

بررسی پیامدهای حاصل از توسعه فناوری تولید و استفاده از سوخت‌های گیاهی در مقایسه با سوخت‌های فسیلی

■ بهلول ابراهیمی⁺

دانشجوی دکتری پژوهشکده توسعه تکنولوژی

■ مرتضی رحمانی^۱

عضو هیات علمی پژوهشکده توسعه تکنولوژی

چکیده

استفاده روز افزون از سوخت‌های فسیلی، افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، افزایش قیمت محصولات نفتی، افزایش صنعتی سازی دنیا و کاهش ذخایر موجود این سوخت‌ها باعث شده تا دانشمندان به دنبال یافتن سوختی مناسب برای جایگزین نمودن سوخت‌های فسیلی باشند. سوخت‌های گیاهی به خاطر منابع زیاد و تجدیدپذیر بودن منابع و کاهش آلودگی، جایگزین مناسبی برای سوخت‌های فسیلی عنوان شده‌اند. در این راستا، بسیاری از کشورهای دنیا از جمله کشور برزیل و آمریکا به صورت عمده در حال تولید و استفاده از این سوخت‌ها هستند و اکثر کشورهای دنیا برای تولید و استفاده از این سوخت‌ها برنامه‌ریزی و هدفگذاری نموده‌اند. البته تولید و استفاده از سوخت‌های گیاهی در مقایسه با سوخت‌های فسیلی مزایا، معایب و پیامدهای مختلفی به همراه دارد. در این مقاله، ضرورت توجه به تولید و استفاده از این سوخت‌ها به همراه مزایا و معایب و پیامدهای مختلف آن مورد بررسی قرار گرفته است. در نهایت، با بیان ضرورت و اهمیت تولید و استفاده از این سوخت‌ها، معیارهای مختلف برای مقایسه این دو سوخت در جهت برنامه‌ریزی و هدفگذاری برای تولید و استفاده از این سوخت‌ها مشخص شده‌اند. با توجه به وجود معیارهای مختلف جهت مقایسه این دو سوخت و گزینه‌های مختلف جهت هدفگذاری، ضرورت دارد که از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای مقایسه این دو نوع سوخت استفاده شود تا هدفگذاری مناسبی برای کشورهایی که در این زمینه به طور جدی برنامه‌ریزی نکرده‌اند (از جمله ایران) انجام شود.

واژگان کلیدی: سوخت‌های گیاهی، سوخت‌های فسیلی، پیامدهای سوخت‌های گیاهی، تصمیم‌گیری چندمعیاره.

* عهده دار مکاتبات

+ شماره نمابر: 021-66012497 و آدرس پست الکترونیکی: B_ebrahimi@jdsharif.ac.ir

۱ شماره نمابر: 021-66012497 و آدرس پست الکترونیکی: Rahmanimr@yahoo.com

1- مقدمه

یا 1% کل زمین‌های قابل کشت در دنیا جهت تولید محصولات سوخت گیاهی مورد استفاده قرار گرفته است [10]. کشور برزیل اولین کشوری است که به صورت جدی برنامه تولید سوخت گیاهی (اتانول) را شروع کرد و این امر توسط آمریکا ادامه یافت. در سال 2006، 20% ذرت تولیدی آمریکا جهت تولید اتانول استفاده شد. پیش‌بینی می‌شود با توجه به هدفگذاری کشورهای مختلف جهت کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی و تولید بیشتر سوخت‌های گیاهی، تولید این سوخت‌ها به سرعت افزایش یابد [4].

اتانول و بیودیزل¹² دو نوع سوخت مهم گیاهی مایع هستند که ممکن است به ترتیب جایگزین سوخت‌های بنزین¹³ و سوخت‌های دیزلی¹⁴ شوند. مواد اولیه اصلی تولید اتانول حبوبات¹⁵ و چغندر قند¹⁶ است و مواد اولیه بیودیزل، کلزا¹⁷ است. شکل شماره 1، روند تولید اتانول و بیودیزل در دنیا را از سال 1980 تا 2007 نمایش می‌دهد [5]. با توجه به شکل مشخص است که روند تولید این سوخت‌ها به شدت در حال رشد است.

با افزایش تولید سوخت‌های گیاهی تعداد مقالات علمی منتشرشده در این زمینه نیز به شدت افزایش یافته است [8]. طبق آمار موسسه Sciencedirect، در سال 2012 بیش از پنج-هزار مقاله علمی در زمینه سوخت‌های گیاهی انتشار یافته است. شکل شماره 2 روند انتشار این مقالات را در طی سال‌های 1994 تا اواخر ماه آوریل 2013 نمایش می‌دهد. همانطور که از شکل مشخص است، از سال 2005 انتشار این مقالات همزمان با افزایش تولید این سوخت‌ها به شدت افزایش یافته است.

اما تولید و صدور سوخت‌های گیاهی نیاز به توسعه زیرساخت‌های خاص خود دارد. همچنین کشت محصولات سوختی می‌تواند موجب مخاطرات زیست‌محیطی در حوزه تولید کشاورزی شود. به‌عنوان مثال گسترش پهنه‌های کشاورزی و در نتیجه کاهش سطح جنگل‌ها و مراتع و تنوع زیستی، یک نگرانی عمده در این زمینه است. البته تلاش دانشمندان بر استفاده نکردن از سوخت‌های گیاهی خوراکی متمرکز است زیرا استفاده زیاد از سوخت‌های گیاهی تهیه‌شده از مواد اولیه خوراکی نیز

استفاده روز افزون از سوخت‌های فسیلی، پیامدهای محیطی سوخت‌های فسیلی، افزایش قیمت محصولات نفتی و کاهش ذخایر موجود و افزایش صنعتی‌سازی² و موتوری³ شدن دنیا، باعث افزایش تقاضا برای سوخت‌های گیاهی⁴ شده است. امروزه سوخت‌های فسیلی 80% سوخت اولیه را در جهان شامل می‌شوند که 58% این مقدار در بخش حمل و نقل مورد مصرف قرار می‌گیرد. منابع این سوخت‌ها رو به پایان است. افزایش تقاضا برای این سوخت‌ها همراه با کاهش منابع آنها و انتشار گازهای گلخانه‌ای باعث شده تا کشورها به دنبال سوختی باشند که دارای منابع تجدیدشدنی⁵ با قیمت مناسب و انتشار کمتر گاز گلخانه‌ای باشد. از بین تعداد زیادی از انرژی‌های جایگزین مانند سوخت-های گیاهی، هیدروژن⁶، گاز طبیعی⁷ و گاز ترکیبی⁸، سوخت‌های گیاهی به دلیل تجدیدپذیر بودن، داشتن منابع بسیار، تولید کمتر گازهای گلخانه‌ای و ... گزینه بهتری از سوی دانشمندان برای جایگزینی سوخت‌های فسیلی عنوان شد [16].

