فصلنامه چشم انداز حسابداری و مدیریت
دوره ۲، شماره ۹، تابستان ۱۳۹۸ (جلد دوم)
www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

چشم انداز حسابداری و مدیریت (دوره دوم)
شماره ۹/ تابستان ۱۳۹۸ (جلد دوم)/ صص ۶۲-۷۷

ارائه مدل طراحی شبکه لجستیک مستقیم و معکوس بادر نظر گرفتن هزینه گارانتی برای محصول باز تولید شده

مهتا کاکویی
دانشجوی دکتری و مدرس گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، ایران (نویسنده مسئول)
mahtakakooee@gmail.com
مهناز آذری قلیچی
کارشناسی ارشد و مدرس گروه مدیریت بازرگانی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران
Mahnaze.azari@yahoo.com

چکیده
در زنجیره تأمین مدیریت برگشتی در قالب لجستیک معکوس اعمال می‌شود. جریان مواد وکالاها در خلاف جهت عادی زنجیره، امری اجتناب‌ناپذیر است. از این رو پرداختن به امر لجستیک معکوس، ضروری است. با توجه به بررسی‌ها یکی از مواردی که تأثیر بسیاری در طراحی و مدلسازی شبکه های لجستیک معکوس دارد، توجه به عدم قطعیت در شبکه می‌باشد. در سال‌های اخیر با توجه به نگرانی‌های زیست محیطی، تولیدکنندگان مجبور به عرضه محصولات سازگار با محیط زیست و همچنین تولیدکنندگان و مشتریان تشویق به احیا و بازیافت محصولات خراب و فرسوده شده‌اند. مدل ارائه شده در این تحقیق یک مدل چند محصولی و هشت سطحی است که قابلیت حمایت از انواع صنایعی را دارد که در آنها احیا و بازیافت و انهدام محصولاتی که در پایان عمر خود قرار دارند انجام می‌شود. در این تحقیق به کمینه کردن کل هزینه‌های شبکه (هزینه‌های حمل و نقل، هزینه‌های احداث تسهیلات، هزینه عملیات در تسهیلات و هزینه گارانتی) پرداخته‌ایم. در این تحقیق یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مخلوط برای طراحی شبکه لجستیک معکوس ارائه شده است. از این رو بعد از طرح مدل، با نرم افزار *GAMS* نسبت به حل آن اقدام شد.

واژه‌های کلیدی: لجستیک مستقیم و معکوس، طراحی شبکه، هزینه گارانتی، برنامه‌ریزی عدد صحیح مخلوط.

مقدمه
در جهان امروز تغییرات در عرصه اقتصاد و صنعت با سرعت بیشتری نسبت به گذشته در حال وقوع است. کشورها به دلیل روند جهانی شدن، کوچک شدن جهان و افزایش رقابت را بیشتر احساس می‌کنند. مشتریان به دنبال کالاها و خدماتی که پاسخگوی نیازهای آنها باشد هستند و از سوی دیگر شرکت‌ها به دنبال حفظ سود و خلق مزیت‌های رقابتی با هدف دوام بیشتر در بازار می‌باشد. همه عوامل فوق به توجه بیشتر به زنجیره تأمین و لجستیک یکپارچه منجر شده است. یکی از مزیت-های رقابتی پایدار برای کشورها و شرکت‌ها کارآتر و اثربخش‌تر کردن فعالیت‌های زنجیره تأمین است. یکی از بخش‌های عمده این فعالیت‌ها که می‌تواند موجب صرفه‌جویی بسیار در هزینه‌ها شود، فعالیت‌های لجستیکی می‌باشد. مدیریت کارای فعالیت‌های لجستیکی علاوه بر اینکه یک منبع مهم برای خلق مزیت‌های رقابتی است، می‌تواند موجبات رضایت مشتریان و

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

پاسخگویی به نیازهای خاص آنان را فراهم آورد. در همین راستا، رویکرد و نگرش جدیدی پیرامون موضوع لجستیک تحت عنوان لجستیک معکوس به وجود آمده است.

لجستیک، بخش فیزیکی زنجیره تأمین را در بر می‌گیرد و عمدتاً شامل کلیه فعالیت‌های مربوط به جریان مواد و کالاها از مرحله تهیه مواد خام تا تولید محصول نهایی از جمله حمل‌ونقل، انبارداری و غیره است. یکی از گرایش‌های جدید در مدیریت لجستیک، بازیافت[1]، چرخه مجدد[2] و یا استفاده مجدد از محصولات است. در این روش، محصولاتی که به پایان عمر مفیدشان می‌رسند، مجدداً از مصرف‌کننده نهایی خریداری می‌شوند و پس از دمونتاژ، قسمت‌هایی از محصول که قابلیت استفاده مجدد را دارند، دوباره در قالب محصولات اسقاطی به چرخه حیات بر می‌گردند.

مدل‌های لجستیک معکوس ارائه شده، از سه منظر زیر قابل بررسی هستند:

- ✓ مدل‌سازی برای استفاده مجدد
- ✓ مدل‌سازی برای بازیافت
- ✓ مدل‌سازی برای تولید مجدد

مدل‌سازی برای استفاده مجدد: کرون و همکارش[3] ۱۹۹۵ یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح آمیخته را برای محصولات قابل استفاده مجدد ارائه کردند. مدل ارائه شده یک مدل جایابی بدون محدودیت ظرفیت کلاسیک می‌باشد که برای مطالعه موردی جعبه‌های حمل و نقل قابل استفاده مجدد طراحی شده است.

مدل‌سازی برای بازیافت: باروس و همکاران[4] (۱۹۹۸) یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مخلوط را برای طراحی شبکه لجستیک معکوس برای یک زنجیره دو رده‌ای با محدودیت ظرفیت برای بازیافت سنگ ارائه کردند. مدل ارائه شده با استفاده از یک رویکرد ابتکاری، تعداد و همچنین ظرفیت بهینه انبارها را مشخص می‌کند.

