فصلنامه علمی – ترویجی «نشریه انرژی ایران»
دوره ۲۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶، صفحه ۴۳-۱۹

مدل برنامه‌ریزی قطعی توسعه ظرفیت پالایشگاه‌های تولید بیواتانول سوختی در ایران

[۱]مریم گودرزی* ، [۲]دکتر علیمراد شریفی ، [۳]دکتر بابک صفاری

تاریخ دریافت:
۱۳۹۶/۵/۲۱

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۶/۱۱/۱۷

کلمات کلیدی:
سوخت زیستی
اتانول زیستی
مدل برنامه‌ریزی قطعی
بهینه‌یابی

چکیده

هدف این مقاله، تعیین مدلی برای توسعه ظرفیت پالایشگاه‌های تولید بیواتانول ایران است. به دلیل متغیر بودن وضعیت آب و هوایی، در میزان مواد اولیه نااطمینانی وجود دارد، بنابراین یک مدل برنامه‌ریزی قطعی برپایه احتمالات پیشنهاد می‌شود. مدل برنامه‌ریزی قطعی خطی برای یک دوره و در چارچوب حداقل‌سازی هزینه‌های عرضه‌کننده سوخت ارائه گردیده است. مدلی که این نوشتار برای توسعه ظرفیت پالایشگاه‌های مورد بررسی ارائه می‌دهد درواقع به گونه‌ای است که هزینه‌های ناشی ازعرضه سوخت (بنزین و اتانول سوختی) توسط عرضه‌کننده را به حداقل می‌رساند. نتایج حاکی از آن است که توسعه ظرفیت پالایشگاه‌های مورد بررسی منجر به کاهش هزینه‌های عرضه کننده سوخت به میزان تقریبی ۶ میلیارد ریال می‌گردد.

۱. کارشناس ارشد توسعه اقتصادی و برنامه‌ریزی (نویسنده مسئول) Student_economic@yahoo.com
۲. دانشیار دانشکده علوم اداری و اقتصاد دانشگاه اصفهان asharifi@istt.org
۳. استادیار دانشکده علوم اداری و اقتصاد دانشگاه اصفهان babak.saffari@gmail.com

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-10]

۱. مقدمه

از دیرباز انرژی در زندگی بشر نقش مهمی ایفا می‌نموده و نحوه تأمین انرژی به صورتی که ارزان‌تر، ایمن‌تر و در دسترس‌تر باشد برای توسعه اقتصادی و بهبود زندگی امری شایان توجه بوده است. با این حال همچنان بخش عظیمی از انرژی مورد نیاز جهان از طریق سوخت‌های فسیلی تأمین می‌گردد که به دلیل تجدیدناپذیری و محدود بودن این منابع سوختی و نیز مشکلات زیست‌محیطی ناشی از مصرف آن‌ها توسعه اقتصادی جوامع بشری در سال‌های آتی با مشکلات جدی روبه‌رو می‌گردد. استفاده از سوخت‌های زیستی به عنوان یک جانشین مناسب برای سوخت‌های فسیلی چه از منظر اقتصادی و چه از منظر زیست‌محیطی مورد توجه است. به سوخت‌های حاصل از مواد آلی گیاهان مانند زیست‌توده شامل منابع اولیه‌ای همچون چوب و همچنین سوخت‌های اشتقاقی مانند اتانول، متانول و بیوگاز، سوخت زیستی می‌گویند (اسلسر،۱۹۸۹:۲۴). اتانول نیز نوعی سوخت است که اگر از زیست‌توده تولیدگردد، بیواتانول خوانده می‌شود. در واقع بیواتانول نام سیستماتیک اتیل الکل (C_2H_5OH) می‌باشد که مایعی قابل اشتعال، فرار و بی‌رنگ است، و جدا از ارزش آن به عنوان حلال و ماده خام در بسیاری از فرآیندهای شیمیایی، ممکن است به عنوان سوخت برای احتراق موتورها به تنهایی و یا به صورت مخلوط با بنزین استفاده شود (اسلسر،۱۹۸۹:۹۸). نیروهای محرک اقتصادی اصلی برای توسعه بیودیزل و بیواتانول درآسیا، امنیت انرژی، بهبود تراز تجارت وگسترش بخش کشاورزی است (ژوو[1] و دیگران،۲۰۰۹). در ایالات متحده شوک‌های نفتی و افزایش هوشیاری‌های زیست‌محیطی در دهه۱۹۷۰ و طرح سیاست‌های دولت فدرال برای کاهش وابستگی ایالات متحده به سوخت‌های فسیلی – خصوصاً نفت خام خارجی – موجب رشد صنایع اتانول گردید (سویتایرت[2]، ۲۰۰۸:۴۰). و بازار اتانول که در سال ۱۹۷۵ کمتر از یک میلیارد لیتر تولید می‌کرد در سال ۲۰۰۶ به رشد بیش از ۳۹ میلیارد لیتر رسید (لیچ[3]،۲۰۰۶). ایالات متحده امریکا و برزیل با یکدیگر حدود ۹۰ درصد از تولید سوخت زیستی را به خود اختصاص داده‌اند. در سال ۲۰۰۶ ایالات متحده امریکا ۱۸/۴ میلیارد لیتر (۴۶ درصد از تولید کل

1. Zhou
2. Soetaert
3. Licht

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-10]

جهان) و برزیل ۱۶ میلیارد لیتر اتانول (۴۲ درصد از کل تولید جهانی) را تولید کردند (گیامپیترو[1] و دیگران،۱۷۸:۲۰۰۹). برزیل نیز بیش از ۳۰ سال است که از اتانول در مقیاس وسیع برای سوخت اتومبیل‌ها استفاده می‌کند و در سال ۲۰۰۶ دومین تولیدکننده بزرگ جهان (ایالات متحده در سال ۲۰۰۶ پیشگام بود) بود و تنها کشوری است که سوخت زیستی در آن به شدت با مشتقات نفتی رقابت می‌کند (سویتایرت،۵۵:۲۰۰۸). در کشورهای امریکا و کانادا، بیواتانول به صورت ترکیب ۱۰٪ با بنزین کاربرد دارد که این مقدار نیاز به تعدیل موتور اتومبیل‌ها ندارد (لورنزین،۱۶۱:۲۰۱۰).

بیواتانول، معمولی‌ترین سوخت زیستی در جهان، به خصوص در برزیل است. برزیل بزرگ‌ترین صادرکننده اتانول زیستی در جهان محسوب می‌شود که تولید آن با استفاده از نیشکر صورت می‌گیرد. فرایند تولید در ایالات متحده امریکا اساساً بر غلات مبتنی بوده و در اتحادیه اروپا نیز مبنی بر ترکیبی از حبوبات و در مقیاس کمتر با استفاده از چغندر صورت می‌پذیرد. آرژانتین و برخی از کشورهای در حال توسعه (به عنوان مثال اندونزی، پاکستان و آفریقای جنوبی) نیز صادرکنندگان مهم اتانول محسوب می‌گردند. در این میان برزیل و ایالات متحده آمریکا دو مصرف کننده بزرگ اتانول زیستی بوده و هرکدام از این کشورها از تاریخچه طولانی در مصرف اتانول زیستی برخوردار می‌باشند (کوشن و دیگران ،۱۸۳:۱۳۹۰).

