang, C. L., & Masud, A. S. M. (2012). *Multiple objective decision making—methods and applications: a state-of-the-art survey* (Vol. 164). Springer Science & Business Media.
95. Fattahi, M., Mahootchi, M., & Husseini, S. M. (2016). Integrated strategic and tactical supply chain planning with price-sensitive demands. *Annals of operations research*, 242(2), 423-456.

پوست

پیوست ۱: پرسشنامه دلفی - شناسایی مهمترین معیارها

پاسخگوی گرامی

پرسشنامه حاضر به منظور شناسایی معیارهای پایداری و ریسک های تأمین کنندگان در انتخاب بهترین تأمین کننده در صنعت نفت و به طور خاص قیر یکی از مشتقات نفتی تهیه شده است، بنابراین با ارائه پاسخ های دقیق موجبات غنای این تحقیق را ارائه دهید.

پیشاپیش از همکاری شما متشکرم

هر یک از معیارهای زیر برای انتخاب تأمین کنندگان پالایشگاه قیر چقدر مهم است؟						
شاخص پایداری	های	معیارها	نماد	بسیار زیاد	زیاد	معتدلاً
اقتصادی		کیفیت	ECO1			
		قیمت محصول	ECO2			
		سهم بازار	ECO3			
		زمان پاسخگویی به مشتری	ECO4			
		اختلال در فرآیند تولید	ECO5			
		تأخیر در ارسال محصول	ECO6			
		رضایت مشتری	ECO7			
		شکایات مشتری	ECO8			
		در دسترس بودن محصول	ECO9			
		سطح موجودی محتاطانه	ECO10			
		هزینه کل لجستیک	ECO11			
		ارزش افزوده	ECO12			
		بهره وری	ECO13			
		بازگشت سرمایه	ECO14			
		cash-to-cash	ECO15			
		چرخه بازگشت سرمایه ، استفاده از هزینه	ECO16			
		شرایط تحویل	ECO17			
		میزان بهره برداری از انبار	ECO18			
		سطح تکنولوژی	ECO19			
		مدت زمان ارائه محصول به بازار	ECO20			
		زمان چرخه سفارش محصول	ECO21			
		عملکرد ردیابی محصول	ECO22			
		انعطاف پذیری در سفارشات	ECO23			
		زمان تحویل	ECO24			

					ECO25	موقعیت مالی	
					ECO26	نوسان در عرضه محصول	
					ECO27	ثبات اقتصادی	
					ENV1	صرفه جویی در مصرف آب	زیست محیطی
					ENV2	بهره برداری از انرژی مصرف شده در هر انبار	
					ENV3	سیستم مدیریت زیست محیطی	
					ENV4	انتشار گازهای خطرناک	
					ENV5	انتشار دی اکسید کربن	
					ENV6	زنجیره تأمین سبز	
					ENV7	انتشار سایر آلاینده ها	
					ENV8	صرفه جویی در مصرف سوخت	
					ENV9	قابلیت تحقیق و توسعه	
					ENV10	بهره برداری از زمین	
					ENV11	کاهش ضایعات	
					ENV12	بهینه سازی حمل و نقل جاده ای	
					ENV13	درصد بسته بندی قابل بازیافت	
					ENV14	درصد بسته بندی های قابل استفاده مجدد	
					ENV15	کاهش خسارات به تجهیزات و پس افت ها	
					ENV16	کاهش از کار افتادگی تجهیزات	
					ENV17	بهره برداری از منابع طبیعی	
					ENV18	مصرف سوخت	
					ENV19	مصرف آب	
					ENV20	استفاده از فناوریهای پاک	
					ENV21	استفاده از زمین	
					ENV22	ضایعات و بازیافت	
					ENV23	مصرف انرژی	
					ENV24	استفاده از مواد مضر برای محیط زیست	
					SOC1	بهداشت و ایمنی کار	اجتماعی
					SOC2	توجه به سیاست های اجتماعی	
					SOC3	میزان حوادث	
					SOC4	پیمانکاران و تامین کنندگان آموزش دیده در رویه های بهداشتی و سلامت	
					SOC5	نظم و انضباط و امنیت (امنیت نیروی انسانی، ایمنی کار)	
					SOC6	ایمنی کارگر	
					SOC7	تعداد مشاغل ایجاد شده	
					SOC8	نفر ساعت آموزش کارمندان	
					SOC9	غیبت شغلی	
					SOC10	رضایت کارکنان	
					SOC11	پیشنهادهای نوآورانه	

