

ارائه چارچوبی برای تحلیل همکاری شرکت‌های هواپیمایی با رویکرد نظریه بازی

سامان سروری قره‌آغاچ¹، رامین صادقیان^{2*}، رضا توکلی مقدم³، احمد ماکوئی⁴

- 1- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
- 2- دانشیار، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
- 3- استاد، دانشکده مهندسی صنایع، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
- 4- استاد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

دریافت: 1397/5/25

پذیرش: 1397/8/28

چکیده

در این مقاله، چارچوبی برای تحلیل همکاری شرکت‌های هواپیمایی² رقیب پیشنهاد می‌شود. به دلیل افزایش تعداد مسافران، تعداد شرکت‌های هواپیمایی و منابع محدود آن‌ها و همچنین وجود تقاضای محدود در هر بازه زمانی و مسیر پروازی، بین شرکت‌های هواپیمایی رقابت وجود دارد. در این تحقیق با استفاده از نظریه بازی‌ها به شرکت‌های هواپیمایی کمک می‌شود تا در خصوص همکاری یا عدم همکاری با رقبای به‌منظور کسب منافع بیشتر تصمیم‌گیری کنند. توابع مطلوبیت شرکت‌های هواپیمایی حداکثرسازی سود و حداقل‌سازی صندلی‌های خالی در پرواز است. برای حل مسئله از مدل نظریه بازی چندمعیاره استفاده می‌شود. به‌منظور تحلیل نتایج نظریه بازی‌ها، سه شرکت هواپیمایی رقیب در مسیر هوایی تهران- شیراز انتخاب شده است. نتایج حاصل از مدل‌سازی، استراتژی هر شرکت هواپیمایی را در نقطه تعادل نشان می‌دهد. تحلیل نقطه تعادل متناظر است با رضایت رقبای در کسب منافع یا افزایش سود شرکت‌های هواپیمایی، کاهش صندلی‌های خالی، حذف پروازهای اضافی و کاهش آلودگی هوای ناشی از مصرف سوخت؛ لذا این استراتژی در نقطه تعادل به افزایش بهره‌وری در ناوگان هوایی می‌انجامد.

واژگان کلیدی: نظریه بازی؛ همکاری؛ شرکت‌های هواپیمایی؛ بازی‌های چندمعیاره.

1- مقدمه

یکی از جنبه‌های مهم در صنعت حمل‌ونقل، انتقال مسافران به شیوه قابل‌اعتماد، مؤثر و ایمن است. با آغاز به کار بازار حمل‌ونقل هوایی، شرکت‌های هواپیمایی خدمت‌رسانی به مشتریان را در مسیرهای مختلف آغاز نمودند. افزایش جابه‌جایی مسافران هوایی و رقابت شدید شرکت‌های هواپیمایی منجر به بروز مشکلاتی از جمله افزایش پروازها، تراکم ترافیک هوایی، عدم تعادل عرضه و تقاضا، مدیریت ناهماهنگ و اتلاف هزینه‌ها بر سر راه حمل‌ونقل هوایی قرار گرفت؛ بنابراین، مدیریت رقابت بین شرکت‌های هواپیمایی بسیار مهم است.

عدم تعادل عرضه و تقاضا در پروازها یکی از بزرگ‌ترین معضلات حمل‌ونقل هوایی است. ایرلاین‌ها هواپیماهای خود را براساس تقاضای پیش‌بینی شده با توجه به محدودیت ظرفیت خود به مسیرهای هوایی تخصیص می‌دهند. این در حالی است که هر یک از شرکت‌های هواپیمایی به دنبال سهم بیشتر از بازار است؛ در نتیجه، تمرکز شرکت‌های هواپیمایی در مسیرهای پرتردد بیشتر می‌شود و هرکدام برای از دست ندادن مسافر سعی دارند پروازهای بیشتری را به این مسیرها اختصاص دهند. بنابراین، عرضه از تقاضا در این مسیرها بیشتر می‌شود و شرکت‌های هواپیمایی در سایر مسیرها و برنامه‌ریزی شبکه پروازی خود با مشکل مواجه می‌شوند. این مسائل موجب افزایش در صندلی خالی پروازها، افزایش هزینه شرکت‌های هواپیمایی، ترافیک در فرودگاه‌های شلوغ، مصرف سوخت و آلودگی هوا می‌شود. از طرف دیگر، استفاده از پتانسیل ناوگان هوایی بهبود می‌یابد. بنابراین، بررسی مدیریت شرکت‌های هواپیمایی در رقابت به‌منظور برنامه‌ریزی مناسب منابع و پروازها دارای اهمیت است. شرکت‌های هواپیمایی باید به دنبال راهکارهای همکاری باشند تا هواپیماها با ارائه کیفیت مطلوب پر شوند.

انتظار می‌رود ترافیک هوایی بین سال‌های 2010 تا 2030 دو برابر شود و فرودگاه‌ها به گلوگاه مهم ترافیک هوایی تبدیل شوند. همچنین حرکت هواپیما در فرودگاه نقش مهمی در تولید گازهای گلخانه‌ای بازی می‌کند [1]. توسط آماری که از 15 فرودگاه امریکا در 4 دوره زمانی به دست آمده است، به دلیل ترافیک و ازدحام

پروازها، 5 درصد از پروازها با گیت‌های مسدود مواجه می‌شوند که 9 درصد آن‌ها بیشتر از 20 دقیقه به طول می‌انجامد و موجب قطع ارتباطات مسافران انتقالی، هدررفت سوخت و آلودگی محیط، کاهش ایمنی مسافران، تأخیر خدمه، تأخیر پرواز و افزایش هزینه‌ها می‌شود. این مشکلات تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر عملیات روزانه فرودگاه و شرکت‌های هواپیمایی دارد؛ بنابراین، انگیزه مناسبی برای ارائه راهکار مناسب وجود دارد [2].