حمل و نقل‌های جاده‌ای به طور گسترده باعث افزایش در تولید دی اکسید کربن⁹ می‌شود. در کشورهای عضو اتحادیه اروپا¹⁰ انتشار گازهای گلخانه‌ای از سال 1990 تا 2005 به میزان 1.5% کاهش یافته است. تمام بخش‌ها به جز بخش حمل و نقل جاده‌ای روند انتشار دی اکسید کربن را کاهش داده‌اند. استفاده از سوخت‌های گیاهی یکی از گزینه‌های کاهش آلودگی حمل و نقل جاده‌ای است. لذا اتحادیه اروپا برای تولید اتومبیل‌هایی که با سوخت گیاهی کار کنند، هدف‌گذاری نموده است [23]. در این راستا صنعت تولید سوخت‌های گیاهی نیز به طور گسترده از دهه گذشته در حال رشد است [26]. طبق گزارش آژانس بین‌المللی انرژی¹¹ (IEA)، تولیدات سوخت‌های گیاهی در سال 2007 نسبت به سال 2006، 37% افزایش یافته است. بیشتر این سوخت‌ها برای جایگزینی سوخت‌های مورد استفاده در بخش حمل و نقل بوده است [12].

طبق گزارش IEA در سال 2006، حدود 14 میلیون هکتار

2 Industrialization

3 Motorization

4 Biofuels

5 Renewable

6 Hydrogen,

7 Natural gas

8 Synthesis gas

9 CO₂

10 European Union (EU)

11 International Energy Agency (IEA)

12 Biodiesel

13 Gasoline

14 Petroleum diesel

15 Cereals

16 Sugar beet

17 Rapeseeds

بنابراین اعتقاد کارشناسان بر این است که باید بتوان با اجرای سیاست‌های مناسبی در زمینه انرژی‌های جایگزین، میزان مصرف سوخت‌های فسیلی در کشور را کاهش داد تا ذخایر نفتی و گازی کشور دیرتر تمام شود و نسل‌های بعد نیز بتوانند از آنها استفاده کنند.

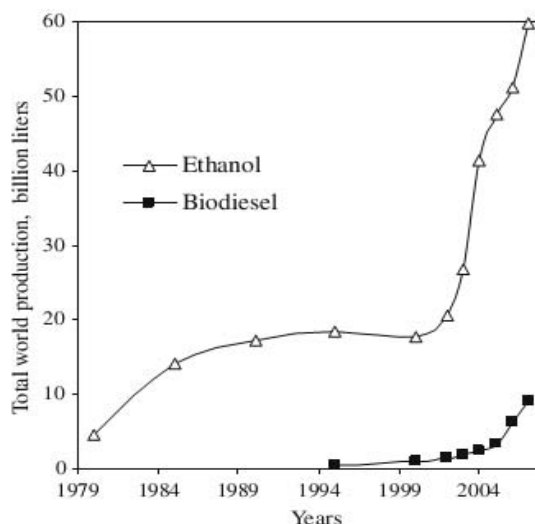
با توجه به اهمیت موضوع در این مقاله مزایا، معایب و پیامدهای مختلف تولید و استفاده از سوخت‌های گیاهی به طور کامل مورد بررسی قرار می‌گیرد. ادامه این مقاله به صورت زیر تنظیم شده است: در بخش 2، مرور ادبیات موضوع بیان خواهد شد. در بخش 3، مزایا و معایب تولید و استفاده از سوخت‌های گیاهی در مقایسه با سوخت‌های فسیلی بررسی خواهد شد. در بخش 4، پیامدهای مختلف سوخت‌های گیاهی تشریح خواهد شد. در بخش 5، معیارهای مختلف به همراه ضرورت استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره برای مقایسه سوخت‌های گیاهی با سوخت‌های فسیلی در جهت برنامه‌ریزی و هدفگذاری تولید این سوخت‌ها بیان خواهد شد. در پایان مقاله بخش نتیجه‌گیری و مطالعات آتی بیان خواهد شد.

2- مرور ادبیات

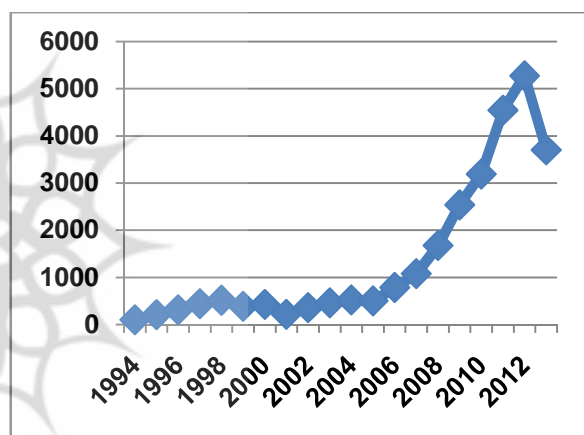
تولید سوخت‌های گیاهی به طور جدی برای اولین بار در سال 1970 در برزیل و آمریکا و برای متنوع نمودن منابع انرژی و جلوگیری از بحران آن آغاز شد. این امر در اتحادیه اروپا در سال 1986 بیشتر به منظور توسعه مناطق روستایی آغاز شد [14].

از سال 2000 تولید سوخت‌های گیاهی شدت یافته است. تولید سراسری سوخت‌های گیاهی در دنیا در سال 2007 برابر 53.2 میلیون تن بود که شامل 44.2 میلیون تن اتانول گیاهی و 9 میلیون تن biodiesel بود. این مقدار حدوداً برابر 2% کل سوخت مصرفی دنیا برای حمل و نقل می‌باشد. آمریکا و برزیل تقریباً 75% سوخت گیاهی را در دنیا در سال 2007 تولید نمودند. در کشور آمریکا تولید اتانول گیاهی که به طور عمده از ذرت¹⁹ بدست می‌آید، در پی افزایش قیمت جهانی نفت به شدت زیاد شده است. تقاضا برای ذرت به عنوان منبعی برای تولید اتانول گیاهی به طور گسترده زیاد شده به طوری که در سال 2007 در کشور آمریکا حدود 33% ذرت بدست آمده برای تولید اتانول گیاهی مورد استفاده قرار گرفت. کشور آمریکا تولید 30 میلیارد²⁰ گالن سوخت گیاهی در سال 2020 و 36 میلیارد گالن

محدودیت دارد و این مسئله می‌تواند در آینده منجر به از بین رفتن ذخایر خوراکی بشر در سراسر کره خاکی شود.