در ایران نیز میزان تولید ضایعات کشاورزی بسیار بالاست و روش برخورد فعلی با این ضایعات، اقتصادی بودن تولیدات کشاورزی را در بلندمدت مورد تردید قرار می‌دهد. از طرفی بیواتانول را می‌توان از پسماندهای کشاورزی استحصال نمود. پژوهش حاضر به دنبال ارائه مدلی برای توسعه ظرفیت پالایشگاه‌های تولید بیواتانول در ایران با محوریت استفاده ازپتانسیل موجود برخی از زائدات کشاورزی است و در این مسیر از تکنیک برنامه‌ریزی قطعی برپایه احتمالات برای تعیین الگوی توسعه ظرفیت استفاده می‌کند. هدف تصمیم‌گیری راجع به توسعه ظرفیت پالایشگاه‌های تولید بیواتانول ایران به منظور کاهش هزینه‌های عرضه‌کننده[2] سوختی است که قصد دارد بخشی از بنزین را با بیواتانول

1. Giampietro

۲. نگاه به موضوع از دیدگاه یک برنامه‌ریز اجتماعی (Social Planner) است، در واقع منظور یک عرضه‌کننده جمعی است که در مورد عرضه سوخت تصمیم‌گیری می‌کند.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-10]

جایگزین نماید. هدف مورد نظر با ارائه یک مدل برنامه‌ریزی قطعی برای حداقل کردن هزینه‌های تک دوره‌ای تأمین سوخت تحت یکسری قیود دنبال می‌گردد. در این‌گونه از تصمیم‌گیری‌ها، هنگام انتخاب جواب بهینه از میان مجموعه امکان‌پذیر، داده‌های مسئله بهینه‌سازی از قبل تعیین شده هستند (صفاری،۱۳۹۱:۸). در ادامه مبانی نظری بیان می‌گردد و بخش سوم به روش تحقیق اختصاص دارد. توصیف داده‌ها و نتایج تجربی به ترتیب در بخش چهارم و پنجم مورد بررسی قرار خواهد گرفت. نهایتاً در قسمت ششم جمع‌بندی صورت می‌گیرد.

۲. مبانی نظری

هم اکنون در کشور، ماده ام‌تی‌بی‌ئی[1](متیل ترا بوتیل اتر) به عنوان عامل اکسیژن‌دهنده به بنزین افزوده می‌شود. سردرد، سرگیجه، تهوع، آلرژی، و مشکلات تنفسی از مهم‌ترین و شایع‌ترین عوارض این ماده سرطان‌زا در انسان است. ام‌تی‌بی‌ئی در آب بسیار محلول است و پس از انتشار، با سرعتی بیش از سایر ترکیبات بنزین در خاک حرکت می‌کند. این ماده در سطوح کم موجب تغییر طعم و بوی آب آشامیدنی می‌گردد و بیش از سایر اجزای بنزین نسبت به تجزیه بیولوژیکی پایدار است. مطالعات نشان می‌دهند که این ماده به سرعت در سطح آب پراکنده می‌گردد و تبخیر آن از سطوح آب چندین هفته به دراز می‌کشد (ندیم[2] و دیگران،۲۰۰۱) در حالی که با جایگزین کردن اتانول به عنوان عامل اکسیژن دهنده، از میزان آلایندگی خودروهای بنزین سوز کاسته می‌شود. در داخل کشور مطالعه میدانی جدی در زمینه تولید و گسترش صنایع تولید اتانول سوختی صورت نگرفته است. پژوهش حاضر نیز درصدد انجام بهینه‌یابی برای انتخاب مکان و میزان بهینه و اقتصادی توسعه ظرفیت پالایشگاه‌های تولید بیواتانول ایران از طریق حداقل‌سازی هزینه‌های عرضه‌کننده سوخت، می‌باشد. در ادامه اقدام به معرفی چند مطالعه در زمینه توسعه ظرفیت پالایشگاه‌های اتانول می‌گردد:

1. MTBE(Methyl Tertiary Butyl Ether)
2. Nadim

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-10]

پارکر[1] و همکاران (۲۰۱۰) در مقاله‌ای تحت عنوان "توسعه بهینه منحنی عرضه پالایشگاه زیستی" یک مدل بهینه‌یابی برای تعیین مکان پالایشگاه زیستی گسترش می‌دهند. او و همکارانش پتانسیل عرضه سوخت زیستی در جنوب ایالات متحده از زیست توده کشاورزی، جنگلی و شهری را مورد ارزیابی قرار می‌دهند و اطلاعاتی همچون منابع مواد اولیه، موقعیت فعلی پالایشگاه‌ها و شبکه حمل و نقل را در یک مدل بهینه‌یابی عددصحیح مختلط به کار می‌گیرند. در این کار، موقعیت بهینه، نوع و اندازه تکنولوژی پالایشگاه زیستی با اعمال تابع هدف حداکثرسازی سود برای زنجیره عرضه و تقاضای سوخت زیستی ارائه می‌گردد. همچنین تحلیل حساسیتی به منظور کشف امکان‌پذیر بودن اعمال سیاست و تغییر در تکنولوژی انجام می‌دهند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که جایگزینی ۱۵٪ از تقاضای سوخت مایع حمل و نقل منطقه امکان‌پذیر می‌باشد.

لدوک[2] و همکاران (۲۰۱۰) در مقاله‌ای تحت عنوان "موقعیت بهینه پالایشگاه زیستی اتانول لیگنوسلولزی چند نسلی در سوئد" یک مدل تولید انرژی برای تولید اتانول ارائه می‌دهند. موقعیت جغرافیایی پالایشگاه نسبت به محل زیست توده و حمل و نقل سوخت و حرارت اهمیت دارد، بنابراین آنان یک مدل بهینه‌یابی برای تعیین مکان بهینه این پالایشگاه‌ها مدنظر دارند. و پارامترهای ورودی را برای بررسی تاثیر این پارامترها بر هزینه نهایی تولید اتانول و موقعیت بهینه پالایشگاه مورد مطالعه قرار می‌دهند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که نقش هزینه زیست‌توده و در دسترس بودن آن برای تعیین موقعیت پالایشگاه و رقابت‌پذیر بودن اتانول تولیدی با اتانول وارداتی بسیار مهم است. همچنین پیشنهاد تولید اتانول در سوئد و تغییر مکان پالایشگاه‌ها را می‌دهد.

جنکینز[3] و همکاران (۲۰۱۴) نیز در مقاله "مدل هزینه برای تولید سوخت زیستی مبتنی بر مواد اولیه جنگلی و کاربرد آن در تعیین اندازه بهینه تأسیسات" با اشاره به نگرانی‌ها راجع به کاربرد سوخت-های فسیلی و امنیت انرژی و افزایش سهم سوخت‌های زیستی در تأمین تقاضا، یک مدل ریاضی برای توصیف هزینه کل سالانه تأسیسات سوخت زیستی مبتنی بر زیست‌توده جنگلی را برای ایالت میشیگان

1. Parker
2. Leduc
3. Jenkins

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-10]

توسعه می‌دهند. این مدل شامل مدت برداشت منابع جنگل و جمع‌آوری، حمل و نقل، انبارداری، ساختار تأسیسات و هزینه‌های عملیاتی است. آنان اثر عوامل مختلف را بر اندازه تأسیسات و هزینه‌های واحدهای سوخت زیستی مورد مطالعه قرار می‌دهند. نتایج نشان می‌دهد که نرخ هزینه‌های حمل و نقل بر اندازه و هرینه‌های واحد موثر است.

رودریگاز گانزالز[1] و دیگران (۲۰۱۴) در مقاله خود با عنوان "بهینه‌یابی تصادفی با برنامه‌ریزی استراتژیک زنجیره تأمین پالایشگاه‌هایی زیستی: مدل‌های مقیاس بزرگ" برنامه‌ریزی استراتژیک زنجیره تأمین پالایشگاه‌ها را با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی عدد مختلط تصادفی دو مرحله ای فرموله نمودند که در آن عدم قطعیت تقاضای محصول و دسترسی به مواد خام را در نظر گرفته‌اند. مطالعه موردی آنان منطقه‌ای در جنوب‌شرقی ایالات متحده آمریکاست. مسأله بهینه‌یابی آن‌ها در مقیاس بزرگ انجام شده که شامل تعداد زیادی محدودیت و متغیر تصمیم و بیش از صد پارامتر می‌باشد. نتایج نه تنها بیشترین سود اقتصادی بلکه مناسب‌ترین مسیر تولید، محل و ظرفیت بهینه تولید از امکانات موجود برای پالایشگاه‌ها را نشان می‌دهد.

