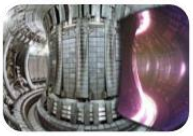
# انرژی و

# سوخت‌های زیستی

انرژی فسیلی

شکافت هسته‌ای



گداخت هسته‌ای

انرژی خورشیدی

فتوولتائیک

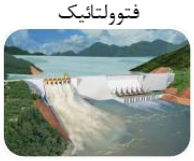
انرژی خورشیدی

متمرکز CSP

بادی در خشکی

بادی فراساحلی

امواج دریا



برقآبی

تلمبه ذخیره‌ای

زمین گرمایی

هیدروژن

(پیل سوختی)

جزر و مد

**انرژی زیستی**

**سوخت زیستی**

هیدرات‌های گازی

## ۱. مفهوم انرژی

واژه انرژی برگرفته از واژه یونانی energia به معنی strength in action می‌باشد. این پدیده از نظر علمی به عنوان یک خاصیت در طبیعت تعبیر شده و به صورت "ظرفیت انجام کار" (جابه جایی و حرکت) تعریف شده است. از میان بسیاری از ویژگی‌های کشف شده در مواد، انرژی نه تنها یکی از مهم‌ترین یافته‌هاست بلکه یکی از انتزاعی‌ترین آن‌هاست و ملموس نیست و ماهیت انرژی می‌تواند بسته به شرایط، در صورت‌ها و چهره‌های گوناگونی ظاهر شود.

انرژی به وجود نیامده و نابود نمی‌شود اما از صورتی به صورت دیگر قابل تبدیل می‌باشد. صورت‌ها و فرم‌های مختلف انرژی عبارتند از : انرژی جنبشی، انرژی پتانسیل، انرژی مکانیکی، انرژی موج مکانیکی (ارتعاش)، انرژی حرارتی، انرژی شیمیایی، انرژی الکتریکی، مغناطیسی، تابش(پرتو اجاق ماکروویو)، انرژی هسته‌ای (شکافت و گداخت)، جاذبه، کششی.

واحد سنجش انرژی ژول است اما انرژی تنها با میزان تبدیلی آن شناخته نمی‌شود و مدت زمان فرآیند نیز مهم است که با مفهوم توان (Power) شناخته می‌شود و واحد آن وات معادل ژول بر ثانیه می‌باشد. از آنجا که ژول واحد کوچکی برای بیان مقدار انرژی است از واحد کیلووات ساعت استفاده می‌شود که معادل ۳۶۰۰۰۰۰ ژول است.

سه دسته انرژی براساس جرم تولیدکننده انرژی عبارتند از:

- انرژی‌های رقیق مانند جاذبه (یک کیلو آب آبشار از فاصله ۱۰۰ متری ۹۸۱ ژول - ۰,۰۰۰۲ کیلو وات ساعت- انرژی تولید می‌کند)؛
- انرژی‌های میانی (شیمیایی، حرارتی، الکتریکی و تابش- یک کیلو نفت ۱۲ کیلووات ساعت انرژی)
- انرژی‌های غلیظ (هسته‌ای- شکافت: یک کیلو اورانیم ۱۰۰ هزار کیلووات ساعت انرژی، هسته‌ای– گداخت: یک کیلو هیدروژن در خورشید ۱۸۰ میلیون کیلووات ساعت انرژی تولید می‌کند)

## ۲. منابع انرژی

برای تامین نیازهای بشری به انرژی، منابع مختلفی قابل استفاده می‌باشند که از این میان سوخت‌های فسیلی و انرژی هسته‌ای، به عنوان انرژی‌های تجدیدناپذیر مطرح بوده و طیف دیگری از انرژی‌ها به عنوان انرژی‌های تجدیدپذیر شناخته شده‌اند که عبارتند از: انرژی خورشیدی (فتوولتائیک و انرژی خورشیدی متمرکز)، بادی (در خشکی و فراساحلی)، امواج دریا، انرژی آبی (برقآبی، تلمبه ذخیره‌ای)،زمین گرمایی، هیدروژن (پیل سوختی)، جزر و مد، و ***انرژی و سوخت زیستی***. همچنین منابع نوین دیگری مانند هیدرات‌های گازی مطرح هستند که در مرحله پژوهش می‌باشند. (شکل)

## ۳. انرژی‌های زیستی

### ۱,۳. تعاریف:

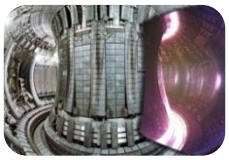
زیست توده (Biomass)،: هر ماده ارگانیک (قابل تجزیه) با منشا گیاهی یا جانوری که بر یک مبنای تجدیدپذیر موجود است. زیست توده انرژی ذخیره شده در مواد زیستی است و شامل چوب و محصولات کشاورزی، مواد گیاهی، ضایعات زراعی و

جنگلی، پسماندها، فضولات حیوانی، فاضلاب شهری و ... می‌باشد. زیست توده به شکل سنتی آن اصلی‌ترین منبع انرژی برای سه میلیارد نفر در جهان است (در فرم چوب، ضایعات گیاهی، زغال چوب، فضولات دامی)

- انرژی زیستی (Bioenergy): انرژی ناشی از تبدیل زیست توده به طوری که ممکن است زیست توده مستقیما به عنوان سوخت به کار رود یا به مایعات و گازهایی تبدیل شود و سپس در خودروها، نیروگاه‌ها و مناطق مسکونی و صنعتی و ... به کار برده شود.
- زیست توده سنتی: چوب، زغال، ضایعات زراعی، و فضولات دامی که برای حرارت و پخت و پز در بخش خانگی با کارایی پایین مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- سوخت زیستی(Biofuel): سوخت‌های مایع و سوخت‌های گازی که از زیست توده تولید شده و در بخش حمل و نقل به کار می‌رود.

انرژی فسیلی

شکافت هسته‌ای



گداخت هسته‌ای

انرژی خورشیدی فتوولتائیک

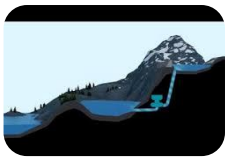
انرژی خورشیدی متمرکز CSP

بادی در خشکی

بادی فراساحلی

امواج دریا

برقآبی



تلمبه ذخیره‌ای

زمین گرمایی

هیدروژن (پیل سوختی)

جزر و مد

**انرژی زیستی**

**سوخت زیستی**

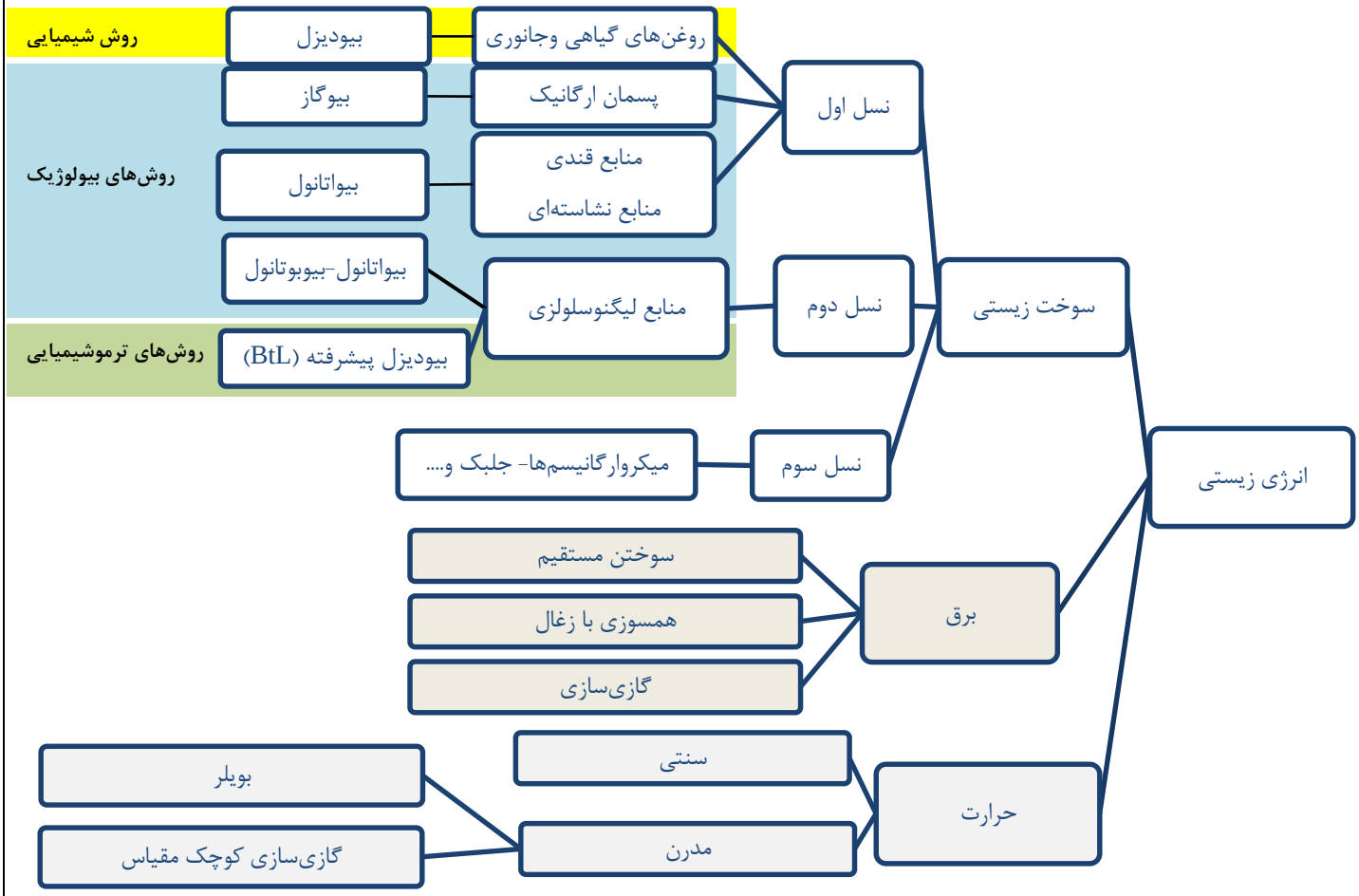
هیدرات‌های گازی

**۲,۳. تاریخچه:**

- کشف و مهار آتش و استفاده از حرارت حاصل از سوزاندن چوب و دیگر مواد جامد زیستی
- استفاده از بیوگاز فاضلاب برای گرم کردن آب حمام در اصفهان عصر صفویه
- کشف ماهیت گاز مرداب (متان- بیوگاز) در سال ۱۶۶۷ دانشمندی به نام شرلی
- استفاده از بیوگاز حاصل از انرژی زیست توده برای روشنائی در خیابان های پاریس در سال ۱۸۸۴ توسط فردی به نام گاین
- اواخر قرن نوزده رادلف دیزل، اولین موتور دیزل را با روغن بادام زمینی راه انداخت،
- در جنگ جهانی دوم در آلمان برای سوخت وسایل نقلیه مخلوط گازوئیل و سیب زمینی تخمیر شده استفاده می‌شد.
- تا سال ۱۹۴۰ استفاده از سوخت زیستی مرسوم و معمول بود اما با کاهش قیمت نفت توسعه آن متوقف شد،
- از دهه ۷۰ میلادی با رشد قیمت نفت تولید تجاری سوخت زیستی دوباره افزایش یافت به طوری که در امریکا از ذرت و در برزیل از نیشکر اتانول تولید شد.
- امروزه ۳ درصد از مصارف سوخت در بخش حمل و نقل جاده‌ای در جهان از سوخت‌های زیستی است (در برزیل ۲۱ درصد، در ایالات متحده ۴ درصد و در اروپا ۳ درصد)
- تولید جهانی از ۱۶ میلیارد لیتر در سال ۲۰۰۰ به ۱۰۰ میلیارد لیتر در ۲۰۱۰ رسیده است و هدف این است که سهم سوخت زیستی در حمل و نقل از ۲ درصد ۲۰۱۱ به ۲۷ درصد در ۲۰۵۰ برسد.
- اجباری شدن مخلوط کردن اتانول با بنزین در برخی از کشورها در سال‌های اخیر

***۴. انواع انرژی زیستی***

انواع انرژیهای زیستی مطابق تصویر زیر دسته‌بندی شده اند.


روش شیمیایی
روش‌های بیولوژیک
روش‌های ترموشیمیایی
بیودیزل
بیوگاز
بیواتانول
بیواتانول-بیوبوتانول
بیودیزل پیشرفته (BtL)
روغن‌های گیاهی وجانوری
پسمان ارگانیک
منابع قندی
منابع نشاسته‌ای
منابع لیگنوسلولزی
نسل اول
نسل دوم
نسل سوم
میکروارگانیسم‌ها- جلبک و....
سوخت زیستی
انرژی زیستی
سوختن مستقیم
همسوزی با زغال
گازی‌سازی
برق
سنتی
مدرن
بویلر
گازی‌سازی کوچک مقیاس
حرارت

### ۱،۴. سوخت‌های زیستی برای وسایل نقلیه

**نسل اول (سنتی و تجاری شده):** نسل اول سوخت‌های زیستی، از مواد قندی، نشاسته‌ای، روغن‌های نباتی یا چربی‌های حیوانی تهیه می‌شوند و در سه شکل بیو دیزل، بیوگاز و بیواتانول(با منشا قندی یا نشاسته‌ای)، قابل تقسیم‌بندی هستند.

بیودیزل: از روغن‌های گیاهی (سویا، نخل پالم، آفتابگردان و...) و چربی‌های حیوانی به دست می‌آید. تولید آنها محصولات جانبی دارد مانند پروتئین و گلیسیرین. مخلوط بیودیزل و دیزل معمولی در هر موتور دیزلی قابل استفاده است. بیودیزل به دلیل تعداد کمتر کربن و تعداد بیشتر هیدروژن و اکسیژن، باعث احتراق کمتر دیزل معمولی و کاهش ذرات سوخته نشده کربن می‌شود. بیودیزل حلال مناسبی بوده، باعث تمیز شدن موتور از بقایای دیزل معمولی می‌گردد.

بیوگاز: گاز متان حاصل از تجزیه بی هوازی پسماندها و فاضلاب که بیشتر برای تولید برق وحرارت استفاده می‌شوند اما به عنوان سوخت خودرو در خودروهای گاز سوز قابل استفاده است (البته پس از جداسازی $CO_2$ و $H_2S$ و تبدیل به بیومتان)

بیواتانول: بیواتانول با منشا قندی از نیشکر، چغندر قند و سیب زمینی شیرین به دست می‌آید و بیواتانول با منشا نشاسته ای از گندم، جو و ذرت، تهیه می‌شود. یک لیتر اتانول نسبت به یک لیتر سوخت‌های نفتی، ۷۵ درصد کمتر گازهای گلخانه‌ای منتشر می کند. مصرف اتانول باعث قدرت بیشتر موتورها و مصرف بهتر سوخت می‌شود به طوری که موتورهایی که اتانول ۱۰۰ درصد خالص را مصرف می‌کنند دارای قدرت بیشتری هستند.. دلیل این امر نسبت تراکم بالاتر موتورهای مصرف کننده اتانول مطلق نسبت به موتورهای بنزین‌سوز است.

**نسل دوم:** به دلیل نیازهای مربوط به حوزه امنیت غذایی و نگرانی های ناشی از استفاده بی رویه از منابع نسل اول، نسل دوم سوخت‌های زیستی مورد توجه قرار گرفت. نسل دوم سوخت‌های زیستی استفاده بهینه از منابع گیاهیِ کمتر مورد استفاده، به ویژه ضایعات، را هدف گرفته است. کل پتانسیل آن معادل کل نیاز سوخت جهان برآورد می‌شود. عمده منبع تولید سوخت‌های زیستی نسل دوم سلولز می‌باشد که ماده اصلی دیواره سلولی گیاهان را تشکیل می‌دهد. این مواد متنوع و فراوان بوده و در رقابت با زنجیره غذایی انسان نمی‌باشد مانند ضایعات جنگلی و خرده چوب/ کاه، دانه‌های خاص و ... . زیست توده لیگنوسلولزی شامل مجموعه‌ای از پلیمر لیگنین و سلولز می‌باشد. این سوخت‌های زیستی پیشرفته که قابلیت مخلوط شدن با سوختهای فسیلی در هر نسبت را دارند شامل موارد زیر است:

- بیواتانول سلولزی : منابع زیست توده لیگنوسلولزی ابتدا به قند قابل تخمیر تبدیل شده، سپس محصول بیواتانول سلولزی را تولید می‌کنند، که از مهم‌ترین منابع سوخت زیستی نسل دوم می‌باشند.
- بیودیزل پیشرفته-Btl (Biomass to Liquid): نوعی سوخت مایع (دیزل) است که از طریق تولید گاز مصنوعی با خلوص بالا شامل دی‌اکسید کربن و هیدروژن از منابع لیگنوسلولزی و طی فرآیند فیشر تروپش سنتز می‌شود. این سوخت زیستی مایع از نظر عملکرد موتور و میزان آلایندگی، دارای کیفیت بالا برای خودروها و وسایل حمل و نقل جاده‌ای بوده و پتانسیل قابل توجهی داشته و از زیرساخت فعلی برای توزیع استفاده می‌کند.
- بیوبوتانول: از خوراک زیست توده سلولزی استفاده کرده و از طریق تخمیر قند و با استفاده از باکتری‌ها، به دست می‌آید. در موتورهای درونسوز قابل استفاده است و در قیاس با اتانول شباهت بیشتری به بنزین داشته و با زیرساخت موجود قابل توزیع است، اولین کارخانه‌ها در این حوزه، به صورت آزمایشی در آلمان و امریکا، راه‌اندازی شده است.

**نسل سوم** سوخت‌های زیستی که در مرحله تحقیق و توسعه قرار دارند از منابعی چون میکروارگانیسم‌های فتوسنتزی مانند ریز جلبک و سیانوباکتری به دست می‌آیند. این منابع برای تولید بایولیپیدها، بیواتانول و ... به کار می‌روند. به طور کلی در سوخت‌های پیشرفته دو حوزه در حال تحقیق است؛ راهکارهای بیولوژیک که به تولید بیواتانول می‌انجامد و راهکارهای ترموشیمیایی که مستقیما به تولید بیودیزل منجر می‌شود.

**فرآیندهای تولید سوخت‌های زیستی**

- فرآیندهای شیمیایی: این فرآیندها که عمدتاً برای تولید بیودیزل سنتی به کار می‌روند، منابع حاوی گلیسرید (روغن‌های گیاهی و چربی حیوانی) را به روغن مایع تبدیل نموده و سپس این روغن را از طریق فرآیند استری‌سازی تبدیل به استر می‌کنند. مواد به دست آمده پس از تفکیک به متانول گلیسرین و بیودیزل خام، تقطیر می‌شوند و بیودیزل خام به بیودیزل تبدیل شده و متانول گلیسرین به مرحله استری‌سازی بازمی‌گردد.
- فرآیندهای بیولوژیک: فرآیندهای بیولوژیک شامل سه دسته تخمیر سنتی، هیدرولیز آنزیمی و تخمیر، و هضم بیهوازی است. دو دسته اول برای تولید بیواتانول/بوتانول به کار رفته و دسته سوم مخصوص تولید بیوگاز است.
  - تخمیر (فرمانتاسیون-Fermentation) در شکل سنتی آن برای تولید بیواتانول از منابع قندی (نسل اول) به کار می‌رود. در تخمیر منابع قندی، مواد اولیه قنددار معمولاً بطور مستقیم توسط میکروارگانیسم‌ها به اتانول تبدیل می‌شوند. مخمر مورد استفاده در فرآیند تخمیر، خمیر مایه نانوایی ساکارومایسس سرویزیه (Baker's yeast یا Saccharomyces cerevisiae) می‌باشد.

$$\text{گلوکز} \xrightarrow{\text{تخمیر}} \text{اتانول} + CO_2$$

  - هیدرولیز آنزیمی و تخمیر در تخمیر منابع نشاسته‌ای سنتی (نسل اول) و منابع لیگنوسلولزی (نسل دوم) و به منظور تولید اتانول (یا بیوبوتانول)، به کار می‌رود، که طی آن پلیمرهای نشاسته‌ای و سلولزی ابتدا باید هیدرولیز شده و به قند تبدیل گردند و سپس در فرآیند تخمیر تبدیل به اتانول شوند. در مرحله هیدرولیز از آنزیم آلفا-آمیلاژ، برای تبدیل پلیمرها به منومرهای گلوکزی (قندی) استفاده می‌شود. در تبدیل منابع لیگنوسلولزی، جامد لیگنین نیز به عنوان محصول جانبی، پس از مرحله هیدرولیز، تولید شده که برای احتراق و تولید حرارت کاربرد دارد.
  - هضم بیهوازی که برای تبدیل زیست توده تَر (فاضلاب/ فضولات جانوری) به متان استفاده می‌شود، از طریق فعالیت باکتری‌ها منجر به تولید گازهای خام متان، دی‌اکسید کربن و هیدروژن سولفید می‌شود که پس از تصفیه آن‌ها، متان به دست آمده و فشرده سازی و ذخیره می‌شود.
- فرآیندهای ترموشیمیایی: این فرآیندها ابتدا زیست توده از نوع منابع لیگنوسلولزی را گازی‌سازی نموده و گاز سنتز شده را به سوخت مایع بیودیزل تبدیل می‌کنند. فرآیند فیشر تروپش مهم‌ترین این فرآیندهاست. این فرایند به طور مشترک توسط فرانس فیشر و هانس تروپش در سال ۱۹۲۳ و در آلمان کشف شد. بعد از گازی‌سازی زیست توده و تولید گاز سنتزی (syngas)، این فرآیند که شامل مجموعه‌ای از واکنش‌های شیمیایی است، به کار گرفته شده و گاز مونواکسید کربن را در واکنش با گاز هیدروژن قرار داده (در حضور کاتالیزورهای کبالت، آهن و روتنیوم) و مجموعه‌ای از هیدروکربن‌ها را ایجاد می‌کند.

$$(2n+1)H_2 + n\,CO \rightarrow C_nH_{2n+2} + nH_2O$$

در فرآیندهای تولید سوخت زیستی قابل مشاهده است که ورودی یکسان می‌تواند خروجی‌های متعدد داشته باشد. در نتیجه مفهوم پالایشگاه زیستی، برای نشان دادن این که زیست توده برای محصولات متعددی قابلیت استفاده دارد، به کار می‌رود.

### ۲,۴. زیست توده در تولید برق و حرارت

دامنه وسیعی از خوراک های زیست توده برای تولید برق و حرارت قابل استفاده اند که انواع آن‌ها از نظر توان تولید برق عبارتند از:

- پسماندهای‌ارگانیک: شامل فاضلاب و فضولات جانوری- ظرفیت تولید برق ۰,۵ تا ۵۰ مگاوات
- پسماندهای فرآیندی: شامل خرده الوار، تفاله نیشکر و پوسته برنج- ظرفیت تولید برق ۰,۵ تا ۵۰ مگاوات
- مواد محلی قابل جمع‌آوری : شامل پسماند کشاورزی (مانند کاه) و پسماند جنگلی- ظرفیت تولید برق ۱۰ تا ۵۰ مگاوات

فناوری‌های تولید برق از زیست توده:

۱- سوزاندن مستقیم زیست توده و چرخه بخار- کارایی کمتر نسبت به نیروگاه فسیلی
۲- همسوزی مستقیم همراه با زغال سنگ- نیروگاه های قدیمی زغال سوز در اروپا تبدیل به این حالت می شوند.
۳- گازی سازی همراه با چرخه بخار- تبدیل زیست توده به مخلوطی از گازهای سوختنی و انتقال گاز به توربین برای تولید برق.

در استفاده حرارتی در شکل سنتی که ایجاد یک شعله آتش باز می باشد، آلودگی و تخریب جنگل وجود دارد و کارایی پایینی هم دارد. اجاق‌های جدیدی ساخته شده تا کیفیت هوای داخلی و کارایی افزایش یابند و در کشورهای هند و چین در مناطق روستایی استفاده شود. دو فناوری استفاده از زیست توده برای تولید حرارت: سوختن در بویلرها و اجاق‌ها، گازی‌سازی کوچک مقیاس زیست توده.

**منابع و مراجع**


- سوخت زیستی و منابع آن، دکتر عباس المدرس، جلیل انتشاری و رضا طاهری، انتشارات آییژ، ۱۳۹۱
- http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/technology-roadmap-biofuels-for-transport.html
- سازمان انرژی‌های نو ایران - http://www.suna.org.ir/fa/biomas