شکل 1: روند تولید اتانول و biodiesel در دنیا از سال 1980 تا 2007 [5]



شکل 2: مقالات علمی انتشار یافته در زمینه سوخت‌های گیاهی از سال 1994 تا اواخر ماه آوریل 2013 در موسسه Scienedirect

با وجود پیامدهای بسیار در رابطه با تولید و استفاده از سوخت‌های گیاهی، دانشمندان به دنبال گیاهان جدیدی هستند که نسبت به گیاهان دیگر (که سوخت گیاهی از آنها تولید می‌شود) به مقدار کمتری زمین و منابع دیگر (مانند آب) نیاز داشته باشند. جلبک¹⁸ یکی از منابع اصلی برای تولید سوخت گیاهی است که می‌تواند در زمین‌های بلااستفاده و با آب‌های زاید (پس-مانده از صنایع مختلف) رشد کند. همچنین جلبک جزو گیاهان غذایی انسان بشمار نمی‌رود.

منابع نفتی و گازی ایران نیز که جهت ادامه حیات صنایع کشور اهمیت دارد، بنا بر نظر برخی از کارشناسان در صورت ادامه روند مصرف کنونی تا کمتر از 5 دهه آینده به اتمام می‌رسد؛

19 Maize
20 Billion

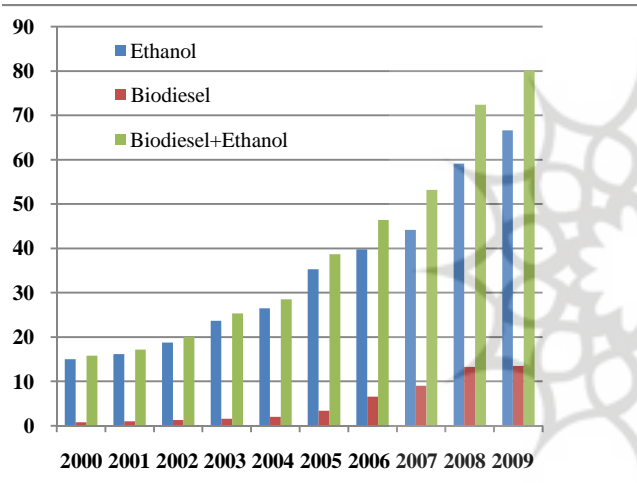
18 Algae

در سال 2030 برای استقلال و امنیت انرژی خود هدف گذاری کرده است. کشور برزیل تا سال 2006 بزرگترین تولیدکننده سوخت های گیاهی در دنیا بود و از آن تاریخ به بعد به مقام دوم سقوط کرد. گرچه آمریکا در سال 2006 از برزیل پیشی گرفت اما سرعت رشد تولید کشور برزیل بعد از سال 2006 اثر مهمی بر روی بازار جهانی غذا بخصوص روی شکر گذاشت. در کشور برزیل تولید اتانول گیاهی به صورت کامل از نیشکر²¹ انجام می شود. در این کشور هدف گذاری شده که در سال 2016، 11.5 بلیون گالن که معادل 37.7 میلیون تن می باشد، اتانول گیاهی تولید شود.

تولید سوخت های گیاهی در اتحادیه اروپا²² (EU) نیز به سرعت در حال رشد است. اکثر تولیدات EU به صورت بیودیزل است که تولید آن در سال 2007 برابر 5.7 میلیون تن بوده است. ماده اصلی برای تولید سوخت گیاهی در اروپا کلزا است. کشور آلمان با تولید 3.8 میلیون تن بیودیزل در سال 2007 رتبه نخست را به خود اختصاص داد. بعد از این کشور، به ترتیب کشورهای آمریکا، فرانسه و ایتالیا در رده های بعدی قرار گرفتند. انجمن اروپا²³ در مارس سال 2007، این هدف گذاری الزام آور را که باید طبق آن 20% انرژی مصرفی تا سال 2020 از منابع تجدیدپذیر باشد و همچنین تمام کشورهای عضو این شورا باید حداقل 10% سوخت مصرفی حمل و نقل خود را از سوخت گیاهی تأمین نمایند، تأیید (مضامین) نمود [16 و 28].

کشور چین در تولید اتانول گیاهی بعد از آمریکا و برزیل رتبه سوم را به خود اختصاص داده است. این کشور برای سال 2020 برنامه ریزی کرده که تا 10 میلیون تن اتانول گیاهی از مواد اولیه غیرغذایی و 2 میلیون تن بیودیزل تولید نماید. دولت این کشور قصد دارد در آینده تولید مواد اولیه غیرغذایی برای تولید سوخت گیاهی در زمین های بلااستفاده را افزایش دهد [15]. کشور هند نیز تمایل بسیار زیادی برای جایگزینی سوخت های گیاهی به جای سوخت های نفتی با هدف تامین امنیت انرژی و توسعه مناطق روستایی دارد. هدف این کشور جایگزینی 20% سوخت فسیلی با سوخت های گیاهی تا سال 2017 است. برای این منظور، برنامه ای جهت تولید سوخت های گیاهی بخصوص در زمین های بلااستفاده تدوین شده است [18].

کشور نیجریه نیز با داشتن منابع نفتی زیاد در زمینه تولید



شکل 3: میزان تولید سوخت های گیاهی در دنیا از سال 2000 تا 2009 (میلیون تن) [9]

در حال حاضر در دنیا، بیشتر سوخت های گیاهی از مواد اولیه غذایی مانند نیشکر، ذرت، سویا و روغن خرما بدست می آیند. 85% تولیدات سوخت های گیاهی به صورت اتانول و از نیشکر و ذرت است. دو کشور آمریکا و برزیل 87% اتانول در دنیا را تولید می کنند [18]. امروزه تولید سوخت های گیاهی فقط برابر 1% سوخت مصرفی دنیا است و انتظار می رود تا سال 2030 این مقدار به 7% برسد. شکل شماره 4 منابع اصلی تولید سوخت های گیاهی (اتانول و بیودیزل) را برای موتورهای دیزلی²⁴ نشان می دهد [20].