مدل‌سازی برای تولید مجدد: جایارامن و همکاران[5] (۱۹۹۹) یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مخلوط را برای طراحی شبکه لجستیک معکوس ارائه کردند که هدف از آن در این تحقیق، حداقل‌سازی هزینه می‌باشد. در این مقاله، تنها به فعالیت‌های مربوط به احیای محصولات برگشتی پرداخته شده است که هدف از آن، طراحی یک سیستم کششی بر اساس تقاضای مشتریان است.

پیشینه تحقیق

جایارامن و همکاران[6] (۲۰۰۳) یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح آمیخته را برای طراحی شبکه لجستیک معکوس ارائه دادند. مدل ارائه شده که در سطوح استرتژیک پایه‌گذاری شده است، مشخص می‌کند کدام یک از مراکز بازتولید با توجه به محصولات برگشتی، احداث شوند.

[1] *Recovery*
[2] *Recycling*
[3] *kroon et al*
[4] *Barros et al*
[5] *Jayaraman et al*
[6] *jayarman et al*

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

کریکه و همکاران[۷] (۱۹۹۹) یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مخلوط را برای یک شبکه لجستیک معکوس دو رده‌ای برای یک تولیدکننده دستگاه‌های کپی ارائه کردند. در این مدل، هزینه‌های پردازش محصولات برگشتی و موجودی در تابع هدف مورد توجه قرار گرفته است.

مین و همکاران[۸] (۲۰۰۵) یک مدل شبکه لجستیک چندکالایی، چند رده‌ای ارائه کردند که در آن از رویکرد «لاگرانژین ریلکسیشن»[۹] استفاده شده است.

مین و همکاران (۲۰۰۶) یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح مخلوط را با هدف حداقل‌سازی هزینه‌ها ارائه کردند. برای حل مدل ارائه شده، از یک رویکرد باینری در الگوریتم ژنتیک استفاده شده است.

کیم و همکاران[۱۰] (۲۰۰۶) یک چارچوب کلی را برای تولید مجدد ارائه کردند، به صورتی که مدل ریاضی ارائه شده، با هدف حداکثر سازی سود حاصل از صرفه‌جویی منابع، بتواند به تصمیم‌گیری در این‌باره بپردازد که چه تعداد قطعه از تأمین‌کننده خریداری شود و چه تعداد قطعه از محصولات استفاده شده در هر مرکز تولید استفاده شود. یکی از عوامل مهم در طراحی شبکه لجستیک عدم قطعیت در تقاضا و همچنین نوع و کیفیت محصولات برگشتی است.

لیستز و دکر[۱۱] (۲۰۰۵) با در نظر گرفتن این موضوع در یک شبکه تولید سنگ به ارائه یک مدل برنامه ریزی عدد صحیح آمیخته تصادفی با هدف حداکثر سازی سود پرداخته‌اند و این مدل را برای چند حالت و با در نظر گرفتن سناریوهای مختلف توسعه داده‌اند.

آراس و همکاران[۱۲] (۲۰۰۷) به ارائه یک مدل غیرخطی برای تعیین محل مرکز جمع‌آوری محصولات مصرف شده در یک شبکه ساده لجستیک معکوس پرداخته‌اند. نکته قابل توجه در این مقاله توانایی مدل برای تعیین قیمت خرید محصولات مصرف شده از دارندگان آن با هدف ماکزیمم کردن سود حاصله است. آن ها برای حل مدل از یک روش ابتکاری بر مبنای روش جستجوی ممنوع استفاده کرده‌اند.

اوستر و همکاران[۱۳] (۲۰۰۷) یک شبکه نیمه یکپارچه که در آن شبکه لجستیک مستقیم موجود فرض شده و تنها مراکز جمع آوری و احیا در لجستیک مکانیابی می‌شوند را طراحی کرده است، اما جریان مستقیم و معکوس به طور همزمان بهینه می-گردد. نکته برجسته این تحقیق ارائه یک روش حل دقیق بر مبنای روش تجزیه برای مدل طراحی شده است.

فروتانتو و همکاران[۱۴] (۲۰۰۸) چارچوبی را برای طراحی و ارزیابی شبکه‌های پایدار لجستیک معکوس بر اساس تحلیل پوششی داده‌ها و برنامه‌ریزی چند هدفه ارائه کردند. آنها در انتها به منظور اعتبارسنجی مدل ارائه شده، این مدل را در صنعت کاغذ و خمیر اروپا پیاده نمودند. در مدل دوهدفه ارائه شده در این مقاله، کمینه‌سازی هزینه‌ها و اثرات زیست محیطی، به عنوان دو هدف، در طراحی شبکه لجستیک در نظر گرفته شده است.

---
[7] *Krikke et al*
[8] *Min et al*
[9] *lagrangian and relaxation*
[10] *Kim et al*
[11] *Listes and Dekker*
[12] *Aras et al*
[13] *Uster et al*
[14] *Frota Neto et al*

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

پاتی و همکاران[15] (۲۰۰۸) مدلی را بر اساس برنامه‌ریزی عدد صحیح آمیخته آرمانی برای حل مسأله و بررسی روابط اهداف در یک شبکه توزیع بازیافت کاغذ ارائه کردند. یکی از اهداف این مدل، کاهش هزینه‌های لجستیک معکوس می‌باشد (مدل‌سازی برای بازیافت).

همان‌طور که بررسی‌ها نشان می‌دهند، اکثر تحقیقات گذشته، تنها به یکی از فرایندها و عملیات اصلی لجستیک معکوس پرداخته‌اند. لذا از آنجا که در تمامی‌مدل‌های لجستیک معکوس، فعالیت‌های تولید مجدد و استفاده مجدد، مرمت و تعمیر و نیز بازیافت از فعالیت‌های عمده به شمار می‌روند، به نظر می‌رسد ارائه مدلی که شامل بازیافت برای استفاده از مواد و محصولات بازیافتی و تولید مجدد برای به‌کارگیری مجدد قطعات در امر تولید باشد، مفید است. بنابراین:

لی و همکاران[16] (۲۰۰۹) یک شبکه لجستیک معکوس سه رده‌ای را با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح ارائه کردند که هدف از آن، کمینه‌سازی هزینه‌های لجستیک معکوس است.