۳. روش تحقیق

بهینه‌سازی، فرآیند تجزیه و تحلیل و ارائه راه‌حل برای مسائلی است که در آن‌ها یک انتخاب از میان دامنه‌ای از انتخاب‌ها صورت می‌گیرد. انتخاب‌های امکان‌پذیر به عنوان عناصر مجموعه‌ای که به آن مجموعه امکان‌پذیر گفته می‌شود در نظر گرفته شده و هدف یافتن بهترین انتخاب (که لزوماً منحصر به فرد نمی‌باشد) و یا حداقل انتخاب یک گزینه بهتر نسبت به سایر گزینه‌ها است. انتخاب‌ها با استفاده از تخصیص یک تابع که تابع هدف نامیده می‌شود، با یکدیگر مقایسه می‌گردند. بهینه‌سازی می‌تواند به صورت گسسته و پیوسته صورت پذیرد که در حالت گسسته تعداد زیادی از گزینه‌ها با یکدیگر مقایسه شده اما این تعداد محدود است. در حالی که در حالت پیوسته انتخاب‌ها در قالب متغیرهای حقیقی قابل توصیف است و مجموعه امکان‌پذیر زیرمجموعه‌ای از فضای R_n است (روکافلر،۲:۲۰۰۱). برنامه‌ریزی قطعی، گونه‌ای از مدل‌های برنامه‌ریزی است، که در آن داده‌های مسئله بهینه‌سازی از پیش تعیین شده

1. Rodriguez-Gonzalez

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-10]

اند. در واقع در این گونه مدل‌ها متغیر وضعیت سیستم از قطعیت برخوردارند و در مورد شکل‌گیری آن‌ها به عنوان داده‌های مسئله هیچ‌گونه تردیدی وجود ندارد (روکافلر،۲۰۰۱:۴). از آن جا که به دلیل متغیر بودن شرایط جوی در مورد میزان مواد اولیه نااطمینانی وجود دارد بنابراین مدل برنامه‌ریزی قطعی برپایه احتمالات پیشنهاد می‌گردد. در این روش از سناریو[1] بهره برده می‌شود. در واقع سناریوها همان حالت‌های ممکن یک متغیر احتمالی هستند که با احتمال‌های مختلف امکان وقوع خواهند داشت (شاپیرو،۲۰۰۹). احتمال عبارت است از معیار کمی "شانس" و یا "امکان" این که یک واقعه معین اتفاق بیافتد (سوخکیان،۷۲).

چهار مجموعه در این پژوهش از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشند: مجموعه منابع تأمین مواد اولیه، مجموعه استان‌های عرضه‌کننده مواد اولیه، مجموعه پالایشگاه‌های تولید بیواتانول و مجموعه استان‌های مصرف‌کننده بیواتانول. همانطور که جدول ۱ نشان می‌دهد در فرآیند تولید بیواتانول i نوع مواد اولیه ، h استان عرضه کننده مواد اولیه ، k پالایشگاه و c استان مصرف‌کننده بیواتانول می‌باشد. w و Pw به ترتیب نماد سناریوها و احتمال هر سناریو می‌باشد. جدول ۱ فهرست علائم و اختصارات به کار برده شده در پژوهش حاضر را نشان می‌دهد:

1. Scenarios

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-10]

جدول۱. فهرست علائم و اختصارات

فهرست علائم واختصارات	
شاخص(زیر نویس)	پارامترها
i منابع عرضه مواد اولیه I=۱،۲،۳…	$\Theta_{i,h}$زیست‌توده در دسترس از موجودی منبع iواقع در شهر h برای پالایشگاه k
k پالایشگاه‌ها… k=۱،۲،۳	Δ_i ضریب تبدیل تولید نهایی بیواتانول در پالایشگاه k
c مراکز توزیع …c=۱،۲،۳	y_i قیمت هر واحد مواد اولیه از منبع i
h استان عرضه‌کننده مواد اولیه h=۱،۲،۳،…	τ_i هزینه حمل و نقل هر واحد مواد اولیه i
متغیرهای تصمیم	τ هزینه حمل و نقل هر واحد محصول نهایی از پالایشگاه k به شهرc
$s_{k,c}$میزان عرضه بیواتانول پالایشگاهk به شهر c	$d_{h,k}$ مسافت حمل و نقل مواد اولیه از شهر h تا پالایشگاه k
Se_eمیزان عرضه بنزین معمولی جهت تأمین نیاز مراکز توزیع c	$d_{k,c}$ مسافت حمل و نقل محصول نهایی از پالایشگاه k تا شهر c
$X_{i,h,k,w}$مواد اولیه عرضه شده i از استانh به پالایشگاه k در سناریو w	D_cتقاضا شهر c برای سوخت
مفاهیم	φ_kظرفیت پالایشگاه k ام برای تولید بیواتانول
w نماد سناریو برای متغیرهای تصادفی	β_i هزینه فراوری هریک از نهاده‌ها و تبدیل آن به بیواتانول
p_wاحتمال سناریو از هر متغیر تصادفی	Peهزینه تولید هر واحد بنزین
	ec هزینه خارجی ناشی از مصرف هر واحد بنزین

زیست‌توده مورد نیاز از استان عرضه‌کننده مواد اولیه به پالایشگاه مورد نظر حمل می‌گردد. سپس فرآیند تولید صورت می‌پذیرد و در نهایت بیواتانول تولیدی جهت عرضه به استان‌های مصرف‌کننده حمل می‌شود. میزان مواد اولیه، با توزیع احتمال مشخص می‌باشد. تابع هدف مسئله، حداقل‌سازی هزینه عرضه‌کننده سوخت می‌باشد که قصد دارد بخشی از بنزین مصرفی را با بیواتانول سوختی جایگزین کند. در این راستا متغیرهای تصمیم عبارتند از: ۱- میزان مواد اولیه مصرفی، ۲- میزان بیواتانول عرضه شده و ۳- میزان بنزین عرضه شده.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-10]

برای حل و بررسی یک مسأله بهینه‌سازی، در ابتدا باید آن را مدل نمود. مدل کردن به این معنی است که مسأله را با متغیرها و روابط ریاضی توصیف گردد، به طوری که مسأله بهینه‌سازی را حل نماید.

لازم به تذکر است که منظور از پالایشگاه در پژوهش حاضر، پالایشگاه تولید اتانول زیستی می‌باشد. همچنین در طراحی مدل‌های پژوهش حاضر فروض زیر در نظر گرفته شده است:

۱. تکنولوژی تبدیل ضایعات مختلف به اتانول در پالایشگاه‌های مختلف یکسان است.

۲. هزینه فرآوری، در پالایشگاه‌های مختلف برابر است.

۳. به دلیل عدم دسترسی به هزینه‌های پالایشگاه‌های مختلف، تابع هزینه با فرض ثابت بودن هزینه نهایی پالایشگاه‌ها به فرم خطی در نظر گرفته شده است.

