فصلنامه علمی- تخصصی معارف علوم اسلامی و علوم انسانی

سال سوم-پاییز ۱۴۰۲- شماره چهاردهم-ص۷۸-۱۰۰

بهینه سازی هزینه زنجیره تأمین زیست توده برای ارزیابی مواد اولیه متعدد برای یک پالایشگاه زیستی تحت عدم قطعیت

حمیدرضا مزروعی صومعه سرائی[۱]

چکیده

ضرورت و مزایای استفاده از انرژی زیست توده در کشور رفع مشکلات زیست محیطی حاصل از رهاسازی منابع زیست توده در طبیعت (آلودگی آب، خاک، هوا و بو و ...) کاهش انتشار گازهای گلخانه ای بویژه متان در جو- بیش از ۵۰٪ متان منتشره از این منابع می‌باشد. هدف پژوهش حاضر بهینه سازی هزینه زنجیره تأمین زیست توده برای ارزیابی مواد اولیه متعدد برای یک پالایشگاه زیستی تحت عدم قطعیت، می باشد. در همین راستا پژوهش‌ها و مطالعات صورت گرفته در خصوص بهینه سازی هزینه زنجیره تأمین زیست توده برای ارزیابی مواد اولیه متعدد برای یک پالایشگاه زیستی تحت عدم قطعیت تا کنون مشخصا پژوهشی با این عنوان مشاهده نشد و مطالعات صورت گرفته عمدتا به صورت کلی عوامل زیست محیطی را در زنجیره تامین زیست توده بررسی نموده‌اند. روش تحقیق پژوهش حاضر از حیث هدف کاربردی و از حیث روش مدلسازی قلمداد می شود، در همین راستا در ابتدا مدل پژوهش به همراه پارامترهای مدل تابع هدف و محدودیت‌های آن در نرم افزار GAMS در دو وضعیت قطعی و تصادفی حل شد تا وجود جواب موجه و بهینه مشخص گردد. نتایج نشان داد که تمام مراکز مواد خام به انبارها با مقادیر مختلف و انواع زیست توده‌ها عرضه را انجام دادند و تمام انبارها به پالایشگاه زیستی با انواع زیست توده‌ها مقدار مختلفی را عرضه نمودند. مقدار تابع هدف هزینه ۱۴۵ میلیون دلار محاسبه شد که هزینه‌های مراکز تهیه و نگهداری مواد خام، هزینه مراکز مواد اولیه به انبار و هزینه انبار به پالایشگاه زیستی به ترتیب ۷۸ میلیون دلار، ۶۰ میلیون دلار و ۵ میلیون دلار اختصاص یافت.

کلمات کلیدی: بهینه سازی هزینه، زنجیره تأمین زیست توده، مواد اولیه، عدم قطعیت.

---

[۱] - کارشناسی ارشد رشته صنایع.

۱- مقدمه

زنجیره تأمین، در سال ۱۹۸۰ به منظور بیان جریان‌های اصولی بین سازمان‌ها به کار رفت و در اواخر سال ۱۹۹۰ به عنوان پوششی برای تمام فرآیندهای کسب و کار و شناسایی سازمان‌هایی که مبتنی بر زنجیره تأمین هستند، شناخته شد (باورصاد و همکاران، ۱۳۹۷). در جوامع امروزی سازمان‌های صنعتی برای رقابت در بازارهای محلی و جهانی باید اقدامات خود را به‌گونه‌ای اثربخش در درون سازمان، جهت بهبود کل زنجیره تأمین و نیز دستیابی به کارایی و اثربخشی بیشتر نسبت به رقبا، انجام دهند (کوپرا و میندل[۱]، ۲۰۱۰). جهانی-شدن، افزایش قوانین و درخواست مشتریان در خصوص رعایت مسائل زیست محیطی، رشد سریع فن‌آوری‌ها و کاهش دوره عمر محصولات، سازمان‌ها را وادار به بررسی اقدامات لازم جهت به کارگیری و مدیریت زنجیره تامین سبز در راستای بهبود عملکرد زیست محیطی و اقتصادی کرده است (ایمانی و منصوری،۱۳۹۲).

آنچه اکنون به عنوان بزرگترین مشکل جهانی، بشر را تهدید می‌کند، کمبود انرژی و آلودگی هوا بر اثر استفاده از سوخت‌ها فسیلی است. برا رفع این دو معضل بزرگ از مدت‌ها پیش، پژوهشگران و دانشمندان مطالعه وتحقیق و برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک را شروع کرده اند و اکنون دشواری‌های گرانی و کمبود سوخت‌های فسیلی و حداقل در ۵۰ سال آینده، پایان یافتن این قبیل سوخت ها، پیش بینی شده و شدت آلودگی هوا، کلان شهرهای دنیا را به شدت تهدید می‌کند (پررا[۲]، ۲۰۱۷). افزایش نگرانی در مورد امنیت انرژی و تغییرات آب و هوایی ناشی از انتشار گازهای گلخانه ای از مصرف سوخت‌های فسیلی، بسیاری از محققان را ترغیب کرده است تا منابع احتمالی برای تولید انرژی‌های تجدیدپذیر را بررسی کنند. زیست توده، که نشان دهنده هر ماده بیولوژیکی است که از موجودات زنده یا اخیرا زنده گرفته شده است، می‌تواند نقش مهمی در این زمینه داشته باشد. در عمل، زیست توده را می‌توان از محصولات خوراکی (ذرت، گندم)، محصولات لیگنو سلولزی غیرخوراکی، بقایای محصولات، جنگل‌ها و ضایعات (کاغذ، زباله‌های آلی) بدست آورد. می‌تواند برای تولید سوخت‌های زیستی، برق، گرما، بیوگاز یا ترکیبی از آنها استفاده شود. یک مزیت عمده این منبع انرژی تجدید پذیر و کاملاً طبیعی، انتشار گازهای گلخانه ای کم آن است. در واقع، اگر تجزیه و تحلیل دقیق چرخه زندگی انجام شده باشد، محصولات زراعی در یک سال باید دی اکسید کربن تولید شده توسط سوزاندن سوخت‌های زیستی تولید شده در سال قبل را دوباره جذب کنند (زندی آتشبار[۳] و همکاران، ۲۰۱۸).

---

[۱] Chopra and Mindel

[۲] Perera

[۳] Zandi Atashbar

تولید سوخت‌های زیستی. قیمت مواد اولیه شامل تولید زیست توده، لجستیک و عملیات پیش پردازش تبدیل زیست توده به مواد اولیه است و می‌تواند تا ٤٤٪ از قیمت فروش کلی سوخت‌های زیستی باشد. از این رو، کاهش در هزینه‌های مواد اولیه می‌تواند نقش مهمی در کاهش هزینه‌های سوخت‌های زیستی داشته باشد (رونی[۱] و همکاران، ۲۰۱۹).