در کشورهای دنیا سوخت های گیاهی بخصوص اتانول گیاهی به عنوان یک افزودنی مناسب جهت بهبود خواص بهسوزی

21 Sugarcane

22 European Union (EU)

23 European Council

24 Diesel engines

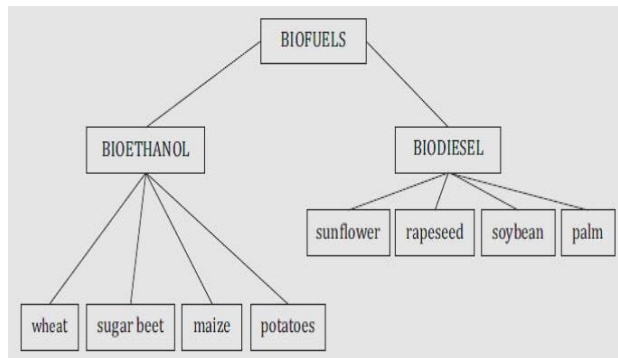
• مزایا

مهمترین مزایای سوخت‌های گیاهی در مقایسه با سوخت‌های فسیلی عبارتند از: امنیت انرژی، منابع زیاد تولید این سوخت‌ها، زیاد شدن منابع سوختی، پایایی، افزایش شغل، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و دی اکسید کربن، کاهش پیامدهای محیطی، کاهش مبادلات ارزی و مسائل اجتماعی و اقتصادی بخصوص در مناطق روستایی. سوخت‌های گیاهی انرژی صلح‌آمیز است که تمام کشورهای دنیا می‌توانند از آن استفاده نمایند. منابع این سوخت‌ها تجدیدشدنی هستند که در سراسر دنیا وجود دارند [5]. در جدول شماره 1، مهمترین این مزایا به همراه توضیحات لازم خلاصه شده است.

• معایب

از مهمترین مواردی که برای تولید و استفاده از سوخت‌های گیاهی مورد بحث هستند عبارتند از: از دست رفتن گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری²⁵، فرسایش خاک و کاهش منابع آب. البته مطالعات اخیر نشان داده‌اند که تمام سوخت‌های گیاهی حاصل از مواد اولیه مختلف و فناوری‌های متفاوت در مقایسه با سوخت‌های فسیلی فواید قابل توجهی ندارد. یعنی فواید سوخت‌های گیاهی نسبت به سوخت‌های فسیلی، بیشتر بستگی به فناوری و مواد اولیه استفاده شده دارد. همچنین این فواید به مکان جغرافیایی تولید و مصرف این سوخت‌ها نیز وابسته است [25]. در جدول شماره 2، مهمترین این معایب به همراه توضیحات لازم خلاصه شده است.

بنزین و کاهش آلاینده‌های خروجی موتور بکار گرفته می‌شود. در ایران به این سوخت‌ها کمتر توجه شده است ولی با توجه به برنامه سایر کشورهای دنیا به نظر می‌رسد که کشور ایران نیز به زودی ناچار به استفاده از این سوخت حداقل به عنوان یک افزودنی است [1].



شکل 4: مواد اولیه تولید Biodiesel و اتانول گیاهی [20]

کشور ایران در حال مذاکره با کشورهای تولیدکننده سوخت‌های گیاهی از جمله برزیل است. در این ارتباط، رئیس پژوهشکده شیمی و پتروشیمی پژوهشگاه صنعت نفت از موفقیت محققان کشور در زمینه تولید سوخت زیستی از برخی گیاهان در کشور خبر داده و گفته که تولید صنعتی این پروژه‌ها به دلیل موازی‌کاری در اجرای پروژه‌های تحقیقاتی و نبود استانداردهای مشخص تاکنون اجرایی نشده است. همچنین رئیس پژوهشکده شیمی و پتروشیمی پژوهشگاه صنعت نفت عنوان کرده است: تولید سوخت‌های گیاهی یک طرح ملی است که با همکاری سایر دستگاه‌های مرتبط قابل اجرا است؛ از این رو پیشنهاد می‌شود که علاوه بر تدوین استانداردهای لازم برای سوخت‌های زیستی هماهنگی‌هایی در جهت همکاری میان وزارتخانه‌های نفت، نیرو و صنایع و دانشگاه‌ها در این حوزه برای تعامل بیشتر صورت گیرد.

طبق خبر (شماره انتشار: 18354)، منتشر شده در تاریخ 12 اسفند 1391، نخستین خط تولید بیودیزل با ظرفیت 120 هزار تن در سال، در شهر اصفهان کلید خورد. تولیدات این کارخانه در کاهش آلودگی هوا 83 درصد موثر است. درصد آلاینده‌های ناشی از این سوخت 600 بار کمتر از سوخت‌های دیزل معمولی است.

3- مزایا و معایب تولید و استفاده از سوخت‌های

گیاهی در مقایسه با سوخت‌های فسیلی

در رابطه با تولید و استفاده از سوخت‌های گیاهی مزایا و معایب فراوانی وجود دارد که در این قسمت به آنها پرداخته خواهد شد.

جدول 2: معایب سوخت‌های گیاهی

ردیف	عنوان معایب	توضیحات
1	بازده انرژی ³⁵	سوخت گیاهی (اتانول) چگالی انرژی کمتری نسبت به بنزین دارد.
2	انتشار کربن ³⁶	چندین مطالعه وجود دارد که نشان می‌دهد سوخت‌های گیاهی به جای کاهش گازهای گلخانه‌ای و دی اکسید کربن باعث افزایش این گازها می‌شود [7] و [22]. البته Biodiesel در مقایسه با بقیه سوخت‌های گیاهی گاز دی اکسید کربن کمتری تولید می‌کند [5].
3	هزینه بالا ³⁷	برای پالایش سوخت‌های گیاهی و افزایش بازده آنها و همچنین برای ساختن کارخانه‌های لازم برای افزایش تولید این سوخت‌ها یک سرمایه اولیه بسیار زیاد نیاز است. همچنین هزینه تولید سوخت‌های گیاهی با توجه به مواد اولیه استفاده شده، فرآیند تولید، هزینه نیروی کار، مقدار تولید و مناطق مختلف بسیار متفاوت است. مهم‌ترین این هزینه مربوط به مواد اولیه است [5].
4	قیمت و کمبود غذا ³⁸	افزایش استفاده از زمین‌های کشاورزی برای کشت گیاهان مورد نیاز برای تولید سوخت گیاهی، می‌تواند روی قیمت غذا تأثیر بگذارد و حتی باعث کاهش منابع غذایی شود [15].
5	تخریب جنگل و فرسایش خاک ³⁹	قطع وسیعی از درختان باعث گرم شدن هوا، انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاهش گونه‌های گیاهی و غیره خواهد شد. افزایش تقاضا برای سوخت‌های گیاهی منجر به تبدیل جنگل‌ها به زمین‌هایی جهت کشت گیاهان (برای تولید سوخت) خواهد شد [19].
6	استفاده آب ⁴⁰	یکی از نگرانی‌های اصلی برای تولید سوخت‌های گیاهی تامین آب مخصوصا برای تولیدات در سطح زیاد و در مناطقی که با مشکل تامین آب هستند می‌باشد. به عنوان مثال، در کشور نیجریه برای تولید اتانول گیاهی به اندازه 5% سوخت مصرفی این کشور، به مقدار 6 بیلیون تن که حدودا برابر 3% منابع آب این کشور می‌باشد آب نیاز است [11].
7	از دست دادن گونه‌های مختلف گیاهی ⁴¹	افزایش تولیدات سوخت‌های گیاهی تأثیرات منفی بر biodiversity خواهد داشت [6] و [21].