					SOC12	تعدیل نیرو
					SOC13	برابری فرصتهای شغلی
					SOC14	رضایت شرکا
					SOC15	کاهش سر و صدا
					SOC16	کاهش ازدحام ناشی از عملیات در انبارها
					SOC17	میزان فعالیت در مناطق صنعتی
					SOC18	بعد اجتماعی
					SOC19	مشارکت در فعالیتهای اجتماعی
					SOC20	قراردادهای بلند مدت کاری با افراد

پیوست ۲: پرسشنامه دوم (پرسشنامه تعیین تخصص)

پاسخگوی گرامی

لطفا میزان شناخت و آگاهی خود را از سوالات زیر علامت بزنید. پیشاپیش از همکاری شما متشکرم

سوالات	بسیار زیاد	زیاد	مناسب	ناخودآگاه	خ
میزان آگاهی از زنجیره تأمین شرکت					
آشنایی با تأمین کنندگان شرکت					
میزان مشارکت در انتخاب تأمین کننده					

پیوست ۳: پرسشنامه مقایسه زوجی معیارها

راهنمایی

معیارهای هر سطر را با معیارهای هر ستون مقایسه کنید. اگر اهمیت هر دو معیار یکسان است، عدد ۱ را علامت گذاری کنید. اگر معیار مندرج در سطر مهمتر است، به همان اندازه که با اهمیت تر است عدد مناسب را وارد کنید. به عنوان مثال، اگر معیار مندرج در سطر ۳ درجه مهمتر است، عدد ۳ را وارد کنید. اما اگر معیار مندرج در ستون مهم تر است، عدد را به صورت معکوس وارد کنید. توجه داشته باشید که زیر قطر اصلی نیازی به تکمیل ندارد.

بر اساس انتخاب پایدار تأمین کنندگان، اهمیت هر یک از ابعاد را در ارتباط با یکدیگر تعیین کنید:

معیارهای زیست محیطی	معیارهای اجتماعی	معیارهای اقتصادی	انتخاب تأمین کننده پایدار
		۱	معیارهای اقتصادی
	۱		معیارهای اجتماعی
۱			معیارهای زیست محیطی

اهمیت هر یک از زیرمعیارهای بعد اقتصادی را در ارتباط با یکدیگر تعیین کنید:

نوسان در عرضه محصول	هزینه کل لجستیک	اختلال در فرآیند تولید	قیمت محصول	کیفیت محصول	بعد اقتصادی
				۱	کیفیت محصول
			۱		قیمت محصول
		۱			اختلال در فرآیند تولید
	۱				هزینه کل لجستیک
۱					نوسان در عرضه محصول

اهمیت هر یک از زیرمعیارهای بعد زیست محیطی را در ارتباط با یکدیگر تعیین کنید:

مصرف انرژی	قابلیت تحقیق و توسعه	انتشار سایر آلاینده ها	سیستم مدیریت زیست محیطی	زیست محیطی
			۱	سیستم مدیریت زیست محیطی
		۱		انتشار سایر آلاینده ها
	۱			قابلیت تحقیق و توسعه
۱				مصرف انرژی

اهمیت هر یک از زیرمعیارهای بعد اجتماعی را در ارتباط با یکدیگر تعیین کنید:

برابری فرصتهای شغلی	رضایت کارکنان	توجه به سیاست های اجتماعی	بهداشت و ایمنی کار	بعد اجتماعی
			۱	بهداشت و ایمنی کار
		۱		توجه به سیاست های اجتماعی
	۱			رضایت کارکنان
۱				برابری فرصتهای شغلی

پیوست ۴: پرسشنامه چهارم (ماتریس تصمیمگیری فازی FTOPSIS)

پاسخگوی گرامی

پرسشنامه حاضر به منظور انجام یک تحقیق دانشگاهی با هدف انتخاب بهترین تامین کنندگان در

شرکت پالایش نفت جی تهیه شده است ، بنابراین با ارائه پاسخ های دقیق موجبات غنای این تحقیق

را ارائه دهید. پیشاپیش از همکاری شما متشکرم

لطفا با توجه به مقیاسهای مندرج در جدول راهنما در ماتریس تصمیمگیری فازی زیر تعیین کنید که

فعالیت تأمین کنندگان تا چه اندازه از این معیارها پیروی می کند؟

راهنمای امتیازدهی در ماتریس تصمیمگیری فازی					
متغیرهای زبانی			خیلی زیاد	زیاد	متوسط
			۵	۴	۳
نحوه نمایش در ماتریس تصمیمگیری			خیلی کم	کم	۱

نماد	گزینه ها / معیارها	i1 پالایش نفت اصفهان	i2 پالایش نفت آبادان	i3 پالایش نفت تبریز	i4 پالایش نفت شازند اراک	i5 پالایش نفت بندرعباس	i6 پالایش نفت تهران	i7 پالایش نفت شیراز	i8 پالایش نفت هرمز	i9 پالایش نفت آناهیتا	i10 پالایش نفت خوزستان
ECO1	کیفیت										
ECO5	اختلال در فرآیند تولید										
ENV3	سیستم مدیریت زیست محیطی										
ENV7	انتشار سایر آلاینده ها										
ENV9	فعالیت قابلیت تحقیق و توسعه										
ENV23	مصرف انرژی										
SOC1	بهداشت و ایمنی کار										
SOC2	توجه به سیاست های اجتماعی										
SOC10	رضایت کارکنان										
SOC13	برابری فرصتهای شغلی										

پیوست ۵: اسناد ارزیابی FMEA

پاسخگوی گرامی

پرسشنامه زیر جهت تعیین میزان ریسک تأمین کنندگان در زنجیره تأمین با استفاده از روش

FMEA است. بنابراین با اختصاص زمان ارزشمند خود، آن را به طور دقیق کامل کنید. پیشاپیش از

همکاری صمیمانه شما متشکرم

روش پاسخ دادن به سوال ها و الگوی امتیازدهی:

سند ارزیابی ریسک برای معیار کیفیت

رتبه	شدت	وقوع	تشخیص
۱۰	ویسکوزیته کمتر از 2400Cst	بیش از ۱۵٪ مواد خریداری شده در دوره	هیچ شناسی برای تشخیص وجود ندارد
۸-۹	ویسکوزیته کمتر از 2600Cst	بیش از ۱۰٪ مواد خریداری شده در دوره	فقط بازرسی تصادفی
۶-۷	ویسکوزیته کمتر از ۳۰۰۰Cst	بیش از ۸٪ مواد خریداری شده در دوره	آزمایش در محیط آزمایشگاهی
۴-۵	ویسکوزیته کمتر از ۳۵۰۰Cst	بیش از ۶٪ مواد خریداری شده در دوره	بازرسی نمونه برداری سخت گیرانه
۲-۳	ویسکوزیته کمتر از 4000Cst	بیش از ۴٪ مواد خریداری شده در دوره	بازرسی عمومی قبل از بارگیری
۱	ویسکوزیته بیشتر از 4000Cst	اتفاق نیافتد	قابل تشخیص

سند ارزیابی ریسک برای معیار اختلال در فرآیند تولید

رتبه	شدت	وقوع	تشخیص
۱۰	بیش از ۱۰٪ از ظرفیت با اختلال روبرو میشود	بیشتر از ۶ بار در دوره	هیچ شناسی برای تشخیص وجود ندارد
۸-۹	۸٪ از ظرفیت با اختلال روبرو میشود	۵ بار در دوره	قابلیت تشخیص فقط با بازرسی
۶-۷	۶٪ از ظرفیت با اختلال روبرو میشود	۳ بار در دوره	اطلاعات وقوع اختلال را به اشتراک نمیگذارد
۴-۵	۴٪ از ظرفیت با اختلال روبرو میشود	۲ بار در دوره	قابلیت تشخیص وقوع اختلالات با رسد کردن بازار
۲-۳	۲٪ از ظرفیت با اختلال روبرو میشود	۱ بار در دوره	وقوع اختلالات را به اشتراک میگذارد
۱	۱٪ از ظرفیت با اختلال روبرو میشود	اتفاق نمیافتد	قابل تشخیص