اما پرداختن به طراحی لجستیک و معکوس به طور جدا و غیر همزمان می‌تواند موجبات زیر بهینگی را فراهم آورد. طراحی یکپارچه شبکه لجستیک می‌تواند موجبات زیر بهینگی را فراهم آورد. طراحی یکپارچه شبکه لجستیک می‌تواند در جهت نیل به یکپارچگی مورد توجه قرار گیرد. فلیشمن و همکاران[17] (۲۰۰۱) نشان دادند که طراحی شبکه لجستیک به طور یکپارچه و همزمان در مقایسه با رویکرد سنتی می‌تواند موجب صرفه جویی قابل توجهی در هزینه‌ها گردد. مطلب دیگری که در یکپارچه سازی لجستیک مستقیم و معکوس مورد توجه قرار گرفته است، استفاده از تسهیلات ترکیبی انبار/جمع آوری با انبار/تعمیر است. این تسهیلات ترکیبی در جریان مستقیم، نقش مراکز توزیع (انبار) و در جریان معکوس نقش مراکز جمع آوری، بازرسی و مرتب‌سازی و یا مراکز احیا را ایفا می‌کنند. در نظر گرفتن این نوع تسهیلات علاوه بر اینکه موجب کاهش پیچیدگی می‌شود از نظر اقتصادی نیز به دلیل ادغام جریان مستقیم و معکوس و استفاده مشترک از تسهیلات و زیر ساخت‌ها موجب صرفه جویی می‌گردد. لی و همکاران[18] (۲۰۰۸) و کو و همکاران [19] (۲۰۰۷) یک مدل خطی عدد صحیح ترکیبی برای طراحی و برنامه‌ریزی یک سیستم تولید– توزیع ارائه کرده است. در این مسئله سعی شده تا به تصمیمات استراتژیک و تاکتیکی چون بازکردن و بستن و توسعه تسهیلات، انتخاب تأمین کنندگان و جریان مواد در طول زنجیره تأمین، به طور همزمان پرداخته شود.

لی[20] و همکاران (۲۰۱۶) یک مدل *MIP* برای ضایعات شهری در هنگ‌کنگ ارائه دادند و سپس مدل را با سناریوهای مختلف حل کردند. مدل آنها تعداد نقاط بهینه تسهیلات و ظرفیت کوره‌های انهدام را مشخص می‌کند.

سان[21] و همکاران (۲۰۱۶) مدلی رابرای مراکز جمع آوری ضایعات جامد شهری ارائه دادند که مسیر بین ایستگاه های انتقال و سایت‌ها را بهینه سازی می‌کرد. تابع هدف در جهت حداکثر سازی مقدار جمع آوری ضایعات بود. در این مدل مسیریابی وسایل نقلیه غیرهمجنس و ایستگاه های انتقال چندگانه مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت کاربرد این مدل برای شهر دانگ ویتنام بررسی شد.

[15] *Pati et al*
[16] *Lee et al*
[17] *Fleischmann et al*
[18] *Lee et al*
[19] *Ko et al*
[20] *Lee et al*
[21] *Son et al*

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

داس[۲۲] و همکاران (۲۰۱۵) یک مدل برای مدیریت ضایعات ارائه دادند که مراکز جمع آوری و حمل و نقل را بهینه سازی می-کند. تابع هدف کمینه کردن هزینه‌های جمع آوری و حمل و نقل سیستم ضایعات است.
کانانان[۲۳] و همکاران (۲۰۱۰) مدل حلقه بسته چند محصولی و چند دوره ای را برای صنعت بازیافت باتری خودرو پیشنهاد دادند که درآن هزینه‌های لجستیکی مدل شامل هزینه‌های جمع‌آوری، انهدام، دمونتاژ و پردازش محصولات بود. برای حل مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط (*MILP*) در مقیاس کوچک از نرم افزار *GAMS* استفاده شد و حاصل با جواب-هایی که از الگوریتم ژنتیک بدست آمده بود مقایسه شد.

کنترل موجودی در لجستیک معکوس

این مجموعه تشریح می‌نماید که چگونه می‌توان در یک شبکه لجستیک که در آن عدم قطعیت در کیفیت محصولات برگشتی از واحد احیا و تعمیر وجود دارد، شبکه را طوری طراحی کرد که بتوان علی رغم فازی بودن کیفیت و قطعی نبودن قیمت محصولات برگشتی هزینه‌های شبکه مینیمم گردد.
شبکه مورد نظر هشت‌سطحی می‌باشد و تسهیلات شبکه شامل مراکز جمع‌آوری، کنترل و بازرسی، جداسازی، احیاء، قطعه ساز، تولید کننده، مشتری و انهدام است. در مدل طراحی شده محصولات برگشتی بعد از جمع‌آوری، بازرسی وکنترل می‌شوند و به دو گروه قابل جداسازی و غیر قابل جداسازی تفکیک می‌شوند. محصولاتی که قابل تفکیک به قطعات هستند، به مراکز جداسازی فرستاده می‌شوند و در آنجا به قطعات تبدیل می‌گردند. قطعات به دو دسته قابل احیا و غیر قابل احیا تقسیم می‌شوند. قطعات غیر قابل احیا به صورت ایمن دفع و قطعات قابل احیا به مراکز تولید کننده جهت ساخت مجدد فرستاده می‌شوند. و محصولات ساخته شده از تولید کننده به واحد مشتری ارسال می‌شود.
مفروضات مسئله شامل موارد زیر است:
۱. هشت سطحی است.
۲. مدل چند محصولی وچند دوره‌ایی است.
۳. تسهیلات شامل مرکز (تامین کننده، تولید مجدد، جمع آوری، بازرسی، دمونتاژ، توزیع کننده، مشتری و انهدام ایمن) می باشد.
۴. هزینه‌های شبکه شامل (هزینه احداث تسهیلات، هزینه حمل و نقل بین تسهیلات، هزینه عملیات در هر تسهیلات، هزینه خرید قطعه و محصول بازگشتی و هزینه گارانتی) می‌باشد.
۵. ظرفیت مشتری نامحدود فرض شده است.
۶. موقعیت مراکز تولید مجدد، بازرسی، دمونتاژ و انهدام مشخص است.
۷. کمبود مجاز نیست.
۸. هزینه گارانتی محصولات ثابت می‌باشد.
این مدل در پی حداقل کردن هزینه‌های طراحی شبکه در شرایط عدم اطمینان از قیمت محصولات برگشتی از واحد احیا و تعمیر می‌باشد. بدست آوردن مقدار بهینه ارسال و دریافت از هر یک از تسهیلات از اهداف فرعی این تحقیق است. به طور کل اهداف زیر بعد از حل مدل بدست می‌آیند:

[22] *Das et al*
[23] *Kananan et al*

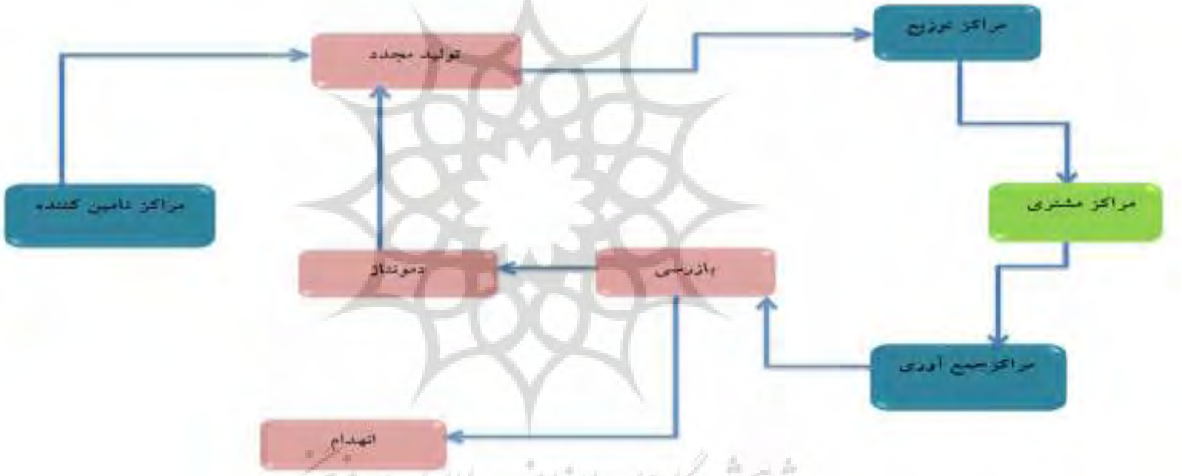
www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

۱. مکان بهینه تسهیلات
۲. میزان ارسال و دریافت تسهیلات
۳. بهینه‌سازی هزینه‌های زنجیره و...

تعریف مسأله و مدل ریاضی

شبکه مورد بررسی در این تحقیق، یک شبکه لجستیک مستقیم و معکوس است که قابلیت حمایت از انواع صنایعی را دارد که در آنها احیا و بازیافت محصولاتی که در پایان عمر قرار دارند انجام می‌گیرد.

در این تحقیق، مدل شبکه لجستیک مستقیم از تولید تا رسیدن به مشتری و شبکه لجستیک معکوس برای محصولات برگشتی از واحد احیاء و تعمیر با هدف حداقل‌سازی هزینه‌های احداث مراکز و هزینه‌های عملیات و حمل ونقل در نظر گرفته شده است. مدل مورد نظر مشخص می‌کند کدامیک از مراکز بازرسی و کنترل، احیاء و تعمیر، جداسازی و دمونتاژ، قطعه ساز، تولیدکننده و انهدام ایمن باز شوند. همچنین بهترین استراتژی برای حمل ونقل محصولات و قطعات مورد نیاز تسهیلات تا کمترین هزینه حمل و نقل را داشته باشیم.



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مدلسازی ریاضی:

مجموعه ها:

J : مجموعه نقاط مراکز تامین کننده $\epsilon\epsilon\epsilon j$

L : مجموعه نقاط مراکزتوزیع $l \epsilon L$

R : مجموعه نقاط مراکزجمع آوری $r\epsilon\epsilon RR$

Y : مجموعه نقاط مراکز مشتری Y

K : مجموعه تمام محصولات تولید شده، جمع آوری شده (بازگشتی) K

T : دوره های زمانی $t\epsilon\epsilon TT$

U : مجموعه تمام قطعات (خریداری شده از تامین کننده J و دمونتاژ شده در مرکز دمونتاژ) $u\epsilon\epsilon UU$

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

اندیس‌ها:

J : اندیس مرکز تامین کننده $J \quad j$

l : اندیس مرکز توزیع $l\epsilon\epsilon$

r : اندیس مرکز جمع‌آوری $R \quad r$

k : اندیس محصولات تولید شده، جمع آوری شده (بازگشتی) K

t : اندیس دورهای زمانی $T \quad t$

u : اندیس قطعات $u\epsilon\epsilon UU$

Y : اندیس مرکز مشتری Y

s : اندیس مرکز بازرسی

w : اندیس مرکز دمونتاژ

p : اندیس مرکز انهدام

c : اندیس مرکز تولید مجدد

پارامتر ها:

TCO : هزینه کل خرید از تامین کنندگان

OC : هزینه کل احداث مراکز تامین کننده

UC : هزینه کل خرید قطعه

$\mathrm{OC_j}$: هزینه ثابت احداث مرکز تامین کننده j

$\mathrm{w_{ujt}}$: قیمت یک واحد قطعه u خریداری شده از تامین کننده j در دوره t

$\mathrm{pc_{ut}}$: کل هزینه عملیات بر روی یک واحد قطعه u در دوره t در مرکز تولید

TCP : هزینه کل تولید

TCD : هزینه کل توزیع

TCM : هزینه کل جمع آوری

TCY : هزینه کل ارسال از مرکز توزیع به مشتری

ODC : هزینه کل احداث مراکز توزیع

UDC : هزینه کل عملیات در مرکز توزیع

$\mathrm{odc_l}$: هزینه ثابت احداث مرکز توزیع l

$\mathrm{kc_{klt}}$: هزینه کل عملیات بر روی یک واحد محصول نهایی k در مرکز توزیع l در دوره t

$\mathrm{nc_{klyt}}$: هزینه حمل ونقل یک واحد محصول نهایی k از مرکز توزیع l به مرکز مشتری y در دوره t