جدول 1: مزایای سوخت‌های گیاهی

ردیف	عنوان مزایا	توضیحات
1	انتشار کمتر گازهای گلخانه‌ای	یکی از بزرگترین ایراد وارد بر سوخت‌های فسیلی انتشار زیاد گازهای گلخانه‌ای می‌باشد. سوخت‌های گیاهی به طور کلی در مقایسه با سوخت‌های فسیلی مقدار کمتری گاز گلخانه‌ای تولید می‌کنند [27].
2	تجدید شدنی ²⁶	با توجه به اینکه این سوخت‌ها از مواد گیاهی تهیه می‌شوند منابع بسیار زیادی برای تولید آنها وجود دارد و این گیاهان را می‌توان کشت نمود. این امر ممکن است یکی از بزرگترین دلایل محبوبیت این سوخت‌ها باشد. این در حالی است که منابع سوخت‌های فسیلی زمان بسیار زیادی برای تشکیل شدن نیاز دارند [5].
3	منابع ²⁷	سوخت‌های فسیلی منابع محدودی دارند ولی سوخت‌های گیاهی منابع اولیه فراوانی را دارند.
4	عناصر اولیه ²⁸	بسیاری از عناصر اولیه تشکیل دهنده سوخت‌های گیاهی مواد زائد ²⁹ می‌باشد مانند ساقه‌های غلات و سایر محصولات فرعی کشاورزی. تبدیل این محصولات به سوخت می‌تواند کمک بزرگی به ذخیره مواد زائد بکند.
5	ایمنی ³⁰	سوخت‌های گیاهی می‌توان به صورت محلی ³¹ تولید شود که این کار باعث کاهش وابستگی به انرژی سایر کشورهای خارجی می‌شود.
6	انگیزش اقتصادی ³²	با توجه به اینکه سوخت‌های گیاهی به صورت محلی تولید می‌شوند، کارخانه تولید این سوخت‌ها می‌توانند صدها و هزاران نفر را استخدام نمایند و شغل‌های جدید را در مناطق روستایی ایجاد نمایند. همچنین تولید سوخت‌های گیاهی تقاضا را برای تولید محصولات گیاهی مناسب افزایش خواهد داد که این امر باعث رونق اقتصادی در صنعت کشاورزی خواهد شد.
7	هزینه ³³	سوخت‌های گیاهی این پتانسیل را دارند که قیمتشان کمتر از سوخت‌های فسیلی شود. این امر مخصوصا با در نظر گرفتن افزایش جهانی تقاضا برای سوخت فسیلی و کاهش منابع این سوخت‌ها و همچنین منابع زیاد سوخت‌های گیاهی قوت بیشتری می‌گیرد.
8	پایایی ³⁴	ابزارهای اقتصادی و خط مش معتبر و مناسب می‌تواند به تجاری‌سازی سوخت‌های گیاهی کمک کند.

35 Energy output

36 Production carbon emissions

37 High cost

38 Food shortages

39 Soil erosion and deforestation

40 Water use

41 Loss of biodiversity

26 Renewable

27 Source material

28 Base Ingredients

29 Waste

30 Security

31 locally

32 Economic stimulation

33 Cost

34 Sustainable

4- پیامدهای مختلف سوخت‌های گیاهی

پیامدهای مختلفی در رابطه با تولید و استفاده از سوخت‌های گیاهی وجود دارد که از جمله آن می‌توان جنبه اقتصادی، محیطی و پیامدهای فنی را نام برد. این موارد شامل: کاهش قیمت سوخت‌های نفتی، بحث‌های غذا در مقابل سوخت، پتانسیل کاهش تهیدستی، میزان انتشار کربن، پایایی تولیدات سوخت گیاهی، جنگل‌زدایی و فرسایش خاک، از بین رفتن گونه‌های مختلف جانوری و گیاهی، منابع آب و کارایی و تعادل انرژی است.

4-1- تأثیرهای اجتماعی و اقتصادی⁴²

یکی از پیامدهای مهم تولید و استفاده از سوخت‌های گیاهی تأثیرات اجتماعی و اقتصادی است که در 4 گروه به صورت زیر دسته‌بندی می‌شود:

• اعتدال قیمت نفت⁴³

با افزایش تولیدات سوخت‌های گیاهی قیمت سوخت‌های فسیلی رو به کاهش خواهد بود.

• بحث غذا در برابر سوخت⁴⁴

مخالفان سوخت‌های گیاهی ادعا می‌کنند که این سوخت‌ها باعث افزایش قیمت محصولات کشاورزی و متعاقباً قیمت غذا به خاطر افزایش قیمت مواد اولیه افزایش خواهد یافت. از طرفی طرفداران این سوخت‌ها معتقدند که افزایش قیمت کشاورزی اثر بسیار کمی بر روی قیمت غذا دارد؛ زیرا هزینه کشاورزی سهم اندکی در قیمت نهایی مواد غذایی که به دست مصرف‌کننده می‌رسد را دارد. اگرچه این امر در کشورهای توسعه یافته درست است اما در کشورهای فقیر درست نیست؛ زیرا در این کشورها غذای مردم بیشتر به صورت مواد اولیه⁴⁵ (پردازش نشده) است لذا قیمت غذای این کشورها بیشتر وابسته به قیمت مواد اولیه است.

راه‌های مختلفی توسط دانشمندان و محققان برای حداقل نمودن اثر تولیدات سوخت‌های گیاهی بر تامین مواد غذایی در جهان ارائه شده است. به عنوان مثال، استفاده از گزینه‌های غیرغذایی که از مهمترین آنها می‌توان به روغن‌های بلااستفاده حاصل از آشپزی⁴⁶، Cerbera و microalgae، Jatropa oil و odollam (Sea mango)، را نام برد. البته چالش‌های زیادی برای تولید سوخت‌های گیاهی از این مواد به خاطر هزینه بالای تولید

این مواد و نبود فناوری توسعه یافته در مقایسه با تولید سوخت‌های گیاهی از مواد اولیه غذایی وجود دارد [13].