2- پیشینه تحقیق

رقابت شرکت‌های هواپیمایی و کسب سهم بیشتر بازار همواره مسئله مهمی در صنعت هوایی بوده است. هدف اصلی تصمیم‌گیری گروهی و همکاری در شرکت‌های هواپیمایی این است که به آن‌ها اجازه بدهد تا به نحو کارا تر و شفاف‌تری اطلاعات خود را به اشتراک بگذارند و عملیات مدیریت و ترافیک هوایی را بهبود بخشند. از آنجایی که منافع هر شرکت هواپیمایی در رقابت، مستقل از تصمیم (استراتژی) سایر شرکت‌های هواپیمایی نیست، بنابراین از نظریه بازی‌ها در بررسی رقابت بین شرکت‌های هواپیمایی استفاده می‌شود. جو¹ و همکاران در سال 2008 [3] مدل نظریه بازی استکلبرگ را در رقابت بین شرکت‌های هواپیمایی برای تعیین نقش کیفیت خدمات رقابتی توسعه دادند. ادلر² و همکاران در سال 2010 [4] و جینگ و ژانگ³ در سال 2014 [5] به بررسی رقابت میان ریل‌های سرعت بالا با خطوط حمل‌ونقل هوایی کم‌هزینه پرداختند. نتایج نشان داد اگر فرودگاه‌های هاب از لحاظ ظرفیت، محدودیت داشته باشند، همکاری موجب می‌شود تا رفاه مسافران بهبود یابد. همچنین از طریق شبیه‌سازی، اثرات همکاری را بر روی هزینه‌ها و فشردگی ترافیک بررسی کردند. تحلیل‌ها نشان داد که فشردگی ترافیک هوایی به‌تنهایی نمی‌تواند توجیه‌کننده همکاری بین خطوط هوایی با خطوط پرسرعت ریلی باشد.

مسافران به شدت به کاهش قیمت، افزایش ایمنی، خدمات باکیفیت و افزایش راحتی عکس‌العمل نشان می‌دهند. زیتو⁴ و همکاران در سال 2011 [6] روشی برای تصمیم‌گیری

1. Jou

2. Adler

3. Jiang , Zhang

4. Zitoa

شرکت‌های هواپیمایی در محیط رقابتی براساس نرخ کرایه و توالی خدمات‌رسانی معرفی کردند. مدل آن‌ها با تابع مطلوبیت حداکثر نمودن سود و به صورت غیرهمکاری برای یافتن نقطه تعادل بررسی شد. تخصیص عادلانه درآمد در همکاری درازمدت شرکا مهم است. کیمس¹ در سال 2012 [7] برای تقسیم درآمد، یک بازی همکاری بر اساس مفهوم هسته را اجرا نمود. مطالعه عددی نشان داد که درآمد حتی برای شبکه‌های همکاری بزرگ قابل‌محاسبه و مؤثر است. همکاری به شرکت‌های هواپیمایی اجازه می‌دهد که شبکه پروازی خود را گسترش دهند و تعداد دسترسی به مقاصد افزایش پیدا کند. شیان و وانگ² در سال 2013 [8]، رقابت ایرلاین‌ها را در دو مرحله بررسی کردند: در مرحله اول طبق یک ماتریس گسسته، انتخاب برای ورود یا عدم ورود به بازار را بررسی کرده و در مرحله دوم در صورت ورود، چگونگی رضایت‌بخش شدن سود شرکت‌های هواپیمایی با انتخاب استراتژی توالی خدمات‌رسانی، اندازه هواپیما و کرایه باربری را مورد بررسی قرار داده‌اند. آن‌ها نتیجه گرفتند که نقطه تعادل سود با تقاضا، مدت انتظار و حجم حمل بار نسبت مستقیم دارد.

در مدیریت صنعت هواپیمایی مسائل پیچیده‌ای وجود دارد. اقرول³ و همکارانش در سال 2013 [9] روشی جدید و ساده برای بهبود بخش هواپیمایی با معرفی روش مقرون‌به‌صرفه و خدمات بهتر معرفی کردند. آن‌ها به اشتراک‌گذاری استراتژی‌ها در طراحی خانواده خدمات با استفاده از بازی ائتلاف را بررسی نمودند. شواهد نشان می‌دهد که راحتی، ایمنی و کیفیت خدمات مقرون‌به‌صرفه، تأثیر عمده‌ای در انتخاب مسافران از شرکت‌های هواپیمایی دارد. سارا سواتی و هوناکو⁴ در سال 2014 [10] اشتراک‌گذاری نسبت درآمدها بین شرکت هواپیمایی و فرودگاه را بررسی نمودند. هدف، تشخیص سهم درآمد برای حداکثر سود و افزایش رفاه بود. برای چند فرودگاه و چند شرکت هواپیمایی، حالت غیرهمکاری با حالت همکاری مقایسه شد و مشخص گردید اشتراک‌گذاری درآمد برای کسب سود مطلوب، بهتر است. گرابرگر و کیمس⁵ در سال 2014 [11] در یک مدل نظریه بازی با تابع مطلوبیت حداکثر سود و محدودیت‌های ظرفیت نشان دادند نقطه تعادل بازی همکاری موجب بهبود بازده شبکه می‌شود. ایوانس

1. Alf Kimms, Demet'etiner
2. Shiao and Hwang
3. Aman Aggarwala, F.T.S. Chan b, M.K. Tiwari
4. Batari Saraswati, Shinya Hanaoka
5. Grauberge, Kimms

و اسچافر¹ در سال 2014 [12] برای یک شبکه فرودگاهی 22 تایی در 14 ایالت آمریکا به‌وسیله شبیه‌سازی، نقطه تعادل نش² بین شرکت‌های هواپیمایی رقیب را پیدا نمودند؛ بدین صورت که هر شرکت هواپیمایی سود خودش را با تلاش برای به‌دست‌آوردن سهم بازار (سهم مسافران) و افزایش تناوب پروازها افزایش می‌دهد. لیم³ در سال 2015 [13] قیمت‌گذاری در شرکت‌های هواپیمایی ارزان و کارایی مالی آن‌ها را بررسی نمود. یافته‌ها چنین نشان می‌دهد که استفاده از مدل نظریه بازی پیشنهادی، برای رسیدن به حداکثر سود، می‌تواند به رضایت همه شرکت‌های هواپیمایی منجر شود. روش‌هایی که در حال حاضر در بسیاری از فرودگاه‌های اروپا و ایالات متحده به کار گرفته می‌شوند، تأکید بیشتری بر روی اشتراک‌گذاری اطلاعات برای کنترل ترافیک هوایی دارند. کارلوس⁴ و همکاران در سال 2015 [14]، روش‌های جاری را طوری توسعه دادند که با همکاری فرودگاه‌ها، منابع فرودگاه به پروازهای بیشتری تخصیص داده شود، در نتیجه سود و تناوب پروازها افزایش یابد. پرپاگونی و کالوپسیدی⁵ در سال 2016 [15] تأثیر هزینه آلاینده‌های کربن را بر روی قیمت بلیت‌ها، سهم تقاضای سفرهای هوایی و رفتار شرکت‌های هواپیمایی با رویکرد نظریه بازی بررسی کردند. در این صورت، تقاضای سفرهای هوایی تا 21 درصد کاهش داشت. دیاکو⁶ در سال 2016 [16] استراتژی‌های مدیریت سه نوع از شرکت‌های هواپیمایی (شرکت‌های هواپیمایی کم‌هزینه، خدمات کامل و خدمات فرعی با هزینه کمتر) را بر اساس نظریه بازی‌ها و در محیط رقابتی مورد بررسی قرار می‌دهد. هر شرکت‌های هواپیمایی استراتژی‌های خود را متناسب با کرایه هوایی و تعداد پروازها در هر مسیر انتخاب می‌کند و درصد بیشینه کردن سود خود است. عموزاده و همکاران در سال 1392 [17]، مدل همکاری در نظریه بازی‌ها را برای زنجیره تأمین سه سطحی به‌منظور کاهش هزینه‌ها و زمان انتظار و افزایش سطح دسترسی به محصول ارائه کردند. آن‌ها مدل را با استفاده از الگوریتم ژنتیک و شبیه‌سازی حل و مقایسه نمودند و به نتایج مناسبی دست یافتند. جلالی و شهانقی در سال 1393 [18] مدل نظریه بازی پویا با اطلاعات کامل را در حل