تابع هدف

با فرض این که به دلیل متغیر بودن شرایط آب و هوایی، میزان مواد اولیه موجود برای تولید بیواتانول احتمالی است، مدلی قطعی بر پایه احتمالات پیشنهاد می‌گردد. تابع هدف و محدودیت‌ها برای مدل پیشنهادی به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$Min(\sum_{i=1}^{I}\sum_{h=1}^{H}\sum_{k=1}^{K}\sum_{w=1}^{W}\rho_w x_{i,h,k,w} y_i + \sum_{i=1}^{I}\sum_{k=1}^{K}\sum_{h=1}^{H}\sum_{w=1}^{W}\rho_w x_{i,h,k,w} d_{h,k}\tau_i + \sum_{i=1}^{I}\sum_{h=1}^{H}\sum_{k=1}^{K}\sum_{w=1}^{W}\rho_w x_{i,h,k,w}\beta_i + \sum_{k=1}^{K}\sum_{c=1}^{C} s_{k,c} d_{k,c}\tau + \sum_{c=1}^{C} se_c(pe+ec) \quad (۱)$$

تابع هدف، در پی حداقل کردن هزینه‌هایی است که به ترتیب عبارتند از : هزینه انتظاری خرید مواد اولیه، هزینه انتظاری حمل و نقل مواد اولیه، هزینه انتظاری فرآوری و تولید بیواتانول، هزینه حمل و نقل بیواتانول و در نهایت هزینه تأمین بنزین.

محدودیت‌های مدل

محدودیت تأمین مواد اولیه، میزان مواد اولیه مصرفی انتظاری برای تولید بیواتانول باید کمتر یا برابر با میزان مواد اولیه در دسترس انتظاری باشد.

$$\sum_{k=1}^{K} x_{i,h,k,w} \le \theta_{i,h,w}, \forall i, \forall k, \forall h, \forall w \quad (۲)$$

محدودیت ظرفیت: میزان تولید بیواتانول نمی‌تواند از ظرفیت تولید پالایشگاه‌ها تجاوز نماید.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-10]

$$\sum_{c=1}^{C} s_{k,c} \le \varphi_k \quad (۳)$$

محدودیت موازنه مواد هر یک از مواد اولیه مصرفی انتظاری با یک نسبت مشخصی به محصول نهایی تبدیل می‌گردد.

$$\sum_{c=1}^{C} s_{k,c} = \left(\sum_{i=1}^{I} \sum_{h=1}^{H} x_{i,h,k,w} \Delta_i \right), \forall i, \forall k, \forall h, \forall w \quad (۴)$$

محدودیت ترکیب اتانول سوختی: همان طور که اشاره گردید، با ترکیب حداکثر ۱۰ درصد اتانول با بنزین، موتور اتومبیل نیاز به تعدیل نخواهد داشت. بنابراین محدودیت (۳-۵) گویای محدودیت در ترکیب بیواتانول با بنزین می‌باشد.

$$\sum_{k=1}^{K} s(k,c) \le 0.1 D_c \quad (۵)$$

محدودیت توازن فروش وتقاضا: برابری عرضه و تقاضای سوخت و شرط تعادل بازار می‌باشد.

$$(\sum_{k=1}^{K} s_{k,c}) + se_c = D_c, \forall k, \forall c \quad (۶)$$

محدودیت نامنفی بودن متغیرهای تصمیم: در نهایت این محدودیت نشان می‌دهد که همه متغیرهای تصمیم نامنفی هستند.

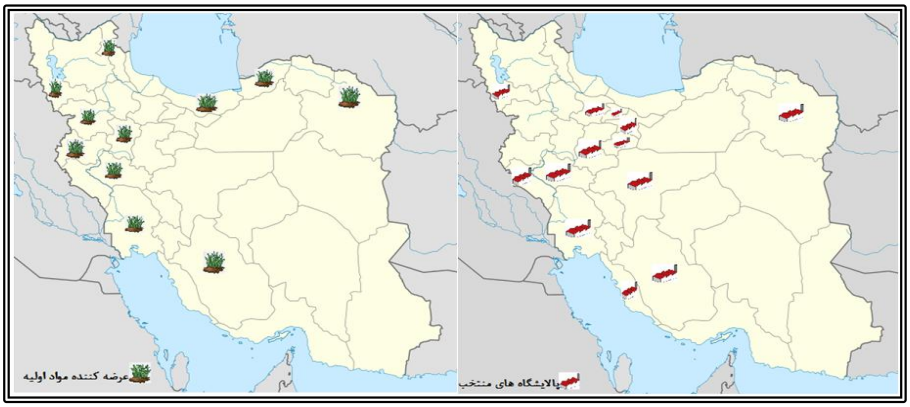
$$x_{i,h,k,w}, s_{k,c}, se_c \ge 0, \forall i, \forall k, \forall h, \forall c, \forall w \quad (۷)$$

٤. توصیف داده‌ها

در مطالعه حاضر شش نوع مواد اولیه مورد توجه می‌باشد که تماماً شامل ضایعات کشاورزی است. مواد اولیه شامل ضایعات محصولات گندم، جو، برنج، ذرت، نیشکر و چغندرقند می‌باشد که ضایعات نیشکر و چغندرقند با یکدیگر تحت عنوان ملاس ظاهر می‌گردد. در ایران ۲۵٪ از ذرت، ۵۰٪ از گندم، ۲۰٪ از جو و ۳۰٪ از محصول برنج به صورت ضایعات از دست می‌رود (نجفی، ۲۰۰۹). یازده استان پرمحصول نیز تأمین‌کننده مواد اولیه خواهند بود که عبارتند از استان‌های خوزستان، فارس، خراسان‌رضوی، گلستان، کرمانشاه، همدان، اردبیل، آذربایجان‌غربی، کردستان، مازندران و لرستان. سیزده استان

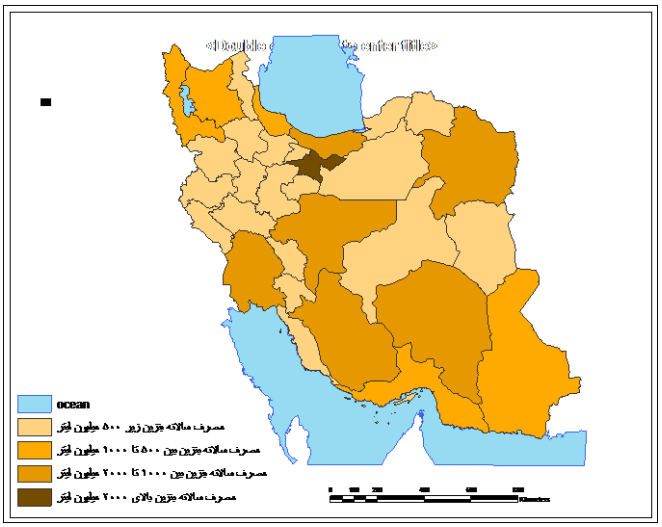
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-10]

تولیدکننده بیواتانول شامل استان‌های خراسان رضوی، فارس، بوشهر، خوزستان، اصفهان، لرستان، ایلام، مرکزی، قم، تهران، قزوین، زنجان و آذربایجان‌غربی مورد بررسی قرار خواهند گرفت. شکل ۱ محل استقرار استان‌های عرضه‌کننده مواد اولیه و پالایشگاه‌ها را نشان می‌دهد:



شکل۱. نقشه محل استقرار پالایشگاه‌ها و عرضه‌کنندگان مواد اولیه

مصرف سوخت همه استان‌های ایران (۳۱ استان) نیز مدنظر می‌باشد. مواد اولیه و بیواتانول تولیدی از طریق حمل و نقل جاده‌ای منتقل خواهند شد. شکل ۲ نیز نقاط مصرف سوخت را نشان می‌دهد که با توجه به میزان مصرف، در نقشه زیر به چهار دسته تقسیم شده است:



شکل۲. نقشه نقاط مصرف سوخت

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-10]

جدول ۲، ظرفیت سالانه پالایشگاه‌های مورد بررسی را منعکس می‌نماید. پالایشگاه خوزستان بیشترین ظرفیت و پالایشگاه قم کمترین ظرفیت را به خود اختصاص داده‌اند:

جدول۲. ظرفیت سالانه پالایشگاه‌های هر استان(تن)

پالایشگاه	ظرفیت	پالایشگاه	ظرفیت
خراسان‌رضوی	۱۲۰۰	مرکزی	۱۴۴۰
فارس	۴۵۶۰	قم	۴۸۰
بوشهر	۱۲۰۰	تهران	۲۴۰۰
خوزستان	۳۴۸۰۰	قزوین	۳۱۲۰
اصفهان	۳۶۰۰	زنجان	۱۶۸۰
لرستان	۶۰۰۰	آذربایجان‌غربی	۳۲۴۰
ایلام	۱۴۴۰		

منبع: انجمن صنفی تولیدکنندگان اتانول ایران و محاسبات پژوهش

برای لحاظ کردن عدم قطعیت در میزان مواد اولیه سه سناریو در نظر گرفته شده است، سال پرمحصول، سال با محصول متوسط و سال کم محصول. برای دستیابی به توزیع احتمال متغیر احتمالی از روشی آماری بهره برده شده است. به این صورت که میزان تولید شش محصول مورد بررسی در یازده استان عرضه‌کننده طی هشت سال (۱۳۸۶-۱۳۹۳) مورد ارزیابی قرار داده و با طبقه بندی کردن میزان محصولات در سه طبقه و استفاده از توزیع فراوانی هر طبقه به توزیع احتمال مشخص برای هر کدام از محصولات مورد بررسی دست یافته‌ایم. همچنین میزان مواد اولیه نسبت به میانگین نیز با استفاده از امید ریاضی و انحراف معیار داده‌ها برای هر طبقه حاصل گردیده است. لازم به تذکر است که دو محصول چغندرقند و نیشکر جمعاً تحت عنوان ملاس ظاهر می‌گردد. جدول ۳ این احتمالات را منعکس می‌نماید.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-10]

جدول۳. احتمالات و میزان مواد اولیه در دسترس نسبت به میانگین تحت هر سناریو

مواد اولیه	احتمالات			میزان مواد اولیه نسبت به میانگین		
	کم محصول	متوسط	پرمحصول	کم محصول ($\mu-\sigma$)	متوسط (μ)	پرمحصول ($\mu+\sigma$)
ضایعات گندم	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۱۴	۰/۳	۱	۱/۷
ضایعات جو	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۷۱	۰/۹	۱	۱/۱
ضایعات برنج	۰/۲۹	۰/۵۷	۰/۱۴	۰/۷	۱	۱/۳
ضایعات ذرت	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۱۴	۰/۸	۱	۱/۲
ملاس	۰/۲۹	۰	۰/۷۱	۰/۹۷	۱	۱/۰۳

منبع: محاسبات پژوهش

به دلیل گستردگی محدوده مورد بررسی و تعدد پارامترها، در جدول۴ به ارائـه تعـداد محـدودی از پارامترهای مهم مدل اکتفا می‌گردد.

جدول۴. خلاصه‌ای از پارامترها

پارامترها		مقدار	واحد
ضریب تبدیل ضایعات گندم	Δ(wheat)	٪۲۷/۷	درصد
ضریب تبدیل ضایعات جو	Δ(barley)	٪۲۰	درصد
ضریب تبدیل ضایعات برنج	Δ(rice)	٪۳۴/۴	درصد
ضریب تبدیل ضایعات ذرت	Δ(corn)	٪۲۸/۸	درصد
ضریب تبدیل ملاس	Δ(molasses)	٪۲۰	درصد
هزینه فرآوری ضایعات گندم	β(wheat)	۳/۶۸	میلیون ریال به ازای هر تن
هزینه فرآوری ضایعات جو	β(barley)	۲/۶۵	میلیون ریال به ازای هر تن
هزینه فرآوری ضایعات برنج	β(rice)	۳/۱۸	میلیون ریال به ازای هر تن
هزینه فرآوری ضایعات ذرت	β(corn)	۴/۹۵	میلیون ریال به ازای هر تن
هزینه فرآوری ملاس	β(molasses)	۱/۹۰	میلیون ریال به ازای هر تن
قیمت ضایعات گندم	Y(wheat)	۲/۴۳	میلیون ریال به ازای هر تن
قیمت ضایعات جو	Y(barley)	۲/۴۳	میلیون ریال به ازای هر تن
قیمت ضایعات برنج	Y(rice)	۱/۸۴	میلیون ریال به ازای هر تن

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-10]

پارامترها		مقدار	واحد
قیمت ضایعات ذرت	Y(corn)	۱/۲۰	میلیون ریال به ازای هر تن
قیمت ملاس	Y(molasses)	۶	میلیون ریال به ازای هر تن
حمل و نقل مواد اولیه	τ(i)	۶۱۸	ریال به ازای یک کیلومتر برای هر تن
حمل و نقل بیواتانول	τ	۵۱۹	ریال به ازای یک کیلومتر برای هر تن
قیمت بنزین فوب	pe	۱۶۱۶۰	ریال به ازای هر لیتر
هزینه خارجی مصرف بنزین	ec	۲۰۰۰	ریال به ازای هر لیتر

منبع: بالت و دیگران، ۲۰۰۸- شبکه اطلاعات کشاورزی جهانی۱، (سوارز۲،۲۰۱۱:۱۱۱)، سازمان کشاورزی آمریکا -itpnews، کارخانه ویسیان- کانون شرکت و موسسات حمل و نقل استان اصفهان- سایت indexmundi- عتابی و همکاران (۱۳۹۱)- محاسبات پژوهش.

نتایج تجربی

مدل قطعی پیشنهادی در پژوهش حاضر که شامل ۲۵۴معادله و۲۵۸۰ متغیر بودکه در ۳۲۶ سطر وبه صورت مدل خطی حداقل‌سازی تابع هزینه عرضه‌کننده سوخت با استفاده از داده‌های سال ۱۳۹۳، تحت احتمالی بودن مواد اولیه مصرفی، در نرم‌افزار GAMS کدنویسی وحل گردید. ابتدا در جدول ۵ مقایسه‌ای میان میزان و هزینه مصرف فعلی و مصرف بهینه سوخت انجام می‌شود. در واقع با توجه به محدود بودن ظرفیت پالایشگاه‌های موجود، تنها ۰/۳۶ درصد از کل تقاضای بنزین را با اتانول سوختی می‌توان جایگزین نمود و همین مقدار نیز منجر به صرفه‌جویی در هزینه‌های عرضه‌کننده به میزان ۱۰۸/۴ میلیارد ریال می‌گردد.

1. Global Agriculture Information Network (GAIN)
2. Suárez

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-10]

جدول ۵. مقایسه میزان و هزینه مصرف کنونی و مصرف بهینه سوخت

	مصرف کنونی	مصرف بهینه	
	بنزین	بنزین	بیواتانول
میزان(هزار تن)	۱۸۲۰۵/۰۸	۱۸۱۳۹/۹۲	۶۵/۱۶
درصد	۱۰۰	۹۹/۶۴	۰/۳۶
هزینه (ریال به ازای کیلوگرم)	۲۲۴۴۴/۴۴	۲۲۴۴۴/۴۴	۱۵۰۷۱/۷
هزینه کل(میلیارد ریال)	۴۶۳۲۱۸/۱	۴۶۱۵۶۰/۲	۹۸۲/۰۷
مجموع هزینه(میلیارد ریال)	۴۶۳۲۱۸/۱	۴۶۲۵۴۲/۳	
میزان صرفه جویی (میلیارد ریال)		۶۷۵/۸۸۲	

منبع: محاسبات پژوهش

به دلیل تأثیر هزینه حمل و نقل و همچنین محدود بودن میزان تولید، نتایج حل مدل توصیه می‌کند که اتانول سوختی در همان استانی که تولید می‌گردد به مصرف برسد.

نتایج حل مدل نشان می‌دهد که در شرایط احتمالی بودن میزان مواد اولیه، ناشی از متغیر بودن وضعیت جوی، تولیدات با استفاده از ضایعات برنج مقرون به صرفه می‌باشد دلیل این امر قیمت پایین ضایعات برنج و ضریب تبدیل بالای این ضایعات نسبت به سایر مواد اولیه از یک طرف و محدود بودن ظرفیت پالایشگاه‌های موجود از طرف دیگر می‌باشد. جدول ۶ نیز سهم مصرف هر پالایشگاه از مواد اولیه استان‌های عرضه‌کننده را تحت سناریوهای مختلف منعکس می‌نماید:

جدول۶. سهم مصرف هر پالایشگاه از مواد اولیه(ضایعات برنج)

پالایشگاه	استان عرضه کننده مواد اولیه	سال کم محصول	سال با محصول متوسط	سال پر محصول
خراسان رضوی	خراسان رضوی	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	گلستان	۰	۴/۱	۰
فارس	فارس	۰	۳۶/۲	۰
بوشهر	فارس	۰	۹/۵	۰
خوزستان	خوزستان	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	مازندران	۰	۳/۶	۰

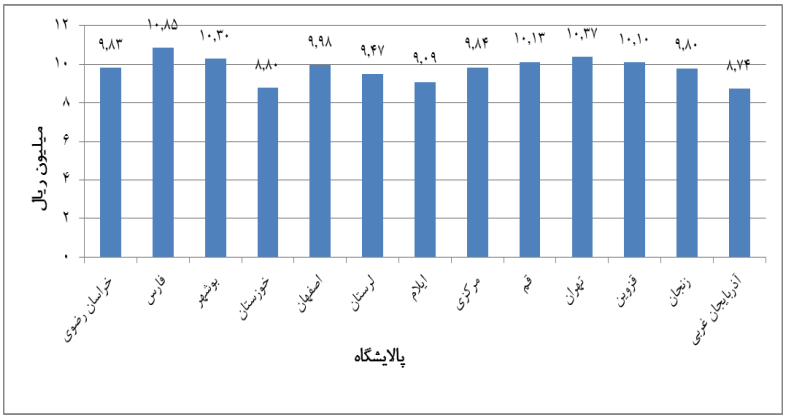
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-10]

پالایشگاه	استان عرضه کننده مواد اولیه	سال کم محصول	سال با محصول متوسط	سال پر محصول
اصفهان	فارس	۰	۲۸/۶	۰
لرستان	لرستان	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	مازندران	۰	۷/۷	۰
ایلام	کرمانشاه	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	مازندران	۰	۲/۳	۰
مرکزی	مازندران	۰	۲/۵	۰
قم	مازندران	۰	۰/۸	۰
تهران	مازندران	۰	۴/۱	۰
قزوین	مازندران	۰	۵/۳	۰
زنجان	مازندران	۰	۲/۹	۰
آذربایجان غربی	اردبیل	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	آذربایجان غربی	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	مازندران	۰	۵/۳	۰

منبع: محاسبات پژوهش

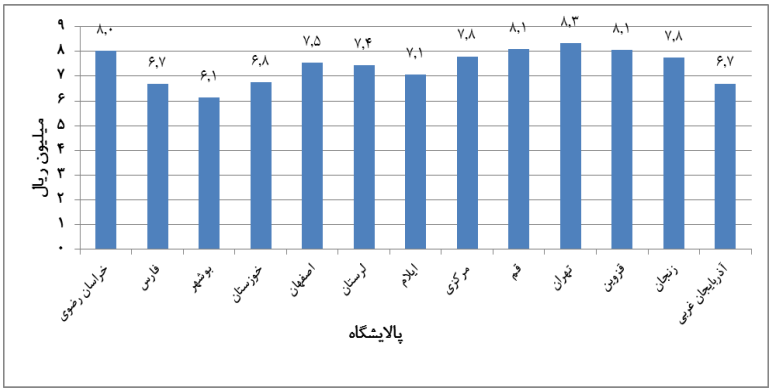
قیمت‌های سایه‌ای مدل پیشنهادی نشان می‌دهد توسعه ظرفیت همه پالایشگاه‌های مورد بررسی منجر به کاهش هزینه‌های عرضه‌کننده سوخت می‌گردد. در این میان توسعه ظرفیت پالایشگاه استان-های فارس، تهران، بوشهر، قم و قزوین بیش از سایر پالایشگاه‌ها هزینه عرضه‌کننده سوخت را کاهش خواهد داد. دلیل این امر نزدیک بودن این پالایشگاه‌ها به قطب‌های تولید برنج (به عنوان اولین نهاده اقتصادی در تولید بیواتانول بر طبق مدل پیشنهادی) است که از پتانسیل آن‌ها به طور کامل استفاده نگردیده است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-10]



شکل۳. نمودار قیمت‌های سایه‌ای محدودیت ظرفیت مدل اولیه

هدف این است که با توجه به قیمت‌های سایه ای اقدام به توسعه پالایشگاه‌های موجود گردد. همان طور که شکل ۳ نشان می‌دهد، توسعه پالایشگاه فارس، تهران، بوشهر، قم و قزوین بیش از سایر پالایشگاه‌ها منجر به کاهش هزینه عرضه کننده سوخت می‌شود. بنابراین در مدل پیشنهادی اقدام به افزایش ظرفیت این پالایشگاه‌ها می گردد و این کار تا جایی ادامه می‌یابد که با توجه به قیمت‌های سایه‌ای، توسعه ظرفیت پالایشگاه‌های مورد نظر بیش از توسعه سایر پالایشگاه‌ها منجر به کاهش هزینه عرضه سوخت گردد. بدین ترتیب، توسعه ظرفیت در چند گام صورت می گیرد و در هر نقطه‌ای که قیمت‌های سایه‌ای توسعه ظرفیت پالایشگاه‌های دیگری را پیشنهاد کند گام بعد شروع می گردد و این بار اقدام به توسعه ظرفیت پالایشگاه‌های مورد نظر می گردد. در گام اول بعد از توسعه ظرفیت نمودار قیمت‌های سایه‌ای به صورت شکل ۴ می گردد:



شکل۴ . نمودار قیمت‌های سایه‌ای در گام اول

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-10]

با توجه به شکل ۴ گام دوم آغاز می‌گردد و در این گام اقدام به توسعه ظرفیت پالایشگاه‌های خراسان رضوی، قم، تهران و قزوین می‌گردد. به همین ترتیب با توجه به الگویی که قیمت‌های سایه ای پیشنهاد می‌کند اقدام به توسعه ظرفیت پالایشگاه‌ها می‌گردد و تا زمانی که قیمت‌های سایه‌ای مربوط به محدودیت ظرفیت صفر شود این روند ادامه می‌یابد. جدول ۷ میزان افزایش ظرفیت هر پالایشگاه را در هر گام منعکس می‌نماید:

جدول۷. میزان توسعه ظرفیت هر پالایشگاه در هر گام

گام	پالایشگاه	ظرفیت	گام	پالایشگاه	ظرفیت	گام	پالایشگاه	ظرفیت
۱	فارس	۱۳۰۸۰	۲	خراسان رضوی	۱۳۰۰	۳	خراسانرضوی	۲۳۰۰
	بوشهر	۶۱۲۰		قم	۲۴۰۸۰		مرکزی	۲۴۴۰
	قم	۲۲۳۷۸		تهران	۴۵۹۵۸		قم	۲۵۰۸۰
	تهران	۴۴۲۵۶		قزوین	۲۶۷۲۰		تهران	۴۶۹۵۸
	قزوین	۲۵۰۱۸					قزوین	۲۷۷۲۰
							زنجان	۲۶۸۰
٤	خراسان رضوی	۵۸۴۴۵	۵	خراسان رضوی	۶۳۷۶۳	٦	آذربایجان غربی	۲۴۹۱۹
	فارس	۱۱۴۲۱۱		فارس	۱۲۰۳۳۱			
	خوزستان	۹۱۳۱۴		خوزستان	۱۱۸۰۸۶			
	لرستان	۸۳۰۴		لرستان	۱۳۲۱۴			
	قم	۲۶۷۰۰		ایلام	۱۱۴۴۹			
	تهران	۵۳۹۴۴		مرکزی	۷۵۷۷			
	قزوین	۲۹۳۴۰		قم	۳۲۰۱۸			
	آذربایجان غربی	۲۰۷۶۹		تهران	۸۷۱۸۲			
				قزوین	۳۴۶۵۸			
				زنجان	۷۴۹۱			

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-10]

گام	پالایشگاه	ظرفیت	گام	پالایشگاه	ظرفیت	گام	پالایشگاه	ظرفیت
۷	خراسانرضوی خوزستان ایلام مرکزی قم تهران قزوین زنجان	۶۵۱۷۲ ۱۲۴۲۰۷ ۱۱۸۶۱ ۱۱۲۲۷ ۳۳۴۲۷ ۹۳۷۸۳ ۳۶۰۶۷ ۱۱۱۴۱	۸	خراسانرضوی فارس خوزستان لرستان ایلام مرکزی قم تهران قزوین زنجان آذربایجان غربی	۱۲۴۰۵۹ ۲۳۴۰۱۳ ۲۵۵۵۶۸ ۸۲۴۱۷ ۷۵۹۵۹ ۶۷۲۸۷ ۴۴۶۱۹ ۱۹۷۵۲۵ ۴۷۷۳۳ ۷۳۲۲۵ ۷۲۱۶۴	۹	تهران زنجان	۲۰۲۷۲۰ ۷۸۴۲۰
۱۰	فارس	۲۴۰۱۳۳	۱۱	تهران زنجان	۲۳۴۴۲۲ ۹۹۲۲۷	۱۲	ایلام زنجان	۱۰۳۸۱۹ ۹۹۸۶۶
۱۳	مرکزی زنجان	۷۴۱۷۴ ۱۴۷۵۹۹	۱٤	خراسان رضوی	۱۲۶۵۴۵			

به دلیل این که در مدل پیشنهادی پس از اقدام به توسعه ظرفیت تنها استفاده از ضایعات برنج، ذرت و گندم به عنوان مواد اولیه برای پالایشگاه‌ها مقرون به صرفه است، توسعه ظرفیت تا استفاده کامل از پتانسیل این ضایعات ادامه می‌یابد و درست در جایی که کل این ضایعات مورد استفاده قرار می‌گیرد، توسعه ظرفیت نیز متوقف می‌شود. همچنین به دلیل حضور هزینه‌های حمل و نقل در مدل، توسعه ظرفیت پالایشگاه‌های نزدیک به استان‌های عرضه‌کننده ضایعات مورد نظر در اولویت قرار دارد.

جدول ۸ مقایسه میزان و هزینه مصرف کنونی و مصرف بهینه سوخت را بعد از اعمال کامل توسعه ظرفیت نشان می‌دهد. همان طور که ملاحظه می‌گردد این بار حدود ۷/۱۳ درصد از بنزین مصرفی با بیواتانول جایگزین می‌گردد و این امر سبب صرفه‌جویی در هزینه‌های عرضه‌کننده سوخت به میزان تقریبی ۶ میلیارد ریال می‌گردد:

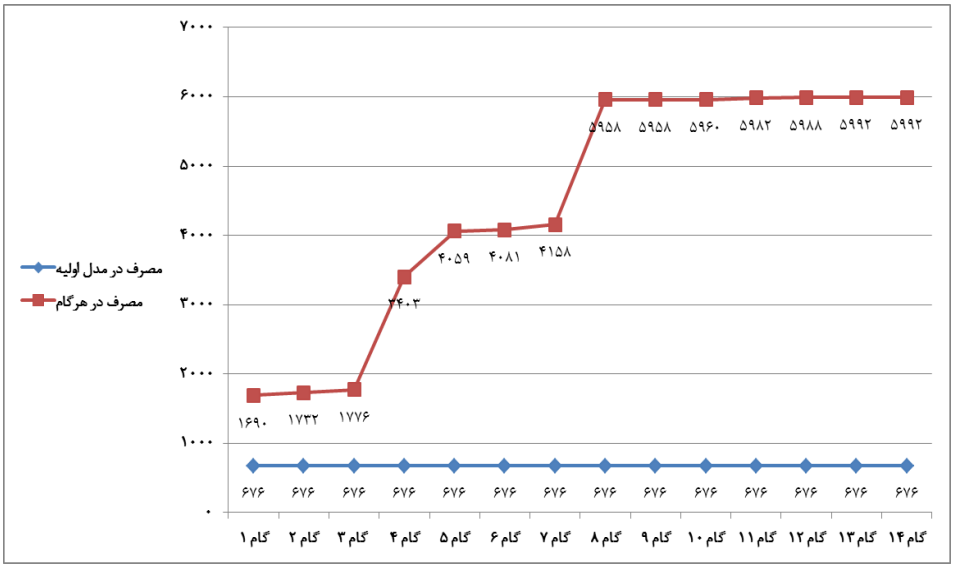
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-10]

جدول ۸. مقایسه میزان و هزینه مصرف کنونی و مصرف بهینه سوخت در آخرین گام

	مصرف کنونی	مصرف بهینه	
	بنزین	بنزین	بیواتانول
میزان(هزار تن)	۱۸۲۰۵/۰۸	۱۶۹۰۷/۲۵	۱۲۹۷/۸۳
درصد	۱۰۰	۹۲/۸۷	۷/۱۳
هزینه (ریال به ازای کیلوگرم)	۲۵۴۴۴/۴۴	۲۵۴۴۴/۴۴	۲۰۸۲۷/۴
هزینه کل(میلیارد ریال)	۴۶۳۲۱۸/۱۴	۴۳۰۱۹۵/۶	۲۷۰۳۰/۴۳
مجموع هزینه(میلیارد ریال)	۴۶۳۲۱۸/۱۴	۴۵۷۲۲۶	
میزان صرفه جویی (میلیارد ریال)		۵۹۹۲/۱	

منبع: محاسبات پژوهش

شکل ۵ میزان صرفه‌جویی در هزینه‌های عرضه‌کننده ناشی از مصرف در هر گام در مقایسه بـا مصـرف در حل اولیه مدل را نشان می‌دهد:



شکل ۵. نمودار مقایسه صرفه جویی در هزینه ناشی از مصرف در هر گام در مقایسه با مصرف در حل اولیه

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-10]

جدول ۹ نیز سهم استفاده پالایشگاه هر استان از کل ظرفیتشان را نشان می‌دهد. الگوی توسعه ظرفیت براساس قیمت‌های سایه‌ای تعطیلی کامل پالایشگاه‌های بوشهر، اصفهان، قم و قزوین را پیشنهاد می‌دهد، زیرا تولید این واحدها با صرفه اقتصادی همراه نخواهد بود. پالایشگاه‌های لرستان و آذربایجان غربی نیز تنها با بخشی از ظرفیت خود اقدام به تولید می‌نمایند.