• پتانسیل کاهش تهیدستی⁴⁷

تولیدات سوخت‌های گیاهی باعث ایجاد توسعه اشتغال خواهد شد؛ شغل‌هایی برای تولید⁴⁸ (کشاورزی)، درو (برداشت) کردن⁴⁹، حمل و نقل⁵⁰، فراورش⁵¹ و بازاریابی⁵² [18]. محققان معتقدند که سوخت‌های گیاهی می‌تواند باعث کاهش فقر در کشورهای در حال توسعه شود [5].

• تولیدات سوخت گیاهی پایا

مفهوم پایایی در سوخت‌های گیاهی به معنی کمک به رونق اقتصادی جامعه، تأثیر نداشتن بر گونه‌های گیاهی، عدم تأثیر بر کیفیت و کمیت آب و ... است [25]. ابزارهای اقتصادی و خط مش معتبر و مناسب می‌تواند به تجاری‌سازی سوخت‌های گیاهی کمک کند و تجاری‌سازی سوخت‌های گیاهی می‌تواند چشم‌انداز اقتصادی را در آفریقا، آمریکای لاتین و آسیای فقیر رونق بخشد.

2-4- تأثیرهای محیطی⁵³

از پیامدهای مهم دیگر تولید و استفاده از سوخت‌های گیاهی تأثیرهای محیطی است که در 4 گروه به صورت زیر دسته‌بندی می‌شود:

• تخریب جنگل و فرسایش خاک⁵⁴

قطع وسیع درختان باعث گرم شدن هوا، انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاهش گونه‌های گیاهی و غیره خواهد شد. افزایش تقاضا برای سوخت‌های گیاهی منجر به تبدیل جنگل‌ها به زمین‌هایی جهت کشت گیاهان (برای تولید سوخت) خواهد شد [19].

• تأثیر بر منابع آب

افزایش استفاده از سوخت‌های گیاهی حداقل از دو راه زیر بر منابع آب تأثیر می‌گذارد: 1- آب برای آبیاری گیاهان و محصولات سوخت گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. 2- آب در پالایشگاه‌های تولید سوخت گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد، مخصوصاً برای جوشاندن و خنک کردن. در بسیاری از نقاط جهان برای رشد گیاهان آبیاری کامل نیاز است.

تولیدات سوخت‌های گیاهی در مناطق گرمسیری مانند

47 Poverty reduction potential

48 Production

49 Harvesting

50 Transportation

51 Processing

52 Marketing

53 Environmental impacts

54 Soil erosion and deforestation

42 Social and economic impacts

43 Oil price moderation

44 "Food vs. fuel" debate

45 Unprocessed food

46 Waste cooking oil

3-4- تاثیرهای تکنیکی⁵⁹

از پیامدهای مهم دیگر تولید و استفاده از سوخت‌های گیاهی تاثیرهای تکنیکی است که در 3 گروه به صورت زیر دسته‌بندی می‌شود:

• کارایی انرژی و تعادل انرژی⁶⁰

تولید سوخت‌های گیاهی از مواد اولیه به انرژی نیاز دارد (برای کشاورزی، حمل و نقل و تبدیل به محصولات نهایی). تعادل انرژی سوخت‌های گیاهی با مقایسه مقدار انرژی مورد نیاز برای تولید این سوخت‌ها به وسیله میزان انرژی حاصل از سوخت این سوخت‌ها در وسایل نقلیه مشخص می‌شود. این امر با توجه به مواد اولیه استفاده شده برای تولید سوخت گیاهی متفاوت است. به عنوان مثال، سوخت گیاهی اتانول چگالی انرژی کمتری نسبت به بنزین دارد [5].

• انتشار کربن⁶¹

چندین طرح برای مطالعه و آنالیز ردپای باقی مانده از سوخت‌های گیاهی انجام شده است. "با اینکه از سوختن این سوخت‌ها مقدار کمتری کربن تولید می‌شود ولی یافته‌های قوی وجود دارد که نشان می‌دهد فرآیند تولید این سوخت‌ها (ماشین آلات لازم برای کاشتن این گیاهان، حمل گیاهان به کارخانه و ...) مقدار بسیار زیادی کربن تولید می‌کند."

• تغییرات لازم برای موتورهای احتراق⁶²

تغییرات لازم برای موتورهای احتراق برای اینکه با سوخت گیاهی کار کنند به نوع موتور و همچنین به نوع سوخت مصرفی بستگی دارد. برای مثال موتورهای بنزینی⁶³ می‌توانند با اندکی تغییرات با اتانول گیاهی کار کنند.

5- شاخص‌های مقایسه‌ی سوخت‌های گیاهی و

فسیلی

با توجه به بخش‌های قبل، معیارهای زیر جهت مقایسه سوخت‌های گیاهی و فسیلی برای برنامه‌ریزی و هدفگذاری در جهت تولید و استفاده از این سوخت‌ها استخراج شده است. این معیارها شامل چهار معیار اصلی و 19 زیرمعیار هستند که در جدول شماره 3، آورده شده است. اکثر کشورها با توجه به

کشور هند باعث ایجاد بحث‌هایی در خصوص کاهش منابع آب شده است. امنیت غذا به امنیت آب در اکثر نقاط در حال توسعه دنیا وابسته است. لذا امنیت آب به جای امنیت زمین یک عامل محدودکننده مهم در تولید سوخت گیاهی در بسیاری از مناطق جهان است. بسیاری از گیاهان مورد نیاز برای تولید سوخت، مانند نیشکر، روغن خرما و ذرت مقدار زیادی آب برای رشد نیاز دارند؛ لذا این محصولات فقط در شرایط آبیاری یا مناطقی که دارای بارش زیاد باران هستند، می‌توانند رشد کنند. رشد کشاورزی در جهت تولید سوخت‌های گیاهی برای تجاری‌سازی آن ممکن است باعث رقابت بین تولیدات سوخت‌های گیاهی و تولیدات مواد غذایی شود [18].

• از دست دادن گونه‌های مختلف گیاهی

تولیدات سوخت‌های گیاهی یکی از مهمترین نگرانی‌های محیطی است. تولیدات زیاد سوخت‌های گیاهی می‌تواند تاثیر منفی و همچنین تاثیر مثبت بر محیط داشته باشد. این تاثیرات به زمین تبدیل شده برای کاشت گیاهان سوختی، وضعیت گونه‌های گیاهی قبل از کشت گیاهان سوختی در آن زمین و به محصولات گیاهی سوختی کاشته شده و نوع کشاورزی بستگی دارد. مقصود از Biodiversity انبوهی گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری در یک منطقه است. انجمن Biodiversity⁵⁵ نگرانی خود را از تاثیر تولیدات سوخت‌های گیاهی بر تنوع گونه‌های گیاهی و جانوری عنوان کرده و از دانشمندان خواسته تاثیرات مثبت و منفی تولیدات این گیاهان را بر تنوع گونه‌های گیاهی و جانوری تعیین نمایند. افزایش تولیدات سوخت‌های گیاهی تاثیرات منفی بر این موضوع خواهد داشت [6 و 21]؛ از جمله دلایل آنها از بین رفتن و تبدیل محل‌های سکونت⁵⁶ و تشدید کشاورزی⁵⁷ است.

• آلودگی⁵⁸

یکی از بزرگترین ایرادات وارد بر سوخت‌های فسیلی انتشار زیاد گازهای گلخانه‌ای است. در حالت کلی سوخت‌های گیاهی در مقایسه با سوخت‌های فسیلی مقدار کمتری گاز گلخانه‌ای تولید می‌کنند. البته تاثیر توسعه سوخت‌های گیاهی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای بیشتر به نوع محصول استفاده‌شده برای تولید این سوخت‌ها بستگی دارد [14].

59 Technical issues

60 Energy efficiency and energy balance

61 Carbon emissions

62 Modifications necessary to internal combustion engines

63 Gasoline engines

55 Convention on biodiversity (CBD)

56 Habitat conversion and loss

57 Agricultural intensification

58 Pollution

نمایند. با توجه به شرایط مسئله نیاز است که از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره⁶⁴ (MCDM) مانند فرآیند تحلیل سلسله مراتبی⁶⁵ (AHP)،⁶⁶ TOPSIS، برنامه‌ریزی آرمانی⁶⁷ (GP) و ... برای انتخاب بهترین گزینه استفاده نمود.

6- نتیجه

با افزایش تقاضا برای سوخت‌های فسیلی و محدود بودن منابع این سوخت‌ها، تولید انواع سوخت‌های گیاهی در دنیا به سرعت در حال رشد است. کشورهای آمریکا، برزیل، چین، هند و کشورهای عضو اتحادیه اروپا از بزرگترین تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان سوخت‌های گیاهی هستند. در این راستا، اکثر کشورهای دنیا برای تولید و استفاده از این سوخت‌ها هدف‌گذاری نموده‌اند. اما تولید و استفاده از سوخت‌های گیاهی در مقایسه با سوخت‌های فسیلی پیامدهای مختلفی به همراه دارد. با توجه به مطالعات انجام‌شده در این مقاله، این پیامدها را می‌توان به صورت عمده در چهار گروه به صورت زیر دسته‌بندی نمود: پیامدهای اقتصادی و اجتماعی، پیامدهای محیطی، پیامدهای سیاسی و پیامدهای فناورانه. همچنین در رابطه با تولید و استفاده از این سوخت‌ها مزایا و معایب فراوانی نیز وجود دارد. در حالت کلی مزایا، معایب و پیامدهای تولید و استفاده از سوخت‌های گیاهی بیشتر به مواد اولیه استفاده شده و مکان (کشور تولید) بستگی دارد؛ لذا هر کشوری باید با توجه به منابع گیاهی، منابع آب، وضعیت زمین‌های کشاورزی و غیره اقدام به برنامه‌ریزی و تولید سوخت‌های گیاهی نماید. در حال حاضر، دانشمندان بیشتر به دنبال سوخت‌های گیاهی هستند که مواد اولیه آنها غیر خوراکی و دارای رشد سریع بوده و با کمترین مقدار آب مصرفی و تا حد امکان با آب‌های زاید رشد کند. در این مطالعه 4 معیار اصلی و 19 زیرمعیار برای بررسی و مقایسه سوخت‌های گیاهی و فسیلی در جهت برنامه‌ریزی و هدف‌گذاری تولید و استفاده این سوخت‌ها تعیین شده است.

در کشور ایران با توجه به منابع زیاد سوخت‌های فسیلی، به سوخت‌های گیاهی کمتر توجه شده است. البته در چند سال اخیر تلاش‌هایی برای شناسایی مواد اولیه تولید این سوخت‌ها در داخل کشور و همچنین مذاکراتی با کشور برزیل در جهت تولید

وضعیت کشورشان از لحاظ منابع آب، زمین‌های کشاورزی، منابع سوخت‌های فسیلی و ... برای تولید و جایگزینی سوخت‌های گیاهی به جای سوخت‌های فسیلی برنامه‌ریزی و هدف‌گذاری کرده‌اند. کشورهایی که در این زمینه به طور جدی برنامه‌ریزی نکرده‌اند، می‌توانند با استفاده از معیارهای زیر و با توجه به وضعیت کشورشان از لحاظ منابع آب و سایر عوامل لازم، اقدام به مقایسه این دو سوخت نموده تا هدف‌گذاری مناسبی را در این زمینه انجام دهند.

جدول 3: معیارهای مقایسه سوخت‌های گیاهی با فسیلی

معیار اصلی	زیر معیار	توضیحات
پیامدهای محیطی	انتشار گازهای گلخانه‌ای	
	گونه‌های گیاهی و جانوری	تاثیر بر کاهش یا افزایش گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری
	فرسایش خاک و از بین رفتن جنگل‌ها	
	آلودگی	انواع آلودگی مانند انتشار کربن
	تجدیدپذیر بودن منابع	
	تاثیر بر منابع آب	
پیامدهای اقتصادی و اجتماعی	افزایش اشتغال	در زمینه کشاورزی، حمل و نقل، بازاریابی و ...
	کمبود غذا و افزایش قیمت آن	
	هزینه سوخت	
	پایایی	مفهوم پایایی در سوخت‌های گیاهی به معنی کمک به رونق اقتصادی جامعه، تاثیر نداشتن بر گونه‌های گیاهی، عدم تاثیر بر کیفیت و کمیت آب و ... است.
	افزایش سرمایه‌گذاری	
پیامدهای سیاسی	توسعه کشاورزی	
	افزایش درآمدهای مالیاتی	
	امنیت انرژی و وابستگی کمتر به سایر کشورها	
	جلوگیری از خروج ارز از کشور	
پیامدهای فناورانه	رقابت‌های بین‌المللی	
	مواد اولیه تولید سوخت	
	کارایی و بازده انرژی	
		تغییرات لازم برای موتورهای احتراق

واضح است که برای این کار با توجه به معیارهای جدول شماره 3 و با در نظر گرفتن چند گزینه، مانند جایگزینی 10% یا 7% یا 5% و یا حتی 0% (به عنوان مثال در 10 سال آینده) سوخت‌های گیاهی به جای فسیلی اقدام به انتخاب بهترین گزینه

64 Multi-criteria Decision Making (MCDM)

65 Analytic Hierarchy Process (AHP)

66 Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

67 Goal Programming (GP)

برای مقایسه و چندین گزینه برای انتخاب (هدفگذاری)، لازم است از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای این منظور استفاده شود. با مشخص بودن پیامدهای تولید و استفاده از سوخت‌های گیاهی و همچنین شاخص‌های مقایسه این دو سوخت، می‌توان در مطالعات آتی با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در علوم مهندسی صنایع و استفاده از نظر کارشناسان خبره و صاحب‌نظران در این زمینه، یک هدفگذاری مناسب و منطقی برای تولید و استفاده از این سوخت‌ها را در هر کشوری از جمله ایران انجام داد.

تاریخ دریافت: 1392/2/17 و تاریخ پذیرش: 1392/6/24

این سوخت‌ها انجام شده است. اما در حال حاضر تولید این سوخت‌ها در داخل کشور به طور جدی شروع نشده و برنامه‌ریزی و هدفگذاری مناسبی در این خصوص انجام نشده است. با توجه به برنامه سایر کشورهای دنیا در زمینه تولید و استفاده از سوخت‌های گیاهی به نظر می‌رسد که کشور ایران نیز به زودی ناچار به استفاده از این سوخت‌ها خواهد شد. کشور ایران و سایر کشورهایی که در این زمینه به طور جدی برنامه‌ریزی نکرده‌اند، می‌توانند با استفاده از معیارهای تعیین شده در این مطالعه و با توجه به وضعیت کشورشان از لحاظ منابع آب و سایر عوامل لازم، اقدام به مقایسه این دو سوخت نموده و هدفگذاری مناسبی را در این زمینه انجام دهند. با توجه به وجود چندین معیار مختلف

فهرست منابع

- [1] قبادیان و همکاران؛ "بررسی تأثیر سوخت گیاهی بیواتانول بر چند ویژگی مهم سوختی بنزین"، هفتمین همایش ملی انرژی، 1388.
- [2] Abila, N.; "Biofuels development and adoption in Nigeria: Synthesis of drivers, incentives and enablers", Energy Policy, 43, p.p. 387–395, 2012.
- [3] Babcock B.A.; "The Impact of US Biofuel Policies on Agricultural Price Levels and Volatility", Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University, for ICTSD, Issue Paper No. 35. June 2011.
- [4] Charles, B.L.J; et al.; "Biofuels development in Sub-Saharan Africa: Are the policies conducive?". Energy Policy, 37, p.p. 4980–4986, 2009.
- [5] Demirbas, A.; "Political, economic and environmental impacts of biofuels: A review". Applied Energy, 86, pp S108–S117, 2009.
- [6] FAO; 2008. FAOSTATS <www.fao.org/metadata>.
- [7] Fargione J.; Hill J.; Tillman D.; Polasky D.; Hawthorne P.; "Land clearing and the biofuel carbon debt", Science, 319, p.p. 1235–1238, 2008.
- [8] Gasparatos, A.; Lehtonen, M.; Stromberg, P.; "Do we need a unified appraisal framework to synthesize biofuel impacts?", Biomass and bioenergy, 50, p.p. 75-80, 2013.
- [9] Huang J.; et al; "Biofuels and the poor: Global impact pathways of biofuels on agricultural markets", Food Policy, p.p. 439–451, 2012.
- [10] International Energy Agency (IEA); 2006. World Energy Outlook 2006. OECD/EIA, Paris.
- [11] Ishola M.; et al; "Biofuels in Nigeria: A critical and strategic evaluation", Renewable Energy, p.p. 554-560, 2013.
- [12] Jupesta, J.; "Modeling technological changes in the biofuel production system in Indonesia", Applied Energy, 90, p.p. 211–217, 2012
- [13] Kang Ong Y.; Bhatia S.; "The current status and perspectives of biofuel production via catalytic cracking of edible and non-edible oils", Energy, p.p. 111–119, 2010.
- [14] Kgathi, L.K; et al.; "Potential impacts of biofuel development on food security in Botswana: A contribution to energy policy", Energy Policy, 43, p.p. 70–79, 2012.
- [15] Koizumi, T.; "Biofuel and food security in China and Japan", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 21, p.p. 102–109, 2013.
- [16] Nigam P.S.; Singh, A.; "Production of liquid biofuels from renewable resources", Progress in Energy and Combustion Science, p.p. 52-68, 2011.
- [17] Ohimain, E.I.; "Emerging bio-ethanol projects in Nigeria: their opportunities and challenges". Energy Policy, 38, p.p. 7161–7168, 2010.
- [18] Ravindranath N.H.; et al; "Biofuel production and implications for land use, food production and environment in India", Energy Policy, p.p. 5737–5745, 2011.
- [19] Rathmann, R.; Szklo, A.; Schaeffer, R.; "Land use competition for production of food and liquid biofuels: An analysis of the arguments in the current debate", Renewable Energy, 35, p.p. 14-22, 2010.
- [20] Russo D.; et al; "State of the art of biofuels from pure plant oil", Renewable and Sustainable Energy Reviews, p.p. 4056–4070, 2012.
- [21] Sala, O.E.; Sax, D.; Leslie, H.; Biodiversity Consequences of Increased Biofuel Production, SCOPE Report,

Germany, 2009.

- [22] Searchinger T.; Heimlich R.; Houghton RA.; Dong F.; Elobeid A.; et al; “Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land use change”, Science, 2008. www.sciencemag.org/cgi/content/full/1151861/DC1.
- [23] Silvestrini A.; et al; “The role of cities in achieving the EU targets on biofuels for transportation: The cases of Berlin, London, Milan and Helsinki”, Transportation Research Part A, p.p. 403–417, 2010.
- [24] Silalertruksa, T.; et al.; “Biofuels and employment effects: Implications for socioeconomic development in Thailand”, Biomass and bioenergy, 46, p.p. 409-418, 2012.
- [25] Silva Lora, E.E.; et al.; “Issues to consider, existing tools and constraints in biofuels sustainability assessments”, Energy, 36, p.p. 2097-2110, 2011.
- [26] Taheripour, F.; et al; “Biofuels and their by-products: Global economic and environmental implications”, biomass and bioenergy, 34, p.p. 278–289, 2010.
- [27] Thompson, W.; et al.; “Effects of US biofuel policies on US and world petroleum product markets with consequences for greenhouse gas emissions”, Energy Policy, 39, p.p. 5509–5518, 2011.
- [28] Yang J.; et al; “Biofuels and the Greater Mekong Subregion: Assessing the impact on prices, production and trade”, Applied Energy, p.p. S37–S46, 2009.
- [29] www.nioc.ir.





پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی