نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید
IERPS
ISSN: 2345-2269

نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید

سال پنجم، شماره دهم، بهار و تابستان ۱۳۹۶، صفحه ۸۳-۹۷
www.ier.basu.ac.ir

DOI: 10.22084/ier.2017.11264.1508

انتخاب تأمین‌کنندگان با رویکرد تئوری بازی همکارانه با در نظر گرفتن محدودیت ظرفیت و ارسال هم‌زمان اقلام

عطیه ماشلی[۱]، داود محمدی‌تبار[۲،*]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران.
۲. استادیار مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:
دریافت ۱۳۹۵/۰۵/۱۶
پذیرش ۱۳۹۶/۰۱/۲۸

کلمات کلیدی:
انتخاب تأمین‌کننده
مدیریت موجودی
تئوری بازی همکارانه
ارسال هم‌زمان

خلاصه

انتخاب تأمین‌کننده از مسائل مهم و کلیدی در حوزه زنجیره تأمین به شمار می‌رود. طی دو دهه اخیر، به دنبال افزایش خواسته‌ها و انتظارات مشتریان و به تبع آن افزایش روزافزون رقابت صنعتی، این اعتقاد به وجود آمده است که رقابت مابین شرکت‌ها مطرح نبوده بلکه این زنجیره‌های تأمین هستند که با یکدیگر به رقابت می‌پردازند. بر این اساس برخی محققان مدل‌هایی را پیشنهاد نموده‌اند که به جای تمرکز صرف بر عایدی خریدار، هزینه کل زنجیره‌تأمین را مبنا قرار می‌دهند. در این پژوهش زنجیره‌تأمینی شامل یک خریدار و چندین تأمین‌کننده در نظر گرفته شده و به تحلیل تصمیمات انتخاب تأمین‌کننده، تصمیمات موجودی و سیاست‌های ارسال محصول پرداخته شده و یک مدل همکارانه به منظور یکپارچگی این تصمیمات توسعه یافته است. در این مدل، سیکل سفارش خریدار مضرب صحیحی از سیکل تأمین‌کننده بوده و تأمین‌کنندگان امکان برون‌سپاری باقی‌مانده ظرفیت خود را دارند. در این پژوهش نشان داده شده که همکاری بین اعضای زنجیره تأمین منجر به پاسخ‌های پایداری می‌گردد که هزینه‌های زنجیره را برابر مدل متمرکز خواهد نمود. هم‌چنین نشان داده شده که هزینه فرصت اعضای زنجیره در انتخاب تأمین‌کنندگان، میزان سفارش تخصیص یافته به آن‌ها و عایدی زنجیره تأمین تأثیر چشم‌گیری دارد. در مثال عددی این یافته‌ها تشریح شده‌اند.

۱- مقدمه

انتخاب تأمین‌کننده یکی از مسائل مهم و کلیدی در حوزه زنجیره تأمین به شمار می‌رود[۱]. امروزه، با توجه به رشد برون‌سپاری در بخش‌های گوناگون، انتخاب تأمین‌کنندگان مناسب در موفقیت یک کسب و کار دارای اهمیت بسیاری است [۲]. تصمیمات تجاری با جهانی شدن بازارها بحرانی شده و با افزایش رقابت میان شرکت‌ها روبرو هستیم که بایستی در تصمیم‌گیری‌ها مورد توجه قرار گیرد. بر این اساس و به منظور بهبود عملکرد اعضای زنجیره‌های تأمین، تمرکز تحقیقات در این زمینه از تحلیل‌های تک موردی به چند موردی تغییر یافته است. ویژگی‌های اصلی چنین زنجیره‌های تأمینی این است که اعضای زنجیره تأمین مستقل بوده و به دنبال بهینه شدن اهداف خود هستند، و اینکه تصمیماتی که توسط یکی از اعضا گرفته می‌شود بر عملکرد دیگر اعضای زنجیره تأمین اثرگذار است [۳]. این تقابل‌ها میان تصمیمات اعضای زنجیره نیازمند تخصیص و هماهنگی فعالیت‌ها بوده، و بنابراین، نظریه بازی با این تقابل‌ها سازگاری بسیار خوبی دارد. در این حالت ارزیابی و انتخاب مؤثر تأمین‌کنندگان و مدیریت مناسب آن‌ها در فعالیت‌های بحرانی زنجیره تأمین تولیدکنندگان را قادر می‌سازد که به ۴ معیار رضایت مشتری شامل قیمت‌گذاری رقابتی، کیفیت محصول، تنوع محصول و خدمات تحویل، دست یابد [۴]. در بسیاری از پژوهش‌های مورد

* نویسنده مسئول: داود محمدی‌تبار
تلفن: ۷۷۶۳۸۸۵۳-۰۲۱؛ پست الکترونیکی: d_mohammaditabar@azad.ac.ir

مطالعه در این زمینه مفهوم مقدار سفارش اقتصادی[1] مورد استفاده قرار گرفته و بدین ترتیب به تحلیل یکپارچه تصمیمات موجودی و انتخاب تأمین‌کننده پرداخته‌اند [۵]. رضایی و داوودی [۶] بر اهمیت مدل‌سازی چندهدفه تأکید کرده و مدل خود در انتخاب تأمین‌کننده و حجم انباشته را در حالت چند دوره‌ای و چند محصولی ارائه دادند. آن‌ها از الگوریتم ژنتیک به منظور حل مدل استفاده نمودند.لی و همکاران [۷] یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط برای حل مسئله یکپارچه تعیین حجم انباشته با چندین تأمین‌کننده، چند دوره‌ای و تخفیف کمیت را ارائه داده و از الگوریتم ژنتیک برای حل مدل استفاده نمودند. چوداری و شانکار [۸] تعیین حجم انباشته موجودی و انتخاب تأمین‌کننده را با انتخاب حامل یکپارچه نمودند. فرضیات بسیار دیگری در ایجاد یکپارچگی بین انتخاب تأمین‌کننده و مدیریت موجودی توسط نویسندگان مختلف در نظر گرفته شده است. محمدی‌تبار و قدسی‌پور [۹] مدلی را به منظور انتخاب تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن سفارش مشترک اقلام موجودی توسعه داده‌اند. آن‌ها دریافتند که در نظر گرفتن مسئله سفارش مشترک[2] در انتخاب تأمین‌کننده باعث صرفه‌جویی بیشتری در هزینه‌های زنجیره تأمین می‌گردد. برای حل این مسئله الگوریتم شبیه‌سازی تبرید ارائه شده و سپس با الگوریتم ژنتیک اصلاح شده موجود در ادبیات مقایسه گردیده است. عمید و همکاران [۱۰] پارامترهای فازی را در مدل انتخاب تأمین‌کننده در نظر گرفته‌اند. جولای و همکاران [۱۱] به منظور رتبه‌بندی کلی تأمین‌کنندگان پیشنهادی روش تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی را پیشنهاد داده، و سپس با استفاده از برنامه‌ریزی آرمان[3] باکیفیت‌ترین آن‌ها را در مرحله دوم انتخاب نموده‌اند. سوکلای و همکاران [۱۲] به‌منظور محاسبه وزن‌های مدل برنامه‌ریزی خطی فازی خود برای انتخاب تأمین‌کننده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی استفاده نموده‌اند. برونو و همکاران [۱۳] یک مدل برمبنای فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی پیشنهاد نموده و مزایا و معایب آن را از طریق تجزیه و تحلیل در روند اجرای این روش مورد ارزیابی قرار داده‌اند.

به منظور مدل‌سازی و تحلیل شرایط رقابت و همکاری در یک صنعت نیازمند ابزاری هستیم که توانایی تحلیل این شرایط را دارا باشد. بدین روی نیازمند مدل‌سازی تمام ابعاد مرتبط مسئله به‌طور دقیق و سپس جستجوی بهترین استراتژی هر عضو زنجیره در شرایط رقابتی هستیم [۱۴]. با پدید آمدن نظریه بازی‌ها، ابزاری جدید و مناسب به‌منظور استفاده در ایجاد هماهنگی و یکپارچگی در تصمیمات زنجیره تأمین شامل انتخاب تأمین‌کننده و تصمیمات موجودی در زمینه زنجیره تأمین فراهم گشت [۱۵]. در این راستا، هوانگ و همکاران [۱۶] به‌منظور تحلیل یکپارچه تصمیمات انتخاب تأمین‌کنندگان، موجودی و قیمت‌گذاری در یک زنجیره، یک زنجیره تأمین سه سطحی شامل تأمین‌کنندگان، خرده‌فروشان و یک تولیدکننده را مورد بررسی قرار داده و برای مدل‌سازی مسئله خود از نظریه بازی غیرهمکارانه پویا استفاده کرده‌اند. در پژوهشی دیگر هوانگ و همکاران [۱۷] یک زنجیره تأمین سه سطحی شامل چندین تأمین‌کننده، یک تولیدکننده و چندین خریدار را در نظر گرفته‌اند و یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح به‌منظور یکپارچگی تصمیمات انتخاب تأمین‌کننده، قیمت‌گذاری و موجودی در یک زنجیره تأمین چند سطحی ارائه کرده‌اند و از رویکرد نظریه بازی همکارانه استفاده نموده و با روش ارزش شاپلی به تخصیص عایدی کل بین اعضای زنجیره تأمین پرداخته‌اند، اما اظهار داشتند که ممکن است پاسخ به‌دست‌آمده در هسته بازی نباشد. ژائو و همکاران [۱۸] به بررسی تصمیمات مربوط به تخصیص ظرفیت و قیمت‌گذاری در شرکت‌های رقیبی که ظرفیت ثابتی از محصولات فاسدشدنی را از طریق دو بازار متوالی و تحت فروش غیرقطعی به فروش می‌رسانند پرداخته‌اند. هم‌چنین چگونگی رفتار تعادل بازار در صورت تغییر شرایط اقتصادی و هم‌چنین تأثیر پیشنهاد تخفیفات زودهنگام در تصمیمات شرکت‌ها و عایدی‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق مشخص گردید که رقابت شدید به شرکت‌های قدرتمندتر در بازار آسیب می‌زند، اما برای شرکت‌های ضعیف‌تر سودمند است. یین و همکاران [۱۹] یک مدل برمبنای نظریه بازی به منظور هماهنگی یک تولیدکننده و چندین تأمین‌کننده تحت تقاضای غیرقطعی و اطلاعات کیفی نامتقارن ارائه داده‌اند. این هماهنگی توسط بازی استکلبرگ که تولیدکننده به عنوان رهبر و تأمین‌کنندگان پیرو می‌باشند، مدل‌سازی شده است. یین و همکاران [۲۰] یک مدل برنامه‌ریزی زنجیره تأمین شامل یک تولیدکننده، یک خرده‌فروش و چندین تأمین‌کننده تحت شرایط عدم قطعیت تقاضا و اطلاعات نامتقارن ارائه داده‌اند. مذاکره بین تولیدکننده و خرده‌فروش برمبنای قراردادهای بازگشت از خرید[4] می‌باشد. این مسئله با استفاده از رویکرد بازی استکلبرگ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است که در آن تولیدکننده رهبر و تأمین‌کنندگان پیرو هستند. وو و همکاران [۲۱] به توسعه یک مدل عدد صحیح مختلط خطی،به‌منظور تعیین مؤلفه‌های سیستم، ظرفیت و استراتژی‌های منتخب بهینه در یک سیستم توزیع انرژی پرداخته‌اند و به منظور تخصیص عایدی منصفانه بین اعضا از تئوری بازی همکارانه استفاده نموده‌اند. آن‌ها دریافتند که همکاری جامع بین اعضا نسبت به فعالیت انحصاری هریک از آن‌ها عایدی بهتری را برای آنان به دنبال دارد و باعث کاهش نرخ هزینه آن‌ها می‌شود. هم‌چنین به ذکر این نکته پرداختند که روش هسته منصفانه‌ترین تخصیص عایدی را برای بازیکنان به همراه دارد. محمدی‌تبار و همکاران [۲۲] به بررسی سناریوهای مختلف رقابتی، متمرکز و همکارانه در زمینه انتخاب تأمین‌کنندگان پرداخته‌اند و برای تحلیل مدل ارائه شده از رویکرد نظریه بازی‌ها استفاده نموده‌اند و نتیجه

1. Economic Order Quantity (EOQ)
2. Joint Replenishment Problem
3. Goal Programming
4. Buyback

انتخاب تأمین‌کنندگان را در دو حالت فعالیت تأمین‌کنندگان به‌صورت مستقل و همکارانه مورد مقایسه قرار داده‌اند. سپس با استفاده از روش‌های تخصیص عایدی در بازی‌های همکارانه به تعیین میزان عایدی تخصیص‌یافته به هریک از بازیکنان پرداخته‌اند. آن‌ها برخلاف مدل توسعه یافته در این مقاله سیکل سفارش خریدار و سیکل تولید تأمین‌کننده را برابر در نظر گرفته‌اند. هم‌چنین هزینه‌های ارسال و امکان ارسال هم‌زمان اقلام از طریق یک واسطه را در مدل خود لحاظ ننموده‌اند.