$\mathrm{Ic_{kt}}$: هزینه کل عملیات برروی یک واحد محصول برگشتی k درمرکز بازرسی دردوره t

TCI : هزینه کل بازرسی

TCA : هزینه کل دمونتاژ

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

TCE : هزینه کل انهدام

ac_{kt} : هزینه کل عملیات بر روی یک واحد محصول برگشتی k درمرکز دمونتاژ دوره t

ec_{kt} : هزینه کل عملیات بر یک واحد محصول برگشتی k درمرکز انهدام دوره t

cc_{ut} : هزینه کل عملیات برروی یک واحد قطعه دمونتاژ شده u درمرکز انهدام دوره t

b_{uk} : ضریب (مقدار) استفاده از قطعه u در محصول k (تولید شده، بازگشتی)

cps_{jt} : حداکثر ظرفیت تولید تامین کننده j در دوره t

cpp_{t} : حداکثر ظرفیت مرکز تولید کننده در دوره t

cpd_{lt} : حداکثر ظرفیت مرکز توزیع l در دوره t

cpi_{t} : حداکثر ظرفیت مرکز بازرسی در دوره t

cpa_{t} : حداکثر ظرفیت دمونتاژ در دوره t

cpe_{t} : حداکثر ظرفیت مرکز انهدام ایمن در دوره t

OMC : هزینه کل احداث مراکز جمع‌آوری

UMC : هزینه کل خرید محصولات بازگشتی

omc_{r} : هزینه ثابت احداث مرکز جمع آوری

a_{kyt} : قیمت یک واحد محصول بازگشتی k خریداری شده از مشتری y در دوره t

cpc_{rt} : حداکثر ظرفیت مرکز جمع آوری r در دوره t

D_{kyt} : مقدار تقاضای مشتری y از محصول تولید شده k در دوره t

up_{k} : درصدی از محصولات بازگشتی k که قطعات ان قابل استفاده می باشد.

$uup_{k} = 1 - up_{k}$: درصدی از محصولات بازگشتی که قطعات آن قابل استفاده نمی باشد.

us_{u} : درصدی از قطعه u در مرکز دمونتاژ که قابل استفاده می‌باشد.

$uus_{u} = 1 - us_{u}$: درصدی از قطعه u در مرکز دمونتاژ که قابل استفاده نمی‌باشد.

Tgu_{k} : هزینه کل گارانتی محصول k

w_{k} : تعداد محصول گارانتی شده

cgu_{k}: هزینه گارانتی هر محصول

متغیرها:

Y_{j} : 1 اگر مرکز تامین کننده در نقطه j احداث شود
۰ در غیر این صورت

O_{r} : ۱ اگرمرکز جمع آوری در نقطه r احداث شود
۰ در غیر این صورت

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Z_l : ۱ اگرمرکز توزیع در نقطه l احداث شود
۰ در غیر این صورت

V_{ujt} : مقدار قطعه u خریداری شده از تامین کننده j در دوره t

P_{ut} : مقدار قطعه u از مرکز دمونتاژ به مرکز تولید در دوره t

K_{klt} : مقدار محصول نهایی k از مرکز تولید به مرکز توزیع l در دوره t

F_{klyt} : مقدار محصول نهایی k از مرکز توزیع l به مرکز مشتری y در دوره t

M_{krt} : مقدار محصول بازگشتی (جمع آوری شده) k از مرکز جمع اوری r به مرکز بازرسی در دوره t

MR_{kyrt} : مقدار محصول بازگشتی k ازمرکز مشتری y به مرکز جمع اوری r در دوره t

A_{kt} : مقدار محصول بازگشتی k از مرکز بازرسی به مرکز دمونتاژ در دوره t

E_{kt} : مقدار محصول بازگشتی k از مرکز بازرسی به مرکز انهدام در دوره t

C_{ut} : مقدار قطعه u از مرکز دمونتاژ به مرکز انهدام در دوره t

تابع هدف

با توجه به کمینه‌سازی هزینه‌ها مدلی باید ارائه شود که همزمان هزینه های زیر را حداقل نماید:

۱. هزینه احداث تسهیلات
۲. هزینه های حمل ونقل قطعات و محصولات بین تسهیلات
۳. هزینه عملیات در هر یک از تسهیلات

که به صورت زیر مشخص می شود.

Objective:cost minimization

$$MIN\ W = TCO + TCP + TCD + TCM + TCI + TCA + TCE + TCY + gu_k$$

$$MIN\ W = \sum_{j\in J} oc_j \times w_j \sum_u \sum_j \sum_t w_{ujt} \times V_{ujt} \sum_{t\in T}\sum_{j\in J}\sum_{u\in U} pc_{ut} \times V_{ujt} + \sum_{t\in T}\sum_{u\in U} pc_{ut} \times P_{ut} \sum_{l\in L} odc_l \times Z_l \sum_{k\in K}\sum_{l\in L}\sum_{t\in T} kc_{klt} \times K_{klt} + \sum_{r\in R} omc_r \times o_r + \sum_{t\in T}\sum_{r\in R}\sum_{y\in Y}\sum_{k\in K} a_{kty} \times MR_{kyrt} + \sum_{t\in T}\sum_{r\in R}\sum_{k\in K}(ic_{kt} \times M_{krt}) + \sum_{t\in T}\sum_{k\in K}(ac_{kt} \times A_{kt}) + \sum_{t\in T}\sum_{k\in K}(ec_{kt} \times E_{kt}) + \sum_{t\in T}\sum_{u\in U}(cc_{ut} \times C_{ut}) + \sum_{t\in T}\sum_{y\in Y}\sum_{l\in L}\sum_{k\in K} nc_{klyt} \times F_{klyt} + wk \times cguk$$

هزینه کل خرید:

$$TCO = OC + UC$$

هزینه کل احداث مراکز تامین کننده:

$$OC = \sum_{j\in J} oc_j \times Y_j$$

هزینه کل خرید قطعه:

$$UC = \sum_{t\in T}\sum_{j\in J}\sum_{u\in U} w_{ujt} \times V_{ujt}$$

هزینه کل تولید مجدد محصول نهایی:

$$TCP = \sum_{t\in T}\sum_{j\in J}\sum_{u\in U} \ pc_{ut} \times V_{ujt} + \sum_{t\in T}\sum_{u\in U} \ pc_{ut} \times P_{ut}$$

