



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

نازنین قاسمی^۱، علی حسین زاده کاشان^{۲*}، سید اسماعیل نجفی^۱

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

^(۲) دانشکده مهندسی صنایع و سیستم ها، 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 شرکت‌های کوچک و متوسط می‌تواند چالش برانگیز است. بنابراین، شرکت‌ها برای رسیدن به اهداف مشترکشان ظرفیت‌های 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 شرکت‌های 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. نهایتاً، حساسیت تابع هدف توسط برخی پارامترها تحلیل می‌شود و نتایج نشان می‌دهد که با افزایش دو پارامتر حداکثر تعداد زیر پروژه-هایی 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.

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 به منابع مختلفی نیاز دارند که بدون شک برای شرکت‌های کوچک و متوسط هزینه بر است. از طرف دیگر، حتی شرکت‌های بزرگ نیز به دلیل ساختار پیچیده‌ای که دارند، انعطاف‌پذیری کافی برای انطباق با تغییرات مکرر تقاضا را ندارند. این مسائل سازمان‌ها را به همکاری با یکدیگر ترغیب می‌کند. به این ترتیب، آنها می‌توانند 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 در تولید 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 تامین، اشتراک منابع شبکه بین اعضا بسیار حیاتی است. همچنین، مشارکت در فرآیند تصمیم‌گیری 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 بهینه‌سازی 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 تصمیم‌گیری حیاتی برای شرکت است [۲]. در یک ساختار مشارکتی، همه اعضا به طور پویا برای دستیابی به اهداف 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^۲) اتحادی موقت از شرکت‌هایی است که مهارت‌ها یا شایستگی‌ها و منابع اصلی را برای پاسخگویی بهتر به فرصت‌های تجاری به اشتراک می‌گذارند و همکاری آنها توسط شبکه‌های 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 می‌شود [۴].

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

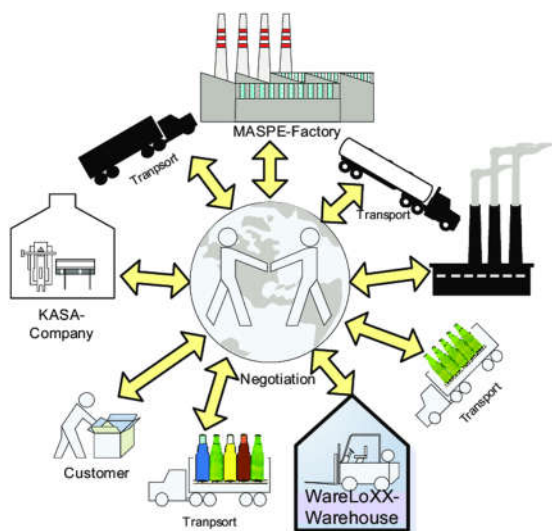
² Virtual Enterprise

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 می دهد.

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 می شوند.



شکل ۱: مفهوم یک شرکت مجازی

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 می‌تواند اهمیت نسبی معیارها را تغییر دهد [۸]. در سال ۲۰۰۱ دی بوئر و همکاران یک رویکرد سه مرحله‌ای 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 مکانیزم‌های جدید و به حداقل رساندن هزینه کل پروژه هنگامی که پروژه در آخرین مهلت آن به پایان می‌رسد، انجام پذیرفت [۵]. کریسپیم و دی سوس در سال ۲۰۰۹ رویکرد شرکت مجازی را با ابزار MADM تصمیم‌گیری چند معیاره توسعه دادند. آنها VE را جایگزین رتبه‌بندی 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 می‌دهد که این الگوریتم نسبت به دیگر الگوریتم‌های فراابتکاری در مدت زمان کوتاه‌تر و کارآمدتر است [۱۲].

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

در این مطالعه، یک مدل انتخاب شریک جدید ارائه شده است. این مدل مبتنی بر مفهوم شرکت مجازی می‌باشد. مدل پیشنهادی یک برنامه‌ریزی 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 پروژه‌ای ارائه گردیده است.

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

۲- پیشینه تحقیق

انتخاب بهترین شرکا منجر به ایجاد یک شرکت مجازی می‌شود. شرکت مجازی برای ادغام هر قسمت از یک پروژه بزرگ با شرکای انتخاب شده همکاری می‌کند. هر یک از اعضای شرکت مجازی صلاحیت‌های اصلی خود را در منطقه مانند بازاریابی، مهندسی و تولید فراهم می‌کند. هنگامی که موقعیت بازار دریافت و انجام می‌شود، شرکت مجازی منحل می‌شود. یک مسئله اساسی در شکل‌گیری 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 می‌تواند معیارهای اصلی را برای انتخاب شریک طبقه‌بندی کند [۷]. به همین ترتیب، مطالعه وبر و همکاران در سال ۱۹۹۱ بر روی ۷۴ مقاله نشان داد که

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 بهبود 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 می کنند و بهترین گزینه با توجه به صحت اطلاعات شخصی آنها با هزینه بهبود 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.

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 نوتروزیک 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،

جدول ۱: 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

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

۳- بیان مساله

است [۲۸].

از مزایای شرکت مجازینسبت به شرکتهای سنتی می‌توان 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 می‌کنند. 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 نمی‌تواند پروژه را به تنهایی انجام دهد. بنابراین، شرکت پایه پروژه را به چندین پروژه فرعی تقسیم می‌کند و هر قسمت را به یک شریک اختصاص می‌دهد و فقط مونتاژ نهایی توسط شرکت پایه انجام می‌شود. شرکت پایه شرکت‌های دیگر را به مناقصه سایر زیر پروژه‌ها دعوت می‌کند. شرکای مناسب برای تکمیل زیر پروژه‌ها 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 می‌شود. یک مسئله مهم برای ایجاد یک شرکت مجازی موفق، انتخاب شرکای مناسب است و به این دلیل دلیل این مساله را مساله انتخاب شریک می‌نامند [۲۷].

برای موفقیت در بازار جهانی رقابتی امروز، شرکت‌های تولیدی باید نوآور، انعطاف‌پذیر، سازگار و پاسخگو در برابر تغییرات باشند. یک شرکت مجازی یکی از راه‌حل‌های 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 می‌گذارند 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

VMI همکاری با حامل های توزیع را در نظر نمی گیرد. محدودیت های ظرفیت حامل ها ممکن است با تأخیر در زمان انتقال توزیع، کارایی زنجیره تأمین را مخدوش کنند.

در سیستم های 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 می کنند اهداف خود را برآورده کنند [۲۹]. بنابراین حمل و نقل مشترک هزینه های ثابت را کاهش می دهد اما ممکن است زمان اتمام را افزایش دهد. برای بهینه سازی زمان و هزینه، ایجاد تعادل بین تعداد محموله ها و زمان اتمام پروژه راه حل مناسبی است. شکل ۲ مدل انتخاب شریک را با شبکه مشترک نشان می دهد.

مدل انتخاب شریک پیشنهادی فرضیات زیر را دارد:

- ترکیب مدل انتخاب شریک و حمل و 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 پروژه فرعی فقط توسط یک شریک انجام می شود
- 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)
- در نظر 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 می شود نه مبلغ حمل و نقل
- تمام پارامترها و متغیرهای مدل پیشنهادی در جدول ۲ و متغیرهای باینری در جدول ۳ توضیح داده شده اند.

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 می شود که در آن از دو یا چند شرکت حمل و نقل از طرف شریک برای تقسیم ظرفیت وسیله نقلیه و روند تحویل استفاده می شود. برای کاهش هزینه ها 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) می شود. 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.

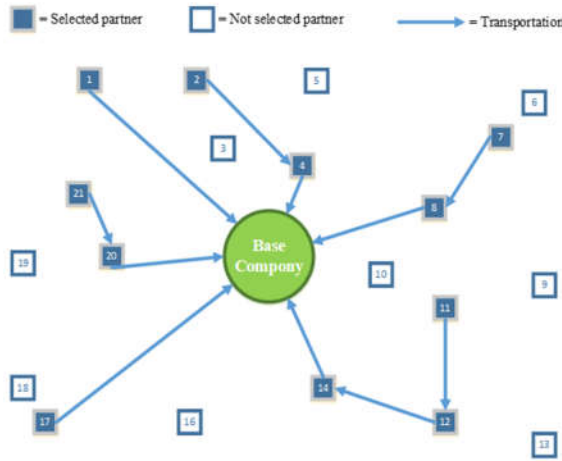
علاوه بر این، تولید کننده مسئول هر گونه اختلاف موجودی است. دومین نقص این است که سیستم

جدول ۲: پارامترها و متغیرهای مساله انتخاب شریک

اندیس مربوط به زیر پروژه	q
اندیس مربوط به پروژه	p
اندیس مربوط به شرکت های شریک	s
تعداد شرکت های شریک	S
هزینه مونتاژ نهایی برای پروژه p	$A C_p$
زمان مونتاژ نهایی برای پروژه p	$A T_p$
زمان اتمام پروژه p	$C T_p$
هزینه حمل و نقل ثابت بین شریک S_1 و S_2	$FT_{s_1 s_2}$
هزینه حمل و نقل ثابت بین شریک و شرکت پایه	FT_{s_0}
هزینه حمل و نقل متغیر بین شریک S_1 و S_2	$VT_{s_1 s_2}$
هزینه حمل و نقل متغیر بین شریک و شرکت پایه	VT_{s_0}
حداکثر تعداد زیر پروژه هایی که توسط یک شریک انجام می شود	L
تعداد کل پروژه ها	M
تعداد زیر پروژه های پروژه P	n_p
هزینه عملیاتی مربوط به زیر پروژه q در پروژه p توسط شریک S انجام شده است	PC_{qp}^{s}
زمان 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 که توسط شرکت پایه انجام شده است	PS_p
کل هزینه زیر پروژه های پروژه p که توسط شرکت پایه انجام می شود	A_p
زمان حمل و نقل از شریک S_1 به شریک S_2	$TR^{s_1 s_2}$
زمان حمل و نقل شریک S به شرکت پایه	TR^{s_0}
ظرفیت حمل و نقل از نظر تعداد مربوط به زیر پروژه های حمل شده	V
زمان ورود به شریک S مربوط به زیر پروژه q در پروژه p	IT_{qp}^s
زمان آماده سازی برای حمل و نقل در شریک S و زیر پروژه q در پروژه p	PR_{qp}^s
زمان ورود به شرکت پایه مربوط به زیر پروژه q در پروژه p	IT_{qp}^o
زمان ورود عملیاتی به شرکت پایه مربوط به زیر پروژه q در پروژه p	$IT_{qp}^{o_s}$
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	$FT_{qp}^{s_s}$
زمان اتمام پروژه p در شرکت پایه	C_p

جدول ۳: متغیرهای باینری مساله انتخاب شریک

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	x_{qp}^s
اگر زیر پروژه q در پروژه p توسط شریک S انجام شود ۱ است، در غیر این صورت ۰	δ_{qp}^s
اگر زیر پروژه q در پروژه p بین شریک S_1 و S_2 حمل شود، ۱ است در غیر این صورت ۰	$\mu_{qp}^{s_1 s_2}$
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	$u_{qp}^{s_0}$
اگر حمل و نقل از شریک S_1 به شریک S_2 انجام شود، ۱ است در غیر این صورت ۰	$y_{s_1 s_2}$
اگر حمل و نقل از شریک S به شرکت پایه انجام شود، ۱ است در غیر این صورت ۰	z_s
اگر شریک S به منظور انجام حداقل یک زیر پروژه انتخاب شود، ۱ در غیر این صورت ۰	H_s
اگر زیر پروژه q از پروژه p با حداکثر زمان رسیدن به شرکت پایه از بین شرکتهای شریک منتقل شود ۱ است و در غیر این صورت ۰	U_{qp}



شکل ۲: مدل انتخاب شریک

$$\delta_{qp}^s + \sum_{s_2=1}^S \mu_{qp}^{s_2s} \geq v_{qp}^{so} \quad \forall q, p, s \quad 13$$

$$\sum_{p=1}^M \sum_{q=1}^{n_p} \mu_{qp}^{s_1s_2} \leq V \quad \forall s_1, s_2 \quad 14$$

$$\sum_{p=1}^M \sum_{q=1}^{n_p} v_{qp}^{so} \leq V \quad \forall s \quad 15$$

$$v_{qp}^{s_2p} \leq \left(1 - \sum_{s_3=1}^S \mu_{qp}^{s_2s_3} \right) \quad \forall s_2, q, p \quad 16$$

$$\sum_{s=1}^S \sum_{q=1}^{n_p} v_{qp}^{so} = n_p \quad \forall p \quad 17$$

$$\sum_{p=1}^M \sum_{q=1}^{n_p} x_{qp}^s = 1 \quad \forall s \quad 18$$

$$PR_{qp'}^s = \sum_{p=1}^M \sum_{q=1}^{n_p} FT_{qp}^{ts} \quad \forall s, p', q' \quad 19$$

$$FT_{qp}^{ts} \geq FT_{qp}^s - (1 - x_{qp}^s) \cdot M \quad \forall s, p, q \quad 20$$

$$FT_{qp}^{ts} \leq FT_{qp}^s + (1 - x_{qp}^s) \cdot M \quad \forall s, p, q \quad 21$$

$$FT_{qp}^{ts} \leq x_{qp}^s \cdot M \quad \forall s, p, q \quad 22$$

$$FT_{qp}^s = IT_{qp}^s + PT_{qp}^s \cdot \delta_{qp}^s \quad \forall s, p, q \quad 23$$

$$PR_{qp'}^s \geq FT_{qp}^s - (1 - \delta_{qp'}^s) \cdot M \quad \forall s, p', q', p, q \quad 24$$

$$IT_{qp}^{s_2} \geq PR_{qp}^{s_1} + TR_{qp}^{s_1s_2} - (1 - \mu_{qp}^{s_1s_2}) \cdot M \quad \forall q, p, s_1, s_2 \quad 25$$

$$IT_{qp}^{s_2} \leq PR_{qp}^{s_1} + TR_{qp}^{s_1s_2} + (1 - \mu_{qp}^{s_1s_2}) \cdot M \quad \forall q, p, s_1, s_2 \quad 26$$

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) مدل را نشان می دهد.

$$F = TP + TS + TT_1 + TT_2 + TA \quad 1$$

$$TP = \sum_{s=1}^S \sum_{p=1}^M \sum_{q=1}^{n_p} PC_{qp}^s \delta_{qp}^s \quad 2$$

$$TS = \sum_{p=1}^M A_p \quad 3$$

$$TT_1 = \sum_{s_1=1}^S \sum_{s_2=1}^S F_{s_1s_2} \cdot y_{s_1s_2} + VT_{s_1s_2} \left(\sum_{p=1}^M \sum_{q=1}^{n_p} \mu_{qp}^{s_1s_2} \right) \quad 4$$

$$TT_2 = \sum_{s=1}^S F_{so} \cdot z_k + VT_{so} \left(\sum_{p=1}^M \sum_{q=1}^{n_p} v_{qp}^{so} \right) \quad 5$$

$$TA = \sum_{p=1}^M AC_p \quad 6$$

$$\sum_{p=1}^M \sum_{q=1}^{n_p} \mu_{qp}^{s_1s_2} \leq y_{s_1s_2} \cdot M \quad \forall s_1, s_2 \quad 7$$

$$M \cdot \sum_{p=1}^M \sum_{q=1}^{n_p} \mu_{qp}^{s_1s_2} \geq y_{s_1s_2} \quad \forall s_1, s_2 \quad 8$$

$$\sum_{p=1}^M \sum_{q=1}^{n_p} v_{qp}^{so} \leq z_s \cdot M \quad \forall s \quad 9$$

$$M \cdot \sum_{p=1}^M \sum_{q=1}^{n_p} v_{qp}^{so} \geq z_s \quad \forall s \quad 10$$

$$\delta_{qp}^{s_1} + \delta_{q+1,p}^{s_2} \leq \mu_{qp}^{s_1s_2} + 1 \quad \forall p, q \leq n_p - 1, s_1, s_2 \neq s_1 \quad 11$$

$$\sum_{s=1}^S \delta_{qp}^s = 1 \quad \forall p, q \quad 12$$

TA هزینه کل مونتاژ برای همه پروژه‌ها را نشان دهید.

محدودیت‌ها (۷) و (۸) تضمین می‌کنند که اگر رابطه ای بین شریک S_1 و S_2 وجود داشته باشد، بنابراین $y_{S_1 S_2} = 1$ و $\mu_{qp}^{S_1 S_2}$ می‌تواند مقدار داشته باشد و اگر هیچ ارتباطی بین دو شریک وجود نداشته باشد $y_{S_1 S_2} = 0$. این محدودیت تضمین می‌کند که اگر ارتباطی بین دو شریک وجود داشته باشد، یک زیرپروژه باید بین آنها رد و بدل شود. محدودیت (۹) و (۱۰) دقیقاً مانند محدودیت‌ها (۷) و (۸) اما بین یک شرکت شریک با شرکت پایه کار می‌کند. قید (۱۱) نشان می‌دهد که اگر شریک S_1 و S_2 رابطه ای داشته باشند و $\mu_{qp}^{S_1 S_2} = 1$ ، بنابراین $\delta_{qp}^{S_1}$ و $\delta_{qp}^{S_2}$ باید برابر با یک باشد. شکل ۳ نشان می‌دهد 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 می‌کند که هر زیر پروژه فقط باید به یک شریک اختصاص یابد. قید (۱۳) بیان می‌کند که اگر بین شریک S و شرکت پایه مبادله ای وجود داشته باشد و $U_{qp}^{S_0} = 1$ ، مطمئناً این امر قطعی است که $\delta_{qp}^S = 1$ باشد. معادله (۱۴) و (۱۵) محدودیت ظرفیت تعداد پروژه های منتقل شده می‌باشند.

$$IT_{qp}^o \geq PR_{qp}^s + TR^{so} - (1 - U_{qp}^{so}) \cdot M \quad \forall q, p, s \quad 27$$

$$IT_{qp}^o \leq PR_{qp}^s + TR^{so} + (1 - U_{qp}^{so}) \cdot M \quad \forall q, p, s \quad 28$$

$$C_p + AT_p \leq DT_p \quad \forall p \quad 29$$

$$C_p = \sum_{q=1}^{n_p} IT_{qp}^{i'o} \quad \forall p \quad 30$$

$$\sum_{q=1}^{n_p} U_{qp} = 1 \quad \forall p \quad 31$$

$$C_p \geq IT_{qp}^o + PS_p \quad \forall p, q \quad 32$$

$$IT_{qp}^{i'o} \geq (IT_{qp}^o + PS_p) - (1 - U_{qp}) \cdot M \quad \forall p, q \quad 33$$

$$IT_{qp}^{i'o} \leq (IT_{qp}^o + PS_p) + (1 - U_{qp}) \cdot M \quad \forall p, q \quad 34$$

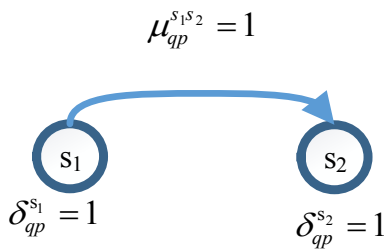
$$IT_{qp}^{i'o} \leq U_{qp} \cdot M \quad \forall p, q \quad 35$$

$$\sum_{p=1}^M \sum_{q=1}^{n_p} \delta_{qp}^s \leq H_s \cdot L \quad \forall s \quad 36$$

$$H_s \leq \sum_{p=1}^M \sum_{q=1}^{n_p} \delta_{qp}^s \quad \forall s \quad 37$$

$$z_s, y_{S_1 S_2}, \delta_{qp}^s, x_{qp}^s, U_{qp}^{so}, \mu_{qp}^{S_1 S_2}, U_{qp} \in \{0, 1\} \quad 38$$

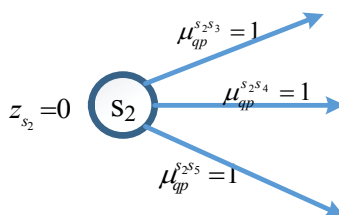
در مدل ارائه شده در معادله (۱) تا (۳۷)، تابع هدف F شامل مجموع ۵ هزینه است: TP هزینه کل تمام زیر پروژه های انجام شده توسط شرکا را نشان می‌دهد، TS هزینه کل تمام زیر پروژه های است که توسط شرکت پایه انجام شده است. TT_1 و TT_2 به ترتیب هزینه حمل و نقل بین شرکا و هزینه کل حمل و نقل بین شرکا و شرکت پایه و در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



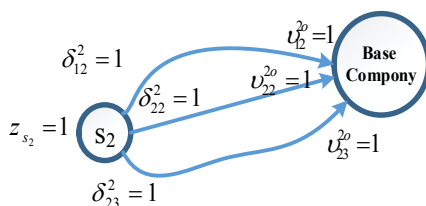
شکل ۳: ارتباط بین دو شریک و انجام زیر پروژه

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 می‌شود. شکل ۵ پیوندهای بین S_2 و شرکت پایه را نشان می‌دهد.

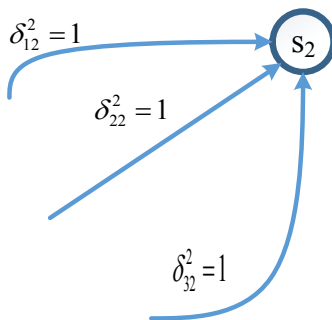
محدودیت (۱۶) توضیح می‌دهد که اگر پروژه ای بین شریک S_2 و هر شریک دیگری وجود داشته باشد، پس تعداد زیر پروژه های اختصاص داده شده به شریک S_2 قطعاً برابر با تعداد ارتباطات آن با شرکای دیگر خواهد بود. بنابراین، هنگامیکه $z_{s_2} = 0$ هیچ پروژه ای از شریک S_2 به شرکت پایه منتقل نشده است. شکل ۴ ارتباطات بین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



شکل ۴: پیوندهای بین S_2 و شرکای دیگر



شکل ۵: پیوندهای بین S_2 و شرکت پایه



شکل ۶: زمان پایان زیر پروژه های برای شریک S_2

شکل ۶ و معادله (۳۹) نحوه محاسبه زمان آماده سازی برای یک شریک را نشان می‌دهد.

$$\begin{aligned} FT_{12}^2 &= IT_{12}^2 + PT_{12}^2 \delta_{12}^2 \\ FT_{22}^2 &= IT_{22}^2 + PT_{22}^2 \delta_{22}^2 \\ \Rightarrow PR_{qp}^2 &= \text{Max} \{ FT_{12}^2, FT_{22}^2, FT_{32}^2 \} \\ FT_{32}^2 &= IT_{32}^2 + PT_{32}^2 \delta_{32}^2 \end{aligned} \quad ۳۹$$

در قید (۲۵) و (۲۶) بیان می‌شود که اگر ارتباطی بین دو شرکت شریک وجود داشته باشد و $\mu_{qp}^{s_2} = 1$ ، 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 $\mu_{qp}^{s_2} = 0$ بنابراین $IT_{qp}^{s_2} = 0$ و این محدودیت غیرفعال خواهد شد. قید (۲۷) و (۲۸) همانند محدودیت (۲۵) و (۲۶) عمل می‌کند اما مربوط به شرکا و شرکت پایه است. محدودیت (۲۹) تا (۳۵) محاسبه زمان اتمام پروژه است. یک پروژه زمانی تمام می‌شود 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 پروژه‌ها به شرکت پایه و زمان فرآیند آنها است، می‌باشد. محدودیت (۳۶) محدودیت تخصیص است که فقط امکان تخصیص L زیر پروژه به هر شریک وجود دارد. سرانجام، قید (۳۷) اطمینان حاصل می‌کند. 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

محدودیت (۱۷) تضمین می‌کند که تعداد کل زیر پروژه‌های 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 می‌شود. این بدان معناست که اگر زیر پروژه‌ها زودتر به اتمام برسند، باید منتظر بمانند تا همه زیر پروژه‌ها به پایان برسند. یکی از فرضیاتی که در این مدل در نظر گرفته شده این است که یک شریک تا زمانی که تمام زیر پروژه‌ها را تکمیل نکند، هیچ یک را برای شرکت پایه نمی‌فرستد. فقط یکبار می‌تواند ارسال شود و حمل و نقل متعددی وجود ندارد [۱۳].

محدودیت‌ها (۱۸) تا (۲۲) بیان می‌کنند که اگر برخی از زیر پروژه‌ها حتی از پروژه‌های 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 $FT' = 0$ ، برای زیر پروژه‌های دیگر برابر صفر است. کل زمان آماده سازی برای شریک S برابر با مجموع FT' ‌ها است و مشخص می‌کند برای کدام زیر پروژه $FT' = FT$ است.

محدودیت (۲۳) توضیح می‌دهد 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 طولانی‌ترین زمان را دارد، می‌تواند به این دلیل باشد که یا کار را دیرتر از مرحله قبل دریافت کرده یا زمان پردازش بیشتری دارد.

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

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، هزینه کل و زمان فرآیند پروژهها و زمان اتمام پروژهها در جدول ۱۱ نشان داده شده است.

دارای ۳ زیر پروژه و پروژه سوم دارای ۲ زیر پروژه 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

جدول ۴: ابعاد مساله

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

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

PC_{qp}^s	پروژه ۱		پروژه ۲			پروژه ۳	
	زیر پروژه ۱	زیر پروژه ۲	زیر پروژه ۱	زیر پروژه ۲	زیر پروژه ۳	زیر پروژه ۱	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_{qp}^s	پروژه ۱		پروژه ۲			پروژه ۳	
	زیر پروژه ۱	زیر پروژه ۲	زیر پروژه ۱	زیر پروژه ۲	زیر پروژه ۳	زیر پروژه ۱	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 شریک S_1 و S_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 شریک S_1 و S_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 و S_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 پروژه p

	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 می شود.

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

متغیر باینری μ_{qp}^{s2} که مقدار آن اگر زیر پروژه q از پروژه p بین شریک s_1 و s_2 جا به جا شود ۱ است در غیر اینصورت صفر، برای تمامی مقادیر صفر است و هیچ گونه جابه جایی بین شرکا اتفاق نمی افتد. متغیر باینری δ_q^p که مقدار آن اگر زیر پروژه q از پروژه p به شریک s اختصاص یابد ۱ است در غیر اینصورت صفر، برای $\delta_{11}^1, \delta_{12}^1, \delta_{21}^1, \delta_{23}^1, \delta_{22}^2, \delta_{32}^2, \delta_{13}^3$ یک و سایر مقادیر صفر است. متغیر باینری U_{qp}^{so} که مقدار آن اگر زیر پروژه q از پروژه p بین شریک s و شرکت اصلی جا به جا شود ۱ است در غیر اینصورت صفر، برای

سایر مقادیر صفر است. $U_{11}^{3o}, U_{13}^{5o}, U_{21}^{3o}, U_{22}^o, U_{23}^{5o}, U_{32}^o, U_{22}^o$ یک-و-

متغیر باینری U_{qp}^{so} که مقدار آن 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_1, H_3, H_5, Z_1, Z_3 یک و سایر مقادیر صفر است.

متغیرهای باینری γ_{ss} که حمل و نقل بین شرکا، را نشان می دهد، برای تمامی مقادیر صفر 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 می دهد. شبکه مورد مطالعه در شکل ۷ نشان داده شده 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}^p	-	-	-	-	۰
PR_{32}^p	۶۸	-	۷۴	-	۶۱
PR_{33}^p	-	-	-	-	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 پروژه p

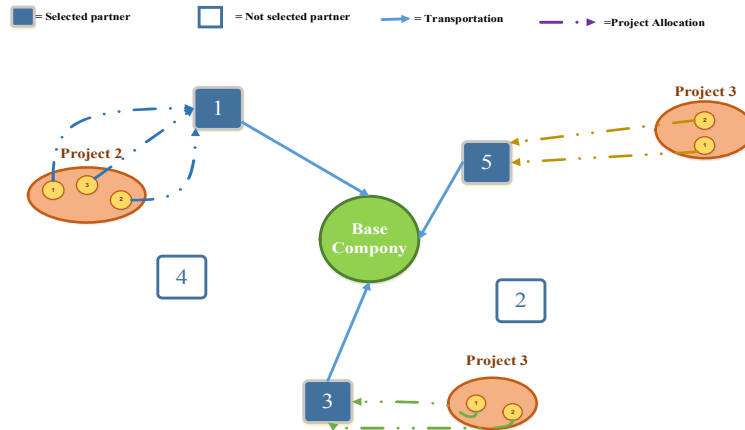
	شریک ۱	شریک ۲	شریک ۳	شریک ۴	شریک ۵
IT_{11}^s	۶۸	-	-	-	-
IT_{12}^s	-	-	۷۴	-	۶۱
IT_{13}^s	-	-	-	-	-
IT_{21}^s	-	-	-	-	-
IT_{22}^s	-	-	-	-	-
IT_{23}^s	-	-	-	-	-
IT_{31}^s	-	-	-	-	-
IT_{32}^s	-	-	-	-	-
IT_{33}^s	-	-	-	-	-

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

جدول ۱۷: زمان اتمام پروژه ها در شرکت پایه

	پروژه ۱	پروژه ۲	پروژه ۳
C_p	۸۵	۹۰	۸۰

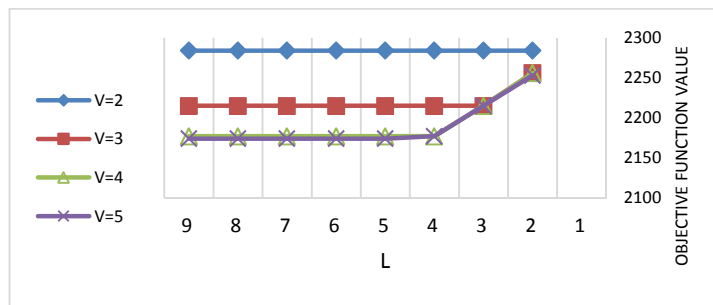


شکل ۷: ساختار مدل انتخاب شریک مربوط به مثال عددی

جواب موجه است. برای مقادیر دیگر V و L تابع هدف دارای جواب موجه است. با افزایش هر دو پارامتر، مقدار تابع هدف کاهش می‌یابد یا تغییر نمی‌کند. 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 می‌توان بین ۲ تا ۵ تغییر داد. شکل ۸ تغییرات تابع هدف را به ازای این مقادیر V و L نشان می‌دهد. همانطور که نشان داده شده است، با افزایش این دو پارامتر، مقدار تابع هدف کاهش می‌یابد و از یک نقطه به بعد ثابت می‌باشد.

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 می‌شود" 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 مقدار V ، تابع هدف بدون



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

جدول ۱۸: نتایج تحلیل حساسیت توسط V و L

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

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 پیشنهادی 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 نمی کند.

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 می شود.

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*

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

- 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., Pishvae, 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
- 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