عملکرد و هزینه یک زنجیره تأمین زیست توده به تصمیمات مهم در هر دو مرحله طراحی و مدیریت عملیات بستگی دارد. ساختار زنجیره باید با دقت تعیین شود، با مکان همه امکانات درگیر، انتخاب محصولات و مناطق تولید، حالت حمل و نقل، و غیره. از آنجا که بیشتر محصولات در عرض‌های جغرافیایی ایالات متحده یا اروپا فقط یک بار در سال برداشت می‌شوند، تولید برنامه و تحویل زیست توده برای تصفیه خانه باید در یک افق یک ساله برنامه ریزی شود، به عنوان مثال در روزها یا هفته‌ها تقسیم شود. تدارکات تأمین تصفیه خانه‌های زیستی با مقادیر کافی، که باید در تعدادی از مناطق جمع آوری، پیش پردازش، ذخیره و حمل شود در هر دوره زمانی در طول سال، یک کار بسیار پیچیده است. این پیچیدگی حتی زمانی بیشتر است که معیارهای اضافی مانند هزینه کل سیستم یا انتشار گازهای گلخانه ای بهینه شود (زندی آتشبار[۲] و همکاران، ۲۰۱۸). استفاده از طیف گسترده تری از انواع مختلف زیست توده می‌تواند فرصت‌هایی را برای کاهش هزینه‌های مواد اولیه ایجاد کند. استفاده از انواع گسترده ای از انواع مختلف زیست توده‌ها همچنین می‌تواند فرصت‌هایی را برای تأمین مواد اولیه با کیفیت ثابت به یک فرآیند تبدیل بیوشیمیایی با توجه به جدول زمانی چندین تولید زیست توده ایجاد کند. به عنوان مثال، زیست توده دارای محتوای کربوهیدرات کم می‌تواند با زیست توده محتوای کربوهیدرات بالاتر با نسبت معینی مخلوط شود تا به مشخصات سازگار کربوهیدرات در تغذیه در مرکز تبدیل برسد. پالت‌ها یک قالب موثر از زیست توده برای مخلوط کردن انواع مختلف زیست توده هستند. پالت‌ها به راحتی ذخیره می‌شوند و به دلیل کم شدن سطح در معرض فعالیت‌های بیولوژیکی، تخریب نمی شوند. از آنجا که انواع مختلف زیست توده از کیفیت متفاوتی برخوردار هستند، هزینه پیش پردازش تبدیل زیست توده خام به پالت در نوع زیست توده متفاوت است (رونی[۳] و همکاران، ۲۰۱۹). یک پالایشگاه زیستی می‌تواند مراکز پیش پردازش زیست توده را که به انبارها نیز معروف است، برای تولید پالت مستقر کند. یک انبار می‌تواند توزیع یا متمرکز شود (لامرز[٤] و همکاران، ۲۰۱۵).

---

[۱] Roni
[۲] Zandi Atashbar
[۳] Roni
[٤] Lamers

انبار توزیع شده در شبکه زنجیره تامین یک پالایشگاه زیستی، انبارهای پیش پردازش توزیع شده در نزدیکی منابع زیست توده را مستقر می‌کند. انبارهای توزیع شده می‌توانند هزینه مواد اولیه تحویل داده شده را از طریق حمل و نقل گلوله‌های با چگالی بالا کاهش دهند. حمل و نقل کارآمد گلوله‌های با چگالی بالا همچنین می‌تواند شعاع تأمین تصفیه خانه را افزایش دهد. شعاع تأمین بزرگتر منجر به در دسترس بودن زیست توده و همچنین ایجاد فرصت‌هایی برای ترکیب پویا منابع مختلف زیست توده با مشخصات یکسان کیفیت می‌شود. انبار متمرکز نشان دهنده روشهای متداول نشستن همه عملیات پیش پردازش زیست توده در تصفیه خانه زیست است. یک انبار متمرکز در شبکه زنجیره تأمین یک انبار متمرکز اولیه (به طور معمول با اندازه بزرگتر از انبار توزیع شده) مستقر در محل کار با تصفیه خانه برای تأمین تقاضای مواد اولیه. یک انبار متمرکز می‌تواند از مزایای صرفه جویی در مقیاس بهره مند شود. تصمیم تهیه خوراک پالایشگاه زیستی باید تجارت بین یک طرح زنجیره تامین انبار توزیع شده و متمرکز را بررسی کند تا هزینه اولیه مواد اولیه تحویل داده شده را به صرفه تر کند (رونی[۱] و همکاران، ۲۰۱۹). تحقیق حاضر نشان می‌دهد که شعاع تأمین بیشتر در طراحی زنجیره تامین مبتنی بر انبار، دسترسی به حجم بیشتری از زیست توده را برای کنترل عدم قطعیت تأمین مواد اولیه فراهم می‌کند. این مطالعه همچنین روش بهینه سازی ابتکاری مورد نیاز برای اقتصادی تر ساختن زنجیره تأمین مبتنی بر انبار را با انتخاب ترکیبی بهینه از منابع زیست توده، مکان یابی مطلوب و مقیاس دپو در هنگام طراحی زنجیره تأمین مواد اولیه، شناسایی می‌کند. از این رو، این تحقیق یک روش بهینه سازی جدید برای تعیین استفاده بهینه از منابع زیست توده از بقایای محصول و محصولات انرژی برای استفاده در تبدیل بیوشیمیایی، به طور همزمان با در نظر گرفتن عملیات لجستیکی زنجیره تأمین ناهمگن مبتنی بر انبار – توزیع شده برای هر ماده اولیه، ایجاد می‌کند.، کیفیت زیست توده، مشخصات مواد اولیه برای تبدیل، تقاضای مواد اولیه، محل منابع زیست توده، در دسترس بودن منابع و قیمت قرارداد با تولید کنندگان. سرانجام، این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از یک انبار توزیع شده می‌تواند مقرون به صرفه تر از یک انبار متمرکز در شبکه زنجیره تأمین پالایشگاه زیستی باشد که از چندین ماده اولیه برای تأمین مشخصات مواد اولیه استفاده می‌کند.

۲- پیشینه پژوهش

۲-۱ مطالعات داخلی

عباسی و پیشوایی در سال ۱۳۹۸ تحقیقی تحت عنوان طراحی شبکه زنجیره تامین زیست توده چوبی پالونیا با در نظر گرفتن محل‌های ذخیره سازی پویا : مطالعه موردی در ایران مورد بررسی قرار دادند. پالونیا یکی از

[۱] Roni

گونه‌های سریع الرشد درختان است که از گیاهان بومی چین به شمار می‌رود و به دلیل سرعت رشد و ارزش بالای الوار آن در بازار، زمینه ای وسیعی از مناطق مستعد در جهان به کاشت این درخت اختصاص یافته است. بازدهی قابل توجه در زمان کوتاه، تصفیه هوا از مقادیر قابل توجه کربن و پتانسیل بسیار بالا جهت تولید انرژی (خاصیت لینگوسلولزی)، درخت پالونیا را یکی از بهترین گزینه‌ها برای تولید انرژی زیست توده نام برده اند. در این مقاله یک مدل ریاضی توسعه داده شده است تا شبکه زنجیره تامین پالونیا از مرحله کاشت تا مرحله انتقال الوارها به نیروگاه‌ها طراحی گردد. با توجه به اینکه در زمینه برنامه ریزی کاشت، مدلسازی ریاضی جهت برداشت‌های چندباره (به دلیل خاصیت درخت) و در زمان‌های دلخواه مورد غفلت قرار گرفته است، این مقاله می‌تواند در این زمینه راهگشای بسیاری از مسائل برنامه ریزی کشت باشد. جهت صرفه جویی در هزینه ها، از انبارهای موجود به منظور اجاره، در مدلسازی و مطالعه موردی بهره گرفته شده است و همچنین ساخت انبارهای جدید در مکانهای بالقوه نیز به صورت پویا و داینامیک در هر سال لحاظ شده است. در نهایت نیز مدل در یک نمونه کاربردی در ایران پیاده سازی گردید و نتایج آن جهت برنامه ریزی مورد بررسی قرار گرفت. همچنین این پژوهش نشان داد، مکان‌های ذخیره سازی پویا در مقایسه با مکان‌های ذخیره سازی سنتی، صرفه جویی قابل توجهی را در بر خواهد داشت.