هزینه کل مرکز توزیع:

$$TCD = ODC + UDC$$

هزینه کل احداث مراکز توزیع:

$$ODC = \sum_{l\in L} odc_l \times Z_l$$

هزینه کل عملیات در مرکز توزیع:

$$UDC = \sum_{k\in K}\sum_{l\in L}\sum_{t\in T} \ kc_{klt} \times K_{klt}$$

هزینه کل جمع آوری:

$$TCM = OMC + UMC$$

هزینه کل احداث مراکز جمع آوری:

$$OMC = \sum_{r\in R} omc_r \times O_r$$

هزینه کل خرید محصولات بازگشتی:

$$UMC = \sum_{t\in T}\sum_{r\in R}\sum_{y\in Y}\sum_{k\in K} a_{kyt} \times MR_{kyrt}$$

هزینه کل بازرسی:

$$TCI = \sum_{t\in T}\sum_{r\in R}\sum_{k\in K}(ic_{kt} \times M_{krt})$$

هزینه کل دمونتاژ:

$$TCA = \sum_{t\in T}\sum_{k\in K}(ac_{kt} \times A_{kt})$$

هزینه کل انهدام:

$$TCE = \sum_{t\in T}\sum_{k\in K}(ec_{kt} \times E_{kt}) + \sum_{t\in T}\sum_{u\in U}(cc_{ut} \times C_{ut})$$

هزینه کل ارسال از مرکز توزیع به مشتری:

$$TCY = \sum_{t\in T}\sum_{y\in Y}\sum_{l\in L}\sum_{k\in K} nc_{klyt} \times F_{klyt}$$

هزینه کل گارانتی محصول:

$$gu_k = w_k \times cgu_k$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

- محدودیت ها:

۱- محدودیت های ظرفیت:

۱-۱- محدودیت ظرفیت تامین کننده: این محدودیت بیان می‌کند که مقدار قطعه u خریداری شده از تامین کننده j در دوره t باید کوچکتر یا مساوی ظرفیت تولید تامین کننده j در هر دوره باشد.

$$\sum_{u\in U} V_{ujt} \quad cps_{jt} \times Y_j \quad \forall j,t$$

۱-۲- محدودیت ظرفیت تولید مجدد : این محدودیت بیان می کند که مقدارقطعه u که از مرکزدمونتاژبه تولید می رودو مقدار قطعه u که از تامین کننده به مرکز تولید می رود باید کوچکتر یا مساوی ظرفیت تولید کننده در هر دوره باشد.

$$\sum_{u\in U} P_{ut} + \sum_{j\in J}\sum_{u\in U} V_{ujt} \quad cpp_t \quad \forall t$$

۱-۳- محدودیت ظرفیت مرکز توزیع : این محدودیت بیان می کند که مقدار محصول نهایی تولید شده k که به مرکز توزیع l حمل می شوند باید کوچکتر یا مساوی ظرفیت مرکز توزیع l در دوره t باشد.

$$\sum_{k\in K} K_{klt} \quad cpd_{lt} \times Z_l \quad \forall t,l$$

۱-۴- محدودیت ظرفیت مرکزجمع آوری :این محدودیت بیان می کند که مقدار محصولات بازگشتی (جمع اوری شده) k که از مشتری y به مرکز جمع اوری r در دوره t باید کوچکتر یا مساوی ظرفیت مرکز جمع آوری r در دوره t باشد.

$$\sum_{y\in Y}\sum_{k\in K} MR_{kyrt} \quad cpc_{rt} \; O_r \; \forall t,r$$

۱-۵- محدودیت ظرفیت مرکزبازرسی: این محدودیت بیان می کند که مقدار محصولات بازگشتی k از مرکز جمع آوری r به مرکز بازرسی باید کوچکتر یا مساوی ظرفیت مرکز بازرسی در دوره t باشد.

$$\sum_{r\in R}\sum_{k\in K} M_{krt} \quad cpI_t \quad \forall t$$

۱-۶- محدودیت ظرفیت مرکزدمونتاژ: این محدودیت بیان می کند که مقدار محصولات بازگشتی k از مرکزبازرسی به مرکز دمونتاژ می رود باید کوچکتر یا مساوی ظرفیت مرکز دمونتاژ در دوره t باشد.

$$\sum_{k\in K} A_{kt} \quad cpa_t \quad \forall t$$

۱-۷- محدودیت ظرفیت مرکزانهدام : این محدودیت بیان می کند که مقدارقطعه u ارسالی از مرکز دمونتاژ به مرکز انهدام و مقدار محصول بازگشتی k از مرکز بازرسی به مرکز انهدام باید کوچکتر یا مساوی ظرفیت مرکز انهدام ایمن در دوره t باشد.

$$\sum_{u\in U} C_{ut} + \sum_{k\in K}\sum_{u\in U} b_{uk} \times E_{kt} \quad cpe_t \quad \forall t$$

۲- محدودیت های توازن ورودی و خروجی به هر مرکز:

۲-۱- محدودیت توزان مرکز توزیع:

$$k_{klt} = \sum_{y \in Y} F_{klyt} \qquad \forall t,k,l$$

۲-۲- محدودیت توازن مرکز جمع آوری:

$$\sum_{y \in Y} MR_{kyrt} = M_{krt} \qquad \forall t,k,r$$

۲-۳- محدودیت توزان مرکز بازرسی:

$$up_k \sum_{r \in R} M_{krt} = A_{kt} \qquad \forall t,k$$
$$(1 - up_k) \sum_{r \in R} M_{krt} = E_{kt} \qquad \forall t,k$$

