Orange Hydrogen Forecasting through Patent Analysis

Shayan izadifar[1] - yazdan alvari[1] - Sara Mahmoudian Yonesi[1]
Abolghasem Mosayyebi[1] - Mohsen Mazlom Farsibaf[1] - Majid Zandi[2*]

Abstract

From the past to the present, the use of fossil resources has caused irreparable damage to the Earth. Hydrogen, as a clean and renewable resource, can serve as an energy source. In this study, hydrogen produced from various sources and methods has been categorized into 18 different color spectra. Initially, the research discusses the methods for producing orange hydrogen. Subsequently, data from patents registered throughout the lifespan of orange hydrogen production technologies has been collected from the Lens data center. In the following steps, this data has been transformed first into the cumulative number of patents in the field of orange hydrogen production and then into the cumulative number of patents registered in orange hydrogen production technologies. By examining and analyzing the data extracted from the Lens database, it can be concluded that orange hydrogen production technology is in a growth phase, and the most suitable technology for producing orange hydrogen is gasification technology.

Keywords
Orange Hydrogen, Energy, Biomass, Patent Analysis.

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-11-07]

1. Researcher in Energy Research Center Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
2,*. Associate Professor, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. (Corresponding Author). m_zandi@sbu.ac.ir,

مقاله علمی ـ پژوهشی

تاریخ دریافت ۱۴۰۴/۰۷/۲۷ **تاریخ پذیرش ۱۴۰۴/۱۱/۱۹**

آینده‌نگری هیدروژن نارنجی به روش تحلیل پتنت

شایان ایزدی‌فر[۱] ـ یزدان الواری[۲] ـ سارا محمودیان[۳] ـ ابوالقاسم مسیبی[۴]
محسن مظلوم فارسی‌باف[۵] ـ مجید زندی*[۶]

چکیده

از گذشته تاکنون استفاده از منابع فسیلی موجب واردشدن خسارت‌های جبران‌ناپذیری به کره زمین شده است. هیدروژن به‌عنوان یک منبع پاک و تجدیدپذیر یک منبع اولیه انرژی جایگزین است. در این پژوهش، هیدروژن تولید شده از منابع و روش‌های مختلف، به ۱۸ طیف رنگی مختلف دسته‌بندی شده است. ابتدا به روش‌های تولید هیدروژن نارنجی اشاره شده است. سپس داده‌های پتنت‌های جهانی ثبت‌شده در طول عمر فناوری‌های تولید هیدروژن نارنجی از مرکز داده لنز جمع‌آوری شده است. در گام اول، این داده‌ها به تعداد تجمعی پتنت در حوزه تولید هیدروژن نارنجی و در گام بعدی به تعداد تجمعی پتنت‌های ثبت‌شده در فناوری‌های تولید هیدروژن نارنجی تبدیل شده است. با مطالعه و بررسی داده‌های استخراج شده از پایگاه‌داده لنز، می‌توان نتیجه گرفت که فناوری تولید هیدروژن نارنجی در مرحله رشد قرار دارد و مناسب‌ترین فناوری جهت تولید هیدروژن نارنجی، فناوری گازی‌سازی است.

واژگان کلیدی: هیدروژن نارنجی، انرژی، زیست‌توده، تحلیل پتنت.

۱. پژوهشگر، مرکز پژوهشی انرژی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. لابراتوار مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر، دانشکده مهندسی مکانیک و انرژی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
۳. دانشجوی دکتری گروه انرژی‌های تجدیدپذیر، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۴. کارشناس آزمایشگاه، گروه انرژی‌های تجدیدپذیر، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۵. مدیر پژوهش و فناوری شرکت ملی گاز ایران.
۶،*. دانش‌یار، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول). m_zandi@sbu.ir

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-11-07]

مقدمه

انرژی یکی از نیازهای مهم برای زندگی انسان و توسعه جهانی است. رشد سریع جمعیت جهان به‌همراه رشد اقتصادی منجر به افزایش تقاضای جهانی انرژی شده است. پیش‌بینی می‌شود که تقاضای انرژی جهانی از سال ۲۰۱۰ میلادی تا سال ۲۰۴۰ میلادی از ۵۵۳۰۰۰ تراوات به ۸۵۵۰۰۰ تراوات افزایش خواهد یافت (Hosseinzadeh et al., 2020).

بیش از ۸۰ درصد از زنجیره انرژی جهان را سوخت‌های فسیلی تشکیل می‌دهند. وابستگی بیش از اندازه به سوخت‌های فسیلی چالشی برای جهان امروز شده است (Hjeij et al., 2022). میزان ذخایر فعلی سوخت‌های فسیلی در جهان حداکثر ۴۰ سال برای نفت، ۶۰ سال برای گاز طبیعی و ۱۵۶ سال برای زغال‌سنگ تخمین زده شده است. علاوه‌براین، سوخت‌های فسیلی به دلیل گازهای مخرب احتراق مانند اکسیدهای کربن‌دار، نیتروژن، گوگرد و سایر موارد که مسئول اصلی گرمایش کره زمین هستند، تأثیر جدی بر محیط‌زیست می‌گذارند. انتشار کربن ناشی از سوخت‌های فسیلی دارای یک روند صعودی مشابه شده است و تا سال ۲۰۱۹ میلادی به مقدار ۵ /۰ ∓ ۹/۹ گیگاتن در سال رسیده است (Hjeij et al., 2022; El-Shafie et al., 2019).

منابع انرژی تجدیدپذیر بهترین گزینه برای جای‌گزینی این منابع سنتی به دلیل افزایش مسائل زیست‌محیطی است. هیدروژن به‌عنوان یک منبع انرژی پاک و تجدیدپذیر شناخته شده است. هیدروژن به دلیل داشتن ویژگی‌هایی ازجمله: چگالی انرژی بالا، فراوان‌ترین عنصر شناخته شده در جهان، سبک‌ترین عنصر شناخته شده در جهان (وزن مولکولی ۲/۰۱۶) و ارزش حرارتی بسیار بالا در حدود ۳ تا ۴ برابر سوخت‌های هیدروکربنی (۱۴/۰۴ مگاژول بر کیلوگرم)، به‌عنوان یک منبع انرژی جای‌گزین برای کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی شناخته شده است (Xu et al., 2022).

هیدروژن می‌تواند به‌عنوان یک سوخت جای‌گزین در موتورهای احتراق داخلی و توربین‌های گاز استفاده شود. از سوی دیگر، هیدروژن به‌عنوان یک سوخت بهینه برای سلول‌های سوختی در نظر گرفته می‌شود، زیرا محصول نهایی آن آب خالص است و بازده انرژی آن تا حدود ۹۰ درصد است. زمانی که هیدروژن به‌عنوان یک سوخت استفاده می‌شود، هیچ آلاینده‌ای تولید نمی‌شود. محصول نهایی به‌کارگیری هیدروژن به‌عنوان یک سوخت، آب است که می‌تواند بازیافت شده و برای بازیابی هیدروژن مورداستفاده قرار گیرد (Xu et al., 2022). هیدروژن از منابع مختلفی قابل‌تولید است.

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-11-07]

تاکنون بیش از ۹۶ درصد منابع شناخته شده تولید هیدروژن، منابع فسیلی و تجدیدناپذیر هستند. ازاین‌رو تولید هیدروژن با استفاده از منابع تجدیدپذیر موضوعی مهم برای آینده انرژی در جهان شناخته شده است (Sánchez-Bastardo et al., 2021).

در حال حاضر، ۵۹ درصد از کل مصرف داخلی انرژی‌های تجدیدپذیر اتحادیه اروپا به انرژی زیستی اختصاص داده شده است (Hassan et al., 2024). پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۴۰ میلادی، تولید انرژی تجدیدپذیر ۵۱ درصد از کل تقاضای انرژی جهانی را تأمین کرده و به منبع اصلی انرژی تبدیل شود (Dash et al., 2023).

در حال حاضر، فناوری‌های مربوط به تولید، ذخیره‌سازی و انتقال انرژی هیدروژن به‌سرعت در سراسر جهان پیشرفت کرده‌اند. این موضوع، به حرکت به سمت سامانه‌های انرژی پاک و کاهش کربن در آینده کمک خواهد کرد. همین امر به افزایش سهم هیدروژن در مصرف کل سوخت در سراسر جهان کمک می‌کند. منابع تجدیدپذیر شناخته شده برای تولید هیدروژن، آب و زیست‌توده هستند. این منابع از طریق فناوری‌های مختلف از جمله الکترولیز، تجزیه حرارتی[1] و شیمیایی[2]، روش‌های زیستی[3]، تبدیل ترموشیمیایی و تبدیل بیولوژیکی[4]، هیدروژن را تولید می‌کنند. انرژی لازم در طول این فرایندها، اغلب برق یا حرارت است. از میان این روش‌های تولید هیدروژن، تولید هیدروژن از زیست‌توده (بیو هیدروژن[5]) به دلیل چالش‌های زیست‌محیطی که مواد زائد، فاضلاب و زباله به‌وجود آورده‌اند، توجه زیادی به خود جلب کرده است. فناوری تولید بیوهیدروژن می‌تواند کارایی تبدیل بالا و مصرف انرژی پایینی داشته باشد. به‌علاوه، فناوری تولید بیوهیدروژن، به‌دلیل گستردگی در انواع منابع زیست‌توده موجود، محدود نخواهد بود (Xu et al., 2022). از سویی دیگر ارائه راه‌کارهایی که به‌طور هم‌زمان به چالش‌های حوزه آب و انرژی بپردازد و مسائل بهداشتی و زیست‌محیطی در ارتباط با پسماندهای شهری و زیست‌توده را درنظر بگیرد، بسیار حائز اهمیت است (Hassan et al., 2024).

استفاده از هیدروژن در راهبرد جهانی بدون کربن، اهمیت روزافزونی پیدا کرده است. داشتن دانش کامل در خصوص تولید، ذخیره‌سازی و حمل‌ونقل هیدروژن، نقشی حیاتی در توسعه فناوری‌های مؤثر و پایدار برای استفاده از هیدروژن ایفا می‌کند (Xu et al., 2022).

هیدروژن یک منبع انرژی پاک است که می‌توان از آن در بیش‌تر کاربردهای

1. Thermolysis conversion
2. Thermal decomposition conversion
3. Bioremediation conversion
4. Biological conversion
5. Biohydrogen

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-11-07]

انرژی مانند تولید برق حمل‌ونقل، صنایع شیمیایی، صنایع غذایی، فولاد، هوافضا و حوزه‌های دیگر استفاده کرد (Dash et al., 2023). این پژوهش، ابتدا به دسته‌بندی رنگ‌های هیدروژن که بر اساس روش‌های تولید است، می‌پردازد. سپس مروری بر فناوری‌های تولید هیدروژن از طریق زیست‌توده انجام گرفته شده است. در بخش بعدی که خود به ۳ زیربخش تقسیم می‌شود، به تحلیل وضعیت فعلی و گذشته فناوری‌های تولید هیدروژن نارنجی پرداخته می‌شود. در بخش سوم نیز نتیجه‌گیری و پیشنهادها ارائه خواهد شد.

رنگ‌بندی هیدروژن

هیدروژن گازی بی‌رنگ است که از فرایندها، منابع تولید و منابع انرژی مختلفی قابل‌تولید است. از همین رو بر اساس منبع تولید، فرایند تولید و منبع انرژی مورداستفاده جهت تولید هیدروژن، دسته‌بندی برای هیدروژن صورت‌گرفته است. برای هیدروژن تولیدی باتوجه به منبع تولید، فرایند تولید و منبع انرژی مورداستفاده، یک‌رنگ انتخاب شده است (Ajanovic et al., 2022).

هیدروژن مشکی: هیدروژن مشکی از فرایند گازی‌سازی زغال‌سنگ سیاه با استفاده از حرارت به دست می‌آید. تولید هیدروژن مشکی کم‌ترین سازگاری با محیط‌زیست دارد. به‌طوری‌که درازای تولید هر کیلوگرم هیدروژن سیاه و قهوه‌ای ۲۰ کیلوگرم (CO_2) کربن دی‌اکسید کربن آزاد می‌شود. (Arcos & Santos, 2023a; Midilli et al., 2021).

هیدروژن قهوه‌ای: هیدروژن قهوه‌ای از فرایند گازی‌سازی زغال‌سنگ قهوه‌ای یا لیگنیت[1] قهوه‌ای با استفاده از حرارت به دست می‌آید. (Arcos & Santos, 2023a).

هیدروژن خاکستری: هیدروژن خاکستری از فرایند اصلاح بخار متان با استفاده از حرارت به دست می‌آید؛ اما در این فرایند هیچ کربنی جذب نمی‌شود. در عوض، تمام انتشار کربن در جو منتشر می‌شود (Panić et al., 2022).

هیدروژن آبی: هیدروژن آبی از فرایند اصلاح بخار یا رفرمینگ بخار متان و جذب و ذخیره‌سازی کربن با استفاده از حرارت به دست می‌آید (Panić et al., 2022; Midilli et al., 2021).

هیدروژن سبز: هیدروژن سبز، هیدروژن تولید شده از فرایند الکترولیز آب

1. Lignit

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-11-07]

توسط منابع انرژی تجدیدپذیر است. هیدروژن سبز نسبت‌به هیدروژن خاکستری آب بیش‌تری مصرف می‌کند. (Ajanovic et al., 2022).

هیدروژن فیروزه‌ای: از فرایند پیرولیز گاز طبیعی با استفاده از برق شبکه به دست می‌آید (Rioja-cabanillas & Fernández-ibáñez, n.d.).

هیدروژن سفید: هیدروژن سفید، هیدروژن طبیعی است که در زیر زمین از فرایند شکست هیدرولیکی بر اثر فشار و عوامل بیوشیمیایی به‌دست می‌آید (Incer-Valverde et al., 2023).

هیدروژن زرد: هیدروژن زرد، به هیدروژنی اشاره دارد که به طور خاص از فرایند الکترولیز با استفاده از برق شبکه تولید می‌شود (Dodgshun, n.d.).

هیدروژن صورتی: هیدروژن صورتی از فرایند الکترولیز به دست می‌آید؛ اما منبع انرژی آن، انرژی هسته‌ای است (Panić et al., 2022).

هیدروژن قرمز: هیدروژن قرمز از فرایند ترمولیز که از منبع حرارت هسته‌ای تأمین می‌شود به دست می‌آید (Zainal et al., 2024).

هیدروژن اقیانوسی: هیدروژن اقیانوسی از فرایند اکسیداسیون و جابه‌جایی آب - گاز[1] با استفاده از برق و هوا به دست می‌آید (Arcos & Santos, 2023b).

هیدروژن بنفش: هیدروژن بنفش از فرایند الکترولیز و ترمولیز به کمک برق و حرارت هسته‌ای تولید می‌شود (Scamman & Newborough, 2016).

هیدروژن سرمه‌ای: هیدروژن سرمه‌ای از فرایند اصلاح بخار یا ریفرمینگ بخار متان و جذب و ذخیره‌سازی کربن به دست می‌آید. تفاوت این نوع هیدروژن با هیدروژن آبی در این است که منبع انرژی هیدروژن آبی حرارت است؛ اما در هیدروژن سرمه‌ای، منبع انرژی برق شبکه است (Zainal et al., 2024).

هیدروژن نقره‌ای: هیدروژن نقره‌ای از طریق فرایند سونولیز[2] آب یا اتانول با استفاده از برق به دست می‌آید (Penconi et al., 2015).

هیدروژن طلایی: هیدروژن طلایی از فرایند هضم بی‌هوازی در مخزن‌های هیدروکربنی با منبع انرژی بیوشیمیایی به دست می‌آید (Incer-Valverde et al., 2023).

هیدروژن زیتونی: هیدروژن زیتونی از فرایند فوتوکاتالیز[3] آب یا اتانول با استفاده از انرژی نورانی خورشید به دست می‌آید. (Arcos & Santos, 2023a).

1. Water-gas shift (WGS)
2. Sonolysis
3. Photocatalysis

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-11-07]

هیدروژن یشمی: هیدروژن یشمی با فرایند اصلاح بخار متان و جذب و ذخیره‌سازی کربن به‌دست می‌آید و تفاوت آن با هیدروژن آبی و سرمه‌ای در منبع تأمین انرژی است. منبع تأمین انرژی هیدروژن یشمی برق تجدیدپذیر است (Do et al., 2023).

هیدروژن نارنجی: هیدروژن نارنجی از طریق فرایند گازی‌سازی و اصلاح بخار متان و گازی‌سازی با آب فوق‌بحرانی[1] برای زیست‌توده با استفاده از حرارت به‌دست می‌آید (Kalinci et al., 2009).

فناوری گازی‌سازی

گازی‌سازی یک فناوری ترموشیمیایی به‌منظور تبدیل زیست‌توده به گاز سنتز است و دهه‌ها با استفاده از گاز طبیعی و ماقبل از آن با استفاده از زغال‌سنگ مورداستفاده قرار گرفته شده است. گازی‌سازی در دماهای بالا (۱۵۰۰-۷۰۰ درجه سانتی‌گراد) و فشار (۲۰-۳۰ مگا پاسکال) در حضور یک عامل گازی‌سازی مانند هوا، بخار یا اکسیژن در واحد گازی‌سازی رخ می‌دهد. واکنش‌های شیمیایی اصلی در فناوری گازی‌سازی شامل پیرولیز، احتراق و گازی‌سازی است (Aziz et al., 2021).

فناوری گازی‌سازی به‌وسیله آب فوق‌بحرانی

گازی‌سازی به‌وسیله آب فوق‌بحرانی یک فناوری جدید تولید هیدروژن است. این فناوری، با تبدیل پسماند زیست‌توده به گاز سنتز، گاز سنتز غنی از هیدروژن در دما و فشار بالا تولید می‌کند. سپس در گام بعدی، هیدروژن با جداسازی از گاز سنتز به دست می‌آید. در فرایند گازی‌سازی به‌وسیله آب فوق‌بحرانی، آب به‌عنوان محیط واکنش و یک عامل واکنش‌دهنده عمل می‌کند. سپس درنهایت گاز سنتز غنی از هیدروژن تولید می‌شود (Kladisios & Sagia, 2022). مراحل گازی سازی با آب فوق بحرانی شامل سه مرحله اصلاح بخار، جابه‌جایی آب ـ گاز و واکنش اصلاح بخار متان است (Kladisios & Sagia, 2022).

روش‌شناسی

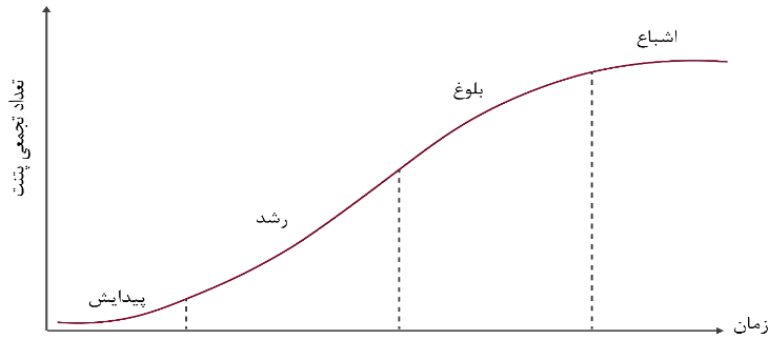
در مسیر تحلیل و آینده‌نگری فناوری[2] شیوه‌های مختلفی برای سنجش وضعیت حال حاضر فناوری و پیش‌بینی آینده فناوری مورداستفاده قرار گرفته شده است. رسم چرخه عمر فناوری[3] یکی از فرایندهای پذیرفته شده به‌عنوان معیاری برای سنجش وضعیت

1. Supercritical water
2. Technology Assessment
3. Technology Life Cycle Or Tlc

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-11-07]

گذشته و حال و پیش‌بینی آینده فناوری است. همان‌طور که در شکل ۱ نشان‌داده‌شده است یک فناوری از زمان اولین ثبت اختراع تا حرکت در مسیر توسعه و به‌کارگیری و تجاری‌سازی شدن بر اساس تعداد تجمعی اختراع‌های ثبت‌شده به یک مسیر منحنی S شکل[1] صعود می‌کند. (Gao et al., 2013)

شکل ۱. نمودار لجستیک (S شکل) چرخه عمر فناوری



منبع: Gao et al., 2013

طبق منحنی شکل ۱ می‌توان چهار فاز زیر برای آن در نظر گرفت (Gao et al., 2013).

پیدایش: در فاز پیدایش طرح فناوری مطرح شده در مراکز پژوهشی مورد پژوهش و توسعه قرار گرفته شده است. در این دوره، در ابتدا پدیدآوردن پتنت بسیار اندک و ناچیز است؛ اما با شناخته‌شدن فناوری توسط پژوهش‌گران دیگر، نرخ پدیدآوردن پتنت مرتبط با آن شدت گرفته تا به میزان ثابتی رسیده است. در این فاز شکل منحنی به طور تقریبی نامنظم دیده می‌شود و حجم کلی پتنت‌ها پایین است (Gao et al., 2013).

رشد: در فاز رشد، نرخ پدیدآوردن پتنت به میزان ثابتی در حال افزایش است، به‌طوری‌که تقعر منحنی به سمت بالا است و روند روبه‌رشد مشخصی مشاهده می‌شود (Gao et al., 2013).

بلوغ: در فاز بلوغ، نرخ پدیدآوردن پتنت در نتیجه کاهش تحقیق و توسعه در فناوری کاهش‌یافته است. هم‌چنین، نرخ رشد نمودار تجمعی پتنت مسیر کاهشی به خود گرفته است. این اتفاق در پی ورود فناوری به مراکز صنعتی و تجاری‌سازی شدن رخ می‌دهد. هرچند در این مرحله تعداد پتنت‌ها در منحنی به‌طور منظم روبه‌افزایش

1. S Curve

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-11-07]

است؛ اما میزان تغییر شیب منحنی منفی است و تقعر منحنی به سمت پایین است (Gao et al., 2013).

اشباع یا افول: در فاز اشباع یا افول، نرخ پدیدآوردن پتنت در فناوری موردنظر مسیر کاهشی به خود گرفته است. فاز اشباع همواره معادل با افول فناوری و حذف تحقیق و توسعه در فناوری موردنظر است؛ به‌طوری‌که فناوری از سودآوری خارج شده و سرمایه جهت تحقیق و توسعه به آن اختصاص داده نشده است. در نتیجه این امر، نمودار تجمعی به بخش هموار خود نزدیک می‌شود و پیش‌بینی مسیر افقی آن قابل‌تعیین است (Gao et al., 2013).

براین‌اساس، با تبدیل داده‌های ثبت‌شده در طول عمر فناوری‌های‌تولید هیدروژن نارنجی به تعداد تجمعی پتنت و باتوجه‌به این‌که هر فناوری مسیر پیدایش تا افول را طی خواهد کرد، وضعیت فناوری‌های تولید هیدروژن نارنجی مورد بررسی قرار گرفته است.

یافته‌ها

نمودار تجمعی پتنت‌های تولید هیدروژن نارنجی و تحلیل مقاطع زمانی

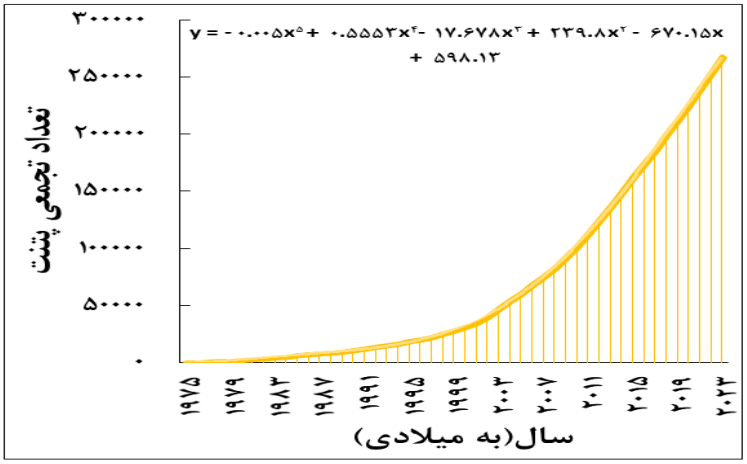
با واردکردن کلیدواژه‌های مشخصی برای جستجوی تولید هیدروژن به‌وسیله پسماند[1] در مرکز داده لنز[2] و سپس تبدیل داده‌های پتنت‌های ثبت‌شده به تعداد تجمعی پتنت، شکل ۲ ترسیم شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، تعداد بسیار زیادی از پتنت‌های ثبت‌شده در بازه زمانی سال ۲۰۰۰ میلادی به بعد است که مانع از درک بازه زمانی قبل از آن است.

برای تطابق بهتر نمودار فناوری اصلاح پیرولیز با نمودار لجستیک (S شکل) چرخه عمر فناوری (شکل ۱) به داده‌های ارائه شده در شکل ۲، یک منحنی برازش شده است. چندجمله‌ای منحنی برازش شده، درجه ۵ در نظر گرفته شده است؛ زیرا به هر میزان درجه معادله بالاتر در نظر گرفته شود، زمان پردازش افزایش و دقت برازش نیز بیش‌تر خواهد شد. خطای برازش نیز همان‌گونه که با معیار ضریب تشخیص در شکل آمده، بسیار ناچیز است. درکل این پنج دهه درنظرگرفته‌شده، نزدیک به ۲۷۰۰۰۰ پتنت در زمینه فناوری تولید هیدروژن نارنجی تا سال ۲۰۲۳ میلادی به ثبت رسیده است. از

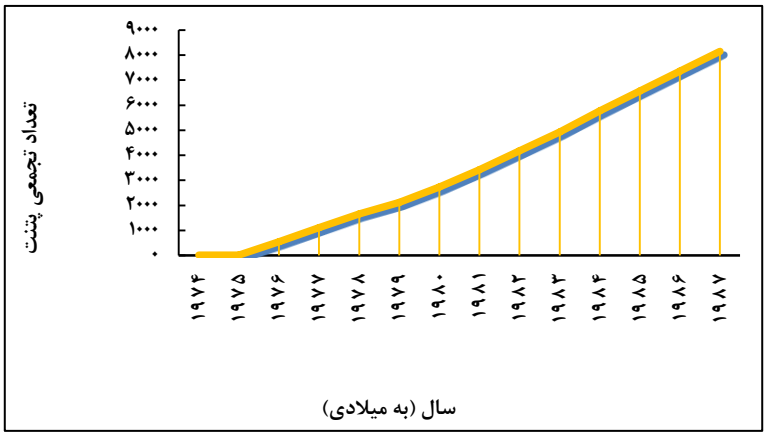
1. Hydrogen & Production &Waste
2. Www.Lens.Org

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-11-07]

شکل ۲-الف. نمودار تجمعی پتنت‌های ثبت‌شده در طول عمر فناوری‌های تولید هیدروژن نارنجی، ب: نمودار تجمعی پتنت‌های ثبت‌شده در حوزه فناوری‌های تولید هیدروژن نارنجی در مقطع زمانی سال‌های ۱۹۷۴ میلادی تا ۱۹۸۷ میلادی، ج: نمودار تجمعی پتنت‌های ثبت‌شده در حوزه فناوری‌های تولید هیدروژن نارنجی در مقطع زمانی سال‌های ۱۹۸۷ میلادی تا ۲۰۱۸ میلادی، د: نمودار تجمعی پتنت‌های ثبت‌شده در حوزه فناوری‌های تولید هیدروژن نارنجی در مقطع زمانی سال‌های ۲۰۱۸ میلادی تا ۲۰۲۳ میلادی

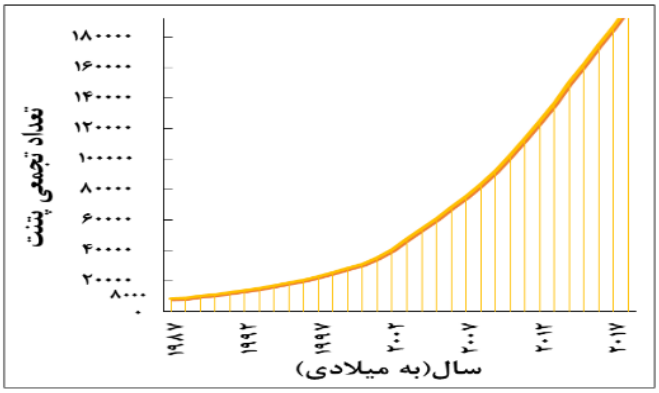


الف

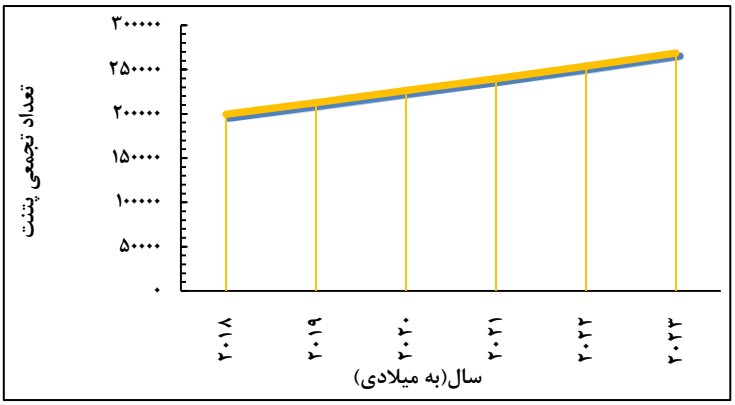


ب

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-11-07]



ج



د

مقایسه شکل ۲- الف و نمودار لجستیک (S شکل) چرخه عمر فناوری (شکل ۱) فازهای زیر در این مقطع زمانی برای تولید هیدروژن نارنجی تشخیص‌داده‌شده است.

۱. مقطع زمانی سال‌های ۱۹۷۴ میلادی تا ۱۹۸۷ میلادی: شکل ۲- ب
۲. مقطع زمانی سال‌های ۱۹۸۷ میلادی تا ۲۰۱۸ میلادی: شکل ۲- ج
۳. مقطع زمانی سال‌های ۲۰۱۸ میلادی تا ۲۰۲۳ میلادی: شکل ۲- د

در میان‌سال‌های ۱۹۷۴ میلادی تا ۱۹۸۷ میلادی، نزدیک به ۸۱۵۰ پتنت درزمینه تولید هیدروژن نارنجی به ثبت رسیده است. از مقایسه شکل ۲- ب و نمودار لجستیک (S شکل) چرخه عمر فناوری (شکل ۱)، قرارگیری در فاز پیدایش در این مقطع زمانی برای تولید هیدروژن نارنجی تشخیص داده شده است. در میان‌سال‌های ۱۹۸۷ میلادی تا ۲۰۱۸ میلادی، نزدیک به ۱۹۱۵۰۰ پتنت درزمینه تولید هیدروژن

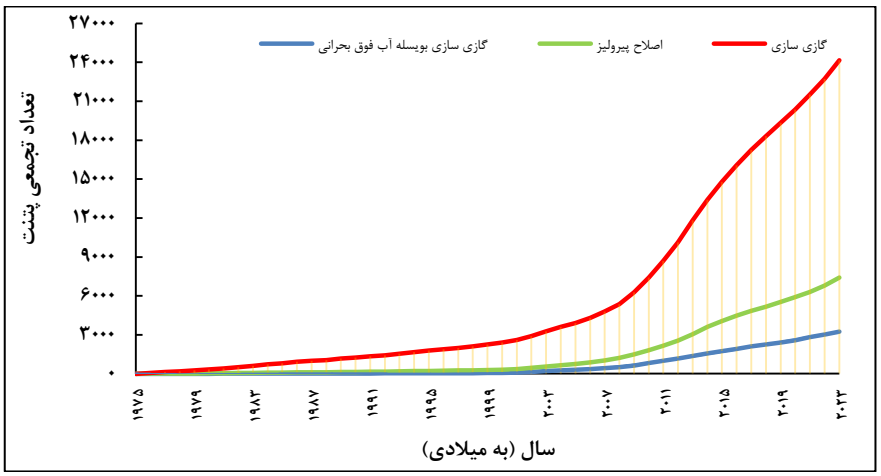
[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-11-07]

نارنجی به ثبت رسیده است. از مقایسه شکل ۲- ج و نمودار لجستیک (S شکل) شکل چرخه عمر فناوری (شکل ۱)، قرارگیری در فاز رشد در این مقطع زمانی برای تولید هیدروژن نارنجی تشخیص داده شده است. در میان‌سال‌های ۲۰۱۸ میلادی تا ۲۰۲۳ میلادی، حدود ۷۰۰۰۰ پتنت درزمینه تولید هیدروژن نارنجی به ثبت رسیده است. از مقایسه شکل ۲-د و نمودار لجستیک (S شکل) چرخه عمر فناوری (شکل ۱)، قرارگیری در فاز رشد در این مقطع زمانی برای تولید هیدروژن نارنجی تشخیص داده شده است.

نمودار تجمعی پتنت‌های فناوری‌های تولید هیدروژن نارنجی

با تبدیل پتنت‌های ثبت‌شده در طول عمر فناوری‌های تولید هیدروژن نارنجی از مرکز داده لنز به تعداد تجمعی پتنت و مقایسه نرخ تجمعی پدیدآوردن پتنت‌های ثبت‌شده حوزه فناوری‌های ذکر شده در پنج دهه اخیر، نمودار شکل ۳ ترسیم شده است. از مقایسه منحنی‌های شکل ۳ و نمودار لجستیک (S شکل) چرخه عمر فناوری (شکل ۱) تشخیص داده شده است، فناوری‌های تولید هیدروژن نارنجی به‌وسیله گازی‌سازی، اصلاح پیرولیز و گازی‌سازی به‌وسیله آب فوق‌بحرانی در فاز رشد قرار دارند. تعداد پتنت‌های ثبت‌شده در فناوری گازی‌سازی بسیار بالاتر از فناوری‌های دیگر است به‌عبارت‌دیگر تعداد تجمعی پتنت‌های ثبت‌شده در حوزه فناوری گازی‌سازی در پنج دهه اخیر حدود ۲۴۲۰۰ پتنت است. تعداد تجمعی پتنت‌های ثبت‌شده در حوزه فناوری

شکل ۳. نمودار تجمعی پتنت‌های ثبت‌شده حوزه فناوری‌های تولید هیدروژن نارنجی



[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-11-07]

گازی‌سازی حدود بیش از ۶ برابر کل پتنت‌های ثبت‌شده در حوزه فناوری گازی‌سازی به‌وسیله آب فوق‌بحرانی و حدود بیش از ۵/۳ برابر فناوری اصلاح پیرولیز است. براین‌اساس می‌توان فناوری‌های تولید هیدروژن نارنجی را یک فناوری درحال‌رشد محسوب نمود که هنوز با دوره بلوغ خود و در چشم‌انداز دورتر دوره اشباع خود فاصله دارد. با نگاهی به‌کل دوره زمانی تولید هیدروژن نارنجی در شکل ۲-الف نیز این برداشت قابل‌درک است.

نمودار تجمعی پتنت‌های فناوری‌های تولید هیدروژن نارنجی و تحلیل مقاطع زمانی

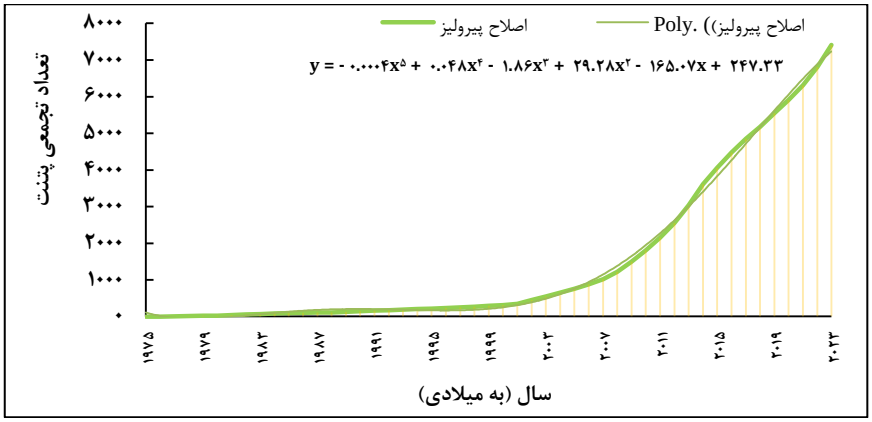
در این بخش، داده‌های پتنت‌های ثبت‌شده در طول عمر فناوری‌های تولید هیدروژن نارنجی که شامل اصلاح پیرولیز، گازی‌سازی و گازی‌سازی به‌وسیله آب فوق‌بحرانی است، از مرکز داده لنز استخراج شده است. سپس این داده‌ها برای یک بازه زمانی مشخص، به‌صورت نمودار تجمعی پتنت در شکل ۳ ترسیم شده است. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، تعداد بسیار زیادی از پتنت‌های ثبت‌شده در بازه زمانی سال ۲۰۰۰ میلادی به بعد است؛ بنابراین مانع از درک بازه زمانی قبل از آن است. در نگاه کلی به نمودار فناوری‌های تولید هیدروژن نارنجی، اکثر فناوری‌ها نوظهور محسوب می‌شوند. ازاین‌رو لازم است تا نگاهی دقیق‌تر در مقاطع زمانی مختلف به نمودار هریک از این فناوری‌ها شود.

فناوری اصلاح پیرولیز

برای فناوری اصلاح پیرولیز نمودار تجمعی پتنت شکل ۴ ترسیم شده است. برای تطابق بهتر نمودار فناوری اصلاح پیرولیز با نمودار لجستیک (S شکل) چرخه عمر فناوری (شکل ۱) به داده‌های ارائه شده در شکل ۴، یک منحنی برازش شده است. چندجمله‌ای منحنی برازش شده درجه ۵ در نظر گرفته شده است. درکل این پنج دهه در حوزه فناوری اصلاح پیرولیز، بیش از ۷۰۰۰ پتنت در زمینه تولید هیدروژن نارنجی تا سال ۲۰۲۳ میلادی به ثبت رسیده است. از مقایسه شکل ۴ و نمودار لجستیک (S شکل) چرخه عمر فناوری (شکل ۱) فازهای زیر در این مقطع زمانی برای فناوری اصلاح پیرولیز تشخیص داده شده است.

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-11-07]

شکل ۴. نمودار تجمعی پتنت‌های ثبت‌شده حوزه تولید هیدروژن نارنجی به‌وسیله فناوری اصلاح پیرولیز در مقطع زمانی ۱۹۷۵ میلادی الی ۲۰۲۳ میلادی



۱. مقطع زمانی سال‌های ۱۹۷۵ میلادی تا ۲۰۰۶ میلادی: شکل ۵- الف

۲. مقطع زمانی سال‌های ۲۰۰۶ میلادی تا ۲۰۲۳ میلادی: شکل ۵- ب

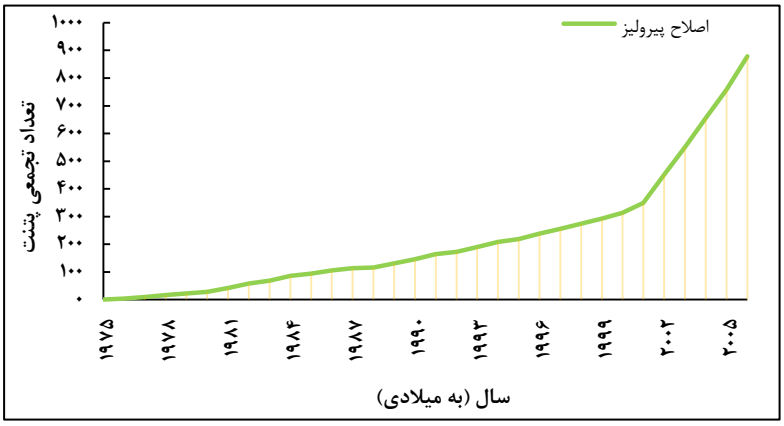
در مقطع زمانی سال‌های ۱۹۷۵ میلادی تا ۲۰۰۶ میلادی شکل ۵- الف، حدود ۷۶۰ پتنت و در مقطع زمانی سال‌های ۲۰۰۶ میلادی تا ۲۰۲۳ میلادی شکل ۵-ب، حدود ۶۷۰۰ پتنت در زمینه فناوری اصلاح پیرولیز به ثبت رسیده است. از مقایسه شکل ۵-الف و شکل ۵-ب با نمودار لجستیک (S شکل) چرخه عمر فناوری (شکل ۱) در سال‌های ۱۹۷۵ میلادی تا ۲۰۰۶ میلادی فاز پیدایش و در سال‌های ۲۰۰۶ میلادی تا ۲۰۲۳ میلادی فاز رشد در این مقاطع زمانی برای فناوری اصلاح پیرولیز تشخیص داده شده است.

در مقطع زمانی سال‌های ۱۹۷۵ میلادی تا ۲۰۲۳ میلادی، از میان تمام پتنت‌های ثبت‌شده در این بازه زمانی، بیش‌ترین نقل‌قول مربوط به پتنت تبدیل زیست توده پسماند به محصول‌های مفید[1] (James L. Grady; Guang Jiong Chen, 1999)، با ۵۷۴ نقل قول به مالکیت هلدینگ بایو اتانول[2] است. این پتنت فرآیندی برای تبدیل زیست‌توده زباله به محصول‌های مفید با گازی‌سازی زیست‌توده برای تولید گاز سنتز و تبدیل بستر گاز سنتز به یک یا چند محصول مفید ارائه شده است. هلدینگ بایو اتانول با استفاده از پتنت ثبتی با تبدیل زباله‌های زیست‌محیطی به گاز سنتز و تبدیل گاز سنتز به یک یا چند محصول مفید به محصول‌های مفید مانند هیدروژن، اتانول و استیک اسید دست یافت است.

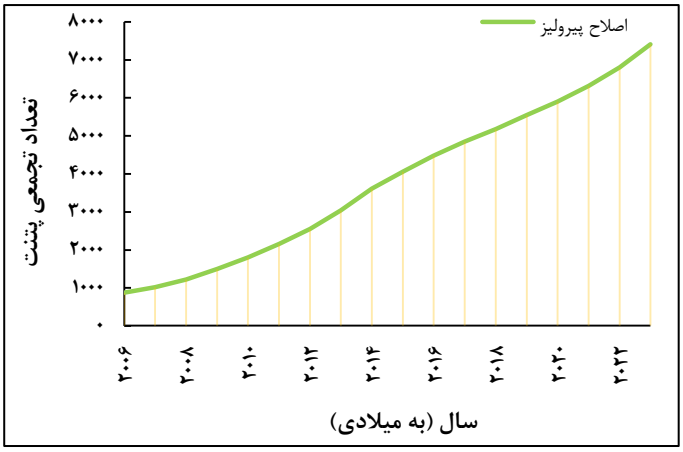
1. Bioconversion Of Waste Biomass To Useful Products
2. Bioethanol Holdings INC

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-11-07]

شکل ۵– الف. نمودار تجمعی پتنت‌های ثبت‌شده حوزه تولید هیدروژن نارنجی به‌وسیله فناوری اصلاح پیرولیز در بازه زمانی ۱۹۷۵ میلادی تا ۲۰۰۶ میلادی، ب. نمودار تجمعی پتنت‌های ثبت‌شده حوزه تولید هیدروژن نارنجی به‌وسیله فناوری اصلاح پیرولیز در بازه زمانی ۲۰۰۶ میلادی تا ۲۰۲۳ میلادی



الف



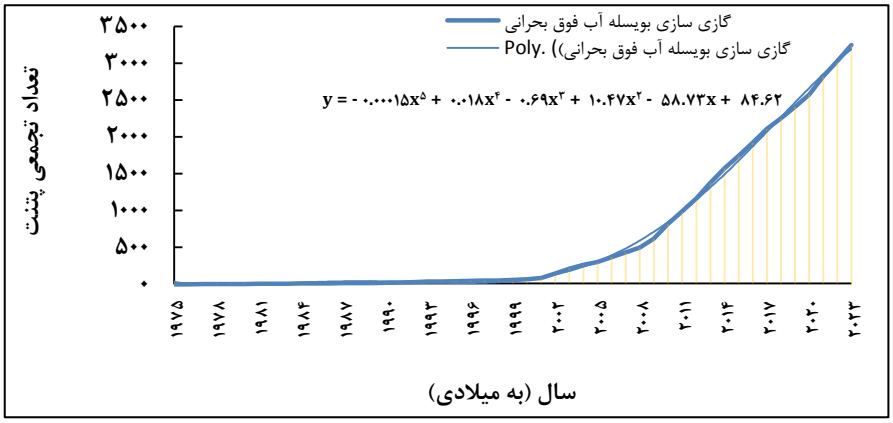
ب

فناوری گازی‌سازی به‌وسیله آب فوق‌بحرانی

نمودار تجمعی پتنت فناوری گازی‌سازی به‌وسیله آب فوق‌بحرانی شکل ۶ ترسیم شده است. برای تطابق بهتر نمودار فناوری گازی‌سازی به‌وسیله آب فوق‌بحرانی با نمودار لجستیک (S شکل) چرخه عمر فناوری (شکل ۱) به داده‌های ارائه شده در شکل ۶، منحنی چندجمله‌ای با درجه ۵ برازش شده است در کل این پنج دهه در حوزه فناوری

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-11-07]

شکل ۶. نمودار تجمعی پتنت‌های ثبت‌شده حوزه تولید هیدروژن نارنجی با استفاده از فناوری گازی‌سازی به‌وسیله آب فوق‌بحرانی در مقطع زمانی ۱۹۷۵ الی ۲۰۲۳ میلادی



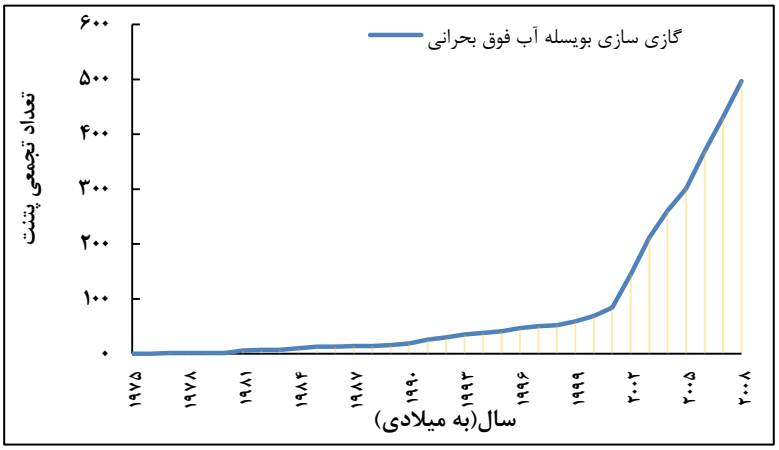
در مقطع زمانی سال‌های ۱۹۷۵ میلادی تا ۲۰۰۸ میلادی شکل ۷-الف حدود ۵۰۰ پتنت و در مقطع زمانی سال‌های ۲۰۰۸ میلادی تا ۲۰۲۳ میلادی شکل ۷-ب، حدود ۲۸۵۰ پتنت درزمینه تولید هیدروژن نارنجی به وسیله فناوری گازی‌سازی به‌وسیله آب فوق‌بحرانی به ثبت رسیده است. از مقایسه شکل ۷-الف و شکل ۷-ب با نمودار لجستیک (S شکل) چرخه عمر فناوری (شکل ۱) در سال‌های ۱۹۷۵ میلادی تا ۲۰۰۸ میلادی فاز پیدایش و در سال‌های ۲۰۰۸ میلادی تا ۲۰۲۳ میلادی فاز رشد در این مقاطع زمانی برای فناوری گازی‌سازی به‌وسیله آب فوق‌بحرانی تشخیص داده شده است.

در مقطع زمانی سال‌های ۱۹۷۵ میلادی تا ۲۰۲۳ میلادی، از میان تمام پتنت‌های ثبت‌شده در این بازه زمانی، بیش‌ترین نقل‌قول مربوط پتنت به اختراع دستگاهی بدون انتشار فرایندی مواد سمی از منابع تغذیه چند گانه جهت بازیافت بیشتر و تولید مواد مفید مانند فلزات جداشونده، کربن و فولرنس برای تولید مواد نانو، گرما و دی اکسید کربن برای تولید انرژی و تولید نفت پالایش شده و... با هزینه بسیار کمتر نسبت به سامانه‌های پالایش در حال حاضر که استاندارد های جدید انتشار را براورده می کند، در سال ۲۰۱۶ با مالکیت شرکت حمل و نقل گروه ترنستار ال‌تی‌دی[1] و موضوع سیستم جدید و بهبود یافته برای پردازش مواد شیمیایی و مواد مختلف[2] (Allen KAPLAN, Miami Beach, FUS); (Randall BRADLEY, Ft. Lauderdale, n.d.)، با ۵۴۸ نقل قول است.

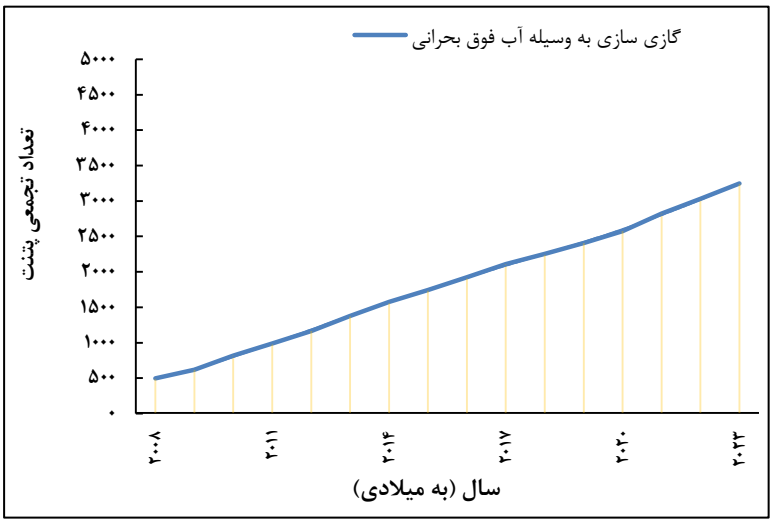
1. Transtar Group Ltd
2. New And Improved System For Processing Various Chemicals And Materials

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-11-07]

شکل ۷– الف. نمودار تجمعی پتنت‌های ثبت‌شده حوزه تولید هیدروژن نارنجی با استفاده از فناوری گازی‌سازی به‌وسیله آب فوق‌بحرانی در مقطع زمانی ۱۹۷۵ میلادی تا ۲۰۰۸ میلادی، ب. نمودار تجمعی پتنت‌های ثبت‌شده حوزه تولید هیدروژن نارنجی با استفاده از فناوری گازی‌سازی به‌وسیله آب فوق‌بحرانی در مقطع زمانی ۲۰۰۸ میلادی تا ۲۰۲۳ میلادی



الف



ب

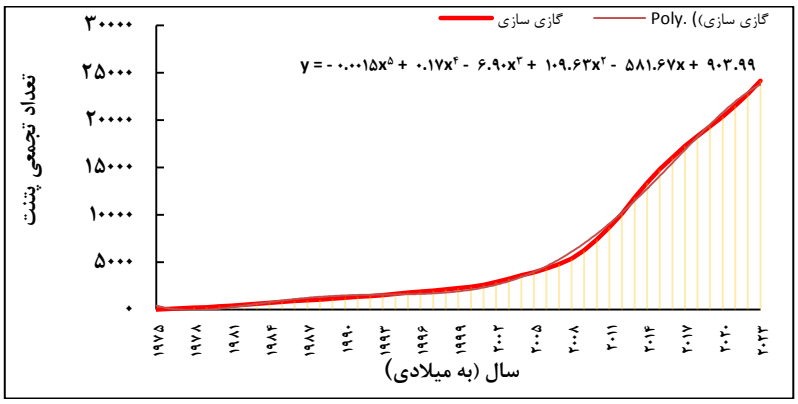
فناوری گازی‌سازی

نمودار تجمعی پتنت فناوری گازی‌سازی شکل ۸ ترسیم شده است. برای تطابق بهتر

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-11-07]

نمودار فناوری گازی‌سازی با نمودار لجستیک (S شکل) چرخه عمر فناوری (شکل ۱)، به داده‌های ارائه شده در شکل ۸، منحنی چندجمله‌ای با درجه ۵ برازش شده است. در کل این پنج دهه در حوزه فناوری گازی‌سازی نزدیک به ۲۴۲۰۰ پتنت در زمینه تولید هیدروژن نارنجی تا سال ۲۰۲۳ میلادی به ثبت رسیده است. از مقایسه شکل ۸ و نمودار لجستیک (S شکل) چرخه عمر فناوری (شکل ۱)، فازهای زیر در این مقطع زمانی برای تولید هیدروژن نارنجی تشخیص داده شده است.

شکل ۸. نمودار تجمعی پتنت‌های ثبت‌شده حوزه تولید هیدروژن نارنجی به وسیله از فناوری گازی سازی



۱. مقطع زمانی سال‌های ۱۹۷۵ میلادی تا ۲۰۰۶ میلادی: شکل (۹)- الف

۲. مقطع زمانی سال‌های ۲۰۰۶ میلادی تا ۲۰۱۳ میلادی: شکل (۹)- ب

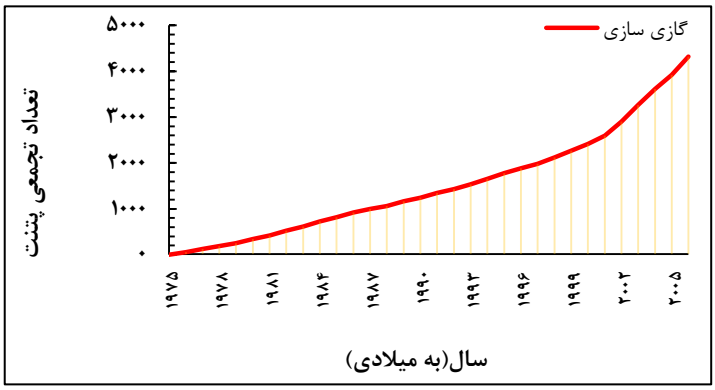
در مقطع زمانی سال‌های ۱۹۷۵ میلادی تا ۲۰۰۶ میلادی شکل ۹- الف، نزدیک به ۴۳۵۰ پتنت، در مقطع زمانی سال‌های ۲۰۰۶ میلادی تا ۲۰۲۳ میلادی شکل ۹- ب، نزدیک به ۱۹۸۵۰ پتنت در زمینه تولید هیدروژن نارنجی به وسیله فناوری گازی‌سازی به ثبت رسیده است. از مقایسه شکل ۹-الف و شکل ۹-ب با نمودار لجستیک (S شکل) چرخه عمر فناوری (شکل ۱) در سال‌های ۱۹۷۵ میلادی تا ۲۰۰۶ میلادی، فاز پیدایش و در سال‌های ۲۰۰۶ میلادی تا ۲۰۲۳ میلادی، فاز رشد در این مقاطع زمانی برای فناوری گازی‌سازی تشخیص داده شده است.

در مقطع زمانی سال‌های ۱۹۷۵ میلادی تا ۲۰۲۳ میلادی، از میان تمام پتنت‌های ثبت‌شده در این بازه زمانی، بیش‌ترین نقل‌قول مربوط به پتنت سنتز سوخت‌های مایع و

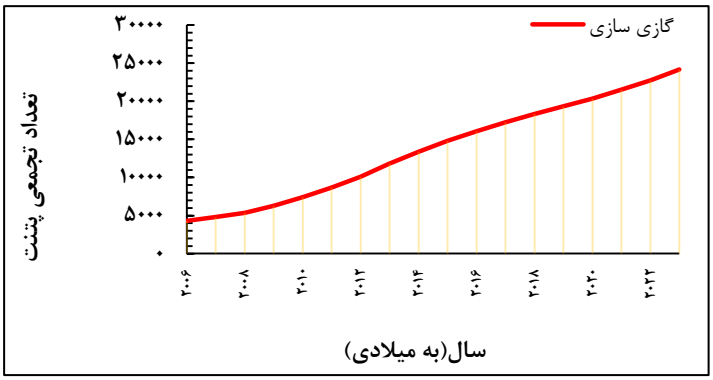
[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-11-07]

مواد شیمیایی از هیدروکربن‌های اکسیژن‌دار[1] با ۳۶۰ نقل‌قول است. این پتنت به اختراع فرایندی برای تبدیل هیدروکربن‌های اکسیژن‌دار به هیدروکربن‌ها، کتون‌ها و الکل‌ها ارائه شده است. از هیدروکربن‌ها، کتون‌ها و الکل‌ها می‌توان به‌عنوان یک سوخت مایع مانند بنزین، سوخت جت یا سوخت دیزل و مواد شیمیایی صنعتی بهره برد.

شکل ۹- الف. نمودار تجمعی پتنت‌های ثبت‌شده حوزه تولید هیدروژن نارنجی به‌وسیله فناوری گازی‌سازی در بازه زمانی ۱۹۷۵ میلادی تا ۲۰۰۶ میلادی، ب: نمودار تجمعی پتنت‌های ثبت‌شده حوزه تولید هیدروژن نارنجی به‌وسیله فناوری گازی‌سازی در بازه زمانی ۲۰۰۶ میلادی تا ۲۰۲۳ میلادی



الف



ب

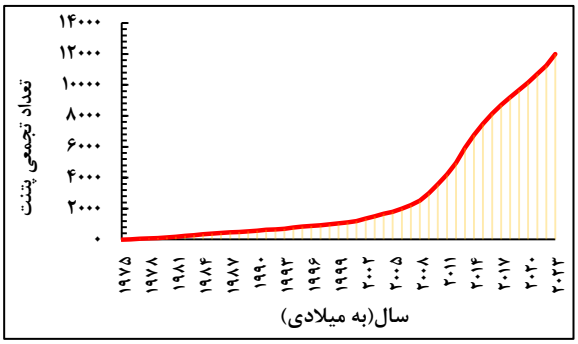
طبق شکل ۸، فناوری گازی‌سازی در فاز رشد قرار گرفته است. روش‌های فناوری گازی‌سازی، گازی‌سازی بسترسیال و گازی‌سازی دوفازی است. با استفاده از کلیدواژه

1. Synthesis Of Liquid Fuels And Chemicals From Oxygenated Hydrocarbons

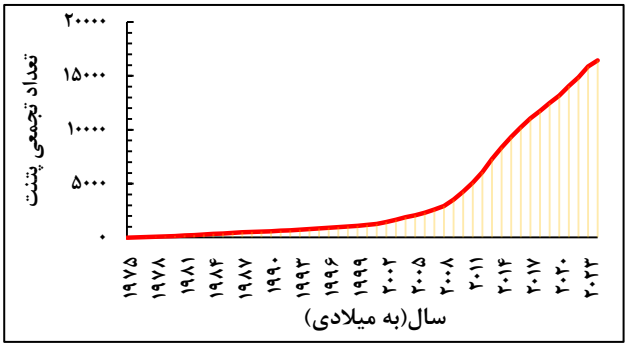
[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-11-07]

«تولید هیدروژن به‌وسیله پسماند گازی‌سازی بسترسیال[1]» و «تولید هیدروژن به‌وسیله پسماند گازی‌سازی دوفازی[2]» در مرکز داده لنز، نمودار تجمعی پتنت شکل ۱۰-الف و شکل ۱۰-ب ترسیم شده است. از مقایسه شکل ۱۰-الف و شکل ۱۰-ب با نمودار لجستیک (S شکل) چرخه عمر فناوری (شکل ۲)، فاز رشد در مقطع زمانی سال‌های ۱۹۷۵ میلادی تا ۲۰۲۳ میلادی فناوری تولید هیدروژن به‌وسیله گازی‌سازی بستر سیال و ابتدای فاز بلوغ در مقطع زمانی سال‌های ۱۹۷۵ میلادی تا ۲۰۲۳ میلادی فناوری تولید هیدروژن به‌وسیله گازی‌سازی دوفازی تشخیص‌داده‌شده است.

شکل ۱۰– الف. نمودار تجمعی پتنت‌های ثبت‌شده حوزه تولید هیدروژن نارنجی به روش فناوری گازی‌سازی دوفازی در بازه زمانی ۱۹۷۵ میلادی تا ۲۰۲۳ میلادی، ب: نمودار تجمعی پتنت‌های ثبت‌شده حوزه تولید هیدروژن نارنجی به روش گازی‌سازی بسترسیال در بازه زمانی ۱۹۷۵ میلادی تا ۲۰۲۳ میلادی



الف



ب

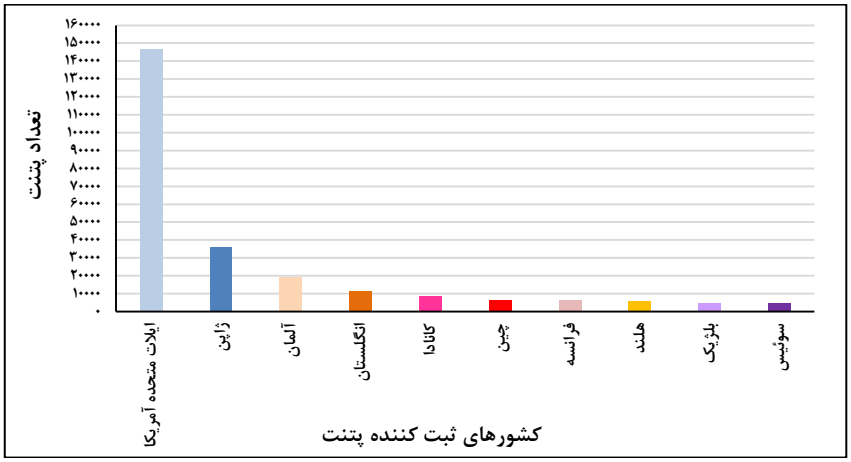
1. Hydrogen & Productiona & Waste & Fluid & Bed & Gasification
2. Hydrogen & Production & Waste & Two & Phase & Gasification

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-11-07]

کشورهای برتر ثبت‌کننده پتنت درحوزه فناوری‌های تولید هیدروژن نارنجی

۱۰ کشور برتر که پتنت‌های تولید هیدروژن نارنجی در بازه زمانی ۵۰ ساله اخیر در آن‌ها به ثبت رسیده، در شکل ۱۱ نشان داده شده است. در این شکل مشاهده می شود که حدود نیمی از پتنت‌ها در کشور آمریکا به ثبت رسیده است. با اضافه کردن کشورهای دیگر به این میزان، می‌توان گفت بیش از ۹۰ درصد پتنت‌ها در زمینه تولید هیدروژن نارنجی در کشورهای پیشرفته و صنعتی به ثبت رسیده است. کشور چین در رتبه ششم این نمودار قرار دارد. ازآنجایی‌که به‌طور تقریبی ۱۸ درصد از جمعیت جهان در چین قرار دارد. در سال ۲۰۲۲ میلادی حدود ۲۴۵ میلیون تن زباله در کشور چین تولید شده است (Slotta, n.d.). ازاین‌رو تولید هیدروژن نارنجی می‌تواند برای کشور چین اهمیت اقتصادی و زیست‌محیطی زیادی داشته باشد. در صورتی‌که تولید هیدروژن نارنجی وارد فاز تجاری شود، هیدروژن نارنجی در سبد انرژی کشور چین می‌تواند جایگاه ویژه‌ای پیدا کند.

شکل ۱۱. نمودار ۱۰ کشوربرترثبت‌کننده پتنت در حوزه فناوری‌های تولید هیدروژن نارنجی



منبع: Lens, 2024

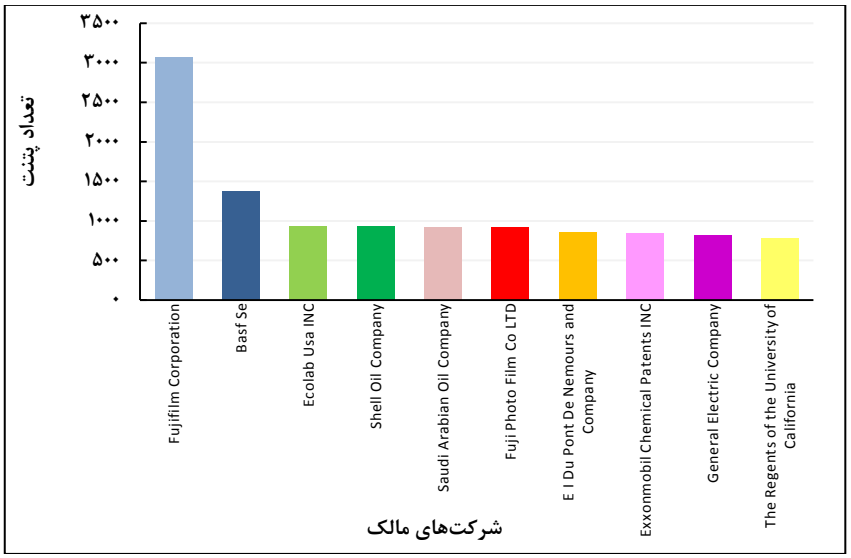
تحلیل مالکان پتنت

در شکل ۱۲، ۱۵ مالک برتر پتنت‌های ثبت‌شده در حوزه تولید هیدروژن نارنجی در پنج دهه گذشته نشان داده شده است. در میان مالک‌ها، بیش‌تر شرکت‌ها در حوزه نفت و

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-11-07]

گاز و پتروشیمی فعالیت دارند. در این میان، نام شرکت‌های فوجی فیلم و جنرال موتورز نیز به چشم می‌خورد. نکته قابل‌توجه این است که بیش‌ترین سهم مالکیت، حدود بیش از ۳۰۰۰ پتنت ثبت‌شده در حوزه تولید هیدروژن نارنجی، مربوط به شرکت فوجی فیلم است. فوجی فیلم در سراسر جهان روی موضوع‌های مختلف زیست‌محیطی تحت سیاست انرژی پاک‌کار می‌کند. باتوجه‌به تمرکز شرکت فوجی فیلم بر تحقیق و توسعه در حوزه هیدروژن، می‌توان انتظار داشت که این شرکت در آینده دستاوردهای مهمی در زمینه انرژی پاک و پایدار به دست آورد.

شکل ۱۲. نمودار ۱۵ شرکت برتر مالک پتنت‌های ثبت‌شده در حوزه تولید هیدروژن نارنجی



منبع: Lens, 2024

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

باتوجه‌به اثر زیست‌محیطی و مخربی که استفاده از منابع فسیلی بر کره زمین داشته است، بشر برای حفظ محیط‌زیست ناچار به استفاده از منابع انرژی پاک و تجدیدپذیر است. هیدروژن یکی از منابع پاک و تجدیدپذیر است که از روش‌ها و منابع مختلفی قابل‌تولید است. یکی از منابع تولید هیدروژن استفاده از زیست‌توده به روش ترموشیمیایی (هیدروژن نارنجی) است. در سال‌های اخیر پژوهش‌گران و دانشمندان

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-11-07]

پژوهش‌ها و پتنت‌های گوناگونی در حوزه تولید هیدروژن به ثبت رسانده‌اند.

در این پژوهش، با تبدیل داده‌های پتنت‌های ثبت‌شده در طول عمر فناوری‌های تولید هیدروژن نارنجی از مرکز داده لنز به تعداد تجمعی پتنت، نمودار تجمعی پتنت‌های ثبت‌شده حوزه فناوری‌های هیدروژن نارنجی رسم شده است. برای تطابق بهتر با نمودار لجستیک (S شکل) چرخه عمر فناوری (شکل ۱) به داده‌های ارائه شده منحنی چندجمله‌ای با درجه ۵ برازش شده است. سپس با مقایسه نمودار تجمعی رسم شده با نمودار لجستیک (S شکل) چرخه عمر فناوری، فازهای مختلف فناوری تحلیل شده است. در پنج دهه گذشته، حدود ۲۷۰،۰۰۰ پتنت در حوزه فناوری های تولید هیدروژن نارنجی به ثبت رسیده است.

با مقایسه نمودار تجمعی پتنت‌های ثبت‌شده با نمودار لجستیک (S شکل) چرخه عمر فناوری (شکل ۱)، فاز رشد برای فناوری تولید هیدروژن نارنجی تشخیص‌داده‌شده است. فناوری‌های تولید هیدروژن نارنجی که شامل اصلاح بخار، گازی‌سازی به‌وسیله آب فوق‌بحرانی و گازی‌سازی است، در فاز رشد قرار دارند.

کشورهای درحال‌توسعه نسبت به کشورهای توسعه‌یافته برای متحمل شدن کمترین ریسک جهت دستیابی به یک فناوری بایستی کمترین هزینه را جهت دستیابی به یک فناوری پرداخت کنند. زمانی که یک فناوری از فاز رشد عبور کرده، تحقیق و توسعه آن فناوری انجام شده، قابلیت اطمینان فناوری بالا رفته و فناوری وارد فاز بلوغ شده است. کشور ما ایران جز کشورهای درحال‌توسعه است و با مشکل ناترازی انرژی روبه‌رو است؛ بنابراین یکی از نیازهای اساسی ایران، برطرف‌کردن مشکل ناترازی انرژی است. ازاین‌رو حرکت به سمت تولید هیدروژن به‌عنوان یک منبع انرژی پاک برای کشور ما ضروری است. باتوجه‌به اینکه تولید هیدروژن نارنجی به‌وسیله فناوری گازی‌سازی در مراحل انتهایی رشد و ورود به مرحله بلوغ است، مناسب ترین فناوری جهت تولید هیدروژن نارنجی برای کشور ما ایران استفاده از فناوری گازی‌سازی است.

منابع

Ajanovic, A., Sayer, M., & Haas, R. (2022). The economics and the environmental benignity of different colors of hydrogen. *International Journal of Hydrogen Energy*, *47*(57), 24136–24154. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.02.094

Allen KAPLAN, Miami Beach, FUS); Randall BRADLEY, Ft. Lauderdale, F. (US). (n.d.). *New and Improved System for Processing Various*

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-11-07]

Chemicals and Materials.

Arcos, J. M. M., & Santos, D. M. F. (2023a). The Hydrogen Color Spectrum: Techno-Economic Analysis of the Available Technologies for Hydrogen Production. *Gases*, *3*(1), 25–46. https://doi.org/10.3390/gases3010002

Arcos, J. M. M., & Santos, D. M. F. (2023b). The Hydrogen Color Spectrum: Techno-Economic Analysis of the Available Technologies for Hydrogen Production. *Gases*, *3*(1), 25–46. https://doi.org/10.3390/gases3010002

Aziz, M., Darmawan, A., & Juangsa, F. B. (2021). Hydrogen production from biomasses and wastes: A technological review. *International Journal of Hydrogen Energy*, *46*(68), 33756–33781. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.07.189

Dash, S. K., Chakraborty, S., & Elangovan, D. (2023). A Brief Review of Hydrogen Production Methods and Their Challenges. *Energies*, *16*(3). https://doi.org/10.3390/en16031141

Do, T. N., Kwon, H., Park, M., Kim, C., Kim, Y. T., & Kim, J. (2023). Carbon-neutral hydrogen production from natural gas via electrified steam reforming: Techno-economic-environmental perspective. *Energy Conversion and Management*, *279*(October 2022). https://doi.org/10.1016/j.enconman.2023.116758

Dodgshun, J. (n.d.). *Hydrogen: Clearing Up the Colours*. https://www.enapter.com/newsroom/hydrogenclearing-%0AUp-the-colours;

El-Shafie, M., Kambara, S., & Hayakawa, Y. (2019). Hydrogen Production Technologies Overview. *Journal of Power and Energy Engineering*, *07*(01), 107–154. https://doi.org/10.4236/jpee.2019.71007

Gao, L., Porter, A. L., Wang, J., Fang, S., Zhang, X., Ma, T., Wang, W., & Huang, L. (2013). Technology life cycle analysis method based on patent documents. *Technological Forecasting and Social Change*, *80*(3), 398–407. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.10.003

Hassan, Q., Hafedh, S. A., Mohammed, H. B., Abdulrahman, I. S., Salman, H. M., & Jaszczur, M. (2024). A review of hydrogen production from bio-energy, technologies and assessments. *Energy Harvesting and Systems*, *11*(1), 1–19. https://doi.org/10.1515/ehs-2022-0117

Hjeij, D., Biçer, Y., & Koç, M. (2022). Hydrogen strategy as an energy transition and economic transformation avenue for natural gas exporting countries: Qatar as a case study. *International Journal of Hydrogen Energy*, *47*(8), 4977–5009. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.11.151

Hosseinzadeh, A., Zhou, J. L., Altaee, A., Baziar, M., & Li, D. (2020). Effective modelling of hydrogen and energy recovery in microbial electrolysis cell by artificial neural network and adaptive network-based

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-11-07]

fuzzy inference system. *Bioresource Technology*, *316*(July), 123967. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123967

Incer-Valverde, J., Korayem, A., Tsatsaronis, G., & Morosuk, T. (2023). "Colors" of hydrogen: Definitions and carbon intensity. *Energy Conversion and Management*, *291*(May), 117294. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2023.117294

James L. Grady; Guang Jiong Chen. (1999). 99/02085 Bioconversion of waste biomass to useful products. *Fuel and Energy Abstracts*, *40*(3), 214. https://doi.org/10.1016/s0140-6701(99)97855-4

Kalinci, Y., Hepbasli, A., & Dincer, I. (2009). Biomass-based hydrogen production: A review and analysis. *International Journal of Hydrogen Energy*, *34*(21), 8799–8817. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2009.08.078

Kladisios, P., & Sagia, A. S. (2022). A Review on Supercritical Water Gasification of Biomass. *Bioenergy and Bioresource:Open Access*, *3*(4), 7–10. https://www.iomcworld.org/articles/a-review-on-supercritical-water-gasification-of-biomass-94265.html%0Ahttps://www. iomcworld.org/abstract/a-review-on-supercritical-water-gasification-of-biomass-94265.html%0Ahttps://www.iomcworld.org/

Lens, T. (2024). *No Title*. https://www.lens.org/

Midilli, A., Kucuk, H., Topal, M. E., Akbulut, U., & Dincer, I. (2021). A comprehensive review on hydrogen production from coal gasification: Challenges and Opportunities. *International Journal of Hydrogen Energy*, *46*(50), 25385–25412. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.05.088

Okolie, J. A., Rana, R., Nanda, S., Dalai, A. K., & Kozinski, J. A. (2019). Supercritical water gasification of biomass: A state-of-the-art review of process parameters, reaction mechanisms and catalysis. *Sustainable Energy and Fuels*, *3*(3), 578–598. https://doi.org/10.1039/c8se00565f

Panić, I., Cuculić, A., & Ćelić, J. (2022). Color-Coded Hydrogen: Production and Storage in Maritime Sector. *Journal of Marine Science and Engineering*, *10*(12). https://doi.org/10.3390/jmse10121995

Penconi, M., Rossi, F., Ortica, F., Elisei, F., & Gentili, P. L. (2015). *Hydrogen Production from Water by Photolysis, Sonolysis and Sonophotolysis with Solid Solutions of Rare Earth, Gallium and Indium Oxides as Heterogeneous Catalysts*. 9310–9325. https://doi.org/10.3390/su7079310

Rioja-cabanillas, A., & Fernández-ibáñez, P. (n.d.). *d r a o b k l a h e Th*.

Sánchez-Bastardo, N., Schlögl, R., & Ruland, H. (2021). Methane Pyrolysis for Zero-Emission Hydrogen Production: A Potential Bridge Technology from Fossil Fuels to a Renewable and Sustainable Hydrogen Economy. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, *60*(32), 11855–11881. https://doi.org/10.1021/acs.iecr.1c01679

Scamman, D., & Newborough, M. (2016). Using surplus nuclear power for

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-11-07]

hydrogen mobility and power-to-gas in France. *International Journal of Hydrogen Energy*, *41*(24), 10080–10089. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene. 2016.04.166

Slotta, D. (n.d.). *Amount of disposed garbage in China in selected years from 1990 to 2022*. Statista. https://www.statista.com/statistics/279117/amount-of-disposed-garbage-in-china/

Xu, X., Zhou, Q., & Yu, D. (2022). The future of hydrogen energy: Bio-hydrogen production technology. *International Journal of Hydrogen Energy*, *47*(79), 33677–33698. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.07.261

Zainal, B. S., Ker, P. J., Mohamed, H., Ong, H. C., Fattah, I. M. R., Rahman, S. M. A., Nghiem, L. D., & Mahlia, T. M. I. (2024). Recent advancement and assessment of green hydrogen production technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *189* (November 2023). https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113941

مرکز پژوهشی انرژی دانشگاه شهید بهشتی. (۲۰۲۴). No Title. مرکز پژوهشی انرژی دانشگاه شهید بهشتی. https://erc. bu.ac.ir

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-11-07]

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-11-07]