سقایی و سلیمانی در سال ۱۳۹۷ تحقیقی تحت عنوان بهینه سازی زنجیره تامین تولید انرژی الکتریکی از زیست توده‌های جنگلی تحت شرایط عدم قطعیت مورد ارزیابی قرار دادند. افزایش انتشار گازهای گلخانه ای ،تسریع فرآیند گرم شدن کره زمین و وقوع پدیده‌های طبیعی ناگواری چون باران‌های اسیدی در کنار کاهش شدید دسترسی به منابع سوخت‌های فسیلی سبب افزایش توجه جامعه جهانی به استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر جهت تولید انرژی و سوخت‌های زیستی شده است. در این میان زیست توده‌های جنگلی به عنوان منبعی که دارای زنجیره تامین کربن خنثی و دسترس پذیری بالا و مداوم تری نسبت به سایر منابع تجدید پذیر می‌باشند به عنوان یکی از گزینه‌های بالقوه تولید انرژی زیستی در مناطق مستعد جغرافیایی محسوب می‌گردند. با این حال وجود عوامل غیر قطعی فراوان موثر بر زنجیره تامین این نوع از زیست توده‌ها و احتمالات بالای وقوع حوادث طبیعی همچون آتش سوزی ،طوفان و سیل در مناطق جنگلی تا حد زیادی کاراآمدی اقتصادی زنجیره تامین تولید انرژی‌های زیستی از محصولات چوبی را تحت تاثیر قرار خواهد داد که می‌تواند عامل موثری در میزان کشش و جذابیت سرمایه گزاری در پروژه‌های توسعه نیروگاه‌های مبتنی بر منابع زیستی محسوب گردد. لذا در این مطالعه یک مدل برنامه ریزی تصادفی با در نظر گرفتن عدم قطعیت و ریسک‌های ناشی از انبارش مواد چوبی، تغییرات تقاضای انرژی الکتریکی و کیفیت مواد مورد ارایه شده

است. کارایی مدل ارائه شده در یک مورد مطالعاتی در منطقه جنوب شرقی ایالت می‌سی سی پی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

۲-۲ مطالعات خارجی

همایونی[۱] و همکاران در سال ۲۰۲۱ به پژوهشی با عنوان، یک رویکرد بهینه سازی ابتکاری قوی برای طراحی زنجیره تامین سبز با در نظر گرفتن انواع مختلف خودرو و سیاست های کربن تحت عدم اطمینان، پرداخته اند. تصویب مکانیسم های تنظیم کربن، تحول به سمت زنجیره های تأمین سبز و پایدار و به دنبال آن افزایش پیچیدگی را تسهیل می کند. از طریق توسعه و استفاده از یک مدل برنامه نویسی هدف چند گزینه ای که توسط یک الگوریتم بهبود یافته حل شده است ، این مقاله به بررسی استراتژی های پایداری مکانیسم های تنظیم کربن می پردازد. ما ابتدا یک مدل لجستیکی پایدار را پیشنهاد می‌کنیم که انواع مختلف خودرو و انتشار گازهای گلخانه ای در حمل و نقل محصول را در نظر می گیرد. سپس ما یک مدل دو هدفه را ایجاد می کنیم که هزینه کل را به عنوان اولین تابع هدف به حداقل می رساند و در مورد دوم ملاحظات زیست محیطی را دنبال می کند. با رویکرد جدید بهینه سازی قوی- ابتکاری ما، ما به دنبال حمایت از تصمیم گیرندگان در مقایسه و انتخاب سیاست های انتشار کربن در زنجیره های تأمین در تنظیمات پیچیده با انواع مختلف خودرو ، تقاضا و عدم اطمینان اقتصادی هستیم. ما مدل خود را در یک مطالعه موردی برای ارزیابی و تجزیه و تحلیل دو سیاست کاهش کربن ، به عنوان مثال ، سیاست های مالیات کربن و سیاست های سقفی و تجاری به کار می گیریم. نتایج نشان می دهد که روش قوی-ابتکاری ما می تواند به طور موثر با تقاضا و عدم اطمینان اقتصادی ، به ویژه در مشکلات در مقیاس بزرگ ، مقابله کند. یافته های ما نشان می دهد که مشوق های دولتی برای سیاست محدود کردن و تجارت برای زنجیره های تأمین در کاهش آلودگی با سرمایه گذاری در فناوری های پاک تر و اتخاذ روش های سبزتر موثرتر خواهد بود.

فرانکو[۲] و همکاران در سال ۲۰۲۰ به پژوهشی با عنوان، بهینه سازی تحت عدم اطمینان از زنجیره تامین دارویی در بیمارستان ها، پرداخته اند. در این مقاله، برای بهینه سازی تصمیمات تاکتیکی و عملیاتی در زنجیره تأمین دارویی ، از یک روش بهینه سازی شبیه سازی بر اساس نمونه تصادفی یا روش مسیر نمونه استفاده شده است. این رویکرد در بخش داروخانه-بیمارستان متمرکز است و عناصر تصادفی مربوط به تقاضا ، هزینه ها و زمان مصرف داروها را در نظر می گیرد. بر اساس این روش ، دو مدل برنامه نویسی عدد صحیح مختلط

---

[۱] Homayouni

[۲] Franco

(MIP) فرموله شده اند ، این مدل ها با مشکلات تقریب همتای تصادفی مطابقت دارند. مدل اول تاریخ انقضا ، سطح خدمات مورد نیاز ، از بین رفتن ، سطح موجودی مبتنی بر سن و خریدهای اضطراری را در نظر می گیرد. تصمیمات بهینه پشتیبانی سیاست مربوط به دوباره پر کردن ، انتخاب تامین کننده و مدیریت موجودی داروها. نتایج این مدل بیش از داده های واقعی و سناریوهای شبیه سازی شده ارزیابی شده است. یافته ها نشان می دهد که سیاست بهینه می تواند با توجه به ۲۲ نوع دارو ، ۱۶٪ از تأمین هزینه های فعلی و مدیریت بیمارستان را در برنامه ریزی پزشکی کاهش دهد. مدل دوم یک مدل بهینه سازی دو هدفه است که با روش محدودیت اپسیلون حل شده است. این مدل حداکثر تاریخ انقضا قابل قبول را تعیین می کند ، در نتیجه مقدار کل داروهای منقضی شده را به حداقل می رساند.