۲-۴- محدودیت توازن مرکز دمونتاژ:

$$(1 - us_u) \sum_{k \in K} A_{kt} \times b_{uk} = C_{ut} \qquad \forall t,u$$

$$us_u \sum_{k \in K} A_{kt} \times b_{uk} = P_{ut} \qquad \forall t,u$$

۲-۵- محدودیت توزان مرکز مشتری:

$$\sum_{l \in L} F_{klyt} \geq D_{kyt} \qquad \forall t,k,y$$
$$\sum_{r} MR_{kyrt} = 0.1 * \sum_{l \in L} F_{klyt} \qquad \forall t,k,y$$

۲-۶- محدودیت توزان مرکز تولید کننده:

$$P_{ut} + \sum_{j \in J} V_{ujt} \geq \sum_{l \in L} \sum_{k \in K} b_{uk} K_{klt} \qquad \forall t,u$$

۳- محدودیت های نامنفی:

$$V_{ujt}, P_{ut}, k_{klt}, F_{klyt}, M_{krt}, A_{kt}, E_{kt}, C_{ut}, MR_{kyrt} \geq 0$$
$$\forall u, j, t, k, l, r, y$$

$$\sum_{j \in J} Y_j \geq ۱$$
$$\sum_{r \in R} O_r \geq ۱$$
$$\sum_{l \in L} Z_l \geq ۱$$

۴- محدودیت های صفر و یک:

$$Y_j = \{0, 1\} \qquad \forall j$$

$$O_r = \{0, 1\} \qquad \forall r$$

$$Z_l = \{ 0 , 1 \} \qquad \forall l$$

ارائه مثال:

در این پژوهش به ارائه مثالی عددی جهت بررسی صحت مدل و حل آن می پردازیم. مدل را با ارائه دو محصول و سه قطعه حل می نماییم.

تحلیل نتایج

جواب بهینه شبکه: بعد از حل مثال عددی توسط نرم افزار *GAMS* نتایج زیر حاصل شد که به اختصار و برای نمونه جداولی آورده شده است.

جدول (۱): مرکز تامین کننده

مرکز تامین کننده	$T_1 = T_2$
مرکز تامین کننده ۱	$Y_1 = 0$
مرکز تامین کننده ۲	$Y_2 = 1$

جدول (۲): مقدار محصول بازگشتی

مقدار محصول بازگشتی K از مرکز بازرسی به مرکز دمونتاژ	دوره T_1	دوره T_2
مقدار محصول بازگشتی ۱ از مرکز بازرسی به مرکز دمونتاژ	$A_{11} = 14$	$A_{12} = 13$
مقدار محصول بازگشتی ۲ از مرکز بازرسی به مرکز دمونتاژ	$A_{21} = 11$	$A_{22} = 7$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

جدول (۳): مقادیر بدست آمده تابع هدف و هزینه ها

مقدار تابع هدف	$W=$ ۷۳۰,۷۰۹,۲۷۲
هزینه کل خرید از تامین کننده	$TCO=$ ۱۷۵,۱۵۲,۷۰۲
هزینه کل احداث مراکز تامین کننده	$OC=$ ۱۴۰,۰۰۰,۰۰۰
هزینه کل خرید قطعه	$UC=$ ۳۴,۱۵۲,۷۰۲
هزینه کل تولید	$TCP=$ ۱۱۳,۱۴۰,۰۰۰
هزینه کل توزیع	$TCD=$ ۱۶۸,۲۷۵,۰۰۰
هزینه کل احداث مراکز توزیع	$ODC=$ ۱۲۰,۰۰۰,۰۰۰
هزینه کل عملیات در مراکز توزیع	$UDC=$ ۴۸,۲۷۵,۰۰۰
هزینه کل جمع آوری	$TCM=$ ۲۴۵,۸۸۰,۰۰۰
هزینه کل احداث مراکز جمع آوری	$OMC=$ ۲۱۰,۰۰۰,۰۰۰
هزینه کل خرید محصولات بازگشتی	$UMC=$ ۳۵,۸۸۰,۰۰۰
هزینه کل بازرسی	$TCI=$ ۹,۳۰۰,۰۰۰
هزینه کل دمونتاژ	$TCA=$ ۶,۳۰۷,۲۵۰
هزینه کل انهدام	$TCE=$ ۳,۳۰۵,۳۲۰
هزینه کل حمل ونقل از توزیع به مشتری	$TCY=$ ۱۰,۰۷۹,۰۰۰

نتیجه گیری

در این تحقیق، یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مخلوط برای شبکه لجستیک معکوس برای محصولات برگشتی ارائه شده است که هدف از آن، کمینه‌سازی هزینه‌های استقرار و احداث تسهیلات و همچنین کمینه‌سازی هزینه‌های حمل و نقل و جریان مواد بین تسهیلات با در نظر گرفتن شرایط عدم قطعیت و همچنین در حالت چند محصولی است. مدل ارائه شده مشخص می‌کند کدام یک از مراکز جمع آوری، بازرسی و کنترل، احیا و تعمیر، جداسازی و دمونتاژ، قطعه ساز، تولیدکننده، مشتری و انهدام ایمن، باز شوند و همچنین بهترین استراتژی حمل‌ونقل محصولات و قطعاً بین تسهیلات برای حداقل سازی هزینه چقدر است. این مدل یک مدل کاربردی است و قابلیت حمایت از صنایعی را دارد که محصولات آن در پایان عمر خود قرار دارند. ازمزایای این روش این است که سازمان‌های تولیدی می‌توانند با برقراری لجستیک معکوس در سازمان خود و طراحی شبکه‌ای مانند تحقیق هزینه‌های خود را به صورت چشم‌گیری کاهش دهند. ضمناً با کمک نرم افزار ذکر شده می-توانند همه‌ی تغییرات را بعد از مدل کردن به صورت عددی در دست داشته باشند.

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی

۱. تغییر در فرضیات مدل:

- ✓ می‌توان مدل مذکور را در شرایط عدم قطعیت تقاضای مشتریان، میزان و کیفیت برگشتی‌ها و هزینه‌های حمل و نقل بررسی کرد.
- ✓ می‌توان به مدل مذکور انبار اضافه کرد و مدل را در شرایطی که کمبود مجاز می‌باشد بررسی نمود.

۲. تغییر در ساختار مدل:

- ✓ در سال‌های اخیر توجه ویژه‌ای به اهدافی مانند میزان پاسخگویی و پایداری شبکه شده است. در نظر گرفتن آن‌ها در مدل‌های طراحی شبکه می تواند بسیار جذاب باشد.
- ✓ می‌توان تغییر در طراحی شبکه ایجاد کرد.

۳. تغییر در روش حل:

- ✓ می‌توان مدل مذکور را با الگوریتم های فراابتکاری حل نمود.

منابع

- ✓ ابراهیم پور ازبری، مصطفی، اکبری، محسن، رفیعی رشت آبادی، فاطمه، (۱۳۹۷)، تأثیر عدم اطمینان محیطی، انعطاف-پذیری تولید و کارایی عملیاتی بر عملکرد شرکت: نقش تعدیلگری ظرفیت جذب عملیاتی، مطالعات مدیریت صنعتی، دوره ۱۶، شماره ۴۸، صص ۳۷-۶۶.
- ✓ احمدپور، احمد، پاکدلان، سعید، (۱۳۹۵)، نقش فرصت‌های رشد در تعدیل رابطه اهرم مالی و تصمیمات سرمایه‌گذاری، پژوهش‌های تجربی حسابداری، دوره ۵، شماره ۳، صص ۱۵-۳۲.
- ✓ انواری رستمی، علی اصغر، کیانی، آیدین، (۱۳۹۴)، بررسی نقش عدم اطمینان محیطی در رفتار هزینه‌ها؛ شواهدی از شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، پیشرفت‌های حسابداری، دوره ۷، شماره ۲، صص ۳۳-۵۷.
- ✓ پوریوسف، اعظم، ثقفی، مهدی، شبانی محمد، (۱۳۹۵)، بررسی تأثیر سطح تجمیع اطلاعات مالی بر کیفیت تصمیمات سرمایه‌گذاری، مجله اقتصادی (دوماهنامه بررسی مسائل و سیاستهای اقتصادی)، دوره ۱۶، شماره (۱ و ۲)، صص ۳۹-۵۶.
- ✓ حسنی توابع، عبداله، کاظمی، مصطفی، مهارتی، یعقوب، (۱۳۹۳)، تاثیر عدم اطمینان محیطی بر نوآوری سازمانی: تبیین نقش ساختار سازمانی به عنوان متغیر مداخله‌گر، پژوهش های مدیریت منابع سازمانی، دوره ۳، شماره ۴، صص ۶۸-۹۳.
- ✓ خدادادی‌پور آرپناهی، مریم، سیروس کرایی مقدم، (۱۳۹۳)، بررسی ارتباط میان اقلام تعهدی سرمایه در گردش و عدم اطمینان محیطی در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، سومین کنفرانس ملی حسابداری و مدیریت، تهران، موسسه اطلاع رسانی نارکیش، *https://www.civilica.com/Paper-ACCFIN03-ACCFIN03_263.html*
- ✓ خلیفه‌سلطانی، سیداحمد، رحیمی، مجید، عزیزالهی، بهمن، (۱۳۹۲)، تاثیر رقابت‌بازار بر تصمیمات سرمایه‌گذاری شرکت‌های تولیدی عضو بورس اوراق بهادار تهران، بررسی‌های حسابداری، دوره ۱، شماره ۱، صص ۸۱-۹۶.
- ✓ محمد، مرفوع، مسعود، حسنی القار، (۱۳۹۶)، رابطه کیفیت اقلام تعهدی و عدم تقارن اطلاعاتی در شرایط عدم اطمینان محیطی، دانش حسابرسی، دوره ۱۷، شماره ۶۸، صص ۱۴۹-۱۶۸.

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

- ✓ ملکی، کلثوم، (۱۳۹۴)، بررسی تاثیر تامین مالی بر عملکرد مالی، اولین همایش ملی پژوهش های کاربردی حسابداری، مدیریت اقتصاد، دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، باشگاه پژوهشگران و نخبگان واحد دامغان، *https://www.civilica.com/Paper-NCARA01-NCARA01_027.html*
- ✓ وکیلی‌فرد، حمیدرضا، سالاری، اردشیر، (۱۳۹۴)، بررسی تاثیر میزان عدم اطمینان بازار، سرمایه‌گذاری‌ها و کیفیت اطلاعات در اختیارات سرمایه‌گذاری در شرکت‌های پذیرفته شده بورس اوراق بهادار تهران، اولین کنفرانس بین المللی مدیریت، اقتصاد، حسابداری و علوم تربیتی، ساری، شرکت علمی پژوهشی و مشاوره‌ای آینده‌ساز، دانشگاه پیام نور نکا، *https://www.civilica.com/Paper-MEAE01-MEAE01_0938.html*
- ✓ موسوی، سیدخلیل، میثم احمدی، ماژین، عبدالعلی پور، آرش، (۱۳۹۴)، بررسی تاثیر عدم اطمینان محیطی بر رابطه بین مدیریت سود و عدم تقارن اطلاعاتی، کنفرانس ملی رویکردهای نوین در علوم مدیریت، اقتصاد و حسابداری، مازندران، موسسه علمی تحقیقاتی پیام آوران دانش، *https://www.civilica.com/Paper-NASMEA01-NASMEA01_115.html*
- ✓ *Ahn, S., Denis, D., and Denis, K. (2006). Leverage and investment in diversified firms. Finance Econ, 79: 317-337.*
- ✓ *Frank, M. Z. and Goyal, V. K. (2003). Testing the Pecking Order Theory of Capital Structure. Journal of Financial Economics, 67: 217–248*
- ✓ *Marimuthu,Maran.(2009), Corporate Restructuring, Firm Characteristics and Implications on Capital Structure, Journal of Business and Management, Vol.4, No.1*
- ✓ *Porras, A.R. a Moooo CLL (0000) "Crrrrr rrrr vvv ennnnce Mkkke Cemee iiii ddd Investment Decisions in Mex iiiiiiiii iii """sm""""""""""" aa s and Economics,Issue 10: 94-115.*
- ✓ *Viviani , Jean-Laurent, Anh-Ngoc Lai, Waël Louhichi, (2018), The impact of asymmetric ambiguity on investment and financing decisions,Economic Modelling, Volume ۶۹, , ۲۰۱۸*

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی