دسترسی در سایتِ http://jnrm.srbiau.ac.ir
سال نهم، شماره چهل و دوم، خرداد و تیر ۱۴۰۲
شماره شاپا: ۲۵۸۸-۵۸۸X

JNRM
پژوهش‌های نوین در ریاضی

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

بهینه‌سازی مساله انتخاب شریک با رویکرد شرکت مجازی و زمانبندی حمل و نقل مشارکتی

نازنین قاسمی[۱]، علی حسین‌زاده کاشان[۲*]، سید اسماعیل نجفی[۱]

(۱) گروه مهندسی صنایع، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

(۲) دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ ارسال مقاله: ۱۴۰۰/۱۱/۱۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۹/۰۹

چکیده

در تجارت رقابتی امروز، شرکت‌ها بی وقفه به دنبال راه‌های جدید برای کاهش هزینه‌ها و بهبود کیفیت محصولات خود هستند. یک شرکت برای ماندگاری در بازار به منابع مختلفی احتیاج دارد که تامین این منابع برای شرکت-های کوچک و متوسط می‌تواند چالش برانگیز است. بنابراین، شرکت‌ها برای رسیدن به اهداف مشترکشان ظرفیت-های خود را با یکدیگر به اشتراک می‌گذارند. این اشتراک‌گذاری می‌تواند تحت عنوان یک شرکت مجازی صورت گیرد. شرکت مجازی یک اتحاد اقتصادی است که در آن چندین شرکت توانایی‌های خود را برای تهیه محصولات و خدمات خاص ارائه می‌دهند. اموری که به طور سنتی توسط یک شرکت واحد صورت می‌پذیرفت. از مزایای شرکت مجازی نسبت به شرکت های سنتی می‌توان به ساختار انعطاف‌پذیر و ارائه‌ی پاسخ سریع به بازار اشاره کرد. شرکت مجازی باید شرایط تولید محصولات و خدمات را با هزینه کمتر، کیفیت بالاتر، ریسک کمتر و مدت زمان کوتاهتر فراهم کند. بنابراین، انتخاب شریک مناسب برای تکمیل پروژه‌ها یک امر مهم و حیاتی جهت موفقیت در ایجاد همکاری بین شرکت‌ها است. در این مطالعه، یک مدل انتخاب شریک جدید مبتنی بر مفهوم شرکت مجازی با در نظر گرفتن حمل و نقل مشترک ارائه شده است. مدل پیشنهادی یک برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط (MILP) برای انتخاب شریک تحت فرضیات مشخص در شرایط قطعی ارائه شده است. هم چنین، یک مثال عددی برای بررسی رفتار مدل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و نتایج آن گزارش شده است. نهایتا، حساسیت تابع هدف توسط برخی پارامترها تحلیل می‌شود و نتایج نشان می‌دهد که با افزایش دو پارامتر حداکثر تعداد زیر پروژه‌هایی انجام شده توسط یک شریک و ظرفیت حمل و نقل، مجموع هزینه‌های شبکه یا کاهش پیدا می‌کند یا تغییری نمی‌کند.

واژه‌های کلیدی: انتخاب شریک، شرکت مجازی، حمل و نقل مشترک.

* عهده‌دار مکاتبات: Email: a.kashan@modares.ac.ir

۱- مقدمه

در دنیای امروز، سازمان‌ها به دنبال روش‌های جدید برای کاهش هزینه‌های خود و بهبود کیفیت محصولات خود برای رقابت در محیط کسب و کار هستند. آنها برای ماندگاری در بازار به‌منابع مختلفی نیاز دارند که بدون شک برای شرکت‌های کوچک و متوسط هزینه بر است. از طرف دیگر، حتی شرکت-های بزرگ نیز به دلیل ساختار پیچیده‌ای که دارند، انعطاف پذیری کافی برای انطباق با تغییرات مکرر تقاضا را ندارند. این مسائل سازمان‌ها را به همکاری با یکدیگر ترغیب می‌کند. به این ترتیب، آنها می-توانند در برخی از پروژه‌های بزرگ شرکت کنند در حالی که فقط مسئولیت جزئی از این پروژه بزرگ را بر عهده دارند [۱].

در یک زنجیره تولید، محصولات باید از چندین مرحله در فرآیند ارزش آفرینی زنجیره تامین، تا زمان تحویل به محصول نهایی، عبور کنند. بنابراین، برای بهبود عملکرد کلی شبکه درتولید و ارائه خدمات، اعضای آن باید به عنوان بخشی از یک سیستم واحد عمل کنند و با هم کار کنند[۲]. برای ایجاد همکاری در زنجیره تأمین، اشتراک منابع شبکه بین اعضا بسیار حیاتی است. همچنین ، مشارکت در فرآیند تصمیم گیری و اطمینان از اشتراک شبکه یک مفهوم اساسی است [۳]. همکاری تأثیر بسزایی در موفقیت استراتژیک شرکت در دنیای تجارت رقابتی دارد. همکاری رسمی بین دو یا چند سازمان مستقل برای دستیابی به یک هدف خاص تجاری سودمند است. این گروه از شرکتهای مستقل یک شرکت موقت واحد را تشکیل می‌دهند. هر گروه از شرکت‌ها طیف وسیعی از قابلیت‌ها و منابع حل مسئله را در اختیار دارند. برای بهینه سازی عملکرد شرکا، باید شبکه طراحی شود و مدیریت موثری داشته باشد. از آنجا که مشارکت بین شرکت‌ها یک روش معمول برای حفظ مزیت رقابتی در شبکه است، انتخاب شریک یک تصمیم گیری حیاتی برای شرکت است [۲].

در یک ساختار مشارکتی، همه اعضا به طور پویا برای دستیابی به‌اهداف از طریق به اشتراک گذاشتن اطلاعات، دانش، ریسک و سود با یکدیگر همکاری می‌کنند. بنابراین، یک همکاری راهبردی در شبکه بدون همکاری و اشتراک اطلاعات امکان‌پذیر نیست [۲]. با رشد سریع رقابت در فضای تولید جهانی، یک رویکرد شرکت مجازی ، به عبارت دیگر، یک اتحاد پویا ، برای تأمین نیازهای بازار برای کیفیت ، پاسخگویی و رضایت مشتری مورد نیاز است. یک شرکت مجازی(VE^2) اتحادی موقت از شرکت هایی است که مهارت ها یا شایستگی ها و منابع اصلی را برای پاسخگویی بهتر به فرصت های تجاری به اشتراک می گذارند و همکاری آنها توسط شبکه های رایانه‌ای پشتیبانی می‌شود. این جلوه‌ای از شبکه مشارکتی و مورد خاصی از سازمان مجازی است ، همچنین یک همکاری رسمی بین دو یا چند سازمان مستقل برای دستیابی به یک هدف تجاری خاص. به این ترتیب، برای انجام یک پروژه مشترک، یک سازمان تجارتی موقت بین شرکای تجاری از منطقه‌های پراکنده جغرافیایی ایجاد می‌شود. هنگامی که محیط شرکت مجازی در اندازه و پیچیدگی رشد می‌کند، اهمیت مدیریت این پیچیدگی افزایش می‌یابد و نحوه انتخاب یک شریک مناسب به یک مسئله اساسی تبدیل می شود[۴].

طراحی و ساخت محصولات یا خدمات جدید اغلب به استعدادهای بسیاری از متخصصان نیاز دارد. هنگامی که بسیاری از شرکت ها تخصص خود را برای ایجاد یک محصول یا خدمات ترکیب می‌کنند، نتیجه آن را یک شرکت مجازی می نامند. یک شرکت مجازی باید سریعاً توسعه یابد تا به فرصت های جدید پاسخ دهد و در صورت از بین رفتن نیاز

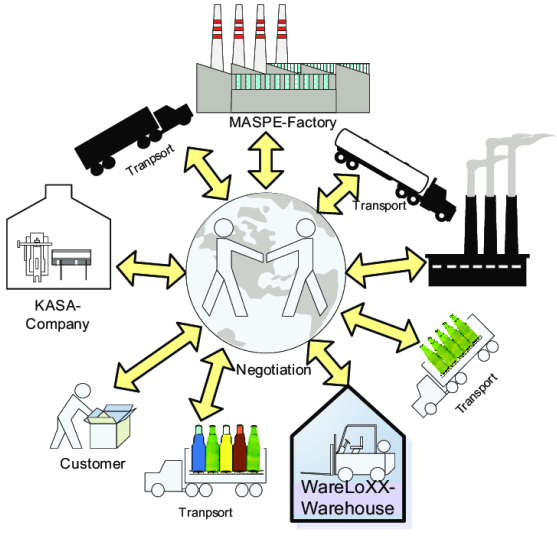
[2] Virtual Enterprise

منحل شود. این اصطلاح جمعی شامل شرکت ها ، مشاغل کوچک ، موسسات غیرانتفاعی، ارگان های دولتی و احتمالاً سازمان های دیگر است. آنها یک مدل سازمانی در حال تکامل دارند که به اندازه کافی انعطاف پذیر خواهد بود تا از یک فرصت خاص مبتنی بر زیرساخت های فنی و فناوری های اطلاعاتی که توسط شبکه های ارتباطی / رایانه ای نمایندگی می شوند ، بهره برداری کنند. شرکت مجازی یک کار اقتصادی است که در آن چندین عضو نقاط قوت خود را برای ارائه محصولات و خدمات خاص ، که به طور سنتی توسط یک شرکت واحد ارائه می شود ، تقسیم می کنند. شرکت مجازی باید محصولات و خدمات تولیدی را با هزینه کمتر، کیفیت بالاتر، ریسک کمتر و مدت زمان کوتاهتر ارائه دهد.

از مزایای شرکت مجازی نسبت به شرکت های سنتی می توان به ساختار انعطاف پذیر و پاسخ سریع به بازار اشاره کرد[۵]. شرکتهای مجازی حضور فیزیکی و زیرساختی کمی دارند و یا اصلاً ندارند، به شدت به ارتباطات از راه دور و شبکه هایی مانند اینترنت متکی هستند و معمولاً با تحقق هدفشان یا از بین رفتن فرصت منحل می‌شوند.

چابک ، انعطاف پذیر و روان ، به شدت متمرکز و هدف محور هستند و بر اساس نیازهای اندک سرمایه گذاری ، کم راه اندازی و هزینه های سربار و زمان پاسخگویی سریع موفق می شوند. اعضای شرکت مجازی که از نظر جغرافیایی در مکان های مختلف قرار گرفته اند، براساس نقاط قوت اصلی خود از هر کجا که باشند و هر زمان که بتوانند این کار را انجام می دهند و در پی یافتن فرصتی دیگر، به رقبا تبدیل می شوند. این فرآیند را شرکت مجازی نیز می نامند.

یک شرکت مجازی به چندین روش توسعه می یابد. به عنوان مثال ، فرض کنید که یک شرکت برای یک پروژه بزرگ قرارداد می بندد و نمی تواند کل کار را با ظرفیت خود به اتمام برساند ، بنابراین این شرکت پروژه را به چندین پروژه فرعی تقسیم کرده و شریک مناسب برای هر پروژه فرعی را انتخاب می کند. به این ترتیب، موفقیت یک شرکت مجازی به انتخاب شرکا وابسته است [۵]. در این فرآیند ، مدل سازی معیار ، استانداردها و ابزارها بسیار قابل توجه است [۶]. شکل ۱ مفهوم ساختار یک شرکت مجازی را نشان می‌دهد.



شکل ۱: مفهوم یک شرکت مجازی

در این مطالعه، یک مدل انتخاب شریک جدید ارائه شده است. این مدل مبتنی بر مفهوم شرکت مجازی می باشد. مدل پیشنهادی یک برنامه¬ریزی خطی عدد صحیح مختلط (MILP) برای انتخاب شریک تحت فرضیاتی در شرایط قطعی ارائه شده است. مدل ریاضی پیشنهادی توسط فرضیات جدید فرموله شده است. در این مدل حمل و نقل به صورت مشترک در نظر گرفته شده است و مساله در حالت چند پروژه ای ارائه گردیده است.

این مقاله به شرح زیر طبقه بندی می شود: بخش ۲ مطالعات اخیر را در زمینه موضوع تحقیق ارائه می دهد، بخش ۳ مسئله، پارامترها، متغیرهای آن و مفروضات استفاده شده در این مقاله را بیان می کند. بخش ۴ مدل را با یک مثال عددی تست می کند و مدل توسط Lingo حل می شود. بخش ۵ نتایج را تجزیه و تحلیل می کند. در بخش ۶ آنالیز حساسیت را ارائه می شود. سرانجام ، بخش ۷ نتیجه کلی تحقیق را ارائه می دهد.

۲- پیشینه تحقیق

انتخاب بهترین شرکا منجر به ایجاد یک شرکت مجازی می شود. شرکت مجازی برای ادغام هر قسمت از یک پروژه بزرگ با شرکای انتخاب شده همکاری می کند. هر یک از اعضای شرکت مجازی صلاحیت های اصلی خود را در منطقه مانند بازاریابی، مهندسی و تولید فراهم می کند. هنگامی که موقعیت بازار دریافت و انجام می شود ، شرکت مجازی منحل می شود. یک مسئله اساسی در شکل گیری ساختار شرکت مجازی انتخاب شریک مناسب در روند ایجاد یک مشارکت پویاست[۴].

در سال ۱۹۹۶، دیکسون ۲۳ معیار را برای انتخاب شریک پیشنهاد کرد که هنوز هم می تواند معیارهای اصلی را برای انتخاب شریک طبقه بندی کند[۷]. به همین ترتیب ، مطالعه وبر و همکاران در سال ۱۹۹۱ بر روی ۷۴ مقاله نشان داد که بیشترین معیارها، قیمت گذاری ، تحویل ، کیفیت و ظرفیت تولید و محل تولید است. با این وجود ، باید پذیرفت که یک فضای رقابتی در حال رشد می تواند اهمیت نسبی معیارها را تغییر دهد[۸]. در سال ۲۰۰۱ دی بوئر و همکاران یک رویکرد سه مرحله ای در مسئله انتخاب شریک متشکل از معیارها، شناسایی و فرآیند انتخاب پیشنهاد کرد [۹]. دو سال بعد، آی پی و همکاران مسئله انتخاب یک شریک مبتنی بر ریسک را الگوبرداری کردند [۴]. هدف از این مطالعه کاهش خطر شکست هر یک از شرکا و کل پروژه بود. همچنین ، هوانگ و همکاران، یک سال بعد، رویکرد شرکت مجازی را در یک بازار رقابتی در نظر گرفت[۱۰].

ژائو و همکاران در سال ۲۰۰۸ موضوع انتخاب شریک را با محدودیت اولویت و مهلت تحویل مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. این مطالعه با هدف ارائه یک تجزیه و تحلیل نظری بر اساس مسئله انتخاب شریک و ایجاد یک الگوریتم ازدحام ذرات کارآمد شامل مکانیزم های جدید و به حداقل رساندن هزینه کل پروژه هنگامی که پروژه در آخرین مهلت آن به پایان می رسد، انجام پذیرفت[۵]. کریسپیم و دی سوس در سال ۲۰۰۹ رویکرد شرکت مجازی را با ابزار) MADM تصمیم گیری چند معیاره) توسعه دادند. آنها VE را جایگزین رتبه بندی کردند[۱۱]. ژنگ و همکاران در سال ۲۰۱۳ یک مدل انتخاب شریک با معیارهای سبز ، شامل ۴ هدف و ۶ محدودیت ، ارائه دادند. برای حل این مشکل ، یک الگوریتم بهبود یافته جدید ، معروف به الگوریتم ژنتیک پارتو (Pareto-PSGA) ، برای مسئله خاص انتخاب شریک PSP طراحی شد. نتایج نشان می دهد که این الگوریتم نسبت به دیگر الگوریتم های فراابتکاری در مدت زمان کوتاه تر و کارآمدتر است [۱۲].

در سال ۲۰۱۴دائو و همکاران مسئله انتخاب شریک را با حمل و نقل مشترک و یک حالت چند

پروژه ای ادغام کردند[۱۳]. وو و بارنز دو سال بعد با انتخاب روش ANP و MOP موضوع انتخاب یک شریک سبز و ایجاد یک زنجیره تأمین را ارزیابی کردند. این مدل راهی جدید برای حل مشکل انتخاب یک شریک سبز ، ایجاد یک زنجیره تأمین به طور کارآمد و امکان تصمیم گیرندگان برای به حداقل رساندن تأثیرات منفی زیست محیطی زنجیره تأمین در حالی که عملکرد تجاری را به حداکثر می رساند، ارائه می دهد[۱۴]. در همان سال، مهرجردی و علیپور مدل زنجیره تأمین را با دو تامین کننده و دو خرده فروش ارائه دادند. در این راستا ، روشی برای شبیه سازی جهت گیری های تأمین کننده (خرده فروشان) برای انتخاب جریان نزولی (رو به بالا) در مسئله انتخاب شریک و تأثیر گزینه های سیاسی آنها بر کل زنجیره تأمین ارائه شده است. در این مطالعه ، یک شبیه سازی برای یک سیستم پویا ارائه شده است [۲].

منگ و همکاران در سال ۲۰۱۹ مسئله انتخاب شریک را با رویکرد INPRs (روابط ترجیحی نوتروزفیک فاصله ای) تجزیه و تحلیل کرد. آنها از این روش برای مدیریت عدم اطمینان و احتمال و انتخاب بهترین انتخاب استفاده کردند. تسو و همکاران ارتباط بین مشکلات انتخاب شریک و توسعه خدمات جدید را در نظر گرفت. در این تحقیق، آنها معیارهایی را برای انتخاب شریک، قابلیت اطمینان، سازگاری و تخصص ارائه دادند. در این میان، عوامل پیشنهادی قابلیت اطمینان و سازگاری تأثیر بیشتری دارند[۱۵]. چنگ و تانگ نیز در همان سال با در نظر گرفتن استراتژی های انتخاب شریک با چندین چارچوب عامل اصلی ، سرمایه های خطر پذیر را مطالعه کردند این مطالعه عدم قطعیت را اعمال می کند و هدف کشف و تجزیه و تحلیل تأثیر این امر بر عملکرد سرمایه گذاری و شرایط مرزی است [۱۶].

در سال ۲۰۲۰ وو و همکاران یک مدل بهینه سازی ۴ مرحله ای سیستماتیک برای ایجاد یک انتخاب شریک پایدار را ارائه دادند[۱۷]. آنها در مطالعه خود از تئوری Dempster-Shafer و NSGA-II استفاده کردند. وانگ و همکاران در سال ۲۰۲۱ رویکرد جدیدی برای انتخاب شریک ارائه دادند. در این تحقیق، شرکا از اطلاعات خصوصی خود استفاده می‌کنند و بهترین گزینه با توجه به صحت اطلاعات شخصی آنها با هزینه بهینه انتخاب می شود. بنابراین مکانیزمی برای تعیین صحت اطلاعات ارائه شده است [۱۸].

در جدول ۱ چندین مطالعه در مورد انتخاب شریک ذکر شده است. مساله انتخاب شریک در اکثر تحقیقات مورد مطالعه قرار گرفته بر روی یک پروژه واحد و حمل و نقل جداگانه تمرکز داشته است.

جدول۱: مرور تحقیقات انجام شده

No.	نویسندگان	شبکه	روش	تعداد پروژه
۱	آی پی و همکاران [۴]	منفرد	مدلسازی ریاضی	تک پروژه ای
۲	هوانگ و همکاران[۱۰]	منفرد	تصمیم گیری چند معیاره	تک پروژه ای
۳	ژائو و همکاران [۵]	منفرد	مدلسازی ریاضی	تک پروژه ای
۴	کریسپسم و دی سوس [۱۱]	منفرد	تصمیم گیری چند معیاره	تک پروژه ای
۵	کریسپسم و دی سوس [۱۹]	منفرد	تصمیم گیری چند معیاره	چند پروژه ای
۶	سالسویک و اینچوا [۲۰]	مشترک	FCA	تک پروژه ای
۷	یو و وانگ [۲۱]	منفرد	تصمیم گیری چند معیاره	چند پروژه ای
۸	ژنگ و همکاران [۱۲]	منفرد	مدلسازی ریاضی	تک پروژه ای
۹	کیو آی و چن [۲۲]	منفرد	مدلسازی ریاضی	تک پروژه ای

تک پروژه ای	تصمیم گیری چند معیاره	منفرد	کریسپیم و همکاران [۲۳]	۱۰
چند پروژه ای	مدلسازی ریاضی	مشترک	دائو و همکاران [۱۳]	۱۱
چند پروژه ای	مدلسازی ریاضی	منفرد	عبدالسلام ومحمد [۲۴]	۱۲
تک پروژه ای	تصمیم گیری چند معیاره	منفرد	پراکاش و بارائو [۲۵]	۱۳
تک پروژه ای	مدلسازی ریاضی	منفرد	وو و بارنس [۱۴]	۱۴
تک پروژه ای	سیستم پویا	منفرد	مهرجردی و علیپور [۲]	۱۵
تک پروژه ای	تصمیم گیری چند معیاره	منفرد	سلامت و همکاران [۲۶]	۱۶
تک پروژه ای	IVC	منفرد	چنگ و تنگ[۱۶]	۱۷
تک پروژه ای	تصمیم گیری چند معیاره	منفرد	منگ و همکاران[۱۵]	۱۸
تک پروژه ای	تصمیم گیری چند معیاره	منفرد	وو و همکاران[۱۷]	۱۹
تک پروژه ای	مدلسازی ریاضی	مشترک	ونگ و همکاران[۱۸]	۲۰
چند پروژه ای	مدلسازی ریاضی	مشترک	این مطالعه	

۳- بیان مساله

برای موفقیت در بازار جهانی رقابتی امروز، شرکت-های تولیدی باید نوآور، انعطاف‌پذیر، سازگار و پاسخگو در برابر تغییرات باشند. یک شرکت مجازی یکی از راه حل‌های تجاری امیدوار کننده برای پویایی بازار امروز است. ایده شرکت مجازیبرای اولین بار در سال ۱۹۹۰ ارائه شد. تعریف معروف شرکت مجازی به عنوان "اتحاد موقت" شرکت‌هایی است که می‌توانند منابع و شایستگی‌های اصلی را برای پاسخگویی بهتر به موقعیت‌های تجاری خود به اشتراک بگذارند. هدف از شرکت مجازی بهره‌برداری موثر از مزایای شرکت‌های ثبت شده از طریق همکاری و شبکه‌سازی است[۲۷]. شرکت مجازی ائتلافی موقتی از سازمان‌های مختلف، مستقل و مستقر در مکان‌های مختلف جغرافیایی است که منابع خود را برای رسیدن به اهداف کوتاه مدت به اشتراک می گذارند و به سرعت روند تغییرات بازار را استخراج می‌کنند. شرکت مجازی هیچ کارمند و منبعی ندارد. هر یک از اعضا به نوبه خود شرایط لازم را برای بازاریابی، مهندسی و تولید برای شرکت مجازیفراهم می‌کند. وقتی نیاز بازار برآورده و انجام شود، شرکت مجازیمنحل می‌شود. یک مسئله اساسی در شکل‌گیری ساختار شرکت مجازی انتخاب شریک مناسب در روند ایجاد یک اتحاد پویا است[۲۸].

از مزایای شرکت مجازینسبت به شرکتهای سنتی می توان به ساختار انعطاف پذیر و پاسخ سریع به بازار اشاره کرد. گروهی موقت از سازمانهای مختلف که از یک فرصت کوتاه مدت و پرخطر استفاده می کنند. بنگاه‌های اقتصادی مجازی بسیار چابک هستند و مبتنی بر فناوری نوآورانه جدید هستند.

شرکت مجازی به صورت زیر تشکیل می‌شود: شرکتی به نام شرکت پایه پروژه بزرگی را می‌پذیرد، اما به دلیل محدودیت ظرفیت و کمبود منابع نمی تواند پروژه را به تنهایی انجام دهد. بنابراین، شرکت پایه پروژه را به چندین پروژه فرعی تقسیم می کند و هر قسمت را به یک شریک اختصاص می دهد و فقط مونتاژ نهایی توسط شرکت پایه انجام می شود. شرکت پایه شرکت های دیگر را به مناقصه سایر زیر پروژه ها دعوت می کند. شرکای مناسب برای تکمیل زیر پروژه ها انتخاب می‌شوند. در نتیجه، همکاری بین شرکت پایه و شرکای آن منجر به تکمیل کل پروژه در یک زمان مشخص با کیفیت استاندارد و هزینه کمتر خواهد شد. پس از اتمام پروژه ، این اتحاد منحل می شود. یک مسئله مهم برای ایجاد یک شرکت مجازی موفق ، انتخاب شرکای مناسب است و به این دلیل دلیل این مساله را مساله انتخاب شریک می نامند[۲۷].

چرخه زندگی شرکت مجازی دارای ۴ مرحله است و موفقیت آن اساساً به مرحله ۱ بستگی دارد، که انتخاب شریک مناسب است. این چهار مرحله به شرح زیر است:

۱) ایجاد
۲) عملیات
۳) تکامل
۴) راه حل

بیشتر پروژه ها در شرکت مجازی نیاز به حمل و نقل بین شرکت پایه و شرکای آن دارند. تحقیقات گذشته در این زمینه فرض می کند که هر زیر پروژه به حمل و نقل نیاز دارد و حمل و نقل منفرد به دلیل هزینه ثابت بالا مفید نیست. برای کاهش این هزینه ثابت، از یک استراتژی حمل و نقل مشترک استفاده می‌شود که در آن از دو یا چند شرکت حمل و نقل از طرف شریک برای تقسیم ظرفیت وسیله نقلیه و روند تحویل استفاده می‌شود. برای کاهش هزینه‌ها و زمان، معمولاً یک شریک بیش از یک زیر پروژه را انجام می دهد و یک محموله معمولاً پس از عبور از چندین شریک به شرکت پایه می رود. این نوعی حمل و نقل مشترک است. حمل و نقل مشترک منجر به پاسخ سریع، سیاست جایگزینی متداوم و موجودی مدیریت شده توسط فروشنده (VMI) می‌شود. هدف از حمل و نقل مشترک کاهش موجودی کالا است VMI توانایی ارائه پاسخی سریع و به موقع به تقاضای واقعی را دارد. مزایای اصلی VMI کاهش موجودی کالا و کاهش کل هزینه است. با وجود مزایای بیشمار VMI، برخی نگرانی ها وجود دارد. در ابتدا، سیستم VMI مسئولیت بیش از حد را به عهده تولید کننده می گذارد. به طور معمول، خرده فروش این قانون را تعیین می کند تا تولید کننده انتخاب زیادی نداشته باشد.

علاوه بر این، تولید کننده مسئول هر گونه اختلاف موجودی است. دومین نقص این است که سیستم VMI همکاری با حامل های توزیع را در نظر نمی گیرد. محدودیت‌های ظرفیت حامل ها ممکن است با تأخیر در زمان انتقال توزیع، کارایی زنجیره تأمین را مخدوش کنند.

در سیستم‌های حمل و نقل غیرمتمرکز، به دلیل فقدان یک سیستم یکپارچه، برخی از معایب ممکن است به سیستم تحمیل شود، از جمله تصمیمات شخصی شرکت های حمل کننده که فقط سعی می‌کنند اهداف خود را برآورده کنند[۲۹]. بنابراین حمل و نقل مشترک هزینه‌های ثابت را کاهش می‌دهد اما ممکن است زمان اتمام را افزایش دهد. برای بهینه سازی زمان و هزینه، ایجاد تعادل بین تعداد محموله‌ها و زمان اتمام پروژه راه حل مناسبی است. شکل ۲ مدل انتخاب شریک را با شبکه مشترک نشان می‌دهد.

مدل انتخاب شریک پیشنهادی فرضیات زیر را دارد:

- ترکیب مدل انتخاب شریک و حمل‌و نقل مشترک
- در نظر گرفتن حالت چند پروژه ای
- تقسیم هر پروژه به چندین زیر پروژه و اختصاص هر زیر پروژه به شرکتهای منتخب
- هر پروژه‌فرعی‌فقط توسط‌یک‌شریک انجام می‌شود
- تعیین مسیر حمل و نقل شرکت و میزان کالای حمل شده بین هر جفت شرکت شریک و هر شرکت شریک با شرکت پایه
- در نظر گرفتن تنها یک حمل و نقل بین شرکت‌ها (حمل و نقل منفرد)
- درنظر گرفتن فقط یک حمل و نقل برای هر مسیر
- مونتاژ نهایی باید در شرکت پایه انجام شود
- در نظر گرفتن محدودیت ساخت و حمل و نقل
- هزینه حمل و نقل برای هزینه حمل و نقل تعیین می‌شود نه مبلغ حمل و نقل

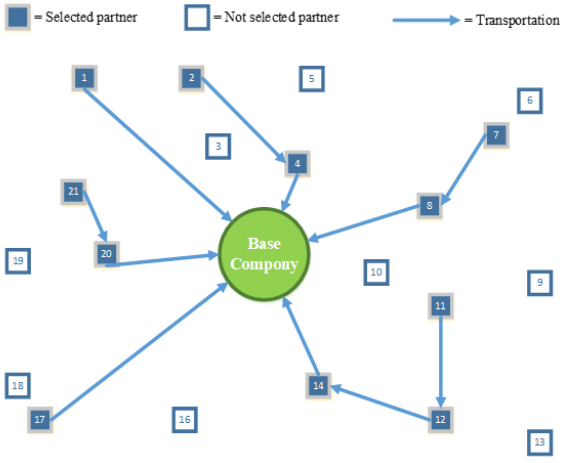
تمام پارامترها و متغیرهای مدل پیشنهادی در جدول ۲ و متغیرهای باینری در جدول ۳ توضیح داده شده‌اند.

جدول۲: پارامترها و متغیرهای مساله انتخاب شریک

q	اندیس مربوط به زیر پروژه
p	اندیس مربوط به پروژه
s	اندیس مربوز به شرکت های شریک
S	تعداد شرکت های شریک
AC_P	هزینه مونتاژ نهایی برای پروژه p
AT_P	زمان مونتاژ نهایی برای پروژه p
CT_P	زمان اتمام پروژه p
$FT_{s_1s_2}$	هزینه حمل و نقل ثابت بین شریک s_1 و s_2
FT_{so}	هزینه حمل و نقل ثابت بین شریک و شرکت پایه
$VT_{s_1s_2}$	هزینه حمل و نقل متغیر بین شریک s_1 و s_2
VT_{so}	هزینه حمل و نقل متغیر بین شریک و شرکت پایه
L	حداکثر تعداد زیر پروژه هایی که توسط یک شریک انجام می شود
M	تعداد کل پروژه ها
n_p	تعداد زیر پروژه های پروژهP
PC_{qp}^{s}	هزینه عملیاتی مربوط به زیر پروژه q در پروژه p توسط شریک s انجام شده است
PT_{qp}^{s}	زمان عملیاتی مربوط به زیر پروژه q در پروژه p توسط شریک s انجام شده است
PS_p	زمان عملیاتی مربوط به زیر پروژه q در پروژه p که توسط شرکت پایه انجام شده است
A_p	کل هزینه زیر پروژه های پروژه p که توسط شرکت پایه انجام می شود
$TR^{s_1s_2}$	زمان حمل و نقل از شریک s_1 به شریک s_2
TR^{so}	زمان حمل و نقل شریک s به شرکت پایه
V	ظرفیت حمل و نقل از نظر تعداد مربوط به زیر پروژه های حمل شده
IT_{qp}^{s}	زمان ورود به شریک s مربوط به زیر پروژه q در پروژه p
PR_{qp}^{s}	زمان آماده سازی برای حمل و نقل در شریک s و زیر پروژه q در پروژهp
IT_{qp}^{o}	زمان ورود به شرکت پایه مربوط به زیر پروژه q در پروژهp
$IT_{qp}^{'o}$	زمان ورود عملیاتی به شرکت پایه مربوط به زیر پروژه q در پروژهp
FT_{qp}^{s}	زمان پایان زیر پروژه q در پروژه p توسط شریک s انجام شده
$FT_{qp}^{'s}$	زمان پایان عملیاتی زیر پروژه q در پروژه p توسط شریک s انجام شده است
C_p	زمان اتمام پروژه p در شرکت پایه

جدول ۳: متغیرهای باینری مساله انتخاب شریک

x_{qp}^{s}	اگر زیر پروژه q از پروژه p به شریک s اختصاص داده شود به طوری که زمان اتمام آن بزرگتر یا برابر با تمام زیر پروژه های اختصاص داده شده به شریک s باشد ، ۱ است در غیر این صورت ۰
δ_{qp}^{s}	اگر زیر پروژه q در پروژه p توسط شریک s انجام شود ۱ است ، در غیر این صورت ۰
$\mu_{qp}^{s_1s_2}$	اگر زیر پروژه q در پروژه p بین شریک s_1 و s_2 حمل شود، ۱ است در غیر این صورت ۰
υ_{qp}^{so}	اگر زیر پروژه q در پروژه p حمل و نقل بین شرکت پایه و شریک s حمل شود، ۱ است در غیر این صورت ۰
$y_{s_1s_2}$	اگر حمل و نقل از شریک s_1 به شریک s_2 انجام شود ، ۱ است در غیر این صورت ۰
z_s	اگر حمل و نقل از شریک s به شرکت پایه انجام شود ، ۱ است در غیر این صورت ۰
H_s	اگر شریک s به منظور انجام حداقل یک زیر پروژه انتخاب شود، ۱ در غیر اینصورت ۰
U_{qp}	اگرزیر پروژه q از پروژه p با حداکثر زمان رسیدن‌به‌شرکت پایه ازبین شرکتهای شریک‌منتقل شود ۱ است و در غیراینصورت



شکل ۲:مدل انتخاب شریک

۳-۱- مدل ریاضی پیشنهادی

در این بخش، مدل پیشنهادی انتخاب شریک با فرض ذکر شده ارائه شده است. این مدل یک مدل MILP است. معادل (۱)تا(۳۸) مدل‌رانشان می‌دهد.

$$F = TP + TS + TT_1 + TT_2 + TA \quad (۱)$$

$$TP = \sum_{s=1}^{S}\sum_{p=1}^{M}\sum_{q=1}^{n_p} PC_{qp}^{s}\,\delta_{qp}^{s} \quad (۲)$$

$$TS = \sum_{p=1}^{M} A_p \quad (۳)$$

$$TT_1 = \sum_{s_1=1}^{S}\sum_{s_2=1}^{S} F_{s_1s_2}.y_{s_1s_2} + VT_{s_1s_2}\left(\sum_{p=1}^{M}\sum_{q=1}^{n_p}\mu_{qp}^{s_1s_2}\right) \quad (۴)$$

$$TT_2 = \sum_{s=1}^{S} F_{so}.z_k + VT_{so}\left(\sum_{p=1}^{M}\sum_{q=1}^{n_p}\upsilon_{qp}^{so}\right) \quad (۵)$$

$$TA = \sum_{p=1}^{M} AC_p \quad (۶)$$

$$\sum_{p=1}^{M}\sum_{q=1}^{n_p}\mu_{qp}^{s_1s_2} \le y_{s_1s_2}.M \qquad \forall s_1,s_2 \quad (۷)$$

$$M.\sum_{p=1}^{M}\sum_{q=1}^{n_p}\mu_{qp}^{s_1s_2} \ge y_{s_1s_2} \qquad \forall s_1,s_2 \quad (۸)$$

$$\sum_{p=1}^{M}\sum_{q=1}^{n_p}\upsilon_{qp}^{so} \le z_s.M \qquad \forall s \quad (۹)$$

$$M.\sum_{p=1}^{M}\sum_{q=1}^{n_p}\upsilon_{qp}^{so} \ge z_s \qquad \forall s \quad (۱۰)$$

$$\delta_{qp}^{s_1} + \delta_{q+1,p}^{s_2} \le \mu_{qp}^{s_1s_2} + 1 \qquad \forall p,q \le n_p - 1,\ s_1,s_2 \ne s_1 \quad (۱۱)$$

$$\sum_{s=1}^{S}\delta_{qp}^{s} = 1 \qquad \forall p,q \quad (۱۲)$$

$$\delta_{qp}^{s} + \sum_{s_2=1}^{S}\mu_{qp}^{s_2s} \ge \upsilon_{qp}^{so} \qquad \forall q,p,s \quad (۱۳)$$

$$\sum_{p=1}^{M}\sum_{q=1}^{n_p}\mu_{qp}^{s_1s_2} \le V \qquad \forall s_1,s_2 \quad (۱۴)$$

$$\sum_{p=1}^{M}\sum_{q=1}^{n_p}\upsilon_{qp}^{so} \le V \qquad \forall s \quad (۱۵)$$

$$\upsilon_{qp}^{s_2o} \le \left(1 - \sum_{s_3=1}^{S}\mu_{qp}^{s_2s_3}\right) \qquad \forall s_2,q,p \quad (۱۶)$$

$$\sum_{s=1}^{S}\sum_{q=1}^{n_p}\upsilon_{qp}^{so} = n_p \qquad \forall p \quad (۱۷)$$

$$\sum_{p=1}^{M}\sum_{q=1}^{n_p} x_{qp}^{s} = 1 \qquad \forall s \quad (۱۸)$$

$$PR_{q'p'}^{s} = \sum_{p=1}^{M}\sum_{q=1}^{n_p} FT_{qp}^{'s} \qquad \forall s,p',q' \quad (۱۹)$$

$$FT_{qp}^{'s} \ge FT_{qp}^{s} - \left(1 - x_{qp}^{s}\right).M \qquad \forall s,p,q \quad (۲۰)$$

$$FT_{qp}^{'s} \le FT_{qp}^{s} + \left(1 - x_{qp}^{s}\right).M \qquad \forall s,p,q \quad (۲۱)$$

$$FT_{qp}^{'s} \le x_{qp}^{s}.M \qquad \forall s,p,q \quad (۲۲)$$

$$FT_{qp}^{s} = IT_{qp}^{s} + PT_{qp}^{s}.\delta_{qp}^{s} \qquad \forall s,p,q \quad (۲۳)$$

$$PR_{q'p'}^{s} \ge FT_{qp}^{s} - \left(1 - \delta_{q'p'}^{s}\right).M \qquad \forall s,p',q',p,q \quad (۲۴)$$

$$IT_{qp}^{s_2} \ge PR_{qp}^{s_1} + TR^{s_1s_2} - \left(1 - \mu_{qp}^{s_1s_2}\right).M \qquad \forall q,p,s_1,s_2 \quad (۲۵)$$

$$IT_{qp}^{s_2} \le PR_{qp}^{s_1} + TR^{s_1s_2} + \left(1 - \mu_{qp}^{s_1s_2}\right).M \qquad \forall q,p,s_1,s_2 \quad (۲۶)$$

$$IT_{qp}^{o} \geq PR_{qp}^{s} + TR^{so} - (1-\upsilon_{qp}^{so}).M \quad \forall q,p,s \quad ۲۷$$

$$IT_{qp}^{o} \leq PR_{qp}^{s} + TR^{so} + (1-\upsilon_{qp}^{so}).M \quad \forall q,p,s \quad ۲۸$$

$$C_p + AT_p \leq DT_p \quad \forall p \quad ۲۹$$

$$C_p = \sum_{q=1}^{n_p} IT_{qp}^{'o} \quad \forall p \quad ۳۰$$

$$\sum_{q=1}^{n_p} U_{qp} = 1 \quad \forall p \quad ۳۱$$

$$C_p \geq IT_{qp}^{o} + PS_p \quad \forall p,q \quad ۳۲$$

$$IT_{qp}^{'o} \geq (IT_{qp}^{o} + PS_p) - (1-U_{qp}).M \quad \forall p,q \quad ۳۳$$

$$IT_{qp}^{'o} \leq (IT_{qp}^{o} + PS_p) + (1-U_{qp}).M \quad \forall p,q \quad ۳۴$$

$$IT_{qp}^{'o} \leq U_{qp}.M \quad \forall p,q \quad ۳۵$$

$$\sum_{p=1}^{M}\sum_{q=1}^{n_p} \delta_{qp}^{s} \leq H_s.L \quad \forall s \quad ۳۶$$

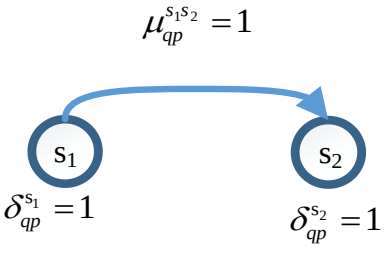
$$H_s \leq \sum_{p=1}^{M}\sum_{q=1}^{n_p} \delta_{qp}^{s} \quad \forall s \quad ۳۷$$

$$z_s, y_{s_1s_2}, \delta_{qp}^{s}, x_{qp}^{s}, \upsilon_{qp}^{so}, \mu_{qp}^{s_1s_2}, U_{qp} \in \{0,1\} \quad ۳۸$$

در مدل ارائه شده در معادله (۱) تا (۳۷)، تابع هدف F شامل مجموع ۵ هزینه است: TP هزینه کل تمام زیر پروژه های انجام شده توسط شرکا را نشان می دهد، TS هزینه کل تمام زیر پروژه های است که توسط شرکت پایه انجام شده است. TT_1 و TT_2 به ترتیب هزینه حمل و نقل بین شرکا و هزینه کل حمل و نقل بین شرکا و شرکت پایه و در نهایت TA هزینه کل مونتاژ برای همه پروژه‌ها را نشان دهید.

محدودیت‌ها (۷) و (۸) تضمین می کنند که اگر رابطه ای بین شریک s_1 و s_2 وجود داشته باشد، بنابراین $y_{s_1s_2}=1$ و $\mu_{qp}^{s_1s_2}$ می تواند مقدار داشته باشد و اگر هیچ ارتباطی بین دو شریک وجود نداشته باشد $y_{s_1s_2}=0$. این محدودیت تضمین می کند که اگر ارتباطی بین دو شریک وجود داشته باشد، یک زیرپروژه باید بین آنها رد و بدل شود. محدودیت (۹) و (۱۰) دقیقاً مانند محدودیت ها (۷) و (۸) اما بین یک شرکت شریک با شرکت پایه کار می کند. قید (۱۱) نشان می دهد که اگر شریک s_1 و s_2 رابطه ای داشته باشند و $\mu_{qp}^{s_1s_2}=1$، بنابراین $\delta_{qp}^{s_1}$ و $\delta_{qp}^{s_2}$ باید برابر با یک باشد. شکل ۳ نشان می دهد که اگر حمل و نقل بین دو شریک وجود داشته باشد، بنابراین هر دو یک زیر پروژه را انجام می‌دهند و $\delta_{qp}^{s}=1$.

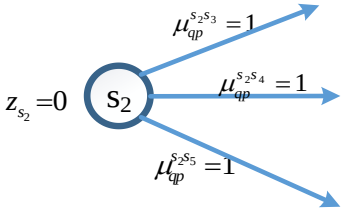
محدودیت (۱۲) تضمین می کند که هر زیر پروژه فقط باید به یک شریک اختصاص یابد. قید (۱۳) بیان می کند که اگر بین شریک s و شرکت پایه مبادله ای وجود داشته باشد و $\upsilon_{qp}^{so}=1$، مطمئناً این امر قطعی است که $\delta_{qp}^{s}=1$ باشد . معادله (۱۴) و (۱۵) محدودیت ظرفیت تعداد پروژه های منتقل شده می‌باشند.



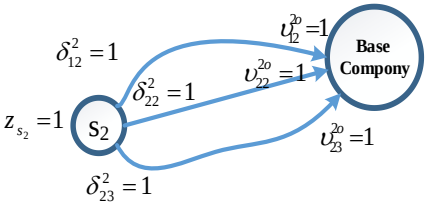
شکل ۳: ارتباط بین دو شریک و انجام زیر پروژه

محدودیت (۱۶) توضیح می دهد که اگر پروژه ای بین شریک S_2 و هر شریک دیگری وجود داشته باشد، پس تعداد زیر پروژه های اختصاص داده شده به شریک S_2 قطعاً برابر با تعداد ارتباطات آن با شرکای دیگر خواهد بود. بنابراین، هنگامیکه $z_{s_2}=0$ هیچ پروژه ای از شریک S_2 به شرکت پایه منتقل نشده است. شکل ۴ ارتباطات بین S_2 و سایر شرکا را نشان می‌دهد در صورتی که هیچ ارتباطی بین آن و شرکت پایه وجود نداشته باشد.

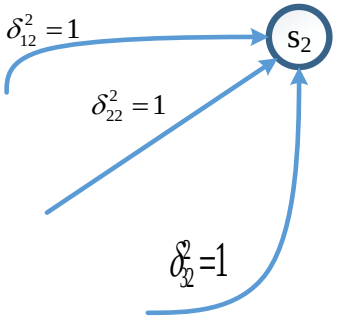
اگر یک شرکت شریک چندین رابطه با شرکت پایه داشته باشد ، به همان میزان کار به آن اختصاص داده می شود. شکل ۵ پیوندهای بین S_2 و شرکت پایه را نشان می‌دهد.



شکل ۴: پیوندهای بین S2 و شرکای دیگر



شکل ۵: پیوندهای بین S2 و شرکت پایه



شکل ۶: زمان پایان زیر پروژه های برای شریک S_2

محدودیت (۱۷) تضمین می کند که تعداد کل زیر پروژه های پروژه p که باید تحویل داده شوند برابر با n_p باشد. محدودیت (۱۸) تا (۲۴) بیان می‌کند که برای هر یک از شرکا ، زمان پایان پروژه‌های تخصیص داده شده برابر است با حداکثر زمان پایان زیر پروژه‌هایی که توسط آن شریک انجام می شود. این بدان معناست که اگر زیر پروژه ها زودتر به اتمام برسند، باید منتظر بمانند تا همه زیر پروژه‌ها به پایان برسند. یکی از فرضیاتی که در این مدل در نظرگرفته شده این است که یک شریک تا زمانی که تمام-زیرپروژه‌هاراتکمیل نکند، هیچ‌یک‌رابرای‌شرکت پایه نمی‌فرستد. فقط یکبار می‌تواند ارسال شود و حمل و نقل متعددی وجود ندارد [۱۳].

محدودیت ها (۱۸) تا (۲۲) بیان می‌کنند که اگر برخی از زیر پروژه ها حتی از پروژه های مختلف (qp) به شریک s اختصاص داده شوند ، فقط x_{qp}^{s} مربوط به یک زیر پروژه اختصاص داده شده به آن شریک برابر با ۱ است و $FT'=1$ در غیر این صورت FT'، برای زیر پروژه های دیگر برابر صفر است. کل زمان آماده سازی برای شریک s برابر با مجموع FT'ها است و مشخص می کند برای کدام زیر پروژه $FT'=FT$ است.

محدودیت (۲۳) توضیح می دهد که تنها یک مورد $X_{qp}^{s}=1$ وجود دارد که زیر پروژه (qp) با بیشترین زمان پایان توسط شریک s انجام شود. آن زیر پروژه طولانی ترین زمان را دارد، می تواند به این دلیل باشد که یا کار را دیرتر از مرحله قبل دریافت کرده یا زمان پردازش بیشتری دارد.

محدودیت (۲۴) نشان می دهد که زمان آماده سازی برابر با بیشترین زمان پایان کار در تمام زیر پروژه های اختصاص داده شده به شریک s می باشد. به عنوان مثال، اگر $\delta_{12}^{2}=1$ ، $\delta_{22}^{2}=1$ و $\delta_{32}=1$ زمان آزادی شریک به شرح زیر محاسبه می‌شود.

$$\begin{aligned} &FT_{12}^{2}=IT_{12}^{2}+PT_{12}^{2}\delta_{12}^{2}\\ &FT_{22}^{2}=IT_{22}^{2}+PT_{22}^{2}\delta_{22}^{2}\\ &\Rightarrow PR_{q'p'}^{2}=Max\left\{FT_{12}^{2},FT_{22}^{2},FT_{32}^{2}\right\}\\ &FT_{32}^{2}=IT_{32}^{2}+PT_{32}^{2}\delta_{32}^{2} \end{aligned} \qquad ۳۹$$

در قید (۲۵) و (۲۶) بیان می شود که اگر ارتباطی بین دو شرکت شریک وجود داشته باشد و $\mu_{qp}^{s_1s_2}=1$، زمان رسیدن زیر پروژه به شریک برابر است با زمان آزاد شدن زیر پروژه از شریک اول به علاوه زمان حمل و نقل بین آنها و در صورت عدم تبادل بین دو شریک $\mu_{qp}^{s_1s_2}=0$ بنابراین $IT_{qp}^{s_2}=0$و این محدودیت غیرفعال خواهد شد. قید (۲۷) و (۲۸) همانند محدودیت (۲۵) و (۲۶) عمل می کند اما مربوط به شرکا و شرکت پایه است. محدودیت (۲۹) تا (۳۵) محاسبه زمان اتمام پروژه است. یک پروژه زمانی تمام می شود که تمام زیر پروژه‌های آن به اتمام رسیده باشد و کارهای تکمیلی روی آنها در شرکت پایه انجام شده باشد و در واقع حداکثر زمان رسیدن به شرکت اصلی که مجموع بزرگترین زمانهای ورود زیر پروژه ها به شرکت پایه و زمان فرآیند آنها است، می باشد. محدودیت (۳۶) محدودیت تخصیص است که فقط امکان تخصیص L زیر پروژه به هر شریک وجود دارد. سرانجام ، قید (۳۷) اطمینان حاصل می کند. که در صورت انتخاب شریک، حداقل یک زیر پروژه باید به آن اختصاص داده شود.

۴- مثال‌های عددی

در این بخش، به منظور اعتبارسنجی مدل پیشنهادی، یک مثال عددی کوچک ارائه شده است. مثال عددی ارائه شده دارای ۵ شرکت شریک و ۳ پروژه است. پروژه اول دارای ۲ زیر پروژه، پروژه دوم دارای ۳ زیر پروژه و پروژه سوم دارای ۲ زیر پروژه شکل ۶ و معادله (۳۹) نحوه محاسبه زمان آماده سازی برای یک شریک را نشان می‌دهد.

است. حداکثر تعداد زیر پروژه های قابل تخصیص به هر شریک ۳ و ظرفیت حمل و نقل هر یک از شرکا ۵ زیر پروژه است. اطلاعات ابعادی مسئله در جدول ۴ نشان داده شده است.

هزینه و زمان فرآیند زیر پروژه‌های انجام شده توسط شرکا به ترتیب در جدول ۵ و ۶ نشان داده شده است. همچنین، هزینه حمل و نقل متغیر و ثابت بین شرکا به ترتیب در جدول ۷ و ۸ نشان داده شده است. جدول ۹ زمان حمل و نقل شرکا را نشان می دهد. هزینه حمل و نقل متغیر و ثابت و زمان حمل و نقل بین شریک و شرکت پایه در جدول ۱۰ ارائه شده است. در نهایت هزینه و زمان مونتاژ نهایی، هزینه‌کل‌و زمان فرآیند پروژه‌ها و زمان اتمام پروژه‌ها در جدول۱۱ نشان داده‌شده‌است.

جدول۴:ابعاد مساله

ابعاد مساله	مقدار	ابعاد مساله	مقدار
۵	S	۲	n_1
۳	M	۳	n_2
۵	V	۲	n_3
		۳	L

جدول ۵: هزینه عملیات زیر پروژه q و پروژه p که توسط شریک s انجام شود

PC^s_{qp}	پروژه ۱		پروژه ۲			پروژه ۳	
	زیر پروژه۱	زیر پروژه ۲	زیر پروژه۱	زیر پروژه۲	زیر پروژه۳	زیر پروژه۱	زیر پروژه ۲
شریک ۱	۹	۱۰	۱۰	۷	۱	۳	۶
شریک ۲	۱۰	۲	۱۰	۵	۹	۲	۵
شریک ۳	۹	۱۰	۱	۹	۱۰	۷	۸
شریک ۴	۴	۷	۸	۱	۳	۱	۱
شریک ۵	۷	۴	۱	۵	۴	۸	۸

جدول ۶: زمان عملیات زیر پروژه q و پروژه p که توسط شریک s انجام شود

PT^s_{qp}	**پروژه ۱**		**پروژه ۲**			**پروژه ۳**	
	زیر پروژه۱	زیر پروژه ۲	زیر پروژه ۱	زیر پروژه۲	زیر پروژه۳	زیر پروژه۱	زیر پروژه ۲
شریک ۱	۳	۳	۳	۹	۱۰	۱	۶
شریک ۲	۹	۱۰	۱۰	۱	۷	۸	۶
شریک ۳	۹	۷	۳	۲	۱	۲	۷
شریک ۴	۴	۵	۱۰	۷	۱۰	۸	۴
شریک ۵	۳	۳	۶	۵	۷	۸	۶

جدول ۷: هزینه حمل و نقل متغیر بین شریکs_1 وs_2

$VT_{s_1s_2}$	**شریک ۱**	**شریک ۲**	**شریک ۳**	**شریک ۴**	**شریک ۵**
شریک ۱	۱۳	۱۶	۱۸	۱۱	۱۱

شریک ۲	۱۶	۱۵	۱۹	۱۸	۱۸
شریک ۳	۱۰	۱۰	۱۰	۱۸	۲۰
شریک ۴	۱۷	۱۱	۱۷	۱۱	۱۱
شریک ۵	۱۷	۱۳	۱۷	۱۸	۱۶

جدول ۸ : هزینه حمل و نقل ثابت بین شریکs_1 وs_2

$FT_{s_1s_2}$	**شریک ۱**	**شریک ۲**	**شریک ۳**	**شریک ۴**	**شریک ۵**
شریک ۱	۳۷	۲۹	۳۸	۲۸	۳۶
شریک ۲	۲۸	۳۶	۳۵	۲۷	۲۴
شریک ۳	۳۶	۳۹	۲۶	۳۴	۲۹
شریک ۴	۳۷	۳۶	۲۳	۳۸	۴۰
شریک ۵	۳۰	۳۸	۳۲	۲۳	۲۴

جدول ۹: زمان حمل و نقل بین شریک s_1 وs_2

$TR^{s_1s_2}$	**شریک ۱**	**شریک ۲**	**شریک ۳**	**شریک ۴**	**شریک ۵**
شریک ۱	۵	۳	۴	۳	۱
شریک ۲	۳	۴	۳	۲	۵
شریک ۳	۵	۵	۲	۳	۵
شریک ۴	۵	۴	۲	۴	۱
شریک ۵	۳	۴	۵	۵	۳

جدول ۱۰: هزینه حمل و نقل متغیر و ثابت و زمان حمل و نقل بین شریک و شرکت پایه

	VT_{so}	FT_{so}	TR^{so}
شریک ۱	۱۲	۲۰	۲
شریک ۲	۱۷	۳۵	۳
شریک ۳	۱۴	۲۷	۱
شریک ۴	۱۹	۳۳	۳
شریک ۵	۱۸	۳۹	۴

جدول ۱۱: هزینه و زمان مونتاژ نهایی، کل هزینه و زمان فرآیند و زمان اتمام پروژهp

	AC_p	AT_p	A_p	PS_p	CT_p
پروژه ۱	۵۰۰	۱۵	۱۵۰	۱۰	۱۰۰
پروژه ۲	۴۰۰	۱۰	۱۰۰	۲۰	۱۰۰
پروژه ۳	۶۰۰	۲۰	۲۵۰	۱۵	۱۰۰

۴-۱- نتایج مثال عددی مساله انتخاب شریک

در این بخش، مدل ارائه شده در یک مثال عددی اعمال شده و نتایج آن تجزیه و تحلیل می شود. مسئله توسط لینگو ۱۹ حل شده و اطلاعات مربوط به راه حل، حالت پاسخ و تابع هدف در جدول ۱۲ خلاصه می‌شود.

مقادیر متغیرهای باینری در ادامه توضیح داده شده‌اند و سایر متغیرها در جداول ۱۳ تا ۱۷ نشان داده شده‌اند.

- متغیر باینری $\mu_{qp}^{s_1 s_2}$ که مقدارآن اگر زیر پروژه q از پروژه p بین شریک S_1 و S_2 جا به جا شود ۱ است درغیر اینصورت صفر، برای تمامی مقادیر صفر است و هیچ‌گونه جابه‌جایی بین شرکا اتفاق‌نمی‌افتد.
- متغیر باینری δ_{qp}^{s} که مقدار آن اگر زیر پروژه q از پروژه p به شریک s اختصاص یابد ۱ است در غیر اینصورت صفر، برای δ_{13}^{5}، δ_{32}^{1} δ_{22}^{1}، δ_{23}^{5}، δ_{21}^{3}، δ_{12}^{1}، و δ_{11}^{3} یک و سایر مقادیر صفر است.
- متغیر باینری υ_{qp}^{so} که مقدارآن اگر زیر پروژه q از پروژه p بین شریک s و شرکت اصلی جا به جا شود ۱ است در غیر اینصورت صفر، برای υ_{12}^{1o} υ_{32}^{1o}، υ_{23}^{5o}، υ_{22}^{1o}، υ_{21}^{3o}، υ_{13}^{5o}، υ_{11}^{3o}، یک‌و-سایرمقادیرصفر است.
- متغیر باینری U_{qp}^{so} که مقدارآن اگر زیر پروژه q از پروژه p بین شریک s و شرکت اصلی با حداکثر زمان رسیدن به شرکت پایه جا به جا شود ۱ است در غیر اینصورت صفر، برای U_{13} ، U_{22} و U_{22} یک و سایر مقادیر صفر است.
- متغیرهای باینری H_s و z_s که به ترتیب شرکا انتخاب شده و ارتباط شرکا با شرکت اصلی را نشان می دهد، برای H_5، H_3، H_1، z_5 z_1 ، z_3 یک و سایر مقادیر صفر است.
- متغیرهای باینری $y_{ss'}$ که حمل و نقل بین شرکا، را نشان می‌دهد، برای تمامی‌مقادیرصفر است.

زمان آماده سازی برای حمل و نقل در هر زیر پروژه در جدول ۱۳ ارائه شده است. همچنین، جدول ۱۴ زمان پایان زیر پروژه ها را نشان می دهد. جدول ۱۵ و ۱۶ زمان ورود در شرکا و شرکت پایه برای زیر پروژه ها را نشان می دهد. سرانجام ، جدول ۱۷ زمان اتمام پروژه ها در شرکت پایه را نشان می‌دهد. شبکه مورد مطالعه در شکل ۷ نشان داده‌شده است.

جدول ۱۲: مشخصات جواب

مقدار تابع هدف	**۱۶۸.۲۲۸۵**
کل تکرارهای حل	**۸۶۹۸۱۸**
زمان اجرای	**۷۵.۷۳**

جدول ۱۳: زمان آماده سازی برای حمل و نقل در شریک s و زیر پروژه q و پروژه p

	شریک ۱	شریک ۲	شریک ۳	شریک ۴	شریک ۵
PR_{11}^{s}	۶۸	-	۷۴	-	۶۱
PR_{12}^{s}	۶۸	-	۷۴	-	۶۱
PR_{13}^{s}	۶۸	-	۷۴	-	۶۱
PR_{21}^{s}	۶۸	-	۷۴	-	۶۱
PR_{22}^{s}	۶۸	-	۷۴	-	۶۱
PR_{23}^{s}	۶۸	-	۷۴	-	۶۱

PR_{31}^{s}	-	-	-	-	۰
PR_{32}^{s}	۶۸	-	۷۴	-	۶۱
PR_{33}^{s}	-	-	-	-	۰

جدول ۱۴: زمان اتمام زیر پروژه q و پروژه p که توسط شریک s انجام شده است

	شریک ۱	شریک ۲	شریک ۳	شریک ۴	شریک ۵
FT_{11}^{s}	۶۸	-	۵	-	-
FT_{12}^{s}	۱۰	-	۷۴	-	۶۱
FT_{13}^{s}	-	-	-	-	۷
FT_{21}^{s}	-	-	۹	-	-
FT_{22}^{s}	۲	-	-	-	-
FT_{23}^{s}	-	-	-	-	۱۰
FT_{31}^{s}	-	-	-	-	-
FT_{32}^{s}	۷	-	-	-	-
FT_{33}^{s}	-	-	-	-	-

جدول ۱۵: زمان ورود به شریک s مرتبط با زیر پروژه q و پروژهp

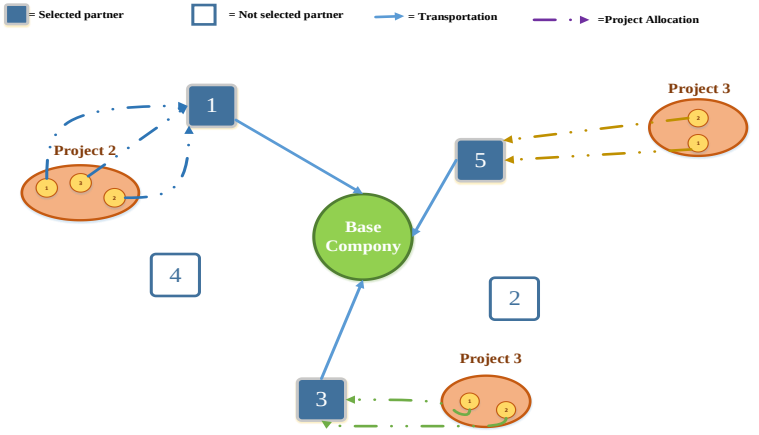
	شریک ۱	شریک ۲	شریک ۳	شریک ۴	شریک ۵
IT_{11}^{s}	۶۸	-	-	-	-
IT_{12}^{s}	-	-	۷۴	-	۶۱
IT_{13}^{s}	-	-	-	-	-
IT_{21}^{s}	-	-	-	-	-
IT_{22}^{s}	-	-	-	-	-
IT_{23}^{s}	-	-	-	-	-
IT_{31}^{s}	-	-	-	-	-
IT_{32}^{s}	-	-	-	-	-
IT_{33}^{s}	-	-	-	-	-

جدول ۱۶: زمان ورود به شرکت اصلی مرتبط با زیر پروژه q و پروژه*p*

	پروژه ۱	پروژه ۲	پروژه ۳
IT_{1p}^{o}	۷۵	۷۰	۶۵
IT_{2p}^{o}	۷۵	۷۰	۶۵
IT_{3p}^{o}	۰	۷۰	۰

جدول۱۷ : زمان اتمام پروژه ها در شرکت پایه

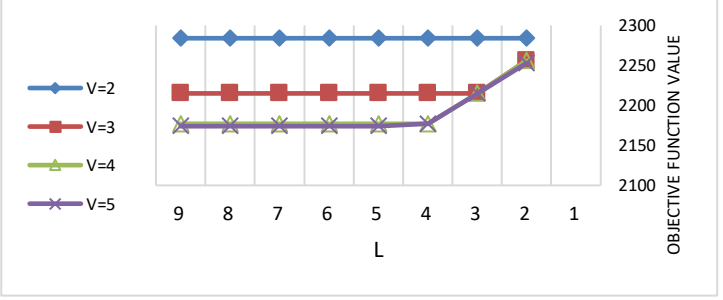
	پروژه ۱	پروژه ۲	پروژه ۳
C_p	۸۵	۹۰	۸۰



شکل ۷: ساختار مدل انتخاب شریک مربوط به مثال عددی

۵- تحلیل حساسیت مربوط به مساله انتخاب شریک

این بخش بر روی دو پارامتر ثابت برای آنالیز حساسیت در تابع هدف متمرکز شده است. بنابراین "حداکثر تعداد زیر پروژه هایی که توسط یک شریک انجام می شود" و "ظرفیت حمل و نقل از نظر تعداد زیر پروژه های انجام شده" ، L و V برای تحلیل در نظر گرفته شده اند. V از ۱ تا ۵ و L از ۱ تا ۹ تغییر یافته است. نتایج در جدول ۱۸ نشان داده شده است. برای V =1 و تمام مقادیر L و هم چنین L =1 و تمام مقدارV، تابع هدف بدون جواب موجه است. برای مقادیر دیگرV و L تابع هدف دارای جواب موجه است. با افزایش هر دو پارامتر، مقدار تابع هدف کاهش می‌یابد یا تغییر نمی کند. بهترین مقدار برای هدف ۲۱۷۴ مرتبط با V =5 و L =5 است، همچنین بدترین مقدار ۲۲۸۴ مربوط به V =2 و L =2 است. بنابراین ، این دو پارامتر را می توان بین ۲ تا ۵ تغییر داد. شکل ۸ تغییرات تابع هدف را به ازای این مقادیر V و L نشان می دهد. همانطور که نشان داده شده است، با افزایش این دو پارامتر، مقدار تابع هدف کاهش می‌یابد و از یک نقطه به بعد ثابت می‌باشد.



شکل ۸: مقادیر تابع هدف به ازای تغییرات L و V

جدول ۱۸: نتایج تحلیل حساسیت توسط L و V

مقدار تابع هدف	L	V
نشدنی	۱	
نشدنی	۲	
نشدنی	۳	
نشدنی	۴	
نشدنی	۵	۱
نشدنی	۶	
نشدنی	۷	
نشدنی	۸	
نشدنی	۹	
نشدنی	۱	
۲۲۸۴	۲	
۲۲۸۴	۳	
۲۲۸۴	۴	
۲۲۸۴	۵	۲
۲۲۸۴	۶	
۲۲۸۴	۷	
۲۲۸۴	۸	
۲۲۸۴	۹	
نشدنی	۱	
۲۲۵۶	۲	
۲۲۱۵	۳	
۲۲۱۵	۴	
۲۲۱۵	۵	۳
۲۲۱۵	۶	
۲۲۱۵	۷	
۲۲۱۵	۸	
۲۲۱۵	۹	
نشدنی	۱	
۲۲۵۶	۲	
۲۲۱۵	۳	
۲۱۷۷	۴	
۲۱۷۷	۵	۴
۲۱۷۷	۶	
۲۱۷۷	۷	
۲۱۷۷	۸	
۲۱۷۷	۹	
نشدنی	۱	
۲۲۵۳	۲	۵

۳	۲۲۱۵
۴	۲۱۷۷
۵	۲۱۷۴
۶	۲۱۷۴
۷	۲۱۷۴
۸	۲۱۷۴
۹	۲۱۷۴

۶- نتیجه گیری

در این مطالعه، یک مدل انتخاب شریک جدید با مفهوم شرکت مجازی با در نظر گرفتن حمل و نقل مشترک ارائه شده است.

پس از طراحی ساختار انتخاب شریک و مدل سازی ، مدل قطعی ارائه شده است. اعتبار مدل با مثال عددی مورد بررسی قرار گرفته شده است. پس از اجرای مدل پیشنسهادی بر روی مثال عددی، تابع هدف و سایر متغیرها گزارش شده و شبکه ترسیم شده است. در نهایت، تجزیه و تحلیل حساسیت با دو پارامتر ثابت ارائه شده است. نتایج نشان می دهد که با افزایش حداکثر تعداد زیر پروژه های انجام شده توسط یک شریک و حداکثر ظرفیت حمل و نقل شرکا، هزینه کل شبکه یا کاهش می یابد یا تغییر نمی‌کند.

برای تحقیقات بیشتر، مدل پیشنهادی را می توان در قالب یک رویکرد مبتنی بر سناریو ارائه کرد. کاهش ریسک تاخیرهای تحویل پروژه را می توان به مدل اضافه کرد. همچنین با در نظر گرفتن پیچیدگی مدل، توسعه یک الگوریتم فراابتکاری مانند ژنتیک برای یک مسئله در مقیاس بزرگ پیشنهاد می‌شود.

فهرست منابع

[1] Unver, H. O., & Kilic, S. E. "Design of a Customer's Type Based Algorithm for Partner Selection Problem of Virtual Enterprise". Procedia Computer Science, 95, (2016): 467-474.

[2] Mehrjerdi, Y. Z., & Alipour, M. "Partners' Selection in Supply Chain Asing System Dynamics Approach". International Journal of Engineering Science (2008-4870), (2016):27(4).

[3] Wu, L., & Chiu, M. L. Examining supply chain collaboration with determinants and performance impact: Social capital, justice, and technology use perspectives. International Journal of Information Management,39,(2018):5-19.

[4] Ip, W. H., Huang, M., Yung, K. L., & Wang, D. Genetic "algorithm solution for a risk-based partner selection problem in a virtual enterprise". Computers & Operations Research,30(2),(2003):213-231.

[5] Zhao, Q., Zhang, X., & Xiao, R. "Particle swarm optimization algorithm for partner selection in virtual enterprise". Progress in Natural Science, 18(11), (2008): 1445-1452.

[6] Twardy, D., & Duysters, M. "Partner selection: A source of alliance success". Research Project, Eindhoven University of Technology and Zuyd University of Applied Science, (2009).

[7] Dickson, G. W. "An analysis of vendor selection systems and decisions". Journal of purchasing, 2(1), (1966): 5-17.

[8] Weber, C. A., Current, J. R., & Benton, W. C. "Vendor selection criteria and methods". European journal of operational research, 50(1), (1991): 2-18.

[9] De Boer, L., Labro, E., & Morlacchi, P. "A review of methods supporting supplier selection". European journal of purchasing & supply management, 7(2), (2001): 75-89.

[10] Huang, X. G., Wong, Y. S., & Wang, J. G. "A two-stage manufacturing partner selection framework for virtual enterprises". International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 17(4), (2004): 294-304.

[11] Crispim, J. A., & Pinho de Sousa, J. "Partner selection in virtual enterprises: a multi-criteria decision support approach". International Journal of Production Research, 47(17), (2009): 4791-4812.

[12] Zhang, Y., Tao, F., Laili, Y., Hou, B., Lv, L., & Zhang, L. "Green partner selection in virtual enterprise based on Pareto genetic algorithms". The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 67(9-12), (2013): 2109-2125.

[13] Dao, S. D., Abhary, K., & Marian, R. "Optimization of partner selection and collaborative transportation scheduling in Virtual Enterprises using GA". Expert Systems with Applications, 41(15), (2014): 6701-6717.

[14] Wu, C., & Barnes, D. "An integrated model for green partner selection and supply chain construction". Journal of Cleaner Production, 112, (2016): 2114-2132.

[15] Meng, F., Wang, N., & Xu, Y. "Interval neutrosophic preference relations and their application in virtual enterprise partner selection". Journal of

Ambient Intelligence and Humanized Computing, 10(12), (2019): 5007-5036.

[16] Cheng, C. Y., & Tang, M. J. "Partner-selection effects on venture capital investment performance with uncertainties". Journal of Business Research, 95, (2019): 242-252.

[17] Wu, C., Zhang, Y., Pun, H., & Lin, C. "Construction of partner selection criteria in sustainable supply chains: A systematic optimization model". Expert Systems with Applications, 158, (2020): 113643.

[18] Wang, C., Wu, R., & Deng, L. "An incentive mechanism for partner selection from a collaborative network with private information". Computers & Industrial Engineering, 154, (2021): 107053.

[19] Crispim, J. A., & de Sousa, J. P. "Partner selection in virtual enterprises". International Journal of Production Research, 48(3), (2010): 683-707.

[20] Solesvik, M. Z., & Encheva, S. "Partner selection for interfirm collaboration in ship design". Industrial Management & Data Systems. (2010).

[21] Yu, C., & Wong, T. N. "Multiple products partner selection model of virtual enterprise based on multi-agent systems". In Proceedings of the World Congress on Engineering, (2011).

[22] Qi, F., & Chen, Z. "Partner selection and optimization based on manufacturing resource sharing platform for virtual enterprise". In Informatics and Management Science (2013):119-126.

[23] Crispim, J., Rego, N., & Pinho de Sousa, J. "Stochastic partner selection for virtual enterprises: a chance-constrained approach". International Journal of Production Research, 53(12), (2015): 3661-3677.

[24] Abdelsalam, H. M., & Mohamed, A. M. "Multi-objective simulated annealing algorithm for partner selection in virtual enterprises". In Artificial intelligence, evolutionary computing, and metaheuristics (2013) :751-774

[25] Prakash, C., & Barua, M. K. "An analysis of integrated robust hybrid model for third-party reverse logistics partner selection under fuzzy environment". Resources, Conservation and Recycling, 108, (2016): 63-81.

[26] Salamat, V., Aliahmadi, A., Pishvaee, M., & Hafeez, K. "A robust fuzzy possibilistic AHP approach for partner selection in international strategic alliance". Decision Science Letters, 7(4), (2018): 481-502.

[27] Kao, C., "Efficiency measurement for parallel production systems". European Journal of Operational Research, 196(3), (2009): 1107-1112.

[28] Seiford LM, and Zhu J "Profitability and marketability of the top 55 US commercial banks". Management science. 45(9), (1999): 1270-1288

[29] Lafkihi, M., Pan, S., & Ballot, E. "Rule-based incentive mechanism design for a decentralized collaborative transport network". International Journal of Production Research, 58(24), (2020): 7382-7398