رونی[1] و همکاران در سال ۲۰۱۹ تحقیقی تحت عنوان توزیع بهینه سازی هزینه زنجیره تأمین زیست توده برای ارزیابی مواد اولیه متعدد برای یک پالایشگاه زیستی مورد بررسی قرار دادند. روش‌های متداول نشستن همه عملیات پیش پردازش زیست توده در تصفیه خانه زیستی مقرون به صرفه ترین راه حل برای تأمین مواد اولیه به دلیل صرفه اقتصادی در مقیاس است. با این وجود، می‌توان عملیات پیش پردازش زیست توده را با انتقال عملیات پیش پردازش به مراکز پیش پردازش زیست توده توزیع شده غیر متمرکز کرد، همچنین به عنوان انبارها واقع در نزدیکی منابع زیست توده شناخته می‌شود. این مطالعه یک مطالعه موردی مقایسه ای با منابع زیست توده متعدد را برای تجزیه و تحلیل طرح‌های تدارکات عرضه مواد اولیه تصفیه خانه با داشتن انبارهای توزیع شده و یک انبار اولیه مشترک با تصفیه خانه ارائه می‌دهد. یک مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح مختلط برای بهینه سازی همزمان تصمیمات تأمین مواد اولیه، و مکان و اندازه انبار پیش پردازش بهینه، با استفاده از منابع زیست توده از بقایای کشاورزی، انرژی و پسماندهای جامد شهری برای تأمین مشخصات کربوهیدرات و تقاضای مواد اولیه برای یک فرآیند تبدیل بیوشیمیایی تولید شده است. نتایج حاصل از یک مطالعه موردی در ایالات متحده نشان داد که یک پالایشگاه زیستی می‌تواند با افزایش اتخاذ مخزن توزیع شده در طرح زنجیره تأمین مواد غذایی، سطح کشش مواد اولیه و حجم عرضه خود را به ترتیب ۵۷,۳٪، ۱۷۷,٤٪ افزایش دهد بدون اینکه هزینه تحویل مواد اولیه را افزایش دهد. یک زنجیره تأمین مبتنی بر انبار توزیع شده می‌تواند با انتخاب ترکیبی بهینه از منابع زیست توده، مکان یابی مطلوب و مقیاس دپو در هنگام طراحی زنجیره تأمین مواد غذایی، مقرون به صرفه تر باشد. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که یک پالایشگاه زیستی می‌تواند از ترکیب پویا برای برآوردن مشخصات کیفیت مواد اولیه و همچنین شعاع تأمین بزرگتر در

[1] Roni

طراحی زنجیره تامین مبتنی بر انبار توزیع شده استفاده کند تا به زیست توده موجود بیشتری برای کنترل عدم قطعیت تأمین مواد اولیه دسترسی پیدا کند.

۳- روش پژوهش

روش تحقیق پژوهش حاضر از حیث هدف کاربردی و از حیث روش مدلسازی قلمداد می شود. در ابتدا مدل پژوهش به همراه پارامترهای مدل تابع هدف و محدودیت‌های آن در نرم افزار GAMS در دو وضعیت قطعی و تصادفی حل خواهد شد تا وجود جواب موجه و بهینه مشخص گردد.

٤- تشریح مدل

متغیر Xijfp یک متغیر پیوسته است که جریان بیومس نوع f را از مکان i به j با قیمت خرید p نشان می‌دهد و Xjbfp یک متغیر پیوسته است که جریان بیومس نوع f را از مکان j به b با قیمت خرید p نشان می‌دهد و Zifp یک متغیر باینری است که برای انتخاب یک قیمت خاص مزرعه p از زیست توده از مکان i استفاده می‌شود. Wjk یک متغیر باینری است که برای انتخاب یک انبار در مکان j با ظرفیت k استفاده می‌شود.

با توجه به مدل درنظر گرفته شده ٤ نوع زیست توده کاه ذرت سه گذره، کاه ذرت دو گذره، گیاه Switchgrass و علف چیده شده برای انواع بیومس انتخاب شد و ۱۵ مکان برای پالایشگاه زیستی، انبارها و مراکز مواد خام تخصیص یافت. برای مواد اولیه ۲ نوع قیمت و سایز انبارها در ٤ شرایط مختلف انتخاب شد. با توجه به اتخاذ عدم قطعیت در مدل ریاضی، تمام پارامترها در این مدل با استفاده از تابع چگالی توزیع یکنواخت گسسته به صورت غیرقطعی در نظر گرفته شدند.

٥- مدلسازی

جهت حل مدل ابتدا هر یک از مجموعه‌ها و پارامترهای مشخص شده با توجه به اندیس‌های مربوط به خود در نرم افزار GAMS وارد شدند که درجدول ٤-۱ میزان عدم قطعیت و جداول ٤-۲ الی ٤-۱۰ مقدار عددی تعدادی از پارامترهای تحقیق نشان داده شده است. داده‌های تحقیق حاضر برگرفته از داده‌های موجود در مقاله رونی[۱] و همکاران (۱۳۹۹) استفاده شده است. تعداد تمام مکان‌ها با اندیس H به تعداد ١٤ درنظر گرفته شد که از این تعداد ۱۰ مکان به اندیس I که مراکز مواد خام است و ٤ مکان به اندیس J که انبار هستند اختصاص یافت. یک مکان برای پالایشگاه زیستی با اندیس B درنظر گرفته شد.

۱ Roni

جدول ۱- : میزان بازه عدم قطعیت برای هر کدام از پارامترهای تحقیق

نام پارامتر	میزان بازه عدم قطعیت برای پارامتر
lif	۰,۰۱*(۸،۱۲)
cf	۰,۰۱*(۳۰،٦۰)
sifp	۱۰۰۰*(۱۵،۳۰)
gifp	۰,۰۱*(۱۰۰۰،۵۰۰۰)
vif	۰,۰۱*(۱۲۰۰،۲۰۰۰)
sif	۰,۰۱*(۳۰۰،۵۰۰)
tijf	۰,۰۱*(۳٦۰،۳۸۰)
ujk	۱۰۰۰*(٤۰۰،۸۰۰)
etajk	۰,۰۱*(۲۰۰،۵۰۰)
rjf	۰,۰۱*(۲۰۰۰،۲۲۰۰)
sjf	۰,۰۱*(۵۰،۱۵۰)
hjf	۰,۰۱*(۱۰۰،٤۰۰)
miuj	۰,۰۱*(۹۵،۱۰۰)
hjf	۰,۰۱*(۱۰۰،٤۰۰)
Db	۱۰۰*(۱۰،۵۰)
tjbf	۰,۰۱*(۸۰،۱۰۰)
sbf	۰,۰۱*(۱۰،٤۰)
hbf	۰,۰۱*(۲۰،۱۵۰)
bbf	۰,۰۱*(۲۰،۸۰)

جدول ۲- : درصد ماده خشک از بین رفته در مکان i برای بیومس نوع f

علف چیده شده	گیاه Switchgrass	کاه ذرت دو گذره	ذرت سه گذره	
۰,۰۹	۰,۱	۰,۱۲	۰,۰۸	۱
۰,۱۲	۰,۰۹	۰,۰۹	۰,۰۹	۲

۰,۱	۰,۱۲	۰,۱	۰,۰۸	۳
۰,۱۱	۰,۰۸	۰,۱۱	۰,۱۲	۵
۰,۱	۰,۱۱	۰,۰۹	۰,۰۸	۷
۰,۰۸	۰,۰۸	۰,۰۹	۰,۰۹	۸
۰,۱۱	۰,۰۹	۰,۱۲	۰,۱	۹
۰,۱	۰,۰۸	۰,۰۹	۰,۱۱	۱۰
۰,۰۹	۰,۰۹	۰,۱۲	۰,۰۸	۱۱
۰,۱	۰,۱۱	۰,۱۱	۰,۱	۱۳

جدول ۳- : درصد کربوهیدرات برای بیومس نوع f

f	c_f
ذرت سه گذره	۰,۴۲
کاه ذرت دو گذره	۰,۳۳
گیاه Switchgrass	۰,۳۹
علف چیده شده	۰,۳۱

جدول ٤- : هزینه جمع آوری و برداشت در مکان i برای بیومس نوع f بر حسب دلار بر میلی گرم خشک در کیلومتر

علف چیده شده	گیاه Switchgrass	کاه ذرت دو گذره	ذرت سه گذره	
۱۸,۱۳	۱۹,۸۷	۱٤,٦۷	۱٦,٥۸	۱
۱۳,۳۳	۱٦,٦٤	۱۹,۹٦	۱۲,۸۸	۲
۱۹,۲	۱۹,۳	۱٤,۷٥	۱۷,۱٥	۳
۱٦,۷٥	۱۷,۳۲	۱٤,۹٥	۱۲,۱۳	٥
۱٦,۰٦	۱۹,٤٦	۱۸,۷٤	۱۲,۲۷	۷
۱۸,۱۹	۱۲,۳٥	۱٥,۹۷	۱٤,۳۹	۸
۱۷,۰٥	۱۷,۷٦	۱۷,۹۸	۱٦,۲٦	۹
۱۹,۹	۱۷,٦٦	۱۹,۷۷	۱۲,۹۲	۱۰

۱۱	۱۸,۸٤	۱٦,۹۷	۱۷,٦۱	۱۷,٦۱
۱۳	۱۸,۳۳	۱٦,۸۸	۱۲,٤۳	۱٥,۸۸

جدول ٥-: هزینه انبار در مکان i برای بیومس نوع f بر حسب دلار بر میلی گرم خشک

	ذرت سه گذره	کاه ذرت دو گذره	گیاه Switchgrass	علف چیده شده
۱	۳,۱	٤,٤	۳,۳۹	۳,٤٥
۲	٤,٦۳	٤,۹۹	٤,٥	٤,٤٤
۳	۳	۳,٥۳	٤,٦٥	٤,٦٤
٥	٤,۷۲	۳,٤۲	۳,۹۱	۳,۰۷
۷	۳,٦٤	۳,۸۸	۳,٦۳	۳,۲۷
۸	٤,٦۳	۳,۸۳	۳,۲۸	۳,۹۳
۹	۳,٥٦	٤,۸	۳,۱۲	۳,۸۳
۱۰	۳,٦۸	۳,۹٤	٤,۲۹	٤,۲۹
۱۱	۳,٦۷	۳,۲	٤,۸۲	۳,٤۳
۱۳	٤,۸٤	۳,۹	۳,۱۸	۳,۷٥

جدول ٦- : ظرفیت انبار از نوع k در مکان j

	k^1	k^2	k^3	k^4
٤	٥٤۳۰۰۰	٦۸۲۰۰۰	٥٦٦۰۰۰	٦۲۰۰۰۰
٦	٥۳۸۰۰۰	٦۸۰۰۰۰	۷۷٤۰۰۰	٥۸۸۰۰۰
۱۲	٤۸٥۰۰۰	٦۰٤۰۰۰	٥٤٦۰۰۰	۷۷٥۰۰۰
۱٤	٤۲۷۰۰۰	٦۰۲۰۰۰	٥٥۷۰۰۰	٤۸۲۰۰۰

جدول ۷-: هزینه ساخت انبار از نوع k در مکان j بر حسب دلار بر میلی گرم خشک

	k^1	k^2	k^3	k^4
٤	۳,٥۹	۳,۷۷	۳,۰٤	۲,۷٦

٦	٣,٦٤	٣,٦٤	٢,١٧	٣,١٣
١٢	٤,٩٣	٣,١٤	٢,٤٧	٣,٤٢
١٤	٣,١٩	٢,٦١	٣,٨٨	٢,٠١

جدول ۸-: هزینه آماده سازی بیومس از نوع f در مکان j بر حسب دلار بر میلی گرم خشک

	k١	k٢	k٣	k٤
٤	٢١,٠١	٢٠	٢١,٠٤	٢١,٦٨
٦	٢٠,١٤	٢١,٥٢	٢٠,٥٨	٢٠,٤٩
١٢	٢٠,٨٧	٢٠,٧٤	٢١,١١	٢٠,١٥
١٤	٢١,٨٢	٢٠,٠٩	٢١,٦٤	٢١,٥٩

جدول ۹-: هزینه انبارداری انبار از نوع k در مکان j بر حسب دلار بر میلی گرم خشک

	k١	k٢	k٣	k٤
٤	١,١٦	٠,٨٩	٠,٩١	١,٣٧
٦	١,٤٨	١,٠٧	٠,٨١	٠,٩٥
١٢	٠,٨٧	٠,٩٢	٠,٥٨	١,٣٢
١٤	١,٠١	١,٢٤	١,٣٣	٠,٩١

جدول ۱۰-: هزینه جابجایی و صف انبار از نوع k در مکان j بر حسب دلار بر میلی گرم خشک

	k١	k٢	k٣	k٤
٤	١,٥٧	١,٥٩	٢,٩٤	٣,٤
٦	٢,٧٦	٣,٩٢	٢,٤٧	٢,١٢
١٢	٣,٤٨	٣,٤٧	١,٠٩	٣,٧٨
١٤	١	٢,٨٦	١,٠٢	٢,٢٢

با توجه به داده‌های وارد شده در نرم افزار GAMS با ورژن ٢٤,١,٢ اجرا شد که نتایج متغیر تصمیم Xijfp در جدول‌های ٤-١١ الی ٤-٢٠ و نتایج متغیر تصمیم Xjbfp در جدول ٤-٢١ و نتایج متغیر تصمیم Zifp در

جدول ٤-۲۲ و نتایج متغیر تصمیم Wjk در جدول ۲۳ نمایش داده شده است. مقدار تابع هدف هزینه ۱٤٥ میلیون دلار محاسبه شد که هزینه‌های مراکز تهیه و نگهداری مواد خام، هزینه مراکز مواد اولیه به انبار و هزینه انبار به پالایشگاه زیستی به ترتیب ۷۸ میلیون دلار، ٦۰ میلیون دلار و ٥ میلیون دلار اختصاص یافت.

جدول ۱۱-: مقدار بیومس عرضه شده در مرکز مواد خام شماره ۱ به انبار j از نوع f در قیمت p

	p^1	p^2
٤.f۱	۲۰۰۰۰	-
٤.f۲	-	۱٥۳۰۰
٦.f۱	۲۰۰۰۰	-
٦.f۲	-	۱٥۳۰۰
۱۲.f۱	۲۰۰۰۰	-
۱۲.f۲	-	۱٥۳۰۰
۱٤.f۱	۲۰۰۰۰	-
۱٤.f۲	-	۱٥۳۰۰

جدول۱۲-: مقدار بیومس عرضه شده در مرکز مواد خام شماره ۲ به انبار j از نوع f در قیمت p

	p^1	p^2
٤.f۱	۰۰۰٥۲	-
٤.f۳	۰۰۰٥۲	-
٤.f٤	-	۲۷۰۰۰
٦.f۱	۰۰۰٥۲	-
٦.f۳	۰۰۰٥۲	-
٦.f٤	-	۲۷۰۰۰
۱۲.f۱	۰۰۰٥۲	-
۱۲.f۳	۰۰۰٥۲	-
۱۲.f٤	-	۲۷۰۰۰

۱٤.f۱	۰۰۰۵۲	-
۱٤.f۳	۰۰۰۵۲	-
۱٤.f٤	-	۲۷۰۰۰

جدول ۱۳-: مقدار بیومس عرضه شده در مرکز مواد خام شماره ۳ به انبار j از نوع f در قیمت p

	$p^{۲}$
٤.f۱	۱۷۰۰۰
٤.f۳	۱۵۰۰۰
٤.f٤	۲٤۰۰۰
٦.f۱	۱۷۰۰۰
٦.f۳	۱۵۰۰۰
٦.f٤	۲٤۰۰۰
۱۲.f۱	۱۷۰۰۰
۱۲.f۳	۱۵۰۰۰
۱۲.f٤	۲٤۰۰۰
۱٤.f۱	۱۷۰۰۰
۱٤.f٤	٤۲۳۱,۱۱۱

جدول ۱٤-: مقدار بیومس عرضه شده در مرکز مواد خام شماره ۵ به انبار j از نوع f در قیمت p

	$p^{۱}$	$p^{۲}$
٤.f۱	۲۱۰۰۰	-
٤.f۲	-	۱۸۰۰۰
٤.f۳	۱۷۰۰۰	-
٤.f٤	۲۱۰۰۰	-
٦.f۱	۲۱۰۰۰	-
٦.f۲	-	۱۸۰۰۰
٦.f۳	۱۷۰۰۰	-
٦.f٤	۲۱۰۰۰	-
۱۲.f۱	۲۱۰۰۰	-

۱۸۰۰۰	-	۱۲.f۲
-	۱۷۰۰۰	۱۲.f۳
-	۲۱۰۰۰	۱۲.f٤
-	۲۱۰۰۰	۱٤.f۱
۱۸۰۰۰	-	۱٤.f۲
-	۱۷۰۰۰	۱٤.f۳
-	۲۱۰۰۰	۱٤.f٤

جدول ۱۵-: مقدار بیومس عرضه شده در مرکز مواد خام شماره ۷ به انبار j از نوع f در قیمت p

$p^{۲}$	$p^{۱}$	
۱۷۰۰۰	-	٤.f۱
-	۱۷۱۰۰	٤.f۲
۲۲۰۰۰	-	.f٦٤
۱۷۰۰۰	-	٦.f۱
۲۲۰۰۰	-	٦.f٤
۱۷۰۰۰	-	۱۲.f۱
۲۲۰۰۰	-	۱۲.f٤
۱۷۰۰۰	-	۱٤.f۱
۲۲۰۰۰	-	۱٤.f٤

جدول ۱٦-: مقدار بیومس عرضه شده در مرکز مواد خام شماره ۸ به انبار j از نوع f در قیمت p

$p^{۲}$	$p^{۱}$	
-	۱۷۰۰۰	٤.f۱
۱۵۳۰۰	-	٤.f۲
۳۰۰۰۰	-	٤.f۳
-	۱۷۰۰۰	٦.f۱
۱۵۳۰۰	-	٦.f۲
۳۰۰۰۰	-	٦.f۳

٦.f٤	٢١٧٤٧,٨٢٦	-
١٢.f١	١٧٠٠٠	-
١٢.f٢	-	١٥٣٠٠
١٢.f٣	-	٣٠٠٠٠
١٤.f١	١٧٠٠٠	-
١٤.f٢	-	١٥٣٠٠
١٤.f٣	-	٣٠٠٠٠

جدول ۱۷-: مقدار بیومس عرضه شده در مرکز مواد خام شماره ۹ به انبار j از نوع f در قیمت p

	p^1	p^2
٤.f٢	١٨٠٠٠	-
٤.f٤	-	٢٤٠٠٠
٦.f٢	١٨٠٠٠	-
٦.f٣	١٦٠٠٠	-
٦.f٤	-	٢٤٠٠٠
١٢.f٢	١٨٠٠٠	-
١٢.f٤	-	٢٤٠٠٠
١٤.f٢	١٨٠٠٠	-
١٤.f٤	-	٢٤٠٠٠

جدول۱۸- : مقدار بیومس عرضه شده در مرکز مواد خام شماره ۱۰ به انبار j از نوع f در قیمت p

	p^1	p^2
٤.f١	١٥٠٠٠	-
٤.f٢	-	١٣٥٠٠
٤.f٤	٢١٠٠٠	-
٦.f١	١٥٠٠٠	-
٦.f٢	-	١٣٥٠٠
٦.f٤	٢١٠٠٠	-
١٢.f١	١٥٠٠٠	-

۱۳۵۰۰	-	۱۲.f۲
-	۲۱۰۰۰	۱۲.f٤
-	۱۵۰۰۰	۱٤.f۱
۱۳۵۰۰	-	۱٤.f۲
-	۲۱۰۰۰	۱٤.f٤

جدول ۱۹-: مقدار بیومس عرضه شده در مرکز مواد خام شماره ۱۱ به انبار j از نوع f در قیمت p

$p^{۲}$	
۱۰۱۱۱,۱۱۱	٤.f۱
۱۷۰۰۰	۲٤.f
۲۰۰۰۰	۳٤.f
۲۵٤۸۸,۷٦۷	٤٤.f
۲۹۰۰۰	٦.f۱
۲۰۰۰۰	٦.f۳
۳۰۰۰۰	٦.f٤
٦۵٦۳,۰٤۳	۱۲.f۱
۱۷۰۰۰	۱۲.f۲
۲۰۰۰۰	۱۲.f۳
۲۰۰۰۰	۱٤.f۳

جدول۲۰-: مقدار بیومس عرضه شده در مرکز مواد خام شماره ۱۳ به انبار j از نوع f در قیمت p

$p^{۲}$	$p^{۱}$	
-	۱۵۰۰۰	٤.f۲
۱۳۵۰۰	-	٤.f۳
-	۲۱۰۰۰	٤.f٤
-	۱۵۰۰۰	٦.f۳
۱۳۵۰۰	-	٦.f٤
-	۱۵۰۰۰	۱۲.f۳
۱۳۵۰۰	-	۱۲.f٤

-	۱۵۰۰۰	۱٤.f۳
۱۳۵۰۰	-	۱٤.f٤

جدول ۲۱- : مقدار بیومس عرضه شده در انبار j به پالایشگاه زیستی از نوع f در قیمت p

شماره انبار	نوع زیست توده	انواع قیمت	
		p^1	p^2
٤	f۱	۸۸٤۵۰	٤۰۵۸۲,۲۲۲
٤	f۲	٤۵٦٤۱	۷۰٦۵۲
٤	f۳	۳۸۳۹۰	۷۷٦۹۰
٤	f٤	۵۵۵۹۰	۱۰۹۷۱٤,۷۷۸
٦	f۱	۸۸٤۵۰	۵۷۹٦۰
٦	f۲	۱۵۸٤۰	۵۵٦۹۲
٦	f۳	۵۲۹۵۰	۷۷٦۹۰
٦	f٤	۷۵۵۹۸	۱۱۳۸۲۰
۱۲	f۱	۸۸٤۵۰	۳۷۳۱۸
۱۲	f۲	۱۵۸٤۰	۷۰٦۵۲
۱۲	f۳	۳۸۳۹۰	۷۷٦۹۰
۱۲	f٤	۵۵۵۹۰	۸٦۵۲۰
۱٤	f۱	۸۸٤۵۰	۳۱۲۸۰
۱٤	f۲	۱۵۸٤۰	۵۵٦۹۲
۱٤	f۳	۳۸۳۹۰	٦٤٤۹۰
۱٤	f٤	۵۵۵۹۰	٦۸۷۲۸

جدول ۲۲-: اختصاص انبار j با گنجایش نوع k

	k^1
٤	۱
٦	۱
۱۲	۱

۱	۱٦

جدول ۲۳- : اختصاص مرکز مواد خام i برای زیست توده نوع f در قیمت نوع p

شماره انبار	نوع زیست توده	انواع قیمت	
		p1	p2
۱	f۱	۱	-
۱	f۲	-	۱
۱	f۳	۱	-
۱	f٤	۱	-
۲	f۱	۱	-
۲	f۲	۱	-
۲	f۳	۱	-
۲	f٤	-	۱
۳	f۱	-	۱
۳	f۲	۱	-
۳	f۳	-	۱
۳	f٤	-	۱
٥	f۱	۱	-
٥	f۲	-	۱
٥	f۳	۱	-
٥	f٤	۱	-
۷	f۱	-	۱
۷	f۲	۱	-
۷	f۳	۱	-
۷	f٤	-	۱
۸	f۱	۱	-
۸	f۲	-	۱
۸	f۳	-	۱
۸	f٤	۱	-
۹	f۱	۱	-

۹	f۲	۱	-
۹	f۳	۱	-
۹	f٤	-	۱
۱۰	f۱	۱	-
۱۰	f۲	-	۱
۱۰	f۳	۱	-
۱۰	f٤	۱	-
۱۱	f۱	-	۱
۱۱	f۲	-	۱
۱۱	f۳	-	۱
۱۱	f٤	-	۱
۱۳	f۱	۱	-
۱۳	f۲	۱	-
۱۳	f۳	-	۱
۱۳	f٤	۱	-

از آن جا که بهینه سازی هزینه زنجیره تأمین زیست توده به مسائل NP-hard تعلق ندارد، رویکردهای حل ابتکاری موجود کارآمد هستند. بنابراین در این فصل با وارد کردن اطلاعات در مدل و پیاده سازی در نرم افزار GAMS نتایج را می‌توان به این صورت خلاصه نمود که تمام مراکز مواد خام به انبارها با مقادیر مختلف و انواع زیست توده‌ها عرضه را انجام دادند و تمام انبارها به پالایشگاه زیستی با انواع زیست توده‌ها مقدار مختلفی را عرضه نمودند. مقدار تابع هدف هزینه ۱٤٥ میلیون دلار محاسبه شد که هزینه‌های مراکز تهیه و نگهداری مواد خام، هزینه مراکز مواد اولیه به انبار و هزینه انبار به پالایشگاه زیستی به ترتیب ۷۸ میلیون دلار، ٦۰ میلیون دلار و ٥ میلیون دلار اختصاص یافت.

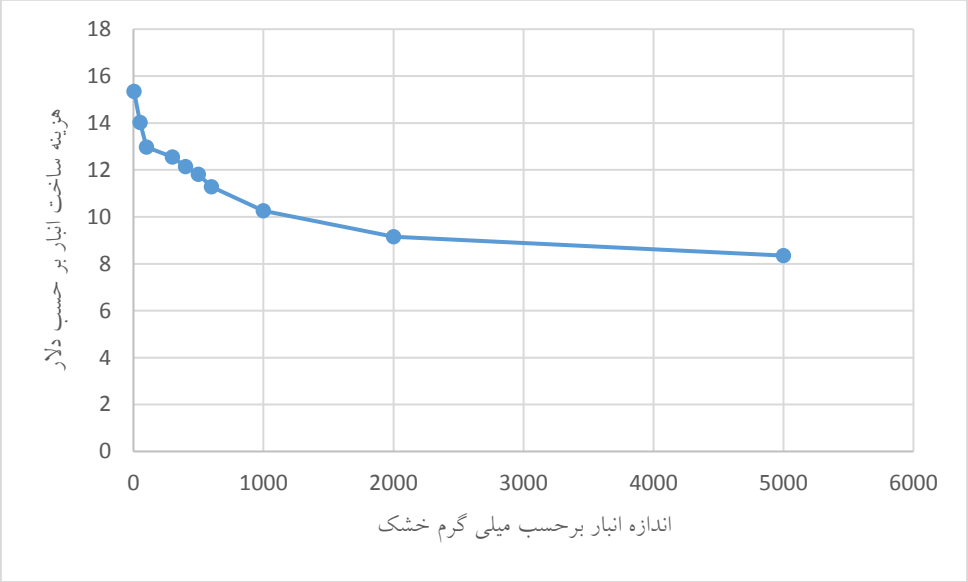
نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل از وارد کردن داده ها، نتایج حاکی از این است که از مرکز مواد خام شماره ۱ مقدار زیست توده عرضه شده برای کاه ذرت سه گذره و کاه ذرت دو گذره به هر ٤ انبار در بازه‌های ۱٥۳۰۰ و ۲۰۰۰۰ عرضه را انجام می‌دهد و از مرکز مواد خام شماره ۲ مقدار زیست توده عرضه شده برای کاه ذرت

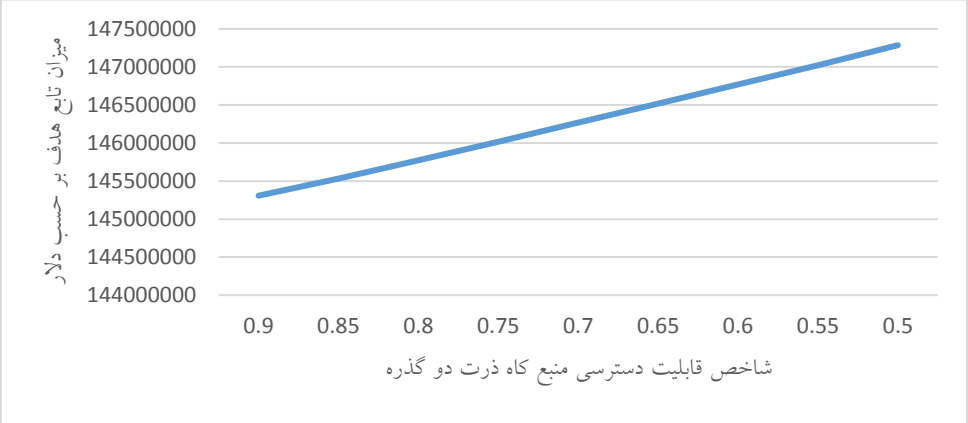
سه گذره، گیاه Switchgrass و علف چیده شده به هر ٤ انبار در بازه‌های ۲۵۷۰۰ و ۲۷۰۰۰ عرضه را انجام می‌دهد و از مرکز مواد خام شماره ۳ مقدار زیست توده عرضه شده برای کاه ذرت سه گذره، گیاه Switchgrass و علف چیده شده به هر ٤ انبار در بازه‌های ٤۲۳۱,۱۱۱ و ۲٤۰۰۰ عرضه را انجام می‌دهد و از مرکز مواد خام شماره ۵ مقدار زیست توده عرضه شده برای کاه ذرت سه گذره، کاه ذرت دو گذره، گیاه Switchgrass و علف چیده شده به هر ٤ انبار در بازه‌های ۱۸۰۰۰ و ۲۱۰۰۰ عرضه را انجام می‌دهد و از مرکز مواد خام شماره ۷ مقدار زیست توده عرضه شده برای کاه ذرت سه گذره، گیاه Switchgrass و علف چیده شده به هر ٤ انبار در بازه‌های ۱۷۰۰۰ و ۲۲۰۰۰ عرضه را انجام می‌دهد و از مرکز مواد خام شماره ۸ مقدار زیست توده عرضه شده برای کاه ذرت سه گذره، کاه ذرت دو گذره، گیاه Switchgrass و علف چیده شده به هر ٤ انبار در بازه‌های ۱۵۳۰۰ و ۳۰۰۰۰ عرضه را انجام می‌دهد و از مرکز مواد خام شماره ۹ مقدار زیست توده عرضه شده برای کاه ذرت دو گذره، گیاه Switchgrass و علف چیده شده به هر ٤ انبار در بازه‌های ۱٦۰۰۰ و ۲٤۰۰۰ عرضه را انجام می‌دهد و از مرکز مواد خام شماره ۱۰ مقدار زیست توده عرضه شده برای کاه ذرت سه گذره، گیاه Switchgrass و علف چیده شده به هر ٤ انبار در بازه‌های ۱۳۵۰۰ و ۲۱۰۰۰ عرضه را انجام می‌دهد و از مرکز مواد خام شماره ۱۰ مقدار زیست توده عرضه شده برای کاه ذرت سه گذره، گیاه Switchgrass و علف چیده شده به هر ٤ انبار در بازه‌های ۱۳۵۰۰ و ۲۱۰۰۰ عرضه را انجام می‌دهد و از مرکز مواد خام شماره ۱۱ مقدار زیست توده عرضه شده برای کاه ذرت سه گذره، کاه ذرت دو گذره، گیاه Switchgrass و علف چیده شده به هر ٤ انبار در بازه‌های ٦٥٦۳,۰٤۳ و ۲۹۰۰۰ عرضه را انجام می‌دهد و از مرکز مواد خام شماره ۱۳ مقدار زیست توده عرضه شده برای کاه ذرت دو گذره، گیاه Switchgrass و علف چیده شده به هر ٤ انبار در بازه‌های ۱٦۰۰۰ و ۲۱۰۰۰ عرضه را انجام می‌دهد.

هم چنین از انبار شماره ٤، ٤ نوع زیست توده کاه ذرت سه گذره، کاه ذرت دو گذره، گیاه Switchgrass و علف چیده شده با بازه مقدار عرضه ۳۸۳۹۰ الی ۱۰۹,۷۱٤ به پالایشگاه زیستی عرضه شد و از انبار شماره ٦، ٤ نوع زیست توده کاه ذرت سه گذره، کاه ذرت دو گذره، گیاه Switchgrass و علف چیده شده با بازه مقدار عرضه ۱۵۸٤۰ الی ۱۱۳۸۲۰ به پالایشگاه زیستی عرضه شد و از انبار شماره ۱۲، ٤ نوع زیست توده کاه ذرت سه گذره، کاه ذرت دو گذره، گیاه Switchgrass و علف چیده شده با بازه مقدار عرضه ۱۵۸٤۰ الی ۸۸٤۵۰ به پالایشگاه زیستی عرضه شد و از انبار شماره ۱٤، ٤ نوع زیست توده کاه ذرت سه گذره، کاه ذرت دو گذره، گیاه Switchgrass و علف چیده شده با بازه مقدار عرضه ۱۵۸٤۰ الی ۸۸٤۵۰ به پالایشگاه زیستی عرضه شد.

انجام تحلیل حساسیت بر روی پارامترهای اندازه انبار برحسب میلی گرم خشک و شاخص قابلیت دسترسی منبع کاه ذرت دو گذره انجام شد که نتایج آن به صورت نتایج شکل‌های (۱-۵) و (۲-۵) نشان داده شده است.



شکل ۱: تحلیل حساسیت هزینه ساخت انبار بر حسب دلار براساس اندازه انبار برحسب میلی گرم خشک



شکل ۲: تحلیل حساسیت میزان تابع هدف بر حسب دلار براساس شاخص قابلیت دسترسی منبع کاه ذرت دو گذره

منابع

فارسی:

- ایمانی، دین محمد، منصوری، الهام (۱۳۹۲). پیشنهاد الگوی لجستیک معکوس جامع برای صنعت سبز، زیست سازگار و اقتصادی، اولین همایش ملی محیط زیست، صنعت و اقتصاد، تهران، دانشگاه علامه طباطبائی، دانشکده اقتصاد.
- سقایی، مهسا و سلیمانی، حامد، (۱۳۹۷)، بهینه سازی زنجیره تامین تولید انرژی الکتریکی از زیست توده‌های جنگلی تحت شرایط عدم قطعیت،کنفرانس نوین پژوهش‌های نوین کاربردی در مدیریت،اصفهان.
- عباسی، مصطفی و پیشوایی، میرسامان، (۱۳۹۸)، طراحی شبکه زنجیره تامین زیست توده چوبی پالونیا با در نظر گرفتن محل‌های ذخیره سازی پویا : مطالعه موردی در ایران،شانزدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع،تهران.

انگلیسی:

- Chopra, Sunil; Meindl, peter ;(۲۰۱۰), Supply Chain Management Strategy, planning and Operation, fourth Edition, Pearson Education Publishing as Prentice Hall.
- Lamers, P., Roni, M. S., Tumuluru, J. S., Jacobson, J. J., Cafferty, K. G., Hansen, J. K., ... & Bals, B. (۲۰۱۵). Techno-economic analysis of decentralized biomass processing depots. *Bioresource technology*, *194*, ۲۰۵-۲۱۳.
- Perera, F. P. (۲۰۱۷). Multiple threats to child health from fossil fuel combustion: impacts of air pollution and climate change. *Environmental health perspectives*, *125*(۲), ۱٤۱-۱٤۸.
- Roni, M. S., Thompson, D. N., & Hartley, D. S. (۲۰۱۹). Distributed biomass supply chain cost optimization to evaluate multiple feedstocks for a biorefinery. *Applied Energy*, *254*, ۱۱۳٦٦۰.
- Zandi Atashbar, N., Labadie, N., & Prins, C. (۲۰۱۸). Modelling and optimisation of biomass supply chains: a review. *International Journal of Production Research*, *56*(۱۰), ۳٤۸۲-۳٥۰٦.