سند ارزیابی ریسک برای معیار انتشار سایر آلاینده ها

رتبه	شدت	وقوع	تشخیص
۱۰	مخرب محیط زیست	به صورت مستمر نشر میدهد	هیچ شناسی برای تشخیص وجود ندارد
۸-۹	آسیب به محیط زیست	اغلب مواقع نشر میدهد	دو ی مشخصی ندارد
۶-۷	مخرب محیط زیست محوطه	گاهگاه نشر میدهد	اطلاعات دوره را به اشتراک نمیگذارد
۴-۵	آسیب به محیط زیست محوطه	بعضی اوقات نشر میدهد	پاره ای از اطلاعات دوره را به اشتراک میگذارد
۲-۳	آسیبهای جزئی به محیط زیست	به ندرت نشر میدهد	تمام اطلاعات دوره را کاملاً به اشتراک میگذارد
۱	آسیب چشمگیری به محیط زیست وارد نمیشود	هیچ آلاینده ای نشر نمیدهد	از دوره قبل کاملاً قابل تشخیص میباشد

سند ارزیابی ریسک برای معیار بهداشت و ایمنی کار

رتبه	شدت	وقوع	تشخیص
۱۰	بلایای ویرانگر برای کارگران	بیشتر از ۶ بار در دوره	هیچ شناسی برای تشخیص وجود ندارد
۸-۹	بیشتر از ۳۰٪ نقص عضو	۵ بار در دوره	به ندرت قابل تشخیص
۶-۷	بیشتر از ۲۰٪ نقص عضو	۳ بار در دوره	گاهگاه قابل تشخیص
۴-۵	نقص عضو جزئی	۲ بار در دوره	معمولاً قابل تشخیص
۲-۳	آسیبهای جزئی	۱ بار در دوره	اکثر اوقات قابل تشخیص
۱	بدون هیچگونه تنش و آسیب	اتفاق نمیافتد	کاملاً قابل تشخیص

بر اساس هدف تحقیق، امتیاز معیارهای زیر را در ارتباط با شدت، وقوع و تشخیص تعیین کنید:

تأمین کننده	اختلال در فرآیند تولید	انتشار سایر آلاینده ها	بهداشت و ایمنی کار
	شدت وقوع تشخیص	شدت وقوع تشخیص	شدت وقوع تشخیص
i1 پالایش نفت اصفهان			
i2 پالایش نفت آبادان			
i3 پالایش نفت تبریز			
i4 پالایش نفت سازند اراک			
i5 پالایش نفت بندرعباس			
i6 پالایش نفت تهران			
i7 پالایش نفت شیراز			
i8 پالایش نفت هرمز			
i9 پالایش نفت آنالیتا			
i10 پالایش نفت اصفهان			

Abstract

Considering the importance of selecting suppliers based on the dimensions of sustainability in the supply chain, after identifying and selecting sustainability and risk criteria in accordance with Jey Oil Refining Company, by developing a multi-stage stochastic program and creating a risk constraint by the CVaR risk value criterion for quantitative criteria. Also, in terms of points calculated by FTOPSIS and FMEA methods for quality criteria, the optimal selection of suppliers, sourcing strategy and order allocation in a multi-period supply chain planning under operational risk and disruption were discussed. In order to reduce supply risk and achieve a flexible planning as a mitigation strategy, the option contract and the trading market were considered as two options to supply raw materials. The products demand, the market price of the materials, the purchase price and the apply price of the option contract, the supply quantity and the supply quantity of the option contract are random. To model uncertainty, discrete scenarios are generated through a simulation approach, and then, a scenario reduction method is used to construct a scenario tree. The application of the stochastic model, the performance of risk measurement policies, and the importance of mitigation strategies to provide some managerial insights have been investigated.

Keywords: Sustainable Supply Chain (SSC), Risk Management, Fuzzy TOPSIS Technique, FMEA, multi-stage stochastic programming, CVaR, Financial Derivatives, option contract, mitigation Strategy



Shahrood University of
Technology

Faculty of Industrial Engineering and Management

M.Sc. Thesis in Master of Business Administration
Operations and supply chain

Sustainable supplier selection in terms of supplier risk (Case study: Oil industry)

By: Ahmad Reza karami

Supervisor:
Dr. Mohammad Fattahi

Advisor:
Dr. Aliakbar Hasani

March 2022