1. Evans, Schäfer
2. Nash Equilibrium
3. Lim
4. Antonio Carlos
5. Pagoni, Psaraki-Kalouptsidi
6. Dae Ko

اختلاف قراردادهای مشارکت دولتی با بخش خصوصی ارائه کردند تا در زمان بروز اختلال در شرایط پروژه مثل تغییرات سریع بازار، از مشکلات مالی و تأخیر در اجرای پروژه جلوگیری شود. فخرآبادی و همکاران در سال 1395 [19]، رقابت بین خرده‌فروشان در زنجیره تأمین را با استفاده از بازی استکلبرگ به منظور تعیین قیمت بررسی کرده و نشان دادند که افزایش رقابت موجب افزایش سود زنجیره می‌شود - در صنعت هوایی منابع محدود وجود دارد. غفوری و تقی زاده در سال 1395 [20] یک مدل چندهدفه برای مسئله زمان‌بندی پروژه در شرایط محدودیت منابع استفاده کردند و آن مدل را توسط الگوریتم‌های فراابتکاری کرم شب‌تاب و تبرید شبیه‌سازی شده حل نمودند و به نتایج مناسبی دست یافتند.

3- مبانی نظری

3-1- نظریه بازی‌ها

نظریه بازی‌ها مطالعه مدل‌های ریاضی تعارض و همکاری بین تصمیم‌گیرندگان عاقل و هوشمند است. نظریه بازی‌ها از روش‌های ریاضی به منظور تجزیه و تحلیل مواردی استفاده می‌کند که دو فرد یا بیشتر، ملزم به تصمیم‌گیری در شرایطی هستند که تصمیم هر یک از طرفین بر منافع طرف دیگر تأثیرگذار است [21]. اگر در مدل‌های ریاضی چندهدفه بیش از یک تصمیم‌گیرنده به ازای هر هدف وجود داشته باشد، مسئله را می‌توان در قالب نظریه بازی‌ها مدل‌سازی کرد. از آنجایی که منافع هر شرکت‌های هواپیمایی در رقابت، مستقل از تصمیم (استراتژی) سایر شرکت‌های هواپیمایی نیست، بنابراین در این تحقیق از نظریه بازی‌ها در بررسی رقابت بین شرکت‌های هواپیمایی استفاده شده است.

عناصر اصلی نظریه بازی‌ها، توابع مطلوبیت بازیکنان، استراتژی‌ها و بازیکنان هستند. ساختار نظریه بازی‌ها به دو صورت است: ساختار ماتریسی که شامل ماتریسی چندبعدی است که هر بعد نمایانگر مجموعه‌ای از استراتژی‌های یک بازیکن است و درایه‌های این ماتریس، مطلوبیت کسب‌شده برای بازیکنان در ازای ترکیب‌های مختلف از استراتژی بازیکنان را نشان می‌دهد. در ماتریس دوبعدی، مؤلفه‌های ستون استراتژی، بازیکن اول و مؤلفه‌های سطر استراتژی، بازیکن دوم را نشان می‌دهد.

مؤلفه‌های درون ماتریس، توابع مطلوبیت بازیکن اول و دوم را در ازای تقاطع یا انتخاب استراتژی‌ها نشان می‌دهد؛ بنابراین، ابعاد ماتریس بازی برابر با تعداد بازیکنان است. اگر بازی بیش از یک تابع مطلوبیت داشته باشد، به آن بازی چندمعیاره می‌گویند. ساختار ماتریسی معمولاً در بازی‌های دو نفره با استراتژی‌های گسسته و حداکثر دو یا سه معیاره کاربرد دارد و می‌توان ساختار ماتریسی را به مدل ریاضی تبدیل کرد. ساختار مدل ریاضی شامل توابع مطلوبیت به‌عنوان توابع هدف و استراتژی‌های بازیکنان به‌عنوان متغیرهای تصمیم‌گیری در مدل نظریه بازی‌ها است. این ساختار برای بازی‌های دو یا چندنفره با استراتژی‌های گسسته یا پیوسته و مسائل بزرگ کاربرد دارد. در مسائل نظریه بازی به دنبال نقطه تعادل و در مسائل بهینه‌سازی به دنبال جواب بهینه هستیم. نش در سال 1950 [22] با ارائه یک نقطه تعادل به حل مسائل نظریه بازی در حالت همکاری بازیکنان پرداخت.

مهم‌ترین شاخه نظریه بازی‌ها، بازی‌های همکارانه و غیرهمکارانه است. نظریه بازی‌های غیرهمکارانه را، در حالت ایستا و پویا، بسته به این‌که آیا بازیکنان به‌طور هم‌زمان استراتژی خود را انتخاب می‌کنند یا به‌صورت متوالی، تقسیم‌بندی می‌کنند [23]. اگر چند بازیکن با یکدیگر هماهنگ شوند و ائتلاف تشکیل دهند، بازی همکارانه است و اگر بازیکنان به‌طور کامل مقابل یکدیگر قرار بگیرند، بازی غیرهمکارانه است. اگر هر بازیکن بدون اطلاع از استراتژی انتخابی رقیب در مورد استراتژی خود تصمیم‌گیری کند، بازی ایستاست. در واقع، بازیکنان در بازی ایستا به‌طور هم‌زمان استراتژی خود را انتخاب می‌کنند. در صورتی‌که ابتدا یکی از بازیکنان استراتژی خود را انتخاب کند و سپس بازیکن دیگر با آگاهی از انتخاب بازیکن اول، استراتژی خود را انتخاب کند، بازی از نوع پویاست. اگر تمام اطلاعات موردنیاز بازی در اختیار تمام بازیکنان باشد، بازی با اطلاعات کامل است؛ در غیر این صورت، بازی با اطلاعات ناقص است.

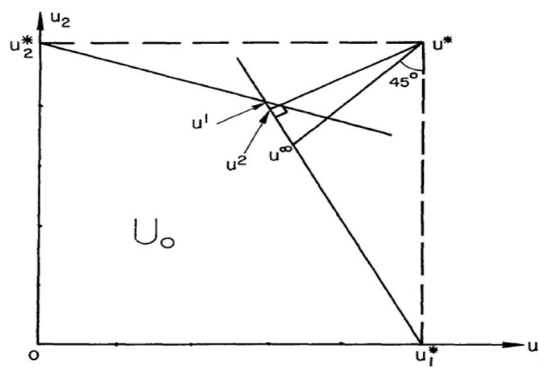
در این تحقیق برای حل بازی چندمعیاره از روشی مشابه روش L-P متریک استفاده می‌شود. این روش به دنبال حداقل کردن انحراف توابع مطلوبیت نسبت به یک راه‌حل ایده‌آل است. اولین بار یو در سال 1973 [24] از نقطه ایده‌آل برای حل مسائل تصمیم‌گیری گروهی استفاده کرد. راه‌حل ایده‌آل از حل چند مدل تک‌معیاره حاصل می‌شود؛ بنابراین در نقطه ایده‌آل کلیه توابع، مطلوبیت‌ها به‌طور هم‌زمان در

مقدار بهینه خود هستند، ولی نقطه ایده‌آل در فضای موجه وجود ندارد. این روش با استفاده از فاصله L-P متریک به دنبال نزدیک‌ترین نقطه (نقطه تعادل چندمعیاره) به راه‌حل ایده‌آل در فضای جواب است. لذا ابتدا نقطه تعادل به ازای هر معیار به دست می‌آید (نقطه ایده‌آل) و سپس برای محاسبه نقطه تعادل چندمعیاره، نقطه‌ای از فضای جواب که کمترین فاصله را با نقطه ایده‌آل دارد، به‌عنوان نقطه تعادل چندمعیاره انتخاب می‌شود. تابع هدف زیر به همراه محدودیت‌های مسئله، یک مدل ریاضی نظریه بازی‌ها است. u_{jl} مطلوبیت l ام برای بازیکن z ام است [25]:

(1)

$$\text{Min: } D_p = \left\{ \sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^h |u_{jl}^* - u_{jl}|^p \right\}^{\frac{1}{p}}, \quad \text{St: } u_{jl} \in U \begin{cases} j=1, 2, \dots, m \\ l=1, 2, \dots, h \end{cases}$$

در شکل (1) منطقه موجه به ازای دو تابع مطلوبیت u_1 و u_2 رسم شده است. u_1^* و u_2^* مقادیر بهینه هر یک از توابع مطلوبیت است که با حل مدل تک‌معیاره به ازای آن تابع به دست می‌آید. U^* نقطه ایده‌آل است. در این نقطه، هر دو تابع مطلوبیت بهترین مقدار خود را دارند. نقطه ایده‌آل خارج از فضای جواب است؛ زیرا توابع مطلوبیت در تضاد با یکدیگر هستند و ممکن است هم‌زمان بهینه نباشند. U^1 و U^2 و U^∞ نزدیک‌ترین فاصله L-P متریک به نقطه ایده‌آل به ازای P های 1 و 2 و بی‌نهایت در رابطه (1) هستند.



شکل 1 منطقه موجه به ازای دو تابع مطلوبیت u_1 و u_2

4- مدل نظریه بازی در همکاری بین شرکت‌های هواپیمایی رقیب

در این مسئله فرض بر این است که قیمت‌ها ثابت است و رقابت شرکت‌های هواپیمایی تنها در یک مسیر پروازی بررسی می‌شود؛ بنابراین، شرکت‌های هواپیمایی بازیکنان هستند و هر شرکت هواپیمایی می‌تواند در مسیر مشخص با شناسایی رقبای خود و تصمیم‌گیری در خصوص همکاری یا عدم‌همکاری، به اهداف خود برسد. توابع مطلوبیت بازی حداکثر کردن سود و حداقل کردن صندلی خالی شرکت‌های هواپیمایی است. برای دستیابی به توابع مطلوبیت، مسئله در قالب مدل نظریه بازی، برنامه‌ریزی مشترک برای پرواز شرکت‌های هواپیمایی (بازیکنان) در حالت همکاری با در نظر گرفتن محدودیت‌های منابع و تقاضا معرفی می‌شود. بازی نرمال، ایستا با اطلاعات کامل و چندمعیاره است. متغیرها یا استراتژی‌های بازی، زمان پروازی شرکت‌های هواپیمایی و تعداد مسافران است.

متغیرهای مدل عبارت است از:

y_{ij} : اگر در زمن پروازی i ، از شرکت هواپیمایی j استفاده شود، یک؛ در غیر این صورت، صفر است.

x_{ij} : متغیر تعداد مسافران برای شرکت هواپیمایی j که در بازه زمان پروازی i پرواز می‌کند.

پارامترهای مدل عبارت است از:

m_j : حداکثر تعداد پروازهای شرکت هواپیمایی j در طول مدت برنامه‌ریزی موردنظر با توجه به منابع هر شرکت هواپیمایی است.

m : تعداد شرکت‌های هواپیمایی رقیب است و با زیروند (اندیس) z نشان داده می‌شود.

n : تعداد بازه‌های زمانی پرواز بین مبدأ و مقصد در طول مدت برنامه‌ریزی است و با زیروند i نشان داده می‌شود.

h : تعداد معیارهای بازیکنان (اهداف یا توابع مطلوبیت) است و با زیروند l نشان داده می‌شود.

ZB_j : ظرفیت خالی شرکت هواپیمایی j در طول مدت برنامه‌ریزی است.

ZC_j : سود شرکت هواپیمایی j در طول مدت برنامه‌ریزی است.

C_{ij} : هزینه ثابت شرکت هواپیمایی Z در بازه زمان پروازی شماره i است. این هزینه با توجه به اینکه در هر بازه زمان پرواز، کدام هواپیمای شرکت هواپیمایی مناسب پرواز در این مسیر باشد، محاسبه می‌شود.

c_{ij} : هزینه به ازای هر مسافر برای شرکت هواپیمایی Z در بازه زمان پروازی i است.

D : کل تقاضای مسیر پروازی در طول مدت برنامه ریزی است.

t : سهم شرکت هواپیمایی از قیمت بلیت است.

S_{ij} : ظرفیت شرکت هواپیمایی Z در بازه زمان پروازی i ام است که با توجه نوع از هواپیما متفاوت می‌شود.

M : عددی بسیار بزرگ است.

مدل ریاضی عبارت است از:

$$\max \sum_{j=1}^m ZC_j \quad (2)$$

$$\min \sum_{j=1}^m ZB_j \quad (3)$$

$$x_{ij} \leq y_{ij} S_{ij} \quad \forall i, j \quad (4)$$

$$x_{ij} - My_{ij} \leq 0 \quad \forall i, j \quad (5)$$

$$1 \leq \sum_{i=1}^n y_{ij} \quad \forall j \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n y_{ij} \leq m_j \quad \forall j \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} = D \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^m y_{ij} \leq 1 \quad \forall i \quad (9)$$

$$ZC_j = \sum_{i=1}^n (t_{x_{ij}} - c_{ij}x_{ij}) - \sum_{i=1}^n y_{ij} Cc_{ij} \quad \forall j \quad (10)$$

$$ZB_j = \sum_{i=1}^n y_{ij} s_{ij} - \sum_{i=1}^n x_{ij} \quad \forall j \quad (11)$$

$$y_{ij} = 0,1 \quad (12)$$

$$0 \leq x_{ij} \quad (13)$$

رابطه (2). سود شرکت‌های هواپیمایی را در طول مدت برنامه ریزی حداکثر می‌کند.

رابطه (3)، ظرفیت خالی شرکت‌های هواپیمایی را در طول مدت برنامه ریزی حداقل می‌کند.

رابطه (4)، محدودیت ظرفیت هر شرکت هواپیمایی در هر بازه زمان پروازی است؛ یعنی تعداد مسافرانی که به شرکت هواپیمایی i در بازه زمان پروازی i اختصاص می‌یابند، نباید بیشتر از ظرفیت هواپیمای موردنظر شرکت هواپیمایی در آن زمان باشد.

رابطه (5)، نشان می‌دهد زمانی که y صفر است x ، نیز صفر است و زمانی که y یک است، x بزرگ‌تر مساوی صفر است. در واقع، زمانی که y یک است، x می‌تواند تعداد مسافران را بیان کند. این محدودیت برای ارتباط دوطرفه متغیرهای x و y است.

روابط (6) و (7)، محدودیت‌های تعداد پروازهای هر شرکت هواپیمایی در طول مدت برنامه ریزی بوده و بیان‌کننده آن هستند که همه شرکت‌های هواپیمایی می‌توانند حداقل یک پرواز و حداکثر m_j پرواز در بازه زمانی موردنظر داشته باشند.

رابطه (8)، محدودیت تقاضای کل برای مسیر در بازه زمانی موردنظر است.

رابطه (9)، بیان می‌کند که در صورت وجود تقاضا در بازه زمان i ام، پرواز تنها می‌تواند توسط یک شرکت هواپیمایی انجام شود (در یک بازه زمان، دو شرکت هواپیمایی در آن مسیر پرواز ندارند).

رابطه (10)، تابع مطلوبیت حداکثر کردن سود شرکت هواپیمایی در طول مدت برنامه ریزی است که از تفاوت درآمد حاصل از سهم شرکت هواپیمایی از فروش بلیت و هزینه‌های متغیر به ازای هر نفر و هزینه‌های ثابت محاسبه می‌شود.

رابطه (11)، تابع مطلوبیت حداقل کردن ظرفیت خالی در مجموع پرواز شرکت هواپیمایی در طول مدت برنامه ریزی است که به دلیل اهمیت فراوان ضریب اشغال صندلی برای شرکت‌های هواپیمایی استفاده شده است. همچنین ضریب اشغال صندلی معیاری برای اولویت‌بندی شرکت‌های هواپیمایی است.

رابطه (12) و (13)، حدود و نوع متغیرها را تعریف می‌کنند.
 با حل مدل ریاضی توسط تابع مطلوبیت رابطه 2 و محدودیت‌های روابط 4 تا 13، نقطه بهینه سود شرکت‌های هواپیمایی یا بردار u_1^* به دست می‌آید. با حل مدل ریاضی توسط تابع مطلوبیت رابطه 3 و محدودیت‌های روابط 4 تا 13، نقطه بهینه تعداد صندلی‌های خالی شرکت‌های هواپیمایی یا بردار u_2^* به دست می‌آید. U^* نقطه ایده‌آل است که از مقدار بهینه دو تابع مطلوبیت (بردارها u_1^* و u_2^*) به دست می‌آید. u_{ji}^* نقطه ایده‌آل برای شرکت هواپیمایی j در تابع مطلوبیت l ام است و از مؤلفه‌های بردار u_i^* است. سپس با جایگذاری مقادیر u_{ji}^* در تابع هدف رابطه 1 به ازای $p=2$ و حل مدل به همراه محدودیت‌های 4 تا 13، نقطه‌ای از فضای جواب که کمترین فاصله با نقطه ایده‌آل را دارد به عنوان نقطه تعادل چندمعیاره به دست می‌آید.

5- تحلیل نتایج

مدل با استفاده از نرم‌افزار لینگو 17 و سیستم سخت‌افزاری هفت هسته‌ای حل و با داده‌های سه شرکت هواپیمایی رقیب برای مسیر هوایی تهران-شیراز در طول مدت برنامه ریزی مشخص بررسی شد. پیش‌بینی تقاضا در طول مدت برنامه ریزی برای مسیر تهران-شیراز از نظر خبره به دست آمده است. نتایج سناریوهای مختلف همکاری، با حالت غیرهمکاری شرکت‌های هواپیمایی در جدول

(1) مقایسه شده است. حالت غیرهمکاری شرکت‌های هواپیمایی، وضعیت موجود برنامه‌ریزی شرکت‌های هواپیمایی بدون استفاده از مدل پیشنهادی است. در نظریه بازی‌ها همه بازیکنان تمایل دارند در استراتژی خود در نقطه تعادل حرکت نمایند؛ زیرا با تغییر استراتژی، مقدار پیامد یا تابع مطلوبیت بهتر نمی‌شود. در واقع در نقطه تعادل، بازیکنان با توجه به شرایط رقبا و بازی در حالتی قرار دارند که تمایل به تغییر استراتژی خود ندارند. از آنجایی که در کاربرد نظریه بازی‌ها هر بازیکن برای منافع بیشتر خود وارد بازی همکاری می‌شود، در این مطالعه، سناریوهای مختلف همکاری را بررسی می‌کنیم تا متوجه شویم برای هر شرکت هواپیمایی، کدام سناریو مناسب است. در واقع در این مطالعه به دنبال آن هستیم که به تصمیم‌گیرنده در هر شرکت هواپیمایی کمک کنیم با توجه به شرایط دنیای واقعی، عاقل بودن رقبا در نظریه بازی‌ها و سناریوهای موجود همکاری، چه مزایایی در همکاری وجود دارد.

در جدول (1) مقادیر معیار شرکت‌های هواپیمایی از حل مدل پیشنهادی در سناریوهای مختلف آمده است که می‌تواند به تصمیم‌گیر شرکت‌های هواپیمایی در انتخاب سناریو مناسب کمک کند. چارچوب مدل پیشنهادی در همه سناریوهای همکاری یکسان است. وقتی m شرکت هواپیمایی با هم همکاری می‌کنند، اطلاعات بر اساس شرایط و اطلاعات m ایرلاین در مدل وارد می‌شود. سناریوی غیرهمکاری نیز وضعیت موجود و بدون استفاده از مدل پیشنهادی همکاری را نشان می‌دهد. در بازی‌های همکاری، بازیکنان برای کسب منافع بیشتر بر روی مسائلی با هم توافق می‌کنند. در این مسئله نیز شرکت‌های هواپیمایی در انتخاب همکار (سناریو) و استراتژی‌ها که از نتایج مدل حاصل شده است با هم توافق و همکاری می‌کنند.

در تمام سناریوهایی که شرکت هواپیمایی 1 با سایر شرکت‌های هواپیمایی همکاری دارد، سود این شرکت هواپیمایی به‌طور یکسان افزایش، تعداد صندلی‌های خالی و تعداد پروازهایش به‌طور یکسان کاهش می‌یابد و تفاوتی ندارد با چه ترکیبی از شرکت‌های هواپیمایی همکاری کند. کاهش تعداد پروازها می‌تواند تناوب پروازهای شرکت هواپیمایی را در سایر مسیرها افزایش داده و موجب سود بیشتر شود.

شرکت هواپیمایی 2 در همکاری با شرکت هواپیمایی 1 بیشترین سود را کسب می‌نماید و تعداد صندلی‌های خالی بهبود و در طول مدت برنامه ریزی، تعداد پروازهایش یک مورد کاهش می‌یابد. در صورت همکاری با شرکت هواپیمایی 3، سودش کاهش، تعداد صندلی‌های خالی بهبود و طول مدت برنامه ریزی، تعداد پروازهایش دو مورد کاهش می‌یابد. شرکت هواپیمایی 2 در سناریوی همکاری هر سه شرکت هواپیمایی، افزایش کمی در سود خواهد داشت و تعداد صندلی‌های خالی بهبود و طول مدت برنامه ریزی، تعداد پروازهایش یک مورد کاهش می‌یابد.

تعداد پروازهای شرکت هواپیمایی 3 در تمام سناریوها یکسان است. همکاری شرکت هواپیمایی 3 با شرکت هواپیمایی 1 باعث کاهش شدید سود آن می‌شود و بهبود چشم‌گیری در کاهش تعداد صندلی‌های خالی نداریم. شرکت هواپیمایی 3 بیشترین سود و بهترین تعداد صندلی خالی را در همکاری با شرکت هواپیمایی 2 کسب می‌نماید، ولی در این همکاری، سود شرکت هواپیمایی 2 به شدت کاهش می‌یابد؛ بنابراین با توجه به شرط عاقل بودن در نظریه بازی‌ها، شرکت هواپیمایی 2 تمایلی به همکاری نخواهد داشت. سناریوی همکاری هر سه شرکت هواپیمایی افزایش مناسبی در سود و کاهش مناسبی را در تعداد صندلی‌های خالی شرکت هواپیمایی 3 دارد.

در ادامه تحلیل جدول (1)، سناریوها را بررسی می‌کنیم: در سناریوی غیرهمکاری تعداد صندلی‌های خالی و تعداد پروازها نسبت به سناریوهای همکاری، بدترین مقدار را دارد. از نظر تابع مطلوبیت سود، کمترین مجموع سود هر سه شرکت هواپیمایی در این سناریو اتفاق می‌افتد؛ بنابراین، این سناریو اصلاً پیشنهاد نمی‌شود. در سناریوی همکاری شرکت‌های هواپیمایی 1 و 2 و 3، تعداد صندلی‌های خالی نسبت به همه سناریوها بهترین مقدار را دارد. از نظر تابع مطلوبیت سود، شرکت هواپیمایی 2، افزایش کمی و شرکت هواپیمایی 3 افزایش زیادی دارد. شرکت هواپیمایی 1 هرچند کم، ولی بیشترین میزان افزایش سودش را دارد. مجموع تعداد پروازها در این سناریو 5 است؛ بنابراین، این سناریو را می‌توان به همه شرکت هواپیمایی پیشنهاد داد.

سناریوی همکاری شرکت هواپیمایی 1 و 2، سود شرکت هواپیمایی 2 را به شدت افزایش می‌دهد. شرکت هواپیمایی 1 هرچند کم، ولی بیشترین میزان افزایش سودش را دارد. این سناریو کاهش مناسبی در صندلی‌های خالی و پروازهای هر دو شرکت هواپیمایی دارد. مجموع تعداد پروازها در این سناریو 5 است. می‌توان این سناریو را به شرکت‌های هواپیمایی 1 و 2 پیشنهاد داد.

در سناریوی همکاری شرکت هواپیمایی 1 و 3، شرکت هواپیمایی 1 هرچند کم، ولی بیشترین میزان افزایش سودش را دارد و سود شرکت هواپیمایی 3 را کاهش می‌دهد. بهبود چشم‌گیری در تعداد صندلی‌های خالی ایجاد نمی‌کند؛ بنابراین، این سناریو نسبت به سایر سناریوهای موجود برای ایرلاین 1 و 3 مزیتی ندارد. سناریوی همکاری شرکت هواپیمایی 2 و 3، بهترین شرایط را برای شرکت هواپیمایی 3 ایجاد می‌کند و سود و تعداد پروازهای شرکت هواپیمایی 2 را به شدت کاهش می‌دهد. مجموع تعداد پروازها در این سناریو 5 است. بنابراین، شرکت هواپیمایی 2 به این همکاری راضی نیست.

همکاری برای تمام حالات موجب بهبود ضریب استفاده از صندلی (درصد صندلی‌های پر در پروازها) و ظرفیت‌های خالی در پرواز شده است. بیشترین مجموع سود در حالت همکاری شرکت‌های هواپیمایی 1 و 2، همچنین کمترین مجموع ظرفیت خالی در حالت همکاری سه شرکت هواپیمایی است. کمترین سود و بیشترین ظرفیت خالی و بیشترین تعداد پرواز برای حالت غیرهمکاری است؛ بنابراین، سناریوی غیرهمکاری و همکاری شرکت هواپیمایی 1 و 3 به هیچ‌یک از شرکت‌های هواپیمایی پیشنهاد نمی‌شود. ورود به همکاری برای شرکت هواپیمایی 1 در سناریوهای همکاری 1 با 2 و همکاری هر سه شرکت هواپیمایی به‌طور یکسان مفید خواهد بود. برای شرکت هواپیمایی 2، همکاری با شرکت هواپیمایی 1 و همکاری سه شرکت هواپیمایی پیشنهاد می‌شود تا تصمیم‌گیرنده با توجه به مقادیر معیارها تصمیم‌گیری نماید. برای شرکت هواپیمایی 3، همکاری سه شرکت هواپیمایی پیشنهاد می‌شود؛ زیرا با توجه به شرط عاقل بودن رقبا در نظریه بازی‌ها، شرکت هواپیمایی 2 تمایلی به همکاری با شرکت هواپیمایی 3 نخواهد داشت.

جدول 1 مقایسه معیارها در حالت‌های همکاری و غیر همکاری

مجموع	شرکت هواپیمایی 1	شرکت هواپیمایی 2	شرکت هواپیمایی 3	معیارها	سناریوی شرکت‌های هواپیمایی
84586	22550	30320	31716	سود هر شرکت هواپیمایی	غیر همکاری
646	230	180	236	ظرفیت خالی پروازی	
-	0/62	0/74	0/64	ضریب استفاده از صندلی	
7	2	3	2	تعداد پرواز	
102504	23500	30670	48334	سود هر شرکت هواپیمایی	همکاری شرکت هواپیمایی 1 و 2 و 3
56	0	0	56	ظرفیت خالی پروازی	
-	1	1	0/91	ضریب استفاده از صندلی	
5	1	2	2	تعداد پرواز	
102666	23500	47450	31716	سود هر شرکت هواپیمایی	همکاری شرکت هواپیمایی 1 و 2
246	0	10	236	ظرفیت خالی پروازی	
-	1	0/97	0/64	ضریب استفاده از صندلی	
5	1	2	2	تعداد پرواز	
92144	23500	30320	28324	سود هر شرکت هواپیمایی	همکاری شرکت هواپیمایی 1 و 3
346	0	180	166	ظرفیت خالی پروازی	
-	1	0/74	0/75	ضریب استفاده از صندلی	
6	1	3	2	تعداد پرواز	
98984	22550	23550	52884	سود هر شرکت هواپیمایی	همکاری شرکت هواپیمایی 2 و 3
236	230	0	6	ظرفیت خالی پروازی	
-	0/62	1	0/98	ضریب استفاده از صندلی	
5	2	1	2	تعداد پرواز	

جدول (2) چگونگی توزیع مسافران را در دو حالت همکاری سه شرکت هواپیمایی و حالت غیرهمکاری نشان می‌دهد. اعداد در حالت همکاری استراتژی شرکت‌های هواپیمایی یا مقدار متغیر تصمیم تعداد مسافران و بازه زمان پرواز است که از حل

مدل ریاضی با همکاری هر سه شرکت هواپیمایی به دست آمده است. مقادیر توابع مطلوبیت از این سناریو در جدول (1) در حالت همکاری سه شرکت هواپیمایی آمده است. اعداد غیرهمکاری شرکت‌های هواپیمایی، وضعیت موجود برنامه‌ریزی شرکت‌های هواپیمایی بدون استفاده از مدل پیشنهادی است. با توجه به جدول (2) تعداد پروازهای کل برای طول مدت برنامه‌ریزی در حالت‌های همکاری به دلیل استفاده بهینه از ظرفیت، کاهش یافته است. شرکت‌های هواپیمایی می‌توانند از ظرفیت پروازهای حذف‌شده در مسیرهای موردنیاز دیگر استفاده نمایند.

جدول 2 مقایسه پروازها در دو حالت همکاری سه شرکت هواپیمایی و غیر همکاری

شماره بنده زمان پرواز	تخصیص مسافران در حالت غیرهمکاری			تخصیص مسافران در حالت همکاری		
	1 شرکت هواپیمایی 1	2 شرکت هواپیمایی 2	3 شرکت هواپیمایی 3	1 شرکت هواپیمایی 1	2 شرکت هواپیمایی 2	3 شرکت هواپیمایی 3
1	170	240	0	300	0	0
2	0	0	193	0	0	254
3	200	160	0	0	290	0
4	0	0	221	0	0	340
5	0	120	0	0	120	0

6- نتیجه‌گیری

این مطالعه برای کمک به شرکت‌های هواپیمایی در شناسایی نقش همکاری در بازار حمل‌ونقل هوایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شرکت‌های هواپیمایی در هر مسیر پروازی با هم به رقابت می‌پردازند. از آنجایی که هرکدام از این شرکت‌ها منابع محدود دارند و تقاضا برای هر مسیر محدود است، یک راهکار که نیاز شرکت‌های هواپیمایی را در این مسئله به صورت عادلانه برطرف کند نیاز است. در این تحقیق از مدل ریاضی چندمعیاره با رویکرد بازی‌های همکاری استفاده شده است. پس از بررسی یک مسیر هوایی در ایران و مقایسه سناریوهای مختلف همکاری برای سه

شرکت هواپیمایی، مشخص شد همکاری برای تمام حالات موجب افزایش ضریب استفاده از صندلی و کاهش ظرفیت‌های خالی در پرواز شده است.

نتایج مدل پیشنهادی به تصمیم‌گیرنده در هر شرکت هواپیمایی کمک می‌کند تا سناریوهای مختلف همکاری با رقبا را مقایسه و سناریوی مناسب را انتخاب کند. با توجه به نتایج مطالعه موردی این مقاله و شرط عاقل بودن بازیکنان، سناریوی غیرهمکاری، سناریوی همکاری شرکت هواپیمایی 1 و 3، و سناریوی همکاری 2 و 3 به هیچ‌یک از شرکت‌های هواپیمایی پیشنهاد نمی‌شود. ورود به همکاری برای شرکت هواپیمایی 1 در سناریوهای همکاری 1 با 2 و همکاری هر سه شرکت هواپیمایی به‌طور یکسان مفید خواهد بود. برای شرکت هواپیمایی 2، همکاری با شرکت هواپیمایی 1 و همکاری سه شرکت هواپیمایی پیشنهاد می‌شود تا تصمیم‌گیرنده با توجه به مقادیر معیارها تصمیم‌گیری نماید. برای شرکت هواپیمایی 3، همکاری سه شرکت هواپیمایی پیشنهاد می‌شود.

منافع شکل‌گیری همکاری حمل‌ونقل هوایی ایران برای شرکت‌های هواپیمایی و مسافران شامل استفاده مناسب از ناوگان هوایی و توسعه شبکه پرواز، تنوع مناسب در زمان‌بندی، کاهش ترافیک‌های هوایی و هزینه‌های مرتبط با آن و در نتیجه افزایش رضایت مسافران، کاهش تعداد صندلی‌های خالی در پرواز و افزایش ضریب اشغال صندلی، کاهش مصرف سوخت، افزایش بهره‌وری و کاهش آلودگی هوا است.

در صورت همکاری شرکت‌های هواپیمایی، پروازهای اضافی کاهش می‌یابد و از آن ناوگان در سایر مسیرها استفاده می‌شود. با توسعه حمل‌ونقل در کشور، چرخه اقتصاد نیز با سهولت بیشتری خواهد چرخید. تا به امروز، همکاری با هدف رشد خدمات کیفی و کمی در حمل‌ونقل هوایی کشور حاکم نبوده است و اصلی‌ترین چالش، درک ناصحیح مدیریت از شرایط همکاری است. حال برای ایجاد همکاری میان شرکت‌های هواپیمایی، باید درک مدیران از منافع همکاری را تقویت نمود. همکاری در اینجا به معنی ارتقا سطح مشارکت شرکت‌های هواپیمایی با اهداف مشترک پروازها است و به معنی ادغام و مشارکت در سهام مالکیت نیست؛ بنابراین، شرکت‌ها در برنامه‌ریزی و استفاده از منابع با یکدیگر هماهنگ بوده و در راستای منافع مشترک خود قدم بر می‌دارند و درعین‌حال، مدیریت مستقل خود را نیز حفظ می‌کنند.

7- منابع

- [1] Guépet, J. cuna-Agostb, b, R. Brianta, O. Gayon J P. Exact and heuristic approaches to the airport stand allocation problem. *European Journal of Operational Research*, 2015, Vol 246. pp. 597–608.
- [2] Castaing, j. Mukherjee, I. Reducing airport gate blockage in passenger aviation: Models and analysis. *Computers & Operations Research*. 2016, Vol 65. pp 189-199.
- [3] Jou, R. Lam, S. David, A. Hensher, Ch. Chung-Wei K. The effect of service quality and price on international airline competition. *Transportation Research Part E*, 2008, Vol 44. pp 580–592.
- [4] Adler, a, N. Eric Pels, b. Chris Nash, C. High-speed rail and air transport competition: Game engineering as tool for cost-benefit analysis. *Transportation Research Part B*, 2010, Vol 44. pp 812–833.
- [5] Jiang, C. Zhang, A. Effects of high-speed rail and airline cooperation under hub airport capacity constraint. *Transportation Research Part B*, 2014, Vol 60, pp 33–49.
- [6] Zito, P. Salvoa, G. Fran, L. Modeling Airlines Competition on Fares and Frequencies of Service by Bi-level Optimization. *Procardia Social and Behavioral Sciences*, 2011, Vol 20. pp 1080–1089.
- [7] Kimms, A. Demet, C. Approximate nucleolus-based revenue sharing in airline alliances. *European Journal of Operational Research*, 2012, Vol 220, pp 510–521.
- [8] Shiao, G. Hwang, Ch. Analyzing competition of international air cargo carriers in the Asian general air cargo markets, *Transport Policy*, 2013, Vol 27, pp 164–170.
- [9] Aggarwal, A.F.T.S. Chan, M.K. Tiwari. Development of a module based service family design for mass customization of airline sector using the coalition game. *Computers & Industrial Engineering*, 2013, Vol 66, pp 827–833.

- [10] Saraswati, B. Hanaoka, S. Airport–airline cooperation under commercial revenue sharing agreements: A network approach. *Transportation Research Part E*, 2014, Vol 70, pp 17–33.
- [11] Grauberger, W. Kimms, A. Decision support computing approximate Nash equilibrium in general network revenue management games, *European Journal Operational Research*, 2014, Vol 237. pp 1008–1020.
- [12] Evans, A, Schäfer, A. Simulating airline operational responses to airport capacity constraints, *Transport Policy*, 2014, Vol 34, pp 5–13.
- [13] Lim, S. The Competitive pricing behaviour of low cost airlines in th perspective of Sun Tzu Art of Ware, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2015, Vol 172. pp 741 – 748.
- [14] Carlos, A. Junior, A. Weigang, L. Milea, V. A new airport collaborative decision making algorithm based on deferred acceptance in a two-sided market, *Expert Systems with Applications*, 2015, Vol 42. pp 3539–3550.
- [15] Pagoni, L. Psaraki-Kalouptsidi, V. The impact of carbon emission fees on passenger demand and air fares: A game theoretic approach, *Journal of Air Transport Management*, 2016, Vol. 55 , pp 41-51.
- [16] Dae Ko, Y. An airline's management strategies in a competitive air transport market, *Air Transport Management*, 2016, Vol 50 , pp 53-61.
- [17] Amoozad mahdiraji, H. Jaafarnejad, A. Moddares Yazdi, M. Mohaghar, A. cooperation modeling for unlimited three echelon supply chain: Game theory approach, *Management Research in Iran*, Volume 18, Issue 1. 2014. PP 171-191.
- [18] Jalali, G. Shahanaqhic, K. The establishment of financial model in order to solve the dispute in the cooperative (Executive) governmental- Private contracts by using game theory, *Management Research in Iran*, 2014, Vol 18, pp 1-24.
- [19] Akbarfakhrabadi, H.R. Gheidar-Kheljani, J. Ghodsypour, S.H. Competition modeling in coordinating a three level supply chain, *Modern Researches in Decision Making*, 2016, Vol 1, pp1-22.

- [20] Ghafoori, S. Taghizadeh Yazdi, M.R. Proposing a Multi-Objective Mathematical Model for RCPSP and Solving It with Firefly and Simulated Annealing algorithms, Modern Researches in Decision Making, 2017, Vol 1, pp 117-142.
- [21] Navidi, H.R. Ketabchi, S. Masi Beidgoli, M. An Introduction to Game Theory, Shahed University, 2011, PP 3-4.
- [22] Nash, J. Equilibrium Point in N-person Games Proceeding of Mational Academy of Science, 1950, pp 48-49.
- [23] Abdoli, G. Game Theory and its Applications (Static and Dynamic Games with Complete Information). Tehran: University Jihad Press. 2011, University of Tehran.
- [24] Yu, P. L., A Class of solution for group decision Problem, Management Science, 1973, Vol 19, pp. 936-946.
- [25] M.J. Asgharpour, Group Decision Making and Game Theory in Operation Research, University of Tehran Press, 2014, 3rd Edition, pp 288.