به‌طورکلی یکپارچگی تصمیماتی نظیر حجم انباشته، انتخاب تأمین‌کننده و وسیله حمل در یک زنجیره تأمین قابلیت کاهش هزینه‌ها را دارد [۲۳]. در این پژوهش سفارش همزمان اقلام به چند تأمین‌کننده مطرح می‌باشد، و به دنبال این است که بهترین تأمین‌کنندگان محصولات را انتخاب نماید. در این مسئله به منظور ایجاد امکان ارسال هم‌زمان اقلام و ترکیب بارهای مختلف تأمین‌کنندگان واسطه‌ای در نظر گرفته شده؛ که این واسطه می‌تواند شرکت‌های حمل‌ونقل و باربری باشد. تأمین‌کنندگان منتخب امکان ارسال هم‌زمان اقلام به خریدار از طریق این واسطه را دارا بوده و در نتیجه آن می‌توانند هزینه‌های خود را کاهش دهند.هم‌چنین به اثبات قضیه‌ای در زمینه تأثیر هزینه فرصت در انتخاب تأمین‌کنندگان پرداخته شده است. در بسیاری از کاربردهای واقعی، ظرفیت خالی تأمین‌کنندگان می‌تواند برای آنها فرصت‌هایی ایجاد کند. در واقع تولیدکنندگان می‌توانند در صورت تأمین سفارش کمتر از ظرفیت خود، ظرفیت خود را برون‌سپاری نموده و امکانات تولید خود را در اختیار تولیدکننده دیگری قرار دهند یا به تولید پرداخته و سفارش خریداران دیگری را نیز تأمین نمایند. این عایدی تأمین‌کنندگان در مسئله پیش رو به صورت هزینه فرصتی برای تأمین‌کنندگان در نظر گرفته شده است. در مدل مذکور سیکل تولید تأمین‌کننده مضرب صحیحی از سیکل سفارش خریدار در نظر گرفته شده است. علاوه بر این با بهره‌گیری از نظریه بازی همکارانه [۲۴] و [۲۵]، مدل‌سازی انجام شده؛ قضایایی در زمینه پایداری بازی اثبات گردیده؛ با روش‌های مختلف به تخصیص سود پرداخته شده و سپس با محاسبه برخی شاخص‌ها به مقایسه روش‌های مختلف تخصیص سود پرداخته شده است. هدف کلی این مقاله کمینه‌سازی هزینه سیستم و به دنبال آن افزایش سود است که از طریق یکپارچگی تصمیمات تعیین روش‌های بهینه حمل‌ونقل، انتخاب تأمین‌کنندگان مناسب و تصمیمات سفارش به دست خواهد آمد. در جدول ۱ به جمع‌بندی مطالعات پیشین و شکاف‌های تحقیقاتی موجود پرداخته شده است. از جمله نوآوری‌های موجود در این مقاله که موجب تفاوت چشمگیر این کار نسبت به کارهای مشابه توسط محققین که پیش از این انجام گرفته می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

جدول (۱): نگاهی بر مطالعات پیشین

مراجع/سال	ویژگی‌های مدل پیشنهادی						
	هزینه‌های موجودی	انتخاب تأمین‌کننده	امکان ارسال همزمان اقلام	استفاده از رویکرد نظریه بازی‌ها	همکاری میان اجزای زنجیره	وجود اطلاعات کامل	ارسال در حین تولید
کل و همکاران [۲۶]	*					*	
بائوسو و همکاران [۲۷]			*	*		*	
خلجانی و همکاران [۵]	*	*			*	*	*
کمالی و همکاران [۳]	*	*		*		*	
جازمی و همکاران [۲۸]	*	*			*	*	
هوانگ و همکاران [۱۶]	*	*		*		*	
هوانگ و همکاران [۱۷]	*	*		*	*	*	
الومری و همکاران [۲۹]	*		*	*	*	*	
رضایی و داوودی [۶]	*	*				*	
لی و همکاران [۷]	*	*		*	*	*	
چوداری و شانکار [۸]	*	*	*			*	
یین و همکاران [۱۹]	*	*		*			
یین و همکاران [۲۰]	*	*		*			
محمدی‌تبار و قدسی‌پور [۹]	*	*	*			*	
محمدی‌تبار و همکاران [۲۲]	*	*		*	*	*	
وو و همکاران [۲۱]				*	*	*	
مقاله	*	*	*	*	*	*	*

- در این مسئله امکان برون‌سپاری ظرفیت برای تأمین‌کنندگان در نظر گرفته شده، که در صورت تأمین سفارش کمتر از ظرفیت بتوانند اضافه ظرفیت خود را برون‌سپاری نمایند.
- در این پژوهش سفارش همزمان اقلام به چند تأمین‌کننده مطرح می‌باشد، و به دنبال این است که بهترین تأمین‌کنندگان محصولات را انتخاب نماید. تأمین‌کنندگان منتخب امکان ارسال هم‌زمان اقلام به خریدار را دارا بوده و درنتیجه می‌توانند هزینه‌های خود را کاهش دهند.
- سناریوی همکاری و به اشتراک‌گذاری هزینه‌ها در نظر گرفته شده که به ایجاد یکپارچگی هرچه بیشتر تصمیمات اعضای زنجیره‌تامین و هماهنگی میان آنها پرداخته شده است.
- به منظور ارسال هم‌زمان اقلام، واسطه‌ای در نظر گرفته شده که امکان ترکیب کردن بارهای مختلف تأمین‌کنندگان و ارسال آنها به خریدار را دارد.
- سیکل تأمین‌کننده مضرب صحیحی از سیکل سفارش است.
- قضایایی در زمینه تأثیر هزینه فرصت در انتخاب تأمین‌کنندگان اثبات شده است.

با بهره‌گیری از نظریه بازی همکارانه، مدل‌سازی انجام شده؛ قضایایی در زمینه پایداری بازی اثبات گردیده؛ با روش‌های مختلف به تخصیص سود پرداخته شده و سپس با محاسبه برخی شاخص‌ها به مقایسه روش‌های مختلف تخصیص سود پرداخته شده است.

به‌طورکلی در این پژوهش اهداف زیر دنبال می‌شود:

- ✓تحلیل همکاری بین اعضای یک زنجیره تأمین با چندین تأمین‌کننده و یک خریدار و تعیین استراتژی‌های بهینه اعضا
- ✓تعیین تأمین‌کنندگان منتخب و میزان سفارش تخصیص‌یافته به هریک از آن‌ها
- ✓تعیین روش ارسال محصولات از تأمین‌کننده به خریدار
- ✓تعیین مقدار بهینه سود (هزینه) اختصاص‌یافته به هریک از اعضای زنجیره با استفاده از روش‌های مختلف تخصیص سود
- ✓مقایسه عملکرد روش‌های مختلف تخصیص سود با استفاده از شاخص‌های تعریف شده

در بخش دوم مقاله به بیان مسئله مورد نظر پرداخته خواهد شد. در بخش سوم پس از تعریف مفروضات مسئله، پارامترها و متغیرهای تصمیم، مدل ریاضی توسعه یافته است. سپس برخی از ویژگی‌های بازی همکارانه، در مدل مورد بررسی قرار گرفته است. در بخش چهارم با حل مثال‌های عددی و تحلیل حساسیت برای مدل ارائه شده، نتایج به‌طور شفاف ارائه می‌شود. شاخص‌های تعریف شده در بخش سوم برای بازی تعریف شده محاسبه شده و تحلیل می‌گردد. در پایان در بخش پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهاداتی جهت تحقیقات آتی ارائه خواهد شد.

۲- شرح و بیان مسأله

مدل توسعه‌یافته به بررسی یک زنجیره تأمین دو سطحی پرداخته که در آن یک خریدار برای تأمین یک محصول بایستی از میان چندین تأمین‌کننده، در شرایطی که امکان تشکیل ائتلاف میان اعضای زنجیره تأمین وجود داشته باشد، به انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص میزان سفارش بپردازد. این ائتلاف میان تأمین‌کنندگان، خریدار و واسطه حمل صورت می‌گیرد تا زمان‌های ارسال و قیمت فروش را تعیین کنند. در حقیقت از آنجایی که واسطه حمل می‌تواند بار ارسالی تأمین‌کنندگان را ترکیب کند همکاری میان آنها می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌های ارسال شود. همچنین این مکانیسم امکان ائتلاف تأمین‌کنندگان با ظرفیت پایین و یا هزینه ارسال مستقیم بالا را ایجاد می‌کند تا بتوانند انتخاب شوند. خریدار بر مبنای مدل خرید در مباحث کنترل موجودی رفتار کرده و محصول را در بازار با تقاضا و قیمت ثابت به فروش می‌رساند. تأمین‌کنندگان دارای محدودیت ظرفیت هستند و رفتار آن‌ها بر اساس مدل تولید در مباحث موجودی می‌باشد.خریدار با هزینه‌های سفارش، نگهداری موجودی و هزینه خرید محصول مواجه است و درآمد او از طریق فروش محصول به بازار حاصل می‌شود. هزینه‌های راه‌اندازی، تولید محصول، نگهداری، و هم‌چنین هزینه حمل‌ونقل نیز به عهده تأمین‌کننده می‌باشد.در این شرایط تأمین‌کنندگان می‌توانند تولیدات ارسالی خود را به‌طور همزمان از طریق یک واسطه برای خریدار ارسال کنند؛ یا می‌توانند به‌طور مستقیم کالای سفارش داده شده توسط خریدار را ارسال نمایند.اندازه دسته تولیدی تأمین‌کننده برابر است با میزان انباشته سفارش شده به او توسط خریدار. در این مسئله به ازای هر واحد ظرفیت تأمین‌کننده هزینه فرصتی در نظر گرفته شده که در صورت عدم تولید؛ اضافه ظرفیت تأمین‌کننده برونسپاری می‌گردد. با بهره‌گیری از تئوری بازی همکارانه تأمین‌کنندگان منتخب و میزان سفارش به هریک از آن‌ها و هم‌چنین روش بهینه حمل با توجه به همکاری میان اجزای زنجیره تأمین، تعیین شده و به بررسی هسته بازی و جواب‌های موجود در آن خواهیم پرداخت. هم‌چنین با استفاده از روش‌های مختلف تقسیم سود میان اعضای ائتلاف، عایدی هریک از اعضا به دست می‌آید. شکل (۱) شمایی از یک زنجیره تأمین با یک خریدار و چندین تأمین‌کننده را نمایش می‌دهد. مفروضاتی که در طراحی مدل در نظر گرفته شده است عبارتند از:

۱) امکان ارسال همزمان اقلام وجود دارد.

۲) امکان ائتلاف وجود دارد.

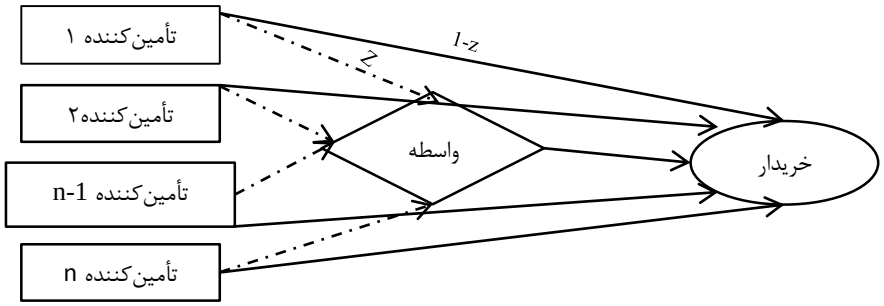
۳) اندازه دسته تولیدی تأمین‌کننده برابر است با میزان انباشته سفارش شده به او توسط خریدار و سیکل سفارش را خریدار تعیین می‌کند.

۴) کمبود مجاز نیست.

۵) اضافه ظرفیت تأمین‌کننده برون‌سپاری می‌گردد.

۶) سیکل تولید تأمین‌کننده مضرب صحیحی از سیکل سفارش خریدار می‌باشد.

پارامترها و متغیرهای مدل در جداول ۱ تا ۳ نمایش داده شده است.



شکل (۱): شمای کلی مسئله انتخاب تأمین‌کننده با امکان ارسال هم‌زمان اقلام

جدول (۱): پارامترهای مدل

D	میزان تقاضای خریدار	A	هزینه ثابت سفارش خریدار
PB	قیمت فروش واحد محصول توسط خریدار	h^B	هزینه نگهداری واحد محصول برای خریدار
Cap_i	ظرفیت تأمین‌کننده i	S_i	هزینه راه‌اندازی تأمین‌کننده i
DC_i	هزینه ارسال محصول به‌صورت مستقیم توسط تأمین‌کننده i	h_i	هزینه نگهداری یک واحد محصول توسط تأمین‌کننده i
FC	هزینه ثابت ارسال مشترک توسط تأمین‌کنندگان	C_i	هزینه تولید واحد محصول توسط تأمین‌کننده i
P_i	نرخ تولید تأمین‌کننده i	Δ_I	هزینه فرصت تأمین‌کننده i
π_I	هزینه تأمین‌کننده i	π^B	هزینه‌های خریدار

جدول (۲): متغیرهای تصمیم خریدار

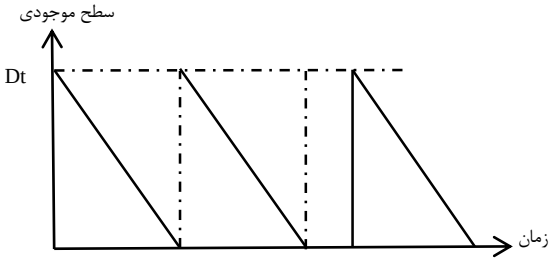
t سیکل سفارش خریدار
y_i درصدی از تقاضا که توسط تأمین‌کننده i تأمین می‌شود.
X_i متغیر تصمیم انتخاب تأمین‌کننده؛ اگر تأمین‌کننده i انتخاب شود ۱ و در غیر این صورت ۰ است.

جدول (۳): متغیرهای تصمیم تأمین‌کنندگان

k_i عددی صحیح که بیان کننده تعداد سیکل‌های سفارش خریدار در یک سیکل تأمین‌کننده است.
n تعداد سیکل‌های سفارش خریدار تا اتمام تولید تأمین‌کننده
w_i قیمت فروش یک واحد محصول توسط تأمین‌کننده i
z_i متغیر تصمیم انتخاب روش ارسال؛ اگر تأمین‌کننده منتخب i روش ارسال مشترک را انتخاب کند ۱ و در غیر این صورت ۰ است.

تابع هدف خریدار با در نظر گرفتن هزینه‌های موجودی به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد. شکل ۲ سطح موجودی خریدار را نمایش می‌دهد.

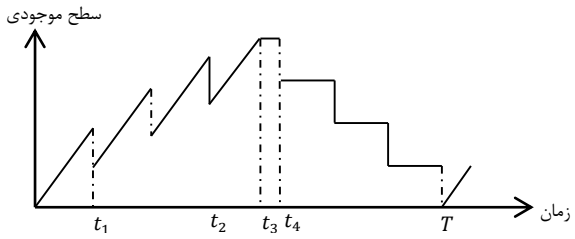
$$\pi^B = \frac{A}{t} + \frac{Dt}{2}hB + D.\sum_{i=1}^{n} w_i.y_i - D.PB \qquad (۱)$$



$$t_1 = \frac{T}{k_i}\ ; t_2 = (n-1)\frac{T}{k_i}\ ; t_3 = \frac{TDr_i}{P_i}\ ; t_4 = n\frac{T}{k_i}$$

شکل (۲): سطح موجودی خریدار

تابع هدف تأمین‌کننده با در نظر گرفتن هزینه‌های موجودی و حمل‌ونقل به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد. نخست با توجه به سطح موجودی تأمین‌کننده که در شکل ۳ نمایش داده شده است به محاسبه متوسط موجودی تأمین‌کننده می‌پردازیم. بر این اساس مساحت زیر نمودار در بازه‌های زمانی ۰ تا t_2، t_2 تا t_4 و t_4 تا T به ترتیب به‌صورت زیر است:



شکل (۳): متوسط موجودی تأمین‌کننده

$$I_1 = \frac{1}{2}(P_i - Dy_i)(n-2)(n-1)(t)^2 + \frac{1}{2}(n-1)P_i(t)^2 \qquad (۲)$$

$$I_2 = (P_i - Dy_i)(n-1)(t)^2 + \frac{1}{2}T^2\left[(1-n^2)\frac{P_i}{k_i^2} + 2n\frac{Dy_i}{k_i} - \frac{(Dy_i)^2}{P_i}\right] \qquad (۳)$$

$$I_3 = \frac{1}{2}.D.y_i.(k_i.t)^2.\left(1-\frac{n}{k_i}\right)\left(1+\frac{(1-n)}{k_i}\right) \qquad (۴)$$

در این حالت متوسط موجودی تأمین‌کننده به‌صورت $\frac{k_i.t.Dy_i}{2}.[1+\frac{1}{k_i}-\frac{Dy_i}{P_i}]$ محاسبه می‌گردد.

بنابراین تابع هدف تأمین‌کننده به‌صورت زیر محاسبه

می‌گردد:

$$\pi_i = D.c_i.y_i + \left(DC_i.\frac{1}{t}.(1-z_i).x_i\right) + \left(\frac{y_i.z_i}{\sum_{i=1}^{n} y_i.z_i}.FC.\frac{1}{t}.z_i.x_i\right) + \frac{Dy_i.k_i.t.}{2}.\left(1+\frac{1}{k_i} - \frac{Dy_i}{P_i}\right).h_i + \frac{s_i}{k_i.t}.x_i - D.w_i.y_i + \Delta_i\left(1-\frac{Dy_i}{cap_i}\right) \quad (۵)$$

بدین ترتیب تابع هدف کل زنجیره تأمین به‌صورت زیر به دست می‌آید

$$\pi^S = \frac{Dt}{2}hB + \frac{1}{t}\left(A + \sum_{i=1}^{n}\left(DC_i.(1-z_i) + \left(\frac{y_i.z_i}{\sum_{i=1}^{n} y_i.z_i}.FC.z_i\right)\right).x_i\right) - DPB + D.\sum_{i=1}^{n} c_i.y_i + \frac{D.t}{2}\sum_{i=1}^{n} k_i.h_i.y_i\left(1+\frac{1}{k_i}-\frac{Dy_i}{P_i}\right) + \sum_{i=1}^{n}\frac{s_i}{k_i.t}.x_i + \sum_{i=1}^{n}\Delta_i\left(1-\frac{Dy_i}{cap_i}\right) \quad (۶)$$

شایان ذکر است که اگر مشتق مرتبه دوم تابع عایدی کل زنجیره تأمین (رابطه ۶) با فرض ثابت بودن سایر متغیرها نسبت به یک متغیر، بزرگتر از صفر باشد، این تابع نسبت به متغیر مورد نظر محدب بوده و می‌توان مقدار بهینه متغیر را در تابع هدف جایگزین نمود ([۵] و [۲۲] و [۳۱]). بدین ترتیب مشتق مرتبه دوم رابطه (۶) نسبت به متغیر t به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\pi^{"S} = \frac{\partial^2 \pi^S}{\partial T^2} = \frac{2\left(A+\sum_{i=1}^{n}\left(DC_i.(1-z_i)+\left(\frac{y_i.z_i}{\sum_{i=1}^{n} y_i.z_i}FC.z_i\right)\right).x_i\right)+2\sum_{i=1}^{n}\frac{s_i.x_i}{k_i}}{t^3} \geq 0 \quad (۷)$$

بنابراین محدب بودن رابطه (۶) نسبت به t اثبات می‌گردد. بدین روی مقدار بهینه t از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$t = \sqrt{\frac{2\left[\left(A+\sum_{i=1}^{n}\left(DC_i.(1-z_i)+\left(\frac{y_i.z_i}{\sum_{i=1}^{n} y_i.z_i}FC.z_i\right)\right).x_i\right)+\sum_{i=1}^{n}\frac{s_i.x_i}{k_i}\right]}{D\left(hB+\sum_{i=1}^{n} k_i.h_i.y_i.\left(1+\frac{1}{k_i}-\frac{Dy_i}{P_i}\right)\right)}} \quad (۸)$$

بنابراین، با جایگذاری مقدار بهینه t در تابع عایدی زنجیره تأمین، تأمین‌کنندگان منتخب و تخصیص سفارش بهینه برای ائتلاف S از مسئله بهینه‌سازی زیر به دست می‌آید:

$$\text{MIN } C(S) = \pi^S = D.\sum_{i\in S} c_i.y_i - DPB + \sum_{i\in S}\Delta_i\left(1-\frac{Dy_i}{cap_i}\right) + \sqrt{\left[hB+\sum_{i=1}^{n} k_i.h_i.y_i.\left(1+\frac{1}{k_i}-\frac{Dy_i}{P_i}\right)\right]\left[\sum_{i\in S}\left(DC_i.(1-z_i)+\left(\frac{y_i.z_i}{\sum_{i\in S} y_i.z_i}.FC.z_i\right)\right).x_i\right) + \sum_{i\in S}\frac{s_i.x_i}{k_i}\Bigg]} \quad (۹)$$

$$\sum_{i\in S} y_i = 1 \quad (۱۰)$$

$$y_i \leq x_i\frac{cap_i}{D}\ ,\forall\, i\ \in S \quad (۱۱)$$

$$z_i \leq x_i\ \ \ ,\forall\, i\ \in S \quad (۱۲)$$

$$x_i\ \in \{0,1\}\ ,\forall\, i\ \in S \quad (۱۳)$$

$$z_i\ \in \{0,1\}\ ,\ \forall\, i\ \in S \quad (۱۴)$$

$$y_i, k_i \geq 0\ ,\quad \forall\, i\ \in S \quad (۱۵)$$

رابطه (۹) ارائه دهنده تابع عایدی کل زنجیره تأمین می‌باشد. محدودیت (۱۰) تضمین می‌کند که تمامی تقاضای خریدار براورده گردد. محدودیت (۱۱) تضمین می‌کند که میزان محصول سفارش داده شده به تأمین‌کننده از ظرفیت آن تجاوز نکند و به تأمین‌کننده غیرمنتخب سفارش تخصیص نیابد. محدودیت (۱۲) نشان‌دهنده این است که اگر تامین‌کننده‌ای انتخاب شد، آن‌گاه روش حمل کالا به خریدار تعیین گردد. محدودیت (۱۳) تا (۱۵) نیز نوع متغیرهای موجود در مدل را مشخص می‌کند.

نکته قابل توجه این است که اگر هیچ پاسخ ممکنی وجود نداشته باشد یا خریدار عضو ائتلاف S نباشد، یا c(S) کمتر از $\sum_{i\in S}\Delta_i$ نباشد، آن‌گاه c(S) بایستی با $\sum_{i\in S}\Delta_i$ برابر باشد.

شایان ذکر است که اگر نسبت هزینه فرصت به ظرفیت برای همه تأمین‌کنندگان برابر مقدار ثابتی باشد، هزینه فرصت نقشی در انتخاب تأمین کنندگان ندارد. به عبارت دیگر اگر تأمین کنندگان نسبت‌های هزینه فرصت به ظرفیت متفاوت داشته باشند و هزینه فرصت در مدل در نظر گرفته نشود، ممکن است پاسخ به دست آمده کارامدی کمتری داشته باشد. این نکته در قضیه ۱ اثبات شده است.

قضیه ۱. بازی تعریف شده با مجموعه بازیکنان N و تابع مشخصه c در نظر بگیرید. اگر $\frac{\Delta_1}{cap_1} = \frac{\Delta_2}{cap_2} = \cdots = \frac{\Delta_n}{cap_n}$ باشد، آن‌گاه پاسخ بهینه را می‌توان مستقل از هزینه فرصت به دست آورد.

اثبات: مجموع هزینه‌های فرصت توابع هدف تأمین کنندگان محاسبه شده و در معادله (۱۶) نشان داده شده است که مقدار ثابتی را در بر می‌گیرد. بنابراین، هزینه‌های فرصت، در تابع هدف ائتلاف کلی مدل همکارانه و مدل متمرکز مقدار ثابتی هستند که در پاسخ بهینه تاثیری ندارند. یعنی اگر نسبت هزینه فرصت به ظرفیت میان تأمین‌کنندگان برابر باشد، این هزینه نقشی در انتخاب بهینه تأمین‌کنندگان مدل متمرکز و همکارانه ندارند.

$$\sum_{i=1}^{n}\Delta_i\left(1-\frac{Dy_i}{cap_i}\right) = \sum_{i=1}^{n}\left(\Delta_i - D\frac{\Delta_i}{cap_i}y_i\right) = \sum_{i=1}^{n}\Delta_i - D.l\sum_{i=1}^{n} y_i = \sum_{i=1}^{n}\Delta_i - D.l \quad (۱۶)$$

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که هزینه فرصت تأثیر

چشم‌گیری در انتخاب تأمین‌کنندگان و هم‌چنین عایدی کل زنجیره تأمین دارد. به عبارت دیگر اگر هزینه فرصت در مدل درنظر گرفته نشود و شرایط فوق برقرار نباشد مدلی که مورد استفاده قرار می‌گیرد ممکن است کارایی کمتری داشته باشد.

۲-۱- اثبات ویژگی‌های مهم بازی‌های همکارانه

هسته بازی از مهم‌ترین مفاهیم موجـود در نظریه بازی همکارانه می‌باشد. در بازی همکارانه میان تأمین‌کنندگان و خریدار، هسته مجموعه‌ای از تخصیص‌ها را ارائه می‌دهد که در آن همه ائتلاف‌ها از عایدی تخصیص داده شده راضی هستند. فرض کنید N مجموعه تأمین کنندگان (بازیکنان) و خریدار باشد و π_i هزینه تأمین‌کننده i و π^b هزینه خریدار باشد. بنابراین، بردار $\pi = (\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n, \pi^b)$ یک بردار تخصیص هزینه است. علاوه‌براین، $c = 2^{n+1} \to R$ تابع مشخصه بازی است که به هر ائتلاف $S \subset N$ هزینه‌ای را اختصاص می‌دهد که در واقع عایدی ائتلاف S می‌باشد، اگر بازیکنان در ائتلاف S بدون بازیکنان در N/S به همکاری بپردازند. هسته بازی به صورت زیر نمایش داده می‌شود. C(S)، تابع مشخصه[1] ائتلاف S می‌باشد.

$$C(N,c) = \left\{ \pi \in R^{n+1} \middle| \sum_{i \in N} \pi_i = \mathrm{c(N)} \text{ and } \sum_{i \in S} \pi_i \leq \mathrm{c(S)} \text{for all } S \subset N, S \neq \emptyset \right\} \quad (۱۷)$$

یکی دیگر از مفاهیم موجود در بازی‌های همکارانه خاصیت فراجمع‌پذیری[2] می‌باشد. یک بازی همکارانه فراجمع‌پذیر نامیده می‌شود اگر برای هر دو مجموعه از بازیکنان غیرمشترک $S_1, S_2 \subset N$ (در حالتی که $S_1 \cap S_2 = \emptyset$ و $S_1, S_2 \neq \emptyset$) داشته باشیم:

$$c(S_1) + c(S_2) \geq c(S_1 \cup S_2) \quad (۱۸)$$

در این حالت، انگیزه‌ای برای همکاری در بازی‌های فراجمع‌پذیر با مطلوبیت قابل انتقال وجود دارد.

قضیه ۲ (خاصیت فراجمع‌پذیری): بازی همکارانه تعریف شده با مجموعه بازیکنان N و تابع مشخصه c فراجمع‌پذیر است.

اثبات: اگر خریدار عضو S_1 و S_2 نباشد، آن‌گاه $c(S_1)$ و $c(S_2)$ و $c(S_1 \cup S_2)$ به ترتیب برابر است با $\sum_{i \in S_1} \Delta_i$ و $\sum_{i \in S_2} \Delta_i$ و $\sum_{i \in S_1 \cup S_2} \Delta_i$، بنابراین نامعادله (۱۸) برقرار است.

فرض کنید b عضو S_1 باشد، بنابراین $c(S_2)$ برابر است با $\sum_{i \in S_2} \Delta_i$ و نامعادله (۱۸) برقرار است. این وضعیت به این دلیل است که ما می‌توانیم از انتخاب تامین‌کنندگان S_2 برای حضور در ائتلاف با خریدار خودداری کرده و $c(S_1 \cup S_2)$ را حداکثر برابر با $c(S_1) + c(S_2)$ قرار دهیم.

یکی از پرسش‌های اصلی در نظریه بازی همکارانه این است که هسته تهی است یا خیر. تهی نبودن هسته در مدل به صورت زیر اثبات می‌گردد:

قضیه ۳ (اثبات تهی نبودن[3] هسته): فرض کنید مقدار بهینه $c(N)$ محاسبه شده است. اگر هریک از تأمین‌کنندگان در موقعیت هزینه فرصت خود باشند و باقی‌مانده هزینه (سود) به خریدار اختصاص یابد، جواب در هسته خواهد بود. بازی تعریف شده با مجموعه بازیکنان N و تابع مشخصه c در نظر بگیرید. اثبات می‌شود بردار تخصیص نشان داده شده توسط معادله (۱۹) یک عضو هسته می‌باشد:

$$\pi = \left(\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n, \mathrm{c(N)} - \sum_{i=1}^{n} \Delta_i \right) \quad (۱۹)$$

اثبات: اگر خریدار عضو S نباشد، آن‌گاه:

$$\sum_{i \in S} \pi_i = \sum_{i \in S} \Delta_i = \mathrm{c(S)} \leq \mathrm{c(S)} \quad (۲۰)$$

و در موردی که خریدار عضو S باشد، به دلیل اینکه $c(N)$از مسئله بهینه سازی (۹ تا ۱۵) به دست می‌آید، داریم:

$$c(N) \leq \mathrm{c(S)} + \sum_{i \in \frac{N}{S}} \Delta_i \quad (۲۱)$$

$$c(N) - \sum_{i=1}^{n} \Delta_i \leq c(S) - \sum_{i \in \frac{S}{\{b\}}} \Delta_i \quad (۲۲)$$

$$\pi^b + \sum_{i \in S/\{b\}} \Delta_i \leq c(S) \quad (۲۳)$$

$$\sum_{i \in S} \pi_i \leq \mathrm{c(S)} \quad (۲۴)$$

هم‌چنین

$$\sum_{i \in N} \pi_i = \Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n + \left(\mathrm{c(N)} - \sum_{i=1}^{n} \Delta_i \right) = \mathrm{c(N)} \quad (۲۵)$$

در نتیجه شرایط هسته برای این پاسخ برقرار خواهد بود.

بنابر نتیجه ارائه شده در قضیه ۳، هسته بازی همکارانه میان تأمین‌کنندگان و خریدار تهی نبوده و بدین ترتیب پایدار بودن بازی اثبات گردید. به این معنی که تخصیص‌هایی قابل قبول برای همه ائتلاف‌های تأمین‌کنندگان و خریدار وجود دارد که بازیکنان تمایلی به ترک آن ندارند. در نتیجه، تأمین‌کنندگان منتخب با فروش به خریدار تحت یک وضعیت همکارانه پایدار می‌توانند حداقل عایدی برابر با هزینه فرصت خود را به دست آورند و تأمین‌کنندگان غیر منتخب می‌توانند با عدم فروش به خریدار و برون‌سپاری ظرفیت خود، هزینه فرصت در نظر گرفته شده را کسب کنند.

در صورتی‌که زنجیره تأمین کل با این سیستم متمرکز سروکار داشته باشد، حداکثر عایدی به دست خواهد آمد، اما یکی از تصمیم‌گیری‌های ضروری در این زمینه تخصیص مناسب عایدی میان اعضا خواهد بود؛ که این تخصیص به منظور پایدار ساختن

1. Characteristic function
2. Superadditive
3. Non-emptiness

ائتلاف[۳۰] بایستی در هسته بازی باشد. در یک ائتلاف پایدار همه اعضا از عایدی تخصیص یافته به آن‌ها رضایت داشته و به دلیل اینکه ترک ائتلاف توسط آن‌ها منجر به کاهش عایدی تخصیص یافته به آن‌ها می‌شود، حاضر به ترک ائتلاف نیستند. در نتیجه پاسخ‌های به دست آمده از تخصیص عایدی به اعضا، پاسخ‌های پایداری هستند که هزینه‌های زنجیره را برابر مدل متمرکز خواهد نمود.

همان‌طور که در معادله (۱۹) می‌توان دید، تخصیص‌هایی که در هسته وجود دارد غالبا به نفع خریدار است. به عبارت دیگر تمامی تأمین‌کنندگان عایدیبرابر با هزینه فرصت خود را کسب نموده و خریدار تمامی عایدی مازاد زنجیره تأمین را به دست آورده است. از طرف دیگر، روش تخصیص هسته ممکن است تنها یک نقطه برای تخصیص عایدی تأمین‌کنندگان و خریدار فراهم نیاورد، و هم‌چنین زمانی که همه‌ی مازاد سود تولید شده به خریدار اختصاص یابد منصفانه نباشد. برخی روش‌های تخصیص عایدی مانند حداقل هسته[۱]([۳۱] و [۳۲])، ارزش شاپلی[۲] [۳۳] و ارزش τ[۳] [۳۴] تلاش می‌نمایند تا تخصیصی منصفانه ارائه دهند. روش حداقل هسته فضای هسته را با مقدار یکسان از هر کران کاهش می‌دهد تا نقطه یگانه (تخصیص) به دست آید. حداقل هسته از مسئله برنامه‌ریزی خطی زیر به دست می‌آید:

$$\min \varepsilon$$

$$\sum_{i\in N} \pi_i = \mathrm{c(N)} \qquad (۲۷)$$

$$\sum_{i\in S} \pi_i - \mathrm{c(S)} \le \varepsilon \qquad (۲۸)$$

$$\pi_i \in R \qquad (۲۹)$$

که c(S) برای هر ائتلاف S با حل مدل همکارانه (معادلات ۹ تا ۱۵) به دست می‌آید.

ارزش شاپلی از متداول‌ترین روش‌های حل در ادبیات است. شاپلی در یک بازی n نفره همکارانه، متوسط دریافتی هر بازیکن را در ائتلاف محاسبه نمود. منطق روش شاپلی بر مبنای محاسبه ارزش هر بازیکن در هر ائتلاف است؛ یعنی $V(c) - V(C-(i))$. حال می‌توان ارزش بازیکن iام را در کل ائتلاف‌های محتمل به دست آورده و در احتمال تشکیل ائتلاف‌ها ضرب نمود. یک تخصیص $(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n, \pi^b)$ ارزش شاپلی را تعیین می‌کند، اگر:

$$\pi_i = \sum_{\substack{S\subseteq N \\ i\subseteq S}} [C(S) - C(S-\{i\})] \frac{(|S|-1)!\,(N-|S|)!}{N!}, \; i = 1,2,\dots,n \qquad (۳۰)$$

که در آن |S| بیان‌گر تعداد اعضای ائتلاف S می‌باشد.

هم‌چنین در ادبیات موجود در تئوری بازی همکارانه شاخص‌هایی نظیررضایت‌مندی[۴]، هم‌افزایی[۵] و MAD[۶] [۳۵] وجود دارد که در ادامه توضیح مختصری در رابطه با هریک از این شاخص‌ها ارائه می‌گردد.به منظور محاسبه رضایت‌مندی حاصل از یک ائتلاف $V_s(C,x)$ را به صورت زیر تعریف می‌کنیم.

$$F_s(C,x) = C(S) - \sum_{i\in S} x_i \qquad (۳۱)$$

این عبارت تفاضل بین عایدی حاصل از تشکیل ائتلاف s و مجموع عایدی بازیکنان همان ائتلاف در صورتی‌که به تنهایی فعالیت کنند را محاسبه می‌نماید.هرچه میزان این معیار بیشتر باشد، در واقع میزان رضایت‌مندی بازیکنان از عایدی تخصیص یافته به آن‌ها بیشتر بوده است.

هم‌چنین برای محاسبه ارزش یک همکاری می‌توان از معیار هم‌افزایی استفاده نمود. این معیار توسط فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$Synergy = \frac{C(S) - \sum_{i\in S} C(\{i\})}{C(S)} \qquad (۳۲)$$

هرچه مقدار این معیار به یک نزدیک‌تر باشد، ارزش ائتلاف شکل‌گرفته برای بازیکنان بیشتر خواهد بود.

علاوه‌براین به منظور بررسی میزان تشابه روش‌های تخصیص عایدی بین بازیکنان از شاخص MAD استفاده می‌گردد. هرچه مقدار MAD بین دو روش مختلف تخصیص عایدی مورد استفاده کمتر باشد آن دو در تخصیص عایدی به بازیکنان عملکرد مشابه‌تری داشته‌اند. این شاخص را می‌توان به صورت زیر تعریف کرد:

$$MAD(\bar{x}_i, \overline{x_i'}) = \frac{|N|}{C(N)} \sum_i (\bar{x}_i - \overline{x_i'}) \qquad (۳۳)$$

$|N|$: تعداد بازیکنان

$C(N)$: عایدی حاصل از ائتلاف جامع بازیکنان

$\sum_i (\bar{z}_i - \overline{z_i'})$: مجموع تفاوت بین عایدی هریک از بازیکنان با استفاده از روش‌های مختلف

۳- مثال عددی

به منظور تحلیل مدل ارائه شده در این مقاله یک مثال عددی طراحی شده وتحلیل‌های لازم برروی آن انجام می‌شود. این مثال عددی به مقایسه سناریوهای متمرکزو همکارانه، روش‌های مختلف تخصیص عایدی، بررسی ویژگی‌های بازی همکارانه و غیره می‌پردازد. بدین منظور یک زنجیره تأمین دو سطحی شامل سه تأمین‌کننده و یک خریدار در نظر گرفته شده است. خریدار به منظور تأمین کالای مورد نیاز خود بایستی از میان سه تأمین‌کننده موجود، بهترین‌ها را انتخاب نماید. تأمین‌کننده ۱ و ۳ به تازگی وارد بازار این محصول شده و جدید هستند؛ در حالی‌که تأمین‌کننده ۲ سال‌ها در بازار بوده و به دلیل استفاده از تکنولوژی پیشرفته کمترین هزینه تولید را داراست. خریدار با ۱۰۰۰۰ تقاضا برای

1. Least Core
2. Shapley Value
3. τ-Value

4. Satisfaction
5. Synergy
6. Mean Absolute Deviation

محصول خود در بازار مواجه است و هزینه فرصت وی ۵۰۰۰۰- است. هزینه سفارش ۱۰۰ واحد پولی بوده و قیمت فروش محصول در بازار ۲۳ واحد پولی است. هزینه نگهداری موجودی سالانه برای خریدار ۰,۵ واحد پولی به ازای هر واحد می‌باشد. هزینه ثابت ارسال مشترک تأمین کنندگان ۵۰۰ واحد پولی بوده که به عهده تأمین‌کننده است. پارامترهای مربوط به تأمین‌کنندگان در جدول ۴ ارائه شده است.هدف به دست آوردن میزان عایدی تخصیص‌یافته به هریک از اعضای ائتلاف با استفاده از روش‌های مختلف تقسیم سود، محاسبه شاخص‌های بازی همکارانه و مقایسه آن‌ها می‌باشد.

این مثال با استفاده از نرم‌افزار GAMS کدنویسی شده و با ابزار حل BONMIN حل شده و پاسخ‌های مربوط به میزان عایدی کل زنجیره تأمین، تأمین‌کنندگان منتخب، میزان سفارش تخصیص‌یافته به هریک از تأمین‌کنندگان و هم‌چنین عایدی تخصیص‌یافته به هریک از اعضای ائتلاف با استفاده از روش‌های مختلف تخصیص عایدی موجود در بازی‌های همکارانه در جداول ۵ و ۶ نمایش داده شده است.

همان‌طور که در این جداول قابل مشاهده است، سناریوهای همکارانه ومتمرکز پاسخ‌های یکسان ارائه می‌دهند. به طور کلی تخصیص‌های محتمل متفاوتی برای به اشتراک گذاری عایدی میان اعضای زنجیره تأمین وجود خواهد داشت. عایدی کل زنجیره تأمین با استفاده از روش‌های ارزشτ و مرکز هسته،حداقل هسته وارزش شاپلی به اعضای ائتلاف تخصیص داده شده و در جداول ۵ و ۶ نمایش داده شده است.

جدول (۴): پارامترهای تأمین‌کنندگان

پارامترها / تأمین‌کنندگان	تأمین کننده ۱	تأمین کننده ۲	تأمین کننده ۳
c_i	۴/۵	۳/۵	۴/۵
S_i	۳۵۰۰	۳۵۰۰	۳۰۰۰
Δ_i در شرایط $\frac{\Delta_1}{cap_1}=\frac{\Delta_2}{cap_2}=\cdots=\frac{\Delta_n}{cap_n}$	-۲۲۵۰۰	-۲۱۰۰۰	-۲۴۰۰۰
Δ_i در شرایط $\frac{\Delta_1}{cap_1}\neq\frac{\Delta_2}{cap_2}\neq\cdots\neq\frac{\Delta_n}{cap_n}$	-۱۵۰۰۰	-۲۲۰۰۰	-۱۶۰۰۰
h_i	۰/۲۵	۰/۳۵	۰/۳
DC_i	۳۰۰	۴۵۰	۵۰۰
cap_i	۷۵۰۰	۷۰۰۰	۸۰۰۰
p_i	۹۳۷۵	۸۷۵۰	۱۰۰۰۰

مطابق نتایج ارائه شده عایدی تأمین‌کنندگان در روش ارزش شاپلی بیشتر از حداقل هسته و ارزش τ می‌باشد، در حالیکه خریدار عایدی کمتری به دست می‌آورد. در واقع با استفاده از روش ارزش شاپلی تأمین‌کنندگان غیر منتخب بیشتر از هزینه فرصت خود عایدی دریافت می‌نمایند و احتمالا این روش، روش مناسبی برای تخصیص عایدی در این مسئله نخواهد بود. هم‌چنین روش‌های ارزش τ و مرکز هسته در تخصیص عایدی به اعضای ائتلاف،

جدول (۵): حل مدل در شرایط $l=\frac{\gamma_1}{cap_1}=\frac{\gamma_2}{cap_2}=\cdots=\frac{\gamma_n}{cap_n}$

		تأمین‌کننده ۱	تأمین‌کننده ۲	تأمین‌کننده ۳	خریدار	زنجیره تامین
مدل متمرکز	Dr_i	۳۰۰۰	۷۰۰۰	۰	-	-
	π	-	-	-	-	-۲۲۴۶۳۶
	ki	۱۰	۱۰	۰	-	
مدل همکارانه	Dr_i	۳۰۰۰	۷۰۰۰	۰	-	-
	$\pi_i^{\tau\ value}$	-۲۲۵۳۰	-۲۴۶۳۰	-۲۴۰۰۰	-۱۵۳۷۵۰	-۲۲۴۶۳۶
	$\pi_i^{Corecenter}$	-۲۲۵۳۰	-۲۴۶۳۰	-۲۴۰۰۰	-۱۵۳۷۵۰	-۲۲۴۶۳۶
	$\pi_i^{leastcore}$	-۲۲۵۵۹	-۲۷۷۲۰	-۲۴۰۰۰	-۱۵۰۳۵۷	-۲۲۴۶۳۶
	$\pi_i^{Shapley}$	-۴۰۰۳۰	-۴۰۷۳۰	-۴۱۴۱۰	-۱۰۳۴۴۰	-۲۲۴۶۳۶

جدول (۶): حل مدل در شرایط $\frac{\gamma_1}{cap_1}\neq\frac{\gamma_2}{cap_2}\neq\cdots\neq\frac{\gamma_n}{cap_n}$

		تأمین‌کننده ۱	تأمین‌کننده ۲	تأمین‌کننده ۳	خریدار	زنجیره تأمین
مدل متمرکز	Dr_i	۷۵۰۰	۰	۲۵۰۰	-	-
	π	-	-	-	-	-۲۱۳۴۱۶
	ki	۱۱	۰	۰	-	
مدل همکارانه	Dr_i	۷۵۰۰	۰	۲۵۰۰	-	-
	$\pi_i^{\tau\ value}$	-۱۵۲۴۱	-۲۲۰۰۰	-۱۶۲۸۳	-۱۵۹۸۹۲	-۲۱۳۴۱۶
	$\pi_i^{Corecenter}$	-۱۵۲۴۱	-۲۲۰۰۰	-۱۶۲۸۳	-۱۵۹۸۹۲	-۲۱۳۴۱۶
	$\pi_i^{leastcore}$	-۱۵۲۴۱	-۲۲۰۰۰	-۱۶۵۶۶	-۱۵۹۳۶۸	-۲۱۳۴۱۶
	$\pi_i^{Shapley}$	-۳۳۴۸۰	-۴۰۳۲۰	-۳۴۵۰۰	-۱۰۵۱۲۰	-۲۱۳۴۱۶

نتایج یکسانی ارائه می‌دهند. علاوه‌براین به نظر می‌رسد در شرایط مختلف به دلیل افزایش هزینه‌فرصت تأمین‌کننده دو و کاهش این پارامتر برای دو تأمین‌کننده دیگر در شرایطی که نسبت هزینه-فرصت به ظرفیت تأمین‌کنندگان برابر نباشد، این تأمین‌کننده از ائتلاف حذف شده و تأمین‌کننده دیگری جایگزین می‌شود. علاوه بر این شاخص‌های رضایت‌مندی از تشکیل ائتلاف، هم‌افزایی و MAD محاسبه گردیده و در جداول ۷ تا ۱۰ نمایش داده شده است.

همان‌طور که در جداول ۷ و ۸ مشاهده می‌گردد، به دلیل عدم تخصیص منصفانه عایدی در روش ارزش شاپلی در مثال مطرح شده میزان رضایت بازیکنان حاضر در ائتلاف‌ها از عایدی تخصیص‌یافته در سه روش حداقل هسته، ارزش τ و مرکز هسته بیشتر از روش ارزش شاپلی می‌باشد. هم‌چنین روش‌های حداقل هسته، ارزش τ و مرکز هسته در تخصیص عایدی برای ائتلاف‌هایی که در آن‌ها عایدی مازاد مخالف صفر است، نتایج تقریبا مشابهی را ارائه نموده‌اند.

مطابق جدول ۹ که نشان‌دهنده نتایج حاصل از محاسبه معیار هم‌افزایی می‌باشد، ائتلاف‌ها زمانی تحقق می‌یابد که حداقل دو تأمین‌کننده به همراه خریدار حضور داشته باشند. مطابق نتایج، ارزش ائتلاف‌های مختلف در شرایط متفاوت تقریبا مشابه است. شایان ذکر است که این معیار تنها برای ائتلاف‌های حقیقی محاسبه شده است.علاوه‌براین بر اساس نتایج جدول ۱۰، مقدار معیار MAD در مقایسه روش‌های ارزش τو مرکز هسته برابر صفر شده است؛ که دلیل آن ارائه نتایج کاملا یکسان این دو روش در تخصیص عایدی به اعضای ائتلاف می‌باشد. هم‌چنین روش ارزش شاپلی در تخصیص عایدی کاملا متفاوت از روش‌های دیگر عمل کرده است. این رویداد به دلیل رویکرد متفاوت روش ارزش شاپلی در تخصیص عایدی مازاد ائتلاف به تأمین‌کنندگان غیرمنتخب می‌باشد. هم‌چنین نتیجه تخصیص عایدی در روش حداقل هسته تقریبا مشابه دو روش ارزش τ و مرکز هسته بوده است.

جدول (۷): رضایت‌مندی ائتلاف در روش‌های مختلف تخصیص در شرایط $l = \frac{\gamma_1}{cap_1} = \cdots = \frac{\gamma_n}{cap_n}$

ائتلاف‌ها	τ Value		Core Center		Least Core		Shapley Value	
	مازاد ائتلاف	میزان رضایت	مازاد ائتلاف	میزان رضایت	مازاد ائتلاف	میزان رضایت	مازاد ائتلاف	میزان رضایت
{1}	-۱۸۰	۰/۰۱	-۱۸۰	۰/۰۱	-۳۶۷	۰/۰۲	-۱۷۵۳۰	۰/۷۸
{2}	-۳۴۸۰	۰/۱۷	-۳۴۸۰	۰/۱۷	-۶۹۶۸	۰/۳۳	-۱۹۷۳۰	۰/۹۴
{3}	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۱۷۴۱۰	۰/۷۳
{b}	-۱۰۴۴۴۰	۲/۰۹	-۱۰۴۴۴۰	۲/۰۹	-۱۰۰۷۶۹	۲/۰۲	-۵۳۴۴۰	۱/۰۷
{1,2}*	-۳۶۶۰	۰/۰۸	-۳۶۶۰	۰/۰۸	-۷۳۳۵	۰/۱۷	-۳۷۲۶۰	۰/۸۶
{1,3}*	-۱۸۰	۰	-۱۸۰	۰	-۳۶۷	۰/۰۱	-۳۴۹۴۰	۰/۷۵
{1,b}*	-۱۰۴۶۲۰	۱/۴۴	-۱۰۴۶۲۰	۱/۴۴	-۱۰۱۱۳۶	۱/۳۹	-۷۰۹۷۰	۰/۹۸
{2,3}*	-۳۴۸۰	۰/۰۸	-۳۴۸۰	۰/۰۸	-۶۹۶۸	۰/۱۵	-۳۷۱۴۰	۰/۸۳
{2,b}*	-۱۰۷۹۲۰	۱/۵۲	-۱۰۷۹۲۰	۱/۵۲	-۱۰۷۷۳۷	۱/۵۲	-۷۳۱۷۰	۱/۰۳
{3,b}*	-۱۰۴۴۴۰	۱/۴۱	-۱۰۴۴۴۰	۱/۴۱	-۱۰۰۷۶۹	۱/۳۶	-۷۰۸۵۰	۰/۹۶
{1,2,3}*	-۳۶۶۰	۰/۰۵	-۳۶۶۰	۰/۰۵	-۷۳۳۵	۰/۱۱	-۵۴۶۷۰	۰/۸۱
{1,2,b}	-۱۰۸۱۰۰	۱/۱۶	-۱۰۸۱۰۰	۱/۱۶	-۱۰۸۱۰۴	۱/۱۶	-۹۰۷۰۰	۰/۹۷
{1,3,b}	-۱۰۴۶۲۰	۱/۰۸	-۱۰۴۶۲۰	۱/۰۸	-۱۰۱۱۳۶	۱/۰۵	-۸۸۳۸۰	۰/۹۲
{2,3,b}	-۱۰۷۹۲۰	۱/۱۴	-۱۰۷۹۲۰	۱/۱۴	-۱۰۷۷۳۷	۱/۱۳	-۹۰۵۸۰	۰/۹۵
{1,2,3,b}	-۱۰۸۱۰۰	۰/۹۲	-۱۰۸۱۰۰	۰/۹۲	-۱۰۸۱۰۴	۰/۹۲	-۱۰۸۱۱۰	۰/۹۲

* در ائتلاف‌های نشان داده شده عایدی ائتلاف برابر مجموع عایدی بازیکنان در شرایط غیرهمکارانه است.

جدول (۸): رضایت‌مندی ائتلاف در روش‌های مختلف تخصیص در شرایط $\frac{\gamma_1}{cap_1} \neq \cdots \neq \frac{\gamma_n}{cap_n}$

ائتلاف‌ها	τ Value		CoreCenter		LeastCore		Shapley Value	
	مازاد ائتلاف	میزان رضایت	مازاد ائتلاف	میزان رضایت	مازاد ائتلاف	میزان رضایت	مازاد ائتلاف	میزان رضایت
{1}	-۲۱۰	۰/۰۱	-۲۱۰	۰/۰۱	-۴۲۹	۰/۰۳	-۱۸۶۶۰	۱/۲۴
{2}	۰	۰/۰۰	۰	۰/۰۰	۰	۰/۰۰	-۱۸۵۲۰	۰/۸۴
{3}	-۲۷۰	۰/۰۲	-۲۷۰	۰/۰۲	-۵۳۸	۰/۰۳	-۱۸۷۰۰	۱/۱۷
{b}	-۱۱۱۱۲۰	۲/۲۲	-۱۱۱۱۲۰	۲/۲۲	-۱۱۰۶۴۰	۲/۲۱	-۵۵۷۲۰	۱/۱۱
{1,2}*	-۲۱۰	۰/۰۱	-۲۱۰	۰/۰۱	-۴۲۹	۰/۰۱	-۳۷۱۸۰	۱/۰۰
{1,3}*	-۴۸۰	۰/۰۲	-۴۸۰	۰/۰۲	-۹۶۷	۰/۰۳	-۳۷۳۶۰	۱/۲۱
{1,b}*	-۱۱۱۳۳۰	۱/۷۱	-۱۱۱۳۳۰	۱/۷۱	-۱۱۱۰۶۹	۱/۷۱	-۷۴۳۸۰	۱/۱۴
{2,3}*	-۲۷۰	۰/۰۱	-۲۷۰	۰/۰۱	-۵۳۸	۰/۰۱	-۳۷۲۲۰	۰/۹۸
{2,b}*	-۱۱۱۱۲۰	۱/۵۴	-۱۱۱۱۲۰	۱/۵۴	-۱۱۰۶۴۰	۱/۵۴	-۷۴۲۴۰	۱/۰۳
{3,b}*	-۱۱۱۳۹۰	۱/۶۹	-۱۱۱۳۹۰	۱/۶۹	-۱۱۱۱۷۸	۱/۶۸	-۷۴۴۲۰	۱/۱۳
{1,2,3}*	-۴۸۰	۰/۰۱	-۴۸۰	۰/۰۱	-۹۶۷	۰/۰۲	-۵۵۸۸۰	۱/۰۵
{1,2,b}	-۱۱۱۳۳۰	۱/۲۸	-۱۱۱۳۳۰	۱/۲۸	-۱۱۱۰۶۹	۱/۲۸	-۹۲۹۰۰	۱/۰۷
{1,3,b}	-۱۱۱۶۰۰	۱/۳۸	-۱۱۱۶۰۰	۱/۳۸	-۱۱۱۶۰۷	۱/۳۸	-۹۳۰۸۰	۱/۱۵
{2,3,b}	-۱۱۱۳۹۰	۱/۲۷	-۱۱۱۳۹۰	۱/۲۷	-۱۱۱۱۷۸	۱/۲۶	-۹۲۹۴۰	۱/۰۶
{1,2,3,b}	-۱۱۱۶۰۰	۱/۰۸	-۱۱۱۶۰۰	۱/۰۸	-۱۱۱۶۰۷	۱/۰۸	-۱۱۱۶۰۰	۱/۰۸

* در ائتلاف‌های نشان داده شده عایدی ائتلاف برابر مجموع عایدی بازیکنان در شرایط غیرهمکارانه است.

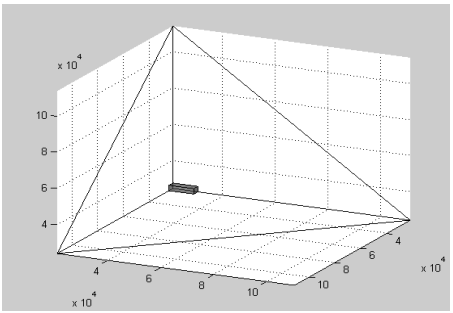
جدول (۹): محاسبه معیار Synergy

ائتلاف‌ها	Synergy(S)	
	$l = \frac{\gamma_1}{cap_1} = \cdots = \frac{\gamma_n}{cap_n}$	$\frac{\gamma_1}{cap_1} \neq \cdots \neq \frac{\gamma_n}{cap_n}$
(1,2,b)	۰/۵۳۷	۰/۵۶۱
(1,3,b)	۰/۵۱۳	۰/۵۷۹
(2,3,b)	۰/۵۳۳	۰/۵۵۸
(1,2,3,b)	۰/۴۸	۰/۵۲

۳-۱- اثبات ویژگی‌های مهم بازی همکارانه در مثال عددی

یکی از مباحث مهم در بازی همکارانه اثبات ویژگی‌های مهم بازی است. در بخش‌های قبلی به اثبات برخی از این ویژگی‌ها نظیر خاصیت فراجمع‌پذیری و پایداری بازی در قالب قضیه پرداخته شد. در این قسمت با استفادهاز ابزار TUGlab در نرم‌افزار متلب به اثبات ویژگی‌های بازی همکارانه نظیر یکنواخت بودن، فراجمع‌پذیر بودن، تهی نبودن هسته و ... در مثال عددی مطرح شده پرداخته شده است[۳۶]. عدد یک موجود در خروجی وجود این ویژگی‌ها را اثبات می‌نماید. اثبات این ویژگی‌ها به صورت زیر نمایش داده می‌شود:

```
>> A=[22500 21000 24000 50000 43500 46500 72500 45000 71000 74000 67500 201604 197636 202737 225604];
>> superadditivegame(A)

ans =

     1

>> convexgame(A)

ans =

     0

>> monotonicgame(A)

ans =

     1
```



شکل (۴): فضای تخصیص و هسته موجود در مدل

شکل ۴ نشان‌دهنده فضای تخصیص و فضای هسته موجود در بازی همکارانه طراحی شده است که تهی نبودن هسته و در نتیجه پایدار بودن بازی را اثبات می‌نماید.

۴- تحلیل حساسیت

در این بخش به منظور تحلیل تصمیمات مربوط به انتخاب تأمین‌کنندگان، عایدی تخصیص‌یافته به هریک از آن‌ها، روش‌های ارسال محصولات، با تغییر در مقادیر پارامترهای مختلف نظیر هزینه ارسال مشترک، هزینه فرصت تأمین‌کنندگان، و ... به تحلیل حساسیت مدل پرداخته شده و اثرات تغییر پارامترهای موجود بر روی متغیرهای تصمیم و عایدی تخصیص‌یافته به اعضای زنجیره و هم‌چنین عایدی کل زنجیره تأمین بررسی شده و نتایج در جداول و شکل‌های پیش رو نمایش داده شده‌اند.

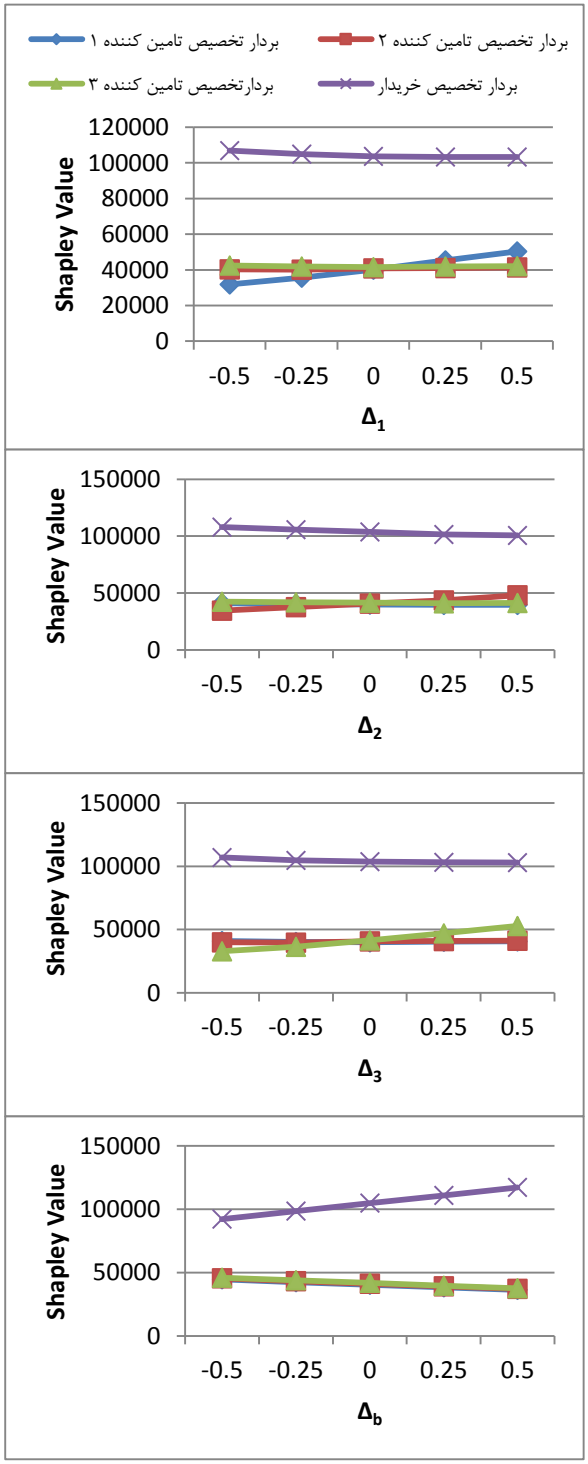
نخست با تغییر در پارامتر هزینه‌های ارسال مشترک به حل چندین مثال عددی متفاوت پرداخته و رفتار تأمین‌کنندگان و هم‌چنین عایدی زنجیره تأمین کل بر اساس این تغییرات مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج بیانگر آن است که با کاهش هزینه‌های ارسال محصول به صورت مشترک تأمین‌کنندگان منتخب ترجیح می‌دهند محصولات خود را از طریق واسطه و به صورت مشترک ارسال نمایند، و با افزایش مقدار این پارامتر، ترجیح تأمین‌کنندگان بر این است که محصولات خود را به صورت مستقیم به خریدار ارسال نمایند تا از این طریق هزینه‌های خود و هم‌چنین هزینه کل زنجیره تأمین را کاهش دهند. نتایج در جدول ۱۱ نمایش داده شده است.

هم‌چنین به تحلیل رفتار مدل با اعمال تغییر در هزینه فرصت تأمین‌کنندگان و خریدار پرداخته شده است. پیش از این در قضیه ۱ اثبات شد که این عامل تأثیر چشم‌گیری در انتخاب تأمین‌کنندگان و عایدی تخصیص یافته به آن‌ها دارد. حال با افزایش و کاهش هزینه فرصت، مثال‌های عددی متعددی حل شده و تأثیر این پارامتر در میزان عایدی تخصیص یافته به اعضای زنجیره تأمین با استفاده از روش ارزش شاپلی مورد بررسی قرار گرفته است. شکل ۵ حساسیت مقادیر به دست‌آمده از روش ارزش شاپلی نسبت به تغییرات هزینه فرصت بازیکنان مختلف را نمایش می‌دهد. و تنها باعث تغییر در عایدی تخصیص یافته به هریک از بازیکنان می‌گردد،

جدول (۱۰): محاسبات MAD برای روش‌های مختلف تخصیص

MAD		τ Value	CoreCenter	LeastCore	Shapley
$l = \frac{\gamma_1}{cap_1} = \frac{\gamma_2}{cap_2} = \cdots = \frac{\gamma_n}{cap_n}$	τ Value	۰	۰	۰/۱۳	۱/۸۱
	CoreCenter	۰	۰	۰/۱۳	۱/۸۱
	LeastCore	۰	۰	۰	۱/۶۸
	Shapley	۰	۰	۰	۰
$\frac{\gamma_1}{cap_1} \neq \frac{\gamma_2}{cap_2} \neq \cdots \neq \frac{\gamma_n}{cap_n}$	τ Value	۰	۰	۰/۰۱	۲/۰۷
	CoreCenter	۰	۰	۰/۰۱	۲/۰۷
	LeastCore	۰	۰	۰	۲/۵
	Shapley	۰	۰	۰	۰

در حالیکه با افزایش هزینه فرصت تأمین‌کنندگان، عایدی تخصیص‌یافته به خریدار با استفاده از روش ارزش شاپلی کاهش یافته و عایدی ائتلاف جامع افزایش می‌یابد. هم‌چنین با افزایش هزینه فرصت تأمین‌کننده غیر منتخب ارزش شاپلی تخصیص داده شده به آن بازیکن افزایش یافته؛ در حالی‌که عایدی دیگر بازیکنان تقریبا بدون تغییر باقی مانده است. از دیگر یافته‌های این تحلیل این است که اگر هزینه فرصت یک تأمین‌کننده منتخب بیش از حد افزایش یابد، امکان عدم انتخاب وی و در نتیجه انتخاب تأمین‌کننده دیگر و افزایش عایدی او وجود دارد.



شکل (۵): حساسیت مقادیر شاپلی نسبت به هزینه فرصت

جدول (۱۱): تحلیل حساسیت مدل نسبت به هزینه‌های ارسال مشترک

عایدی کل زنجیره	Z_3	Z_2	Z_1	بازه تغییرات FC
۲۲۴۴۵۹	۰	۱	۱	۰/۲
۲۲۴۲۹۱	۰	۱	۱	۰/۴
۲۲۴۲۱۴	۰	۰	۰	۰/۶
۲۲۴۲۱۴	۰	۰	۰	۰/۸
۲۲۴۲۱۴	۰	۰	۰	۱

بر اساس تحلیل‌های انجام گرفته و نتایج به دست‌آمده دیدگاه‌های مدیریتی به دست‌آمده را می‌توان به شرح ذیل بیان کرد:

با بررسی ویژگی‌های بازی همکارانه اثبات گردید مدل همکارانه معرفی‌شده در این تحقیق پاسخ‌های پایداری در هسته را فراهم می‌نماید که در آن عایدی به دست آمده برای زنجیره تأمین با عایدی به دست‌آمده در مدل متمرکز برابر می‌باشد. البته به دلیل وجود پیچیدگی‌های این‌گونه هماهنگی و همکاری‌ها بین اعضای مختلف یک زنجیره تأمین مشکلاتی را در زمینه اجرای همکاری‌ها فراهم می‌آورد.

در مورد روش‌های مختلف مورد استفاده در تخصیص عایدی، به نظر می‌رسد روش ارزش شاپلی به دلیل تخصیص مازاد عایدی به تأمین‌کنندگان غیر منتخب روش منصفانه‌ای برای تخصیص عایدی‌ها نباشد. در حقیقت این موضوع که عایدی مازاد ائتلاف تنها به تأمین‌کنندگان منتخب و خریدار تخصیص یابد، واقع‌بینانه‌تر می‌باشد. در این صورت تأمین‌کنندگان غیرمنتخب تنها هزینه فرصت خود را دریافت می‌نمایند.

هزینه فرصت تأمین‌کنندگان در انتخاب آن‌ها، میزان سفارش تخصیص‌یافته به آن‌ها و نیز به اشتراک‌گذاری عایدی در بین اعضای زنجیره تأثیر چشم‌گیری دارد. به‌صورتی که تأمین‌کنندگان می‌توانند با کاهش این پارامتر در ائتلاف انتخاب شده و عایدی خود را افزایش دهند.

با محاسبه رضایت‌مندی نشان داده شد که روش‌های حداقل هسته، ارزش τ و مرکز هسته در تخصیص عایدی برای ائتلاف‌هایی که در آن‌ها عایدی مازاد مخالف صفر است، نتایج تقریبا مشابهی را ارائه نموده‌اند. هم‌چنین میزان رضایت بازیکنان از عایدی تخصیص-یافته به آن‌ها در این سه روش بیشتر از روش ارزش شاپلی می‌باشد.

۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

مدل توسعه یافته در این مقاله به یکپارچگی تصمیمات انتخاب تأمین‌کننده، کنترل موجودی و ارسال محصولات می‌پردازد. بدین منظور زنجیره تامینی دو سطحی در نظر گرفته شده که در آن خریدار از میان چندین تأمین‌کننده، به انتخاب می‌پردازد، به گونه-ای که تقاضای وی تأمین شده و در عین حال هزینه‌های کل زنجیره تأمین حداقل گردد. تامین‌کننده‌ها این امکان را دارند که محصولات خود را به صورت مشترک و از طریق یک واسطه و یا به

صورت مستقیم برای خریدار ارسال کنند.

برمبنای قضایای اثبات شده و مثال عددی تشریح شده نتایج زیر قابل دستیابی است:

در شرایطی که نسبت هزینه فرصت به ظرفیت تأمین‌کنندگان برابر نباشد، هزینه فرصت نقش به‌سزایی در انتخاب تأمین‌کنندگان، تخصیص سفارش به آن‌ها و هم‌چنین عایدی کل زنجیره تأمین خواهد داشت.

علاوه‌براین با افزایش هزینه فرصت تأمین‌کنندگان، عایدی تخصیص‌یافته به خریدار با استفاده از روش ارزش شاپلی کاهش یافته و عایدی ائتلاف جامع افزایش می‌یابد؛ درحالی‌که تغییرات هزینه فرصت خریدار تنها باعث تغییر در عایدی تخصیص یافته به هریک از بازیکنان می‌گردد و در عایدی ائتلاف جامع تاثیری ندارد. اگر هزینه فرصت یک تأمین‌کننده منتخب بیش از حد افزایش یابد، امکان عدم انتخاب وی و در نتیجه انتخاب تأمین‌کننده دیگر و افزایش عایدی او وجود دارد.

هم‌چنین با مقایسه چهار روش تخصیص عایدی مورد استفاده در این مقاله، مشاهده می‌گردد که عایدی تخصیص داده شده به تأمین کنندگان با استفاده از روش ارزش شاپلی بیشتر از سایر روش‌ها بوده و در نتیجه میزان عایدی اختصاص یافته به خریدار در این روش کمتر از سایر روش‌ها می‌باشد. در واقع مشاهده گردید که با استفاده از روش شاپلی به تأمین‌کنندگان غیر منتخب بیشتر از هزینه فرصت آن‌ها عایدی تخصیص می‌یابد و نتیجه اینکه احتمالا این روش، روش مناسبی برای تخصیص عایدی در مسئله مورد نظر نخواهد بود.

هم‌چنین با بررسی تأثیر تغییرات هزینه‌های ارسال محصول به طور مشترک و از طریق یک واسطه، مشاهده گردید که در صورت کاهش این پارامتر تمایل تأمین‌کنندگان منتخب به استفاده از این روش در ارسال محصول به خریدار افزایش یافته و عایدی کل زنجیره نیز افزایش می‌یابد.

مواردی‌که می‌تواند به عنوان پیشنهادی برای تحقیقات آتی مطرح شده و کاربردی بودن مدل را افزایش می‌دهند، بررسی مدل در حالت چند محصولی می‌باشد. علاوه‌براین در مدل ارائه شده در این تحقیق پارامترهایی نظیر تقاضا به صورت ثابت و قطعی در نظر گرفته شده است؛ و از آن‌جایی که در عمل این‌گونه پارامترها غیرقطعی هستند می‌توان آن‌ها را به صورت غیرقطعی درنظر گرفت. هم‌چنین می‌توان از سناریوهای تقاضا وابسته به قیمت و یا قیمت وابسته استفاده نمود. هم‌چنین می‌توان سیاست‌های دیگر ارسال محصول را در مدل به کار برد؛ و تأثیر آن در افزایش یا کاهش هزینه‌ها را مورد بررسی قرار داد. می‌توان به تحلیل مدل رقابتی پرداخته و سپس به مقایسه با حالت همکارانه موجود در این مدل پرداخت؛ و یا از مکانیزم‌های هماهنگی موجود در نظریه بازی‌ها در این مسئله استفاده نمود. علاوه‌براین به منظور کاربرد مدل در صنعت می‌توان به مطالعه‌ای موردی پرداخت و کاربرد مدل را مورد بررسی قرار داد.

مراجع

[1] Aissaoui, N., Haouari, M,.Hassini, E., (2007). "Supplier selection and order lot sizing modeling: a review", Computers and Operations Research, 34: 3516-3540.

[2] Wetzstein, A., Hartman, E., Benton, W.C., Hohenstein, N., (2016). "A systematic assessment of supplier selection literature – State-of-the-art and future scope", Intern. Journal of Production Economics, 182: 304-323.

[3] Kamali, A., FatemiGhomi, S.M.T., Jolai, F., (2011). "A multi-objective quantity discount and joint optimization model for coordination of a single-buyer multi-vendor supply chain", Computers Math Appl, 62: 3251-3269.

[4] Ho, W., Xu, X., Dey, P.K., (2010). "Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluationand selection: A literature review", Eur. J. Oper. Res., 202: 16-24.

[5] Kheljani, J., Ghodsypour, S.H., O'Brien, C., (2009). "Optimizing whole supply chain benefit versus buyer's benefit through supplier selection", Int J Prod Econ, 121: 482-493.

[6] Rezaei, J., Davoodi, M., (2013). "Multi-objective models for lot-sizing with supplier selection", International Journal of Production Economics, 130(1): 77-86.

[7] Lee, A.H.I., Kang, H.Y., Lai, C.M., Hong, W.Y., (2013). "An integrated model for lot sizing with supplier selection and quantity discounts", Applied Mathematical Modelling, 37(7): 4733-4746.

[8] Choudhary, D., Shankar, R., (2013). "Joint decision of procurement lot-size, supplier selection, and carrier selection", Journal of Purchasing & Supply Management, 19: 16-26.

[9] Mohammaditabar, D., Ghodsypour, H. (2014). A supplier-selection model with classification and joint replenishment of inventory items, International Journal of Systems Science, 47: 1745-1754.

[10] Amid, A., Ghodsypour, S.H., O'Brien, C., (2011). "A weighted max–min model for fuzzy multiobjective supplier selection in a supply chain", Int. J. Prod. Econ., 131(1): 139-145.

[11] Jolai, F., Yazdian, S.A., Shahanaghi, K., Khojasteh, M.A., (2011). "Integrating fuzzy TOPSIS and multiperiodgoal programming for purchasing multiple products from multiple suppliers", J. of Purch Supply Manage, 17: 42-53.

[12] Sevkli, M., Koh, S.C.L., Zaim, S., Demirbag, M., Tatoglu, E., (2008). "Hybrid analytical hierarchy processmodel for supplier selection", Ind Manage Data Syst, 108(1): 122-142.

[13] Bruno G., Esposito E., Genovese A., Passaro R., (2011). "AHP BASED METHODOLOGIES FOR SUPPLIERS SELECTION: A CRITICAL REVIEW", the International Symposium on the Analytic Hierarchy Process.

[14] Drechsel J., Kimms A., (2010). "Computing core allocations in cooperative games with an application to cooperative procurement", Int. J. Prod. Econ., 128: 310-321.
[15] Barron, E.N., (2013). "Game Theory: An Introduction", second ed., John Wiley & sons, New York.
[16] Huang, Y., Huang, G.Q., Newman, S., (2011). "Coordinating pricing and inventory decisions in a multi-level supply chain: A game-theoretic approach", Transportation Research Part E, 47: 115-129.
[17] Huang Y., Huang, G.Q., Liu X., (2012). "Cooperative Game-theoretic Approach for Supplier Selection, Pricing and Inventory Decisions in a Multi-level Supply Chain", International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists, Hong Kong.
[18] Zhao, X., Atkins, D., Hu, M., Zhang, W., (2016). "Revenue Management under Joint Pricing and Capacity Allocation Competition", European Journal of Operational Research.
[19] Yin, S., Nishia, T., Zhangb, G., (2013). "A Game Theoretic Model to Manufacturing Planning with Single Manufacturer and Multiple Suppliers with Asymmetric Quality Information", Forty Sixth CIRP Conference on Manufacturing Systems, Procedia CIRP, 7: 115 – 120.
[20] Yin S., Nishi T., (2014). "A Supply Chain Planning Model With Supplier Selection under Uncertain Demands and Asymmetric Information", the 47th CRIP Conference on Manufacturing Systems, Procedia CRIP, 17: 639-644.
[21] Wu, Q., Ren, H., Gao, W., Ren, J., Lao, Ch., (2017). "Profit allocation analysis among the distributed energy network participants based on Game-theory", Energy, 1-12.
[22] Mohammaditabar, D., Ghodsypour, H., Hafezalkotob, A., (2016). "A game theoretic analysis in capacity-constrained supplier-selection and cooperation by considering the total supply chain inventory costs", International Journal of Production Economics, 181: 87-97.
[23] Dror, M., Hartman, B., (2011). "Survey of Cooperative Inventory Games and Extensions", Journal of the Operational Research Society, 62: 565-580.
[24] Leng, M., Parlar, M., (2005). "Game theoretic applications in supply chain management: a review". INFOR, 43: 187–220.
[25] Esmaeili Aliabadi, D., Kaazemi, A., Pourghannad, B., (2013). "A two-level GA to solve an integrated multi-item supplier selection model", Applied Mathematics and Computation, 219: 7600-7615.
[26] Kelle, P., Al-khateeb, F., Miller Pam, A., (2003). "Partnership and negotiation support by joint optimal ordering-setup policies for JIT", International Journal of Production Economics.
[27] Bauso, D., Giarre, L., Pesenti, R., (2008). "Consensus in noncooperative dynamic games: a multiretailer inventory application", IEEE Transactions on Automatic Control. 53: 998-1003.
[28] Jazemi, R., Ghodsypour, SH., Kheljani, J., (2011). "Considering supply chain benefit in supplier selection problem by using information sharing benefits", IEEE Transactions on Industrial Informatics. 7(3): 517-526.
[29] Elomri, A., Ghaffari, A., Jemai, Z., Dallery, Y., (2012). "Coalition formation and cost allocation for joint replenishment systems", Production and Operations.
[30] Agnetis, A., Mirchandani, P.B., Pacciarelli, D., Pacifici, A., (2004). "Scheduling problems with two competing agents", Operations Research, 52(2): 229-24.
[31] Fiestras-Janeiro, M.G., Garcia-Jurado, I., Meca, A., Mosquera, M.A. (2011). "Cooperative game theory and inventory management", European Journal of Operational Research, 210: 459–466.
[32] Axsater, S., (2015). "Inventory Control", (3rd edition). Springer. 225: 45-60.
[33] Mohebbi, S., Li, X., (2015). "Coalitional game theory approach to modeling suppliers' collaboration in supply networks", International Journal of Production Economics, 169: 333-342.
[34] Shapley, L.S., (1953). "A value for n-person games", Ann Math Stud, 28: 307–317.
[35] Branzei, R., Dimitrov, D., Tijs, S., (2008). "Models in cooperative game theory", Springer Science & Business Media.
[36] Hafezalkotob, A., Makui, A., (2015). "Cooperative maximum-flow problem under uncertainty in logistic networks", Applied Mathematics and Computation, 250: 593-604.
[37] MirasCalvo,M.A.,SanchezRodrıguez, E., (2006). TUGlab: ACooperative Game Theory Toolbox. http://webs.uvigo.es/mmiras/TUGlab/TUGlabICM06.pdf (accessed 08,01,13).

IERPS Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems

ISSN: 2345-2269

Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems

Spring and Summer 2017 Volume 5. No. 10. pp.83-97
www.ier.basu.ac.ir

DOI: 10.22084/ier.2017.11264.1508

A Game Theoretic Model for Capacity-Constrained Supplier Selection by Considering Joint Shipment

A. Masheli[1], D. Mohammaditabar[1,*]

[1] Department of Industrial Engineering, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

***Article history*:**

Received 6 August 2016
Accepted 17 April 2017

***Keywords*:**

Supplier selection
Joint shipment
Total supply chain cost
Cooperative game theory

ABSTRACT

Supplier selection is one of the most important issues in supply chain management.Recent models in supplier selection are based on total supply chain cost point of view to adjust with growing competition among supply chains.

The joint decision making of procurement lot-size, supplier selection, production decisions and shipment policy selection has potential to reduce total supply chain costs. In this paper, a single-buyer multi-suppliers model in a two level supply chain is presented and a cooperative game theory model is proposed to analyze the decisions. In this regard, the selected suppliers and total supply chain costs are found. We assumed that the selected suppliers' setup time interval is integer multipliers of the replenishment cycle time of the buyer and also suppliers are able to outsource their remaining capacities. It is shown that the cooperative model could result in a stable solution with same total supply chain cost as the centralized model and also, when suppliers have equal opportunity costs for each single production capacity, selected suppliers are determined independent from the opportunity cost but when the suppliers have different opportunity costs, the selected suppliers are influenced by the opportunity cost that they have. A numerical example describes the findings.

* Corresponding author. Davood Mohammaditabar
Tel.: 021-77638853; *E-mail address: d_mohammaditabar@azad.ac.ir*