جدول ۹. سهم استفاده پالایشگاه‌ها از کل ظرفیتشان (درصد)

پالایشگاه	سهم	پالایشگاه	سهم	پالایشگاه	سهم
خراسان رضوی	۱۰۰	لرستان	۵۷/۲	تهران	۱۰۰
فارس	۱۰۰	ایلام	۱۰۰	قزوین	۰
بوشهر	۰	مرکزی	۱۰۰	زنجان	۱۰۰
خوزستان	۱۰۰	قم	۰	آذربایجان غربی	۹۴/۸
اصفهان	۰				

منبع: یافته‌های پژوهش

از آن جا که تنها امکان جایگزینی ۱۰٪ از بنزین مصرفی با اتانول سوختی وجود دارد، در حالتی که توسعه ظرفیت اعمال می‌گردد، هر پالایشگاه پس از جایگزینی ۱۰ درصدی سوخت استان محل اسقرارش مابقی اتانول تولیدی را به سایر استان‌های همجوار صادر می‌نماید. شکل ۵ نقشه نحوه توزیع اتانول سوختی بین استان‌ها را به نمایش می‌گذارد:

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-10]

شکل ۵. نقشه توزیع اتانول بین استان‌های کشور

٦. نتیجه‌گیری

تجدیدناپذیری سوخت‌های فسیلی، توسعه پایدار، متنوع ساختن منابع انرژی برای ایجاد امنیت انـرژی و مسائل زیست‌محیطی همگی موجب توجه به منابع انرژی تجدیدپذیر از جمله زیست‌توده گردیده اسـت. امروزه فعالیت و بودجه دولت‌ها در امر تحقیق و توسعه و ایجاد سیستم‌هـای انـرژی تجدیدپـذیر بسـیار افزایش یافته است. در این میان در کشورهای در حال توسعه مانند ایران این مسئله کمتـر مـورد اقبـال قرار گرفته است. نظر به افزایش تقاضای حامل‌های انرژی و محدودیت تامین سوخت خودروها از یـک سو و روند فزاینده نشر آلاینده‌ها از سویی دیگر، پـژوهش حاضـر بـه بررسـی اولویـت توسـعه ظرفیـت پالایشگاه‌های موجود بیواتانول در ایران پرداخته است. نتایج حاکی از آن است که:

۱. تنها ۰/۳۶ درصد از سوخت مصرفی را می‌توان با اتانول جایگزین نمود و همین میزان نیز منجـر بـه صرفه‌جویی در هزینه‌های عرضه‌کننده سوخت به میزان ۱۰۸/۴ میلیارد ریال در سال می‌گردد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-10]

۲. بررسی اولویت‌های توسعه ظرفیت حاکی از آن است که از بین سیزده استان تولیدکننده بیواتانول در این پژوهش، ابتدا توسعه ظرفیت همه پالایشگاه‌های مورد بررسی موضوعیت خواهد داشت. چهار پالایشگاه بوشهر، اصفهان، قم و قزوین از حیث بهره برداری اقتصادی در اولویت قرار نمی گیرد.

۳. همچنین این نتیجه حاصل شد که توسعه ظرفیت پالایشگاه‌ها طبق اولویت نشان داده شده در قیمت‌های سایه‌ای، منجر به جایگزینی ۷/۱۳ درصد اتانول به جای بنزین می‌گردد. در واقع، محدودیت ضایعات برنج، ذرت و گندم موجود، که در پژوهش حاضر نهاده‌های اقتصادی برای تولید بیواتانول هستند منجر به توقف توسعه ظرفیت پالایشگاه‌ها می‌گردد. اما همین مقدار افزایش تولید نیز موجب صرفه جویی در هزینه عرضه سوخت به میزان تقریبی ۶ میلیارد ریال به طور سالانه می-گردد. همان طور که نتایج پژوهش نشان می‌دهد در شرایط فعلی و ظرفیت بسیار کم و ناچیز پالایشگاه‌های موجود، عرضه اتانول سوختی در مقایسه با بنزین بسیار ناچیز است. اما استفاده از زیست‌توده به عنوان یک منبع انرژی به دلیل توسعه اقتصادی و مسائل زیست‌محیطی جذاب است و از طرفی به عنوان یک عامل در تسریع رسیدن به توسعه پایدار از آن یاد می‌شود. لذا توجه جدی‌تر به این منبع انرژی و ایجاد جذابیت در زمینه سرمایه‌گذاری برای تولید این سوخت‌زیستی به سیاستمداران توصیه می‌گردد.

منابع

[۱] آقایان،حسین. (۱۳۹۳). آمار نامه مصرف فرآورده‌های نفتی انرژی زا-۱۳۹۳. روابط عمومی شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران، تهران.

[۲] سوخکیان، محمدعلی.(۱۳۷۲). برنامه‌ریزی و تجزیه تحلیل تصمیم‌گیری‌های صنعتی. موسسه انتشارات جهاد دانشگاهی.

[۳] صفاری،بابک. (۱۳۹۱). ارائه مدل عرضه بهینه انرژی الکتریکی با استفاده از برنامه ریزی تصادفی بازه ای چند مرحله ای (ایران). دانشگاه اصفهان. اصفهان، دانشکده اقتصاد و علوم اداری.

[۴] عتابی،فریده.ماهوتچی سعید،کامران.عابدی، زهرا (۱۳۹۱). "برآورد صرفه جویی اقتصادی ناشی از کاهش خسارات وارد بر سلامت حاصل از احداث یک جایگاه سوخت رسانی CNG در مقایسه با بنزین در شهر تهران." علوم وتکنولوژی محیط زیست. ۲: ۵۱-۵۹.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-10]

[۵] کوشن،الیزابت وایت من،آدریان.دترله، جرارد(۱۳۹۰).توسعه انرژی زیستی: پیآمدها و اثـرات آن بـر کاهش فقر و مدیریت منابع طبیعی. سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی.

[۶] احمدی،کریم؛ قلی‌زاده،حشمت‌اله؛ عبادزاده، حمیدرضا؛ حسین‌پور، ربابـه؛ حـاتمی، فرشـاد؛ فضـلی، بهروز؛ کاظمیان، آرزو و مریم رفیعی (۱۳۹۴) آمار نامه کشاورزی سال زراعـی۹۳-۱۳۹۲جلـد اول: محصولات زراعی. تهران.

[7] Balat, M., et al. (2008). "Progress in bioethanol processing." Progress in energy and combustion science 34(5): 551-573.

[8] Francis, M. (2006). "EU-25-Sugar-The economics of bioethanol production in the EU." USDA Foreign Agricultural Service (FAS) Global Agriculture Information Network (GAIN) Report(E36081).

[9] Giampietro, M. and K. Mayumi (2009). The biofuel delusion: The fallacy of large scale agro-biofuels production, Routledge

[10] Jenkins, T. L. and J. W. Sutherland (2014). "A cost model for forest-based biofuel production and its application to optimal facility size determination." Forest Policy and Economics 38: 32-39.

[11] Leduc, S., et al. (2010). "Optimal location of lignocellulosic ethanol refineries with polygeneration in Sweden." Energy 35(6): 2709-2716.

[12] Lorenzini, G., et al. (2010). Solar thermal and biomass energy, Wit Press.

[13] Licht FO. World ethanol markets: the outlook to 2015. Tunbridge Wells, Agra Europe special report, UK; 2006.

[14] Nadim, F., et al. (2001". (United States experience with gasoline additives." Energy Policy 29(1): 1-5.

[15] Klemeš, J. J., et al. (2014). 24th European Symposium on Computer Aided Process Engineering, Elsevier.

[16] Najafi, G., et al. (2009). "Potential of bioethanol production from agricultural wastes in Iran." Renewable and Sustainable Energy Reviews 13(6): 1418-1427.

[17] Parker, N., et al. (2010). "Development of a biorefinery optimized biofuel supply curve for the Western United States." biomass and bioenergy 34(11): 1597-1607.

[18] PEARSE, D. (1986). MacMillan Dictionary of Modern Economics, MacMillan Press Ltd., Londres.

[19] Rockafellar, R. (2001) ."Optimization under uncertainty, Lecture Notes".

[20] Shapouri, H. and M. E. Salassi (2006). Economic feasibility of ethanol production from sugar in the United States.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-10]

[21] Slesser, M. (1985). Dictionary of energy
[22] Soetaert, W. and E. Vandamme (2011). Biofuels, John Wiley & Sons.
[23] Zhou, A. and E. Thomson (2009). "The development of biofuels in Asia." Applied Energy 86: S11-S20.
[24] http://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=gasoline&months=60&currency=irr
[25] http://www.itca110.com/downloads/nerkh1394.pdf
[26] http://www.itpnews.com/
[27] http://www.ostan-hm.ir/pics/masafat.htm

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-10]