پیوست A : روندهای فناوری های پیشران

پیوست B : شاخص آمادگی فناوری های پیشران

پیوست C : نمونه هایی از مسیرهای دسترسی در صنایع سبز منتخب

پیوست A : روندهای فناوری های پیشران

**این پیوست وضعیت فناوری های پیشران کلیدی را به تفصیل ارائه می کند تا به تجزیه و تحلیل تأثیر آنها بر توسعه پایدار کمک کند. فن‌آوری‌های پیشران فرصت‌های اقتصادی و اجتماعی و همچنین چالش‌هایی را ارائه می‌کنند، بنابراین ویژگی‌های کلیدی و وضعیت آنها باید به خوبی درک شود. این پیوست جنبه های فنی و تجاری مرتبط مانند تحقیق و توسعه، قیمت ها و ساختار بازار را پوشش می دهد. پیشرفت‌ها در فناوری‌های پیشران آنقدر سریع بوده است که این تلاش تنها می‌تواند به عنوان یک عکس فوری در نظر گرفته شود، اما همچنان می‌تواند نقطه شروع خوبی برای بحث درباره تأثیرات آنها بر جامعه باشد. از میان انواع مختلف فناوری های پیشران، 17 مورد در این پیوست پوشش داده شده است: هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، داده های بزرگ، بلاک چین، 5G، چاپ سه بعدی، روباتیک، هواپیماهای بدون سرنشین، ویرایش ژن، فناوری نانو، PV خورشیدی، انرژی متمرکز خورشیدی، سوخت های زیستی، زیست توده و بیوگاز، انرژی باد. ، خودروهای هیدروژنی سبز و الکتریکی.**

جدول 1 : فناوری های مرزی که در این گزارش پوشش داده اند

|  |  |
| --- | --- |
| **فناوری** | **توضیحات** |
| **هوش مصنوعی** | **هوش مصنوعی معمولاً به عنوان توانایی یک ماشین برای درگیر شدن در فعالیت های شناختی که معمولاً توسط مغز انسان انجام می شود تعریف می شود. پیاده‌سازی‌های هوش مصنوعی که بر وظایف محدود تمرکز می‌کنند امروزه به‌طور گسترده در دسترس هستند، به‌عنوان مثال، برای توصیه خرید آنلاین بعدی، برای دستیاران مجازی در گوشی‌های هوشمند، و برای شناسایی هرزنامه (اسپم) یا کشف تقلب در کارت اعتباری استفاده می‌شوند. پیاده‌سازی‌های جدید هوش مصنوعی مبتنی بر یادگیری ماشینی و استفاده از کلان داده ها می باشد.** |
| **اینترنت اشیاء** | **اینترنت اشیا به بی‌شمار دستگاه‌های فیزیکی مجهز به اینترنت اشاره دارد که داده‌ها را جمع‌آوری و به اشتراک می‌گذارند. استفاده از اینترنت اشیا گسترده بوده و تعداد زیادی از برنامه های کاربردی بالقوه وجود دارد. زمینه های معمولی عبارتند از دستگاه های تولید البسه، خانه های هوشمند، مراقبت های بهداشتی، شهرهای هوشمند و اتوماسیون صنعتی.** |
| **کلان داده ها** | **کلان داده به مجموعه داده هایی اشاره دارد که اندازه یا نوع آنها فراتر از توانایی ساختارهای پایگاه داده سنتی برای جمع آوری، مدیریت و پردازش است. بنابراین رایانه ها می توانند به داده هایی که به طور سنتی غیرقابل دسترس یا غیرقابل استفاده بوده اند، ضربه بزنند.** |
| **بلاک چین** | **بلاک چین به مجموعه‌ای از رکوردهای داده با مهر زمانی تغییرناپذیر اشاره دارد که توسط مجموعه‌ای از رایانه‌هایی که متعلق به هیچ نهاد واحدی نیستند، نظارت می‌شوند. بلاک چین به عنوان فناوری پایه برای ارزهای رمزنگاری شده عمل می کند و تراکنش های همتا به همتا را که باز، امن و سریع هستند، امکان پذیر می نماید.** |
| **5G** | **شبکه های 5G نسل بعدی اتصال به اینترنت تلفن همراه هستند که سرعت دانلودی در حدود 1 تا 10 گیگابیت در ثانیه (4G حدود 100 مگابیت در ثانیه) و همچنین اتصالات قابل اطمینان تری را در تلفن های هوشمند و سایر دستگاه ها ارائه می دهند.** |
| **چاپ سه بعدی** | **چاپ سه بعدی که به عنوان تولید افزودنی نیز شناخته می شود، اشیاء سه بعدی را بر اساس یک فایل دیجیتال تولید می کند. چاپ سه بعدی می تواند اشیاء پیچیده ای را با استفاده از مواد کمتری نسبت به تولید سنتی ایجاد کند.** |
| **ربات ها** | **ربات ها ماشین های قابل برنامه ریزی هستند که می توانند اقداماتی را انجام دهند و از طریق حسگرها و محرک ها به صورت مستقل یا نیمه مستقل با محیط تعامل داشته باشند. آنها می توانند اشکال مختلفی داشته باشند: روبات های واکنش به بلایا، روبات های مصرف کننده، روبات های صنعتی، روبات های نظامی/امنیتی و وسایل نقلیه خودران.** |
| **پهپادها** | **پهپاد که به عنوان وسیله نقلیه هوایی بدون سرنشین (UAV) یا سیستم هواپیمای بدون سرنشین (UAS) نیز شناخته می شود، یک ربات پرنده است که می تواند از راه دور کنترل شود یا با استفاده از نرم افزار دارای سنسورها و GPS به طور مستقل پرواز کند. پهپادها اغلب برای مقاصد نظامی مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما از آنها برای مقاصد غیرنظامی نیز استفاده می‌شود، مانند فیلم‌برداری، کشاورزی و خدمات تحویل.** |
| **ویرایش ژن** | **ویرایش ژن، همچنین به عنوان ویرایش ژنوم شناخته می شود، یک ابزار مهندسی ژنتیک برای درج، حذف یا اصلاح ژنوم در موجودات است. کاربردهای بالقوه شامل ایجاد محصولات مقاوم به خشکی یا آنتی بیوتیک های جدید است.** |
| **نانو تکنولوژی** | **نانوتکنولوژی رشته ای از علم و فناوری کاربردی است که با ساخت اشیاء در مقیاس های کوچکتر از 1 میکرومتر سروکار دارد. از فناوری نانو برای تولید طیف وسیعی از محصولات مفید مانند داروها، پلیمرهای تجاری و پوشش‌های محافظ استفاده می‌شود. همچنین می توان از آن برای طراحی طرح بندی تراشه های کامپیوتری استفاده کرد.** |
| **فن آوری فتوولتائیک خورشیدی**  **(PV خورشیدی)** | **فن آوری فتوولتائیک خورشیدی (PV خورشیدی) نور خورشید را با استفاده از نیمه هادی های درون سلول های PV به جریان برق مستقیم تبدیل می کند. علاوه بر اینکه یک فناوری انرژی تجدیدپذیر است، PV خورشیدی را می توان در سیستم های انرژی خارج از شبکه استفاده کرد که به طور بالقوه هزینه های برق را کاهش داده و دسترسی به آن را افزایش می دهد.** |
| **نیروگاه های خورشیدی متمرکز (CSP)** | **نیروگاه های خورشیدی متمرکز (CSP) از آینه ها برای متمرکز کردن پرتوهای خورشید و تولید گرما برای تولید برق از طریق یک چرخه ترمودینامیکی معمولی استفاده می کنند. برخلاف فتوولتائیک های خورشیدی (PV)، CSP فقط از جزء مستقیم نور خورشید استفاده می کند و می تواند گرما و انرژی بدون کربن را فقط در مناطقی با تابش عادی مستقیم بالا (DNI) فراهم نماید.** |
| **سوخت های زیستی** | **سوخت های مایعی هستند که از زیست توده به دست می آیند و به عنوان جایگزینی برای سوخت های مایع حمل و نقل مبتنی بر سوخت های فسیلی مانند بنزین، دیزل و سوخت های هواپیمایی استفاده می شوند. در سال 2020، سوخت های زیستی 3 درصد از تقاضای سوخت حمل و نقل را تشکیل می دادند.** |
| **بیوگاز و زیست توده** | **بیوگاز مخلوطی از متان، دی‌اکسید کربن و مقادیر کمی از گازهای دیگر است که با هضم بی‌هوازی مواد آلی در محیطی بدون اکسیژن تولید می‌شود. زیست توده یک ماده آلی تجدیدپذیر است که از درختان، گیاهان و زباله های کشاورزی و شهری به دست می آید. می توان از آن برای گرمایش، تولید برق و سوخت حمل و نقل استفاده کرد.** |
| **انرژی بادی** | **انرژی باد برای تولید برق با استفاده از انرژی جنبشی ایجاد شده توسط هوا در حرکت استفاده می شود. این انرژی با استفاده از توربین های بادی به انرژی الکتریکی تبدیل می شود. بسیاری از نقاط جهان دارای سرعت باد قوی هستند، اما بهترین مکان برای تولید نیروی باد، گاهی اوقات مناطق دورافتاده و فراساحلی است.** |
| **هیدروژن سبز** | **هیدروژن سبز هیدروژنی است که به طور کامل توسط انرژی های تجدیدپذیر یا از انرژی کم کربن تولید می شود. شناخته شده ترین فناوری برای تولید هیدروژن سبز، الکترولیز آب است که توسط برق تجدید پذیر سوخت می شود. در مقایسه با برق، هیدروژن سبز را می توان راحت تر ذخیره کرد. ایده این است که از ظرفیت اضافی تجدیدپذیر خورشیدی و بادی برای برق رسانی به الکترولیزورها استفاده شود که از این انرژی برای تولید هیدروژن استفاده می کند که می تواند به عنوان سوخت در مخازن ذخیره شود.** |
| **وسایل نقلیه الکتریکی (EVs)** | **وسایل نقلیه الکتریکی (EVs) از یک یا چند موتور الکتریکی برای نیروی محرکه استفاده می کنند. آنها می توانند توسط یک سیستم جمع کننده، با برق از منابع خارج از خودرو، یا به طور مستقل توسط یک باتری تغذیه شوند. به عنوان فناوری‌های مصرف‌کننده انرژی، خودروهای الکتریکی تقاضای جدیدی برای برق ایجاد می‌کنند که می‌تواند توسط انرژی‌های تجدیدپذیر تامین شود. علاوه بر مزایای این تغییر، مانند کاهش انتشار دی‌اکسید کربن و آلودگی هوا، تحرک الکتریکی نیز دستاوردهای بازده قابل‌توجهی ایجاد می‌کند و می‌تواند به عنوان یک منبع مهم ذخیره‌سازی برای منابع متغیر برق تجدیدپذیر ظاهر شود.** |

**همانطور که در بخش‌های بعدی به طور مستقل مورد بحث قرار می‌گیرد، فناوری‌های پیشران به طور فزاینده‌ای به هم مرتبط می‌شوند و اغلب کارکردهای یکدیگر را گسترش می‌دهند. به عنوان مثال، هوش مصنوعی از کلان داده ها که به طور ایمن در بلاک چین ذخیره شده اند برای بهبود پیش بینی ها با استفاده از یادگیری ماشین استفاده می کند.[[1]](#footnote-1) تعداد فزاینده‌ای از دستگاه‌های متصل به شبکه اینترنت اشیا به ایجاد کلان داده به عنوان ابزار جمع‌آوری داده کمک می‌کنند.[[2]](#footnote-2) چاپ سه‌بعدی می‌تواند موارد پیچیده‌تری را ایجاد کند که از طریق کلان داده ها به داده‌های بیشتری نیاز دارند و اقلام را می‌توان از راه دور از طریق اینترنت اشیا[[3]](#footnote-3) با توابع تشخیص نقص فعال‌شده با هوش مصنوعی چاپ نمود.[[4]](#footnote-4) ربات‌های صنعتی به پرینت سه بعدی در مراحل مختلف تولید مانند تعویض صفحه ساخت چاپگر، شستشو، پخت و تکمیل نهایی قطعات ساخته شده با مواد افزودنی کمک می‌کنند.[[5]](#footnote-5) 5G این پتانسیل را دارد که با کاهش چشمگیر زمان پاسخگویی، به ربات‌ها امکان پاسخگویی آنی را بدهد.[[6]](#footnote-6)**

الف : خلاصه ای از فن آوری های مرزی

1 – هوش مصنوعی

**ایالات متحده و چین به طور سنتی تحقیقات در مورد هوش مصنوعی را هدایت می کنند. طی دوره 2000-2021، حدود 438.619 نشریه مرتبط با هوش مصنوعی منتشر شد. از این تعداد، نزدیک به نیمی در سه کشور منتشر شده است: ایالات متحده (90202)، چین (81،857) و بریتانیا (29،011). سه نهاد برتر وابسته به این موضوع عبارتند از: آکادمی علوم چین (4831/چین)، مرکز ملی تحقیقات علمی (3295 /فرانسه) و دانشگاه کارنگی ملون (2887/ایالات متحده). در همین بازه زمانی (2000-2021)، 214.365 پتنت مرتبط با هوش مصنوعی اعطا شد که سه ملیت برتر واگذارنده عبارتند از: چین (70847)، ایالات متحده (41911) و جمهوری کره (16135) بودند. سه مالک برتر فعلی پتنت در سال 2021 عبارتند از گروه سامسونگ (3066/جمهوری کره)، گروه بیمه پینگ آن (3013/چین) و گروه LG (3240 /جمهوری کره).**

**شرکت های آمریکایی و چینی ارائه خدمات هوش مصنوعی را رهبری می کنند. برترین ارائه دهندگان خدمات هوش مصنوعی که معمولاً به آنها اشاره می شود عبارتند از : Alphabetو شرکتهای وابسته به آن نظیر Google و DeepMind، دیگر شرکتها عبارتند از: Amazon، Apple، IBM، Microsoft، Alibaba و [[7]](#footnote-7).Tencent برترین کاربران خدمات هوش مصنوعی که با پرداخت هزینه‌های هوش مصنوعی اندازه‌گیری می‌شوند، عبارتند از بخش‌های خرده‌فروشی، بانکداری و بخش‌های تولیدی جداگانه.[[8]](#footnote-8) قیمت‌های هوش مصنوعی وابسته به نوع برنامه‌ها و الزامات آن‌ها می باشد، اما به طور کلی روند افزایش قیمت مقرون ‌به‌ صرفه است.[[9]](#footnote-9) توسعه ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی به منابع کمتری نیاز دارد: بین سال‌های 2018 تا 2022، هزینه آموزش سیستم‌ها تا 64 درصد کاهش یافت، در حالی که زمان آموزش 94 درصد بهبود یافته است.[[10]](#footnote-10) به عنوان مثال، هزینه یک پلتفرم هوش مصنوعی تجزیه و تحلیل ویدیو/گفتار 36000 تا 56000 دلار تخمین زده می شود، یک "موتور توصیه هوشمند"[[11]](#footnote-11) ممکن است بین 20000 تا 35000 دلار و یک "مولد هنری مبتنی بر هوش مصنوعی"[[12]](#footnote-12) 19000 تا 34000 دلار هزینه داشته باشد.[[13]](#footnote-13)**

**بازار هوش مصنوعی (65 میلیارد دلار در سال 2020) به سرعت در حال رشد است. سرمایه گذاری خصوصی در سال 2021 نسبت به سال 2020 حدود 103 درصد افزایش یافته است (از 46 میلیارد دلار به 96.5 میلیارد دلار). در سمت عرضه، رشد بازار توسط عواملی از جمله رشد کلان داده ها که امکان افزایش یادگیری، بهبود بهره وری، حوزه های کاربردی توزیع شده، در دسترس بودن بیشتر بودجه دولتی و پیشرفت در فناوری هایی که تشخیص تصویر و صدا را فراهم می کند، هدایت می شود.[[14]](#footnote-14) با این حال، کمبود متخصصان فناوری هوش مصنوعی نشان دهنده محدودیت قابل توجهی در سمت عرضه می باشد.[[15]](#footnote-15) در سمت تقاضا، رشد عمدتاً با استفاده روزافزون برنامه های کاربردی فضای ابری و خدمات و راه‌حل‌هایی که از هوش مصنوعی برای افزایش کارایی استفاده می‌کنند، هدایت می گردد. چالش‌هایی که همواره مطرح شده و ممکن است گسترش بازار هوش مصنوعی را محدود کنند عبارتند از: امنیت سایبری، انطباق با مقررات، نگرانی‌های مربوط به حریم خصوصی، و برابری و عدالت.[[16]](#footnote-16)**

**بازار کار هوش مصنوعی در حال رونق است. یک مطالعه با استفاده از داده های دقیق در مورد فرصت های شغلی آنلاین نشان داده که تقاضا برای مهارت های هوش مصنوعی در ایالات متحده در صنایع و مشاغل به شدت افزایش یافته است. تعداد موقعیت هایی که به دنبال مهارت های هوش مصنوعی هستند بین سال های 2010 تا 2019 ده برابر و نسبت به تمامی آگهی های شغلی چهار برابر افزایش یافته است. بیشترین تقاضا برای مهارت های هوش مصنوعی در مشاغل فناوری اطلاعات و پس از آن در مشاغل معماری و مهندسی، علمی و مدیریتی می بود.[[17]](#footnote-17)**

2 – اینترنت اشیاء

**چین و ایالات متحده نیز تحقیقات در مورد اینترنت اشیا را رهبری می کنند. بین سال‌های 2000 تا 2021، حدود 139.805 نشریه مرتبط با اینترنت اشیاء به رهبری چین (28461)، هند (21188) و ایالات متحده (17318) منتشر شد. سه نهاد پیشرو عبارتند از آکادمی علوم چین (1420/چین)، دانشگاه پست و مخابرات پکن (1415/چین) و وزارت آموزش چین (1085/چین). در همین دوره، 147.906 حق ثبت اختراع به ثبت رسید که سه ملیت برتر دریافت کنندگان عبارتند از چین (100.958)، جمهوری کره (17.374) و ایالات متحده (13.406). سه مالک اصلی فعلی در سال 2021 عبارتند از: گروه سامسونگ (جمهوری کره/9035)، شرکت چندملیتی Qualcomm (آمریکا/2477) و State Grid Corporation of China (چین/1552).**

**ارائه دهندگان عمده خدمات اینترنت اشیاء شرکت های آمریکایی می باشند. برترین ارائه دهندگان خدمات اینترنت اشیاء (پلتفرمرهای اینترنت اشیا) که معمولاً به آنها اشاره می شود عبارتند از : Accenture، TCS، IBM، EY، Capgemini، HCL و [[18]](#footnote-18).Cognizant بخش‌های برتری که راه‌حل‌های اینترنت اشیا را به کار می‌گیرند عبارتند از بخش‌های تولید، خانه، بهداشت و امور مالی.[[19]](#footnote-19) قیمت یک سیستم اینترنت اشیاء به نوع برنامه بستگی دارد، اما هزینه ها فقط در حال کاهش است: میانگین هزینه یک حسگر اینترنت اشیا از 1.40 دلار در سال 2004 به 0.38 دلار در سال 2020 کاهش یافته است.[[20]](#footnote-20) در حال حاضر، به عنوان مثال، مانیتورهای ECG بین 3000 دلار و 4000 دلار؛ قیمت سیستم های نظارت بر محیط زیست از 10000 دلار به بالا، سیستم های مدیریت انرژی 27000 دلار به بالا و اتوماسیون ساختمان و خانه از 50000 دلار شروع می شود.[[21]](#footnote-21)**

**بازار اینترنت اشیاء پیشاپیش بزرگ و با سرعتی سریع در حال گسترش می باشد: گزارش مک‌کینزی تخمین می‌زند که تا سال 2030 ارزش جهانی آن از 5.5 تا 12.6 تریلیون دلار در سطح جهان افزایش یابد، در مقایسه با 1.6 تریلیون دلار در سال 2020.[[22]](#footnote-22) رشد سمت عرضه به ‌ویژه توسط پیشرفت‌های فناوری نیمه‌رساناها انجام می‌شود که امکان توسعه دستگاه های کم هزینه، سبک و کارآمدتر را فراهم می کند.[[23]](#footnote-23) در سمت تقاضا، رشد عمدتا ناشی از افزایش تقاضا برای لوازم الکترونیکی مصرفی پیشرفته در اقتصادهای در حال رشد، افزایش پذیرش دستگاه‌های هوشمند و دستگاه‌های مجهز به اینترنت، افزایش خدمات مراقبت‌های بهداشتی از راه دور، و ظهور فناوری اتوماسیون در بخش‌های مختلف است.[[24]](#footnote-24) با این حال، خطرات امنیت سایبری و نگرانی های مربوط به حریم خصوصی می تواند بر رشد بازار در اینجا نیز تأثیر منفی بگذارد.[[25]](#footnote-25)**

**رشد بازار اینترنت اشیاء منجر به کمبود مهارت شده است. طبق یک مطالعه، تعداد آگهی‌های شغلی آنلاین در زمینه اینترنت اشیاء، بین جولای ۲۰۲۱ تا آوریل ۲۰۲۲، حدود ۳۲ درصد افزایش یافته است.[[26]](#footnote-26) در سال ۲۰۲۱، داده‌های LinkedIn نشان می‌دهد که بیش از ۱۳۰۰۰ فرصت شغلی مرتبط با اینترنت اشیاء تنها در ایالات متحده وجود داشته است.[[27]](#footnote-27)**

3 – کلان داده ها

**چین و ایالات متحده پیشتازان تحقیق و توسعه کلان داد ها هستند. در بازه زمانی 2000 تا 2021، حدود 119.555 نشریه مربوط به کلان داده وجود داشت که سه کشور برتر ناشر عبارت بودند از چین (39484)، ایالات متحده (23821) و هند (8970). سه نهاد پیشرو عبارتند از آکادمی علوم چین (2339/چین)، وزارت آموزش چین (1186/چین) و دانشگاهTsinghua (1149/ چین). در همین مدت، 72.184 اختراع ثبت شد که ملیت اصلی صاحبان امتیاز چین (62.605)، جمهوری کره (5.302) و ایالات متحده (2.031) بودند. سه مالک اصلی فعلی عبارتند از State Grid Corporation of China (1534/چین)،Ping An Insurance Group (1189/چین) و Baidu Inc (468/چین).**

**شرکت های آمریکایی پیشتاز بازار کلان داده ها هستند. ارائه دهندگان پیشرو خدمات داده های کلان که از نظر درآمد اندازه گیری می شوند عبارتند از: آمازون، مایکروسافت، IBM، گوگل، Oracle، SAPو [[28]](#footnote-28).HP کاربران برتر کلان داده ها نیز که با هزینه کرد در خدمات کلان داده اندازه گیری می شوند عبارتند از بانکداری، تولیدکنندگان جداگانه و ارائه کنندگان خدمات حرفه ای.[[29]](#footnote-29) هزینه یک سیستم کلان داده بسته به هدف متفاوت است. به عنوان مثال، میانگین هزینه ساخت یک " انبار داده با فضای ذخیره سازی ابری"[[30]](#footnote-30) 359.951 دلار در سال تخمین زده شده است، در حالی که میانگین هزینه ساخت انباری با ذخیره سازی در محل 372.279 دلار در سال است.[[31]](#footnote-31)**

**بازار کلان داده در حال حاضر به سرعت در حال گسترش است، به ‌ویژه در اقتصادهای توسعه‌ یافته و همچنان ارزش اقتصادی بخش های مختلف را افزایش خواهد داد، زیرا جذب آن در صنایع باعث بهبود کارایی چشمگیر می‌ گردد.[[32]](#footnote-32) رشد طرف عرضه توسط عواملی از جمله افزایش پوشش کاربران اینترنت، افزایش پذیرش خدمات و راه حل های فضای ابری و رشد عمده مستمر در تولید داده هدایت می شود.[[33]](#footnote-33) با این حال، فقدان کارگران ماهر یک محدودیت همزمان برای بخش عرضه می باشد.[[34]](#footnote-34) رشد تقاضا ناشی از افزایش آگاهی از مزایای مرتبط با کارایی و راه حل های جدید است که رویکردهای کلان داده می توانند به ارمغان آورند، به ویژه در امور مالی، اما همچنین در سایر صنایع از تولید برق گرفته تا زمانی که از کلان داده برای مدیریت ریسک، مدل سازی تقاضا، خدمات مشتری و تجزیه و تحلیل زمان واقعی، استفاده می گردد.[[35]](#footnote-35) با این حال، عدم آگاهی از مزایای کلان داده ها و همچنین نگرانی های حفظ حریم خصوصی و امنیتی تا حدودی رشد بازار را کاهش می دهد.**

**صنعت کلان داده باعث رونق تقاضا برای تحلیلگران و دانشمندان داده شده است. طبق داده‌های Glassdoor، فرصت‌های شغلی برای دانشمندان داده از سال 2016 تا 480 درصد و از سال 2012 تا 650 درصد افزایش یافته است.[[36]](#footnote-36) در ایالات متحده، اداره آمار کار نرخ رشد 36 درصدی را بین سال‌های 2021 تا 2031 پیش‌بینی می‌کند.[[37]](#footnote-37) در سطح جهانی، بازار کار برای دانشمندان و تحلیلگران داده به ده‌ها میلیون نفر خواهد رسید.**

4 – بلاک چین

**مانند بسیاری از این فناوری‌ها، چین و ایالات متحده تلاش‌های تحقیقاتی را در زمینه فناوری بلاک چین رهبری می‌کنند. در طول دوره 2000-2021، حدود 27.964 نشریه مرتبط با بلاک چین به رهبری چین (7014)، ایالات متحده (3906) و هند (3069) وجود داشت. سه نهاد برتر این نشریات عبارتند از دانشگاه پست و مخابرات پکن (413/چین)، آکادمی علوم چین (402/چین) و وزارت آموزش چین (271/چین). در همین مدت، 63.767 پتنت اعطا شد که سه ملیت برتر دریافت کننده چین (29.088)، ایالات متحده (10.591) و جزایر کیمن (5.408) بودند. بزرگترین مالکان فعلی پتنت ها عبارتند از Advanced New Technology Co. Ltd. (3540/جزایر کیمن) ، Alibaba Group Holdings (3256/جزایر کیمن) و Ant Group Co. Ltd. (2209/چین).**

**ارائه دهندگان برتر خدمات بلاک چین[[38]](#footnote-38) عبارتند از علی بابا (چین)، آمازون، IBM، مایکروسافت، اوراکل (همه ایالات متحده) و SAP (آلمان).[[39]](#footnote-39) بنابراین شرکت های آمریکایی پیشروترین ارائه دهندگان خدمات بلاک چین هستند. برترین کاربران بلاک چین بر اساس صنعت، که با هزینه خدمات بلاک چین اندازه گیری می شود، بانکداری، فرآیند تولیدی و تولید کنندگان جداگانه بودند.[[40]](#footnote-40) بلاک چین یک فناوری وابسته به ویژگی بوده و بنابراین قیمت نهایی آن به نیازهای خاص پروژه ها وابسته است. هزینه توسعه یک بازار NFT[[41]](#footnote-41) بین 50000 تا 130000 دلار تخمین زده می شود، هزینه یک سازمان غیرمتمرکز خودمختار (DAO)[[42]](#footnote-42) بین 3500 تا 20000 دلار است، در حالی که یک برنامه مبادله ارز دیجیتال بین 50.000 تا 100.000 دلار هزینه دارد.[[43]](#footnote-43)**

**بازار بلاک چین در دهه گذشته به سرعت رشد کرده است و پیش‌بینی‌ها حاکی از آن است که این امر تسریع خواهد شد و پیش‌بینی می‌شود که ارزش کسب‌وکار تولید شده توسط بلاک چین تا سال 2025 به 176 میلیارد دلار و تا سال 2030 به 3.1 تریلیون دلار برسد.[[44]](#footnote-44) در سمت عرضه، زمینه‌های کاربردی بلاک چین به گونه‌ای گسترش یافته است که شامل تراکنش‌های مالی مختلف (پرداخت‌های آنلاین و پرداخت‌های کارت اعتباری و نقدی) و همچنین اینترنت اشیا، سلامت و مدیریت زنجیره تامین می‌شود.[[45]](#footnote-45) با این حال، چالش‌های مربوط به مقیاس‌پذیری و امنیت، عدم قطعیت نظارتی، و مشکلات ادغام فناوری در برنامه‌های موجود به‌عنوان محدودیت‌های بالقوه بازار وجود دارند. رشد سمت تقاضا عمدتاً ناشی از رشد تراکنش‌های آنلاین، دیجیتالی‌سازی ارز، درگاه‌های پرداخت آنلاین امن و علاقه رو به رشد بخش بانکداری، خدمات مالی و بیمه در کنار پذیرش فزاینده کسب‌وکارها از ارزهای دیجیتال به‌عنوان وسیله پرداخت، هدایت می شود.[[46]](#footnote-46)**

**بازار کار بلاک چین به سرعت در حال رشد است. تخمین زده می شود که تقاضای جهانی برای توسعه دهندگان بلاک چین در سال 2021 بین 300 تا 500 درصد افزایش یافته باشد که ناشی از استخدام افراد توسط پنج کارفرمای بزرگ بلاک چین است که عبارتند از : Deloitte، IBM، Accenture،Cisco و [[47]](#footnote-47).Collins Aerospace توسعه دهندگان بلاک چین همچنان حقوق خوبی دریافت می کنند و میانگین درآمد سالانه آن در ایالات متحده 136.000 دلار، در آسیا 87.500 دلار و در اروپا 73.300 دلار می باشد.**

5 – 5G

**چین و ایالات متحده نیز تحقیقات 5G را رهبری می کنند. در دوره 2000-2021، حدود 13.045 نشریه مرتبط با 5G منتشر شد که رهبری آن را چین (3236)، ایالات متحده (1446) و هند (1224) بر عهده داشتند. نهادهای برتر، دانشگاه پست و مخابرات پکن (402/چین)، آزمایشگاه نوکیا بل (225/ ایالات متحده) و دانشگاه علوم و فناوری الکترونیک چین (179/چین) بودند. در همین دوره، 32.412 پتنت اعطا شد که ملیت‌های برتر واگذارنده چین (15869)، جمهوری کره (12646) و ایالات متحده (1858) بودند. بزرگترین مالکان فعلی پتنت ها عبارتند از گروه سامسونگ (11920/جمهوری کره)، هواوی (1000/چین) و LG Corp. (744/جمهوری کره) هستند.**

**فروشندگان پیشرو زیرساخت شبکه کامل 5G شامل اریکسون، هوآوی، نوکیا، ZTE ، سامسونگ و NEC هستند.[[48]](#footnote-48) انتظار می‌رود صنایع خاصی در زمره کاربران مهم و ذینفعان اصلی عرضه 5G باشند. اینها عبارتند از اپراتورهای تلفن همراه و ارائه دهندگان شبکه، ماشین‌آلات و شرکت‌های اتوماسیون صنعتی، فروشندگان قطعات و ماژول‌ها و کسب‌وکارهای تولیدی.[[49]](#footnote-49) قیمت خط تلفن همراه 5G بسته به نوع شرکت مخابراتی و ویژگی‌ها متفاوت می باشد. با این حال، هزینه ها همچنان بالاست: هزینه ماهانه یک خط خدمات با دسترسی نامحدود به شبکه سراسری 5G در ایالات متحده از 70 دلار برای Verizon، 65 دلار برای AT&T و 60 دلار برای T-Mobile شروع می شود.[[50]](#footnote-50) چین، جمهوری کره، بریتانیا، آلمان، ایالات متحده، سوئیس و فنلاند اولین کشورهایی می باشند که در اخذ فناوری‌های 5G ورود نمودند.[[51]](#footnote-51)**

**[[52]](#footnote-52)PwC تأثیر اقتصادی 5G در سال 2022 را 150 میلیارد دلار تخمین می زند و پیش بینی می کند که تا سال 2030 به 1.3 تریلیون دلار برسد.[[53]](#footnote-53)**

**عرضه 5G زمان بر بوده و تقریباً پنج سال لازم است تا به پوشش گسترده دست یابد. اگرچه، با وجود پیش بینی شرکت اریکسون به میزان یک میلیارد اشتراک تا پایان سال 2022 و 4.4 میلیارد تا سال 2027، می توان گفت که در حال حاضر نیز عرضه 5G گسترده می باشد.[[54]](#footnote-54) پیش‌بینی‌های مبتنی بر مسیرهای فعلی ارزش اقتصادی 5G را تا سال 2030، حدود 7 تریلیون دلار پیش‌بینی می‌کنند.[[55]](#footnote-55) ضرورت ارتقاء زیرساخت 5G، به ویژه برج‌های میکروسل و ایستگاه‌های پایه، محدودیتی را مطرح می‌ سازد، زیرا هزینه‌های بالای مرتبط با ارتقاء زیرساخت ها مانع از انتشار گسترده 5G می‌شود.[[56]](#footnote-56) از نظر تقاضا، رشد عمدتاً ناشی از افزایش تقاضا برای پهنای باند تلفن همراه، استفاده روزافزون از گوشی‌های هوشمند و "دستگاه‌های پوشیدنی هوشمند"،[[57]](#footnote-57) تقاضای فزاینده برای ویدیوهای تلفن همراه، پیشرفت‌های سریع در اینترنت اشیا و تعداد روزافزون دستگاه‌های متصل، ابتکارات در چندین کشور به سمت توسعه شهرهای هوشمند و تغییر اولویت مصرف کنندگان از راه حل های مبتنی بر فرض به راه حل های مبتنی بر فضای ابری است.[[58]](#footnote-58)**

**بنظر می رسد که پذیرش و اتخاذ 5G فرصت های بزرگی را در بازار کار ایجاد نماید. تخمین زده می شود که تنها در ایالات متحده در سال 2034، حدود 4.6 میلیون شغل مرتبط با 5G ایجاد خواهد شد که عمدتاً ناشی از اشتغال در بخش های زیر است: کشاورزی، ساخت و ساز، آب و برق، تولید، حمل و نقل و انبارداری، آموزش، مراقبت های بهداشتی و دولت.[[59]](#footnote-59) تا سال 2035، انتظار می رود زنجیره ارزش جهانی 5G از 22 میلیون شغل در سراسر جهان پشتیبانی نماید.[[60]](#footnote-60)**

6- چاپگر سه بعدی

**داستان چاپگر سه بعدی نیز با تحقیقات ایالات متحده و چین مشابه موارد قبلی می باشد، در دوره 2000-2021، حدود 36.367 نشریه مرتبط با چاپ سه بعدی به رهبری ایالات متحده (8896)، چین (7515) و بریتانیا (2586) در دسترس قرار گرفت. نهادهای برتر انتشاردهنده عبارتند از: وزارت آموزش چین (631/چین)، آکادمی علوم چین (571/چین) و دانشگاه فنی نانیانگ (Nanyang Technological University) (491/سنگاپور). در همین دوره، 70.799 اختراع جدید به ثبت رسید که ملیت های دریافت کننده تحت سلطه چین (42.691)، ایالات متحده (9069) و آلمان (4705) بودند. برترین صاحبان پتنت در سال 2022 Hewlett-Packard (1632/ایالات متحده)، دانشگاه شیان جیائوتنگ (Xi’an Jiaotong) (563/چین) و دانشگاه فناوری پکن (559/چین) بودند.**

**بزرگترین شرکت های چاپ سه بعدی عبارتند از Stratasys، 3D Systems، Materialize NV، EOS GmbH و [[61]](#footnote-61).General Electric کاربران برتر بر اساس بخش، که با هزینه‌های مربوط به فناوری چاپ سه‌بعدی اندازه‌گیری می‌شوند، تولید کنندگان جداگانه، مراقبت‌های بهداشتی و آموزش بودند.[[62]](#footnote-62) هزینه پرینت سه بعدی در سال های اخیر به میزان قابل توجهی کاهش یافته است و انتظار می رود این روند ادامه یابد.[[63]](#footnote-63) در حال حاضر، یک چاپگر سه بعدی سطح پایه می تواند تا 100 دلار قیمت داشته باشد، در حالی که قیمت یک چاپگر سه بعدی صنعتی از 10.000 دلار شروع می شود.[[64]](#footnote-64)**

**بازار پرینت سه بعدی با سرعت زیادی در حال رشد است. در سطح جهانی، ارزش آن در سال 2020 به 12 میلیارد دلار رسید که انتظار می رود تا سال 2030 به 51 میلیارد دلار افزایش یابد.[[65]](#footnote-65) رشد طرف عرضه عمدتاً ناشی از افزایش تنوع در مواد قابل چاپ سه بعدی است (تغییر عمده از پلاستیک به فلز)، افزایش در سرعت تولید، افزایش اندازه اشیاء قابل چاپ، کاهش خطاها، کاهش در توسعه هزینه ها و زمان، توانایی ساخت محصولات سفارشی و هزینه های دولت برای پروژه های چاپ سه بعدی.[[66]](#footnote-66) با این حال، هنوز هزینه نسبتاً بالای پرینت سه بعدی در مقایسه با روش‌های سنتی تولید بسیاری از محصولات، همراه با کمبود نیروی کار ماهر، ممکن است رشد بازار را مختل نماید. با این حال، این امر مانع از رشد سمت تقاضا نشده است که ناشی از افزایش کاربردها در مراقبت های بهداشتی، لوازم الکترونیکی مصرفی، خودرو، دندانپزشکی، غذا، مد و جواهرات است.[[67]](#footnote-67)**

**تقاضای صنعت چاپ سه بعدی برای نیروی کار در حال افزایش است زیرا بازار به سرعت در حال رشد آن به متخصصان ماهر بیشتری نیاز دارد. تخمین زده می شود که این صنعت بین 1.7 تا 2.8 میلیون شغل جدید در تولید با قابلیت چاپ سه بعدی در ایالات متحده ایجاد و در مجموع بین 3 تا 5 میلیون شغل مهارتی جدید ایجاد نماید. مشاغل جانبی نیز به طور فزاینده ای مورد توجه قرار می گیرند، زیرا صنعت به مهندسان، توسعه دهندگان نرم افزار، دانشمندان مواد و طیف گسترده ای از کارکردهای پشتیبانی تجاری از جمله فروش، بازاریابی و سایر متخصصان نیاز دارد.[[68]](#footnote-68)**

7 – رباتیک

**تحقیقات رباتیک توسط ایالات متحده رهبری می شود. از میان 276027 نشریه مرتبط با رباتیک منتشر شده در سال های 2000-2021، ایالات متحده (69.909)، چین (38.494) و ژاپن (20527) پیشتاز بودند. نهادهای منتشر کننده برتر عبارت بودند از آکادمی علوم چین (3676/چین)، موسسه فناوری هاربین (2568/چین) و دانشگاه کارنگی ملون (2484/ایالات متحده). در همین دوره، 122.940 حق ثبت اختراع اعطا شد که بیشتر صاحبان امتیاز از ایالات متحده (48.164) و پس از آن چین (27.502) و آلمان (5.205) بودند. سه مالک برتر ثبت اختراع تا سال 2022 عبارتند از Johnson & Johnson (3438/ ایالات متحده)، Intuitive Surgical Inc. (3383/ ایالات متحده) و Medtronic Inc (1834/ ایالات متحده).**

**تولیدکنندگان از مجموعه متنوعی از کشورها بر فروش و تولید جهانی رباتیک تسلط دارند. چهار تولید کننده بزرگ رباتیک صنعتی عبارتند از:) ABB سوئیس)، Fanuc (ژاپن)، KUKA (آلمان) و Yaskawa ژاپن). در حالی که بزرگترین تولیدکنندگان خودروهای خودران عبارتند از Alphabet/Waymo (ایالات متحده)، Aptiv (ایرلند)، GM (ایالات متحده) و Tesla(ایالات متحده).[[69]](#footnote-69) بیشترین صنایعی که در زمینه رباتیک هزینه نمودند عبارتند از تولید کنندگان جداگانه،**

**فرآیندهای تولیدی و صنایع منابع.[[70]](#footnote-70) ربات ها انواع مختلفی دارند و قیمت آن به نوع آن بستگی دارد.**

**از آنجایی که هزینه های تولید در رباتیک کاهش یافته است (به عنوان مثال، از طریق افزایش تولید در مناطق کم هزینه، هزینه های تحقیق و توسعه کمتر و صرفه جویی در مقیاس) قیمت ها نیز کاهش یافته اند: از سال 1990 تا کنون بیش از 50 درصد کاهش در میانگین هزینه های رباتیک وجود داشته است.[[71]](#footnote-71) این افزایش صرفه جویی، همراه با حجم بیشتر تولید، به نوبه خود باعث افزایش دموکراتیک در اندازه بازار می گردد.**

**تخمین فعلی رشد شغل در رباتیک در مقایسه با برخی از فناوری‌های دیگر متوسط است، تا حدی به این دلیل که در بسیاری از اقتصادها، صنعت رباتیک از قبل توسعه یافته‌تر می بود. به عنوان مثال، در ایالات متحده، 167.100 مهندس رباتیک فعال در سال 2022 وجود داشت که انتظار می رود بازار کار مهندسی رباتیک بین سال های 2020 تا 2030 بین 1 تا 5 درصد رشد کند.[[72]](#footnote-72) مشاغل رباتیک شامل مهندسان رباتیک، توسعه دهندگان نرم افزار، تکنسین ها، مهندسان فروش و اپراتورها می باشد.[[73]](#footnote-73)**

8 – فناوری پهپاد

**تحقیقات فناوری هواپیماهای بدون سرنشین (پهپاد ها) با هدایت ایالات متحده و کانادا صورت می پذیرد. در طول دوره 2000-2021، مهمترین کشورهایی که در 23.526 نشریه در مورد فناوری پهپاد مشارکت داشتند، ایالات متحده (5047)، چین (3028) و بریتانیا (1411) بودند. نهادهای برتر انتشار دهنده نشریات عبارتند از: مرکز ملی تحقیقات علمی (CNRS) (220/فرانسه)، آکادمی علوم چین (220/چین) و دانشگاه بی هانگ (Beihang) (151/چین). در همین دوره، 48.613 پتنت در سراسر جهان به ثبت رسید که تحت سلطه چین (22.209)، ایالات متحده (7791) و جمهوری کره (6318) بودند. سه مالک برتر فعلی پتنت در سال 2022 عبارتند از SZ DJI Technology Co. Ltd. (1705/چین)، Qualcomm (891/ایالات متحده) و LG Corp. (704/جمهوری کره).**

**در زمینه پهپادهای نظامی، تولیدکنندگان آمریکایی در جهان پیشرو هستند، در حالی که فضای پهپادهای تجاری متنوع‌تر است، اگرچه شرکت‌های چینی نقش بزرگ‌تری دارند. شرکت هایی که معمولاً به عنوان تولید کنندگان برتر پهپادهای تجاری شناخته می شوند عبارتند از : 3D Robotics (ایالات متحده)،) DJI Innovations چین(، Parrot (فرانسه) و Yuneec (چین)، در حالی که سازندگان پهپادهای نظامی شامل Boeing (ایالات متحده)، Lockheed Martin (ایالات متحده) و Northrop Grumman Corporation (ایالات متحده) هستند.[[74]](#footnote-74) صنایع برتر که با هزینه‌های فناوری پهپادها اندازه‌گیری می‌شوند، بخش‌های ابزار، ساخت و ساز و تولید گسسته می باشند.[[75]](#footnote-75) قیمت پهپادهای تجاری (غیر آماتور) از 2000 دلار برای هر واحد شروع می‌شود، در حالی که قیمت پهپادهای نظامی از 800.000 دلار تا 400 میلیون دلار در هر واحد متغیر است[[76]](#footnote-76).**

**بازار پهپادهای تجاری که قبلاً رشد قابل توجهی را تجربه نموده، به نظر گسترش خود را ادامه خواهد داد. تنها در بازار ایالات متحده، ابعاد این صنعت از حدود 40 میلیون دلار در سال 2012 به حدود یک میلیارد دلار در سال 2017 افزایش یافته است و انتظار می رود تأثیر سالانه 31 تا 46 میلیارد دلاری بر تولید ناخالص داخلی این کشور داشته باشد.[[77]](#footnote-77) صنعت زیرساخت بزرگترین بازار بالقوه برای کاربردهای تجاری فناوری پهپاد می باشد که ارزش بازار آن به میزان 45.2 میلیارد دلار تخمین زده می شود.[[78]](#footnote-78) دیجیتالی‌سازی و بهبود فناوری در دوربین‌ها، مشخصات هواپیماهای بدون سرنشین، نرم‌افزار نقشه‌برداری، نقشه‌برداری چند بعدی و کاربردهای حسی، رشد این بخش را هدایت می نمایند. با این حال، انتظار می‌رود مقررات سلامت و ایمنی، حریم خصوصی و امنیت ملی بر بازار تأثیر منفی بگذارد، در حالی که تصاویر ماهواره‌ای، اگرچه گران هستند، اما نمایانگر صنعت رقیب بوده که می تواند مانع رشد بازار پهبادها شود، به‌ویژه اینکه خدمات ماهواره‌ای مسائل نظارتی مشابهی نظیر پهبادها را دارا نمی باشند. در سمت تقاضا، افزایش تقاضا برای سامانه اطلاعات جغرافیایی ( GIS)، فناوری‌های سنجش از راه دور(LiDAR) و خدمات نقشه برداری در بخش هایی نظیر کشاورزی، انرژی، گردشگری، ساخت و ساز، نقشه برداری و مکان نگاری و خدمات اضطراری به رشد کمک می کند.[[79]](#footnote-79)**

**با رشد صنعت پهپاد، بازار کار آن نیز افزایش می یابد. در استرالیا، انتظار می رود که بین سال‌های 2020 تا 2040، پهپادها به طور متوسط سالانه ، از 5500 شغل تمام وقت پشتیبانی نمایند.[[80]](#footnote-80) در سال 2020، سالی که به عدم اطمینان اقتصادی و از دست دادن شغل معروف شد، شرکت‌های ساخت پهپاد، روند را معکوس نموده و نیروی کار خود را به طور متوسط 15 درصد افزایش دادند.[[81]](#footnote-81)**

9 – ویرایش ژن

**تحقیقات ویرایش ژن، به مانند روند، توسط ایالات متحده و چین هدایت می شود. در سال‌های 2000-2021، تعداد نشریات مربوط به ویرایش ژن به 24.802 رسید که توسط ایالات متحده (9881)، چین (5106) و بریتانیا (2099) رهبری می‌شدند. نهادهای برتر عبارت بودند از آکادمی علوم چین (994/چین)، دانشکده پزشکی هاروارد (696/ایالات متحده) و وزارت آموزش چین (573/چین). در همین مدت، 13.970 پتنت اعطا شد که بیشترین آنها از ایالات متحده (6482) و پس از آن چین (3834) و سوئیس (673) بودند. سه مالک فعلی پتنت ها عبارتند از: موسسه فناوری ماساچوست (427/ایالات متحده)، دانشگاه کالیفرنیا (360/ایالات متحده)، و دانشگاه هاروارد (337/ایالات متحده).**

**شرکت هایی که معمولاً به عنوان ارائه دهندگان برتر خدمات ویرایش ژن شناخته می شوند عبارتند از CRISPR Therapeutics (سوئیس)، Editas Medicine (ایالات متحده)، Horizon Discovery Group (بریتانیا)، Intellia Therapeutics (ایالات متحده)، Precision BioSciences (ایالات متحده) و Sangamo Therapeutics (ایالات متحده).[[82]](#footnote-82) ویرایش ژن توسط شرکت‌های دارویی- بیوتکنولوژی، موسسات دانشگاهی و مراکز تحقیقاتی، شرکت‌های کشاورزی و سازمان‌های تحقیقاتی قراردادی مورد استفاده قرار می گیرد.[[83]](#footnote-83) قیمت ویرایش ژن بسته به فناوری و کاربرد متفاوت است. هزینه ژن درمانی های انسانی برای رسیدگی به شرایط پزشکی ژنتیکی در حال حاضر از 37.3000 دلار تا 2.1 میلیون دلار متغیر است، اما می تواند تا 5 میلیارد دلار هزینه داشته باشد.[[84]](#footnote-84)**

**بازار ویرایش ژن در حال رشد است اما برخی نگرانی ها همچنان ادامه دارد. عرضه همچنان بوسیله تامین منابع مالی فراوانی برای تحقیق و توسعه و بهبود فناوری در فناوری‌های مهندسی ژنتیک هدایت می گردد.[[85]](#footnote-85) در سمت تقاضا، بازار با افزایش موارد بیماری های ژنتیکی و عفونی، تمرکز فزاینده صنایع غذایی بر فناوری های اصلاح شده ژنتیکی و افزایش تقاضا برای ژن های مصنوعی هدایت می شود. با این حال، مسائل اخلاقی در مورد استفاده نادرست از ویرایش ژن و همچنین تأثیر بالقوه آن بر سلامت انسان ممکن است رشد را کاهش دهد.[[86]](#footnote-86)**

**انتظار می رود تقاضای نیروی کار در ویرایش ژن با رشد مورد انتظار بازار ویرایش ژن از 5.20 میلیارد دلار در سال 2020 به 18.50 میلیارد دلار در سال 2028 افزایش یابد. در بریتانیا، تخمین زده می شود که 18000 شغل جدید بین سال های 2017-2035 ایجاد خواهد شد. در ایالات متحده، انتظار می رود بین سال های 2021 تا 2031، 22500 شغل جدید دانشمند پزشکی و مهندس زیست پزشکی اضافه شود.[[87]](#footnote-87)**

10 – نانو تکنولوژی

**تحقیقات نانوتکنولوژی توسط ایالات متحده و چین هدایت می شود. بین سال‌های 2000 و 2021، حدود 186.827 نشریه مرتبط با فناوری نانو به رهبری ایالات متحده (52.135)، چین (31.502) و هند (13.448) منتشر شد. نهادهای برتر منتشر کننده این نشریات عبارت بودند از آکادمی علوم چین (5451/چین)، وزارت آموزش چین (3581/چین) و مرکز ملی تحقیقات علمی (CNRS) (2390/فرانسه). در همین دوره، 6175 پتنت به ثبت رسید که ملیت های برتر ذینفعان، چین (1395)، ایالات متحده (1253) و فدراسیون روسیه (922) بودند. سه مالک بزرگ عبارتند از : Aleksandr Aleksandrovich Krolevets (224/فدراسیون روسیه/فرد)، دانشگاه هاروارد (90/ایالات متحده) و) PPG Industry Inc. 76/ایالات متحده).**

**شرکت‌های برتر فناوری نانو شامل BASF (آلمان)، Apeel Sciences (ایالات متحده)، Agilent (ایالات متحده)، Samsung Electronics (جمهوری کره) و Intel Corporation (ایالات متحده) هستند. عمده ترین کاربران فناوری نانو شامل بخش های پزشکی، تولید و انرژی می باشد.[[88]](#footnote-88)**

**در سمت عرضه، بازار توسط پیشرفت های تکنولوژیکی، افزایش حمایت دولت، بودجه بخش خصوصی برای تحقیق و توسعه و اتحاد استراتژیک بین کشورها هدایت می شود. از نظر تقاضا، بازار با تقاضای رو به رشد عمومی برای مینیاتورسازی دستگاه ها هدایت می شود.[[89]](#footnote-89) نگرانی های مربوط به خطرات زیست محیطی، بهداشتی و ایمنی و همچنین خطر تجاری سازی فناوری نانو، رشد بازار را محدود می کند.[[90]](#footnote-90)**

**انتظار می‌رود بازار کار فناوری نانو رشد کند، اما با سرعتی متوسط. در ایالات متحده، بازار کار مهندسان فناوری نانو قرار است بین سال‌های 2016 تا 2026 به میزان 6.4 درصد رشد نماید.[[91]](#footnote-91) حقوق مورد انتظار در ایالات متحده بین 35.000 تا 50.000 دلار برای کاردانی و بین 75.000 تا 100.000 دلار برای مدرک دکترا متغیر است.[[92]](#footnote-92)**

11 - فن آوری فتوولتائیک خورشیدی

**تحقیقات PV خورشیدی توسط هند، ایالات متحده و چین هدایت می شود. طی دوره 2000-2021، حدود 19.875 نشریه مربوط به PV خورشیدی به رهبری هند (6169)، ایالات متحده (2850) و چین (1692) ارائه شد. نهادهای برتر منتشرکننده عبارت بودند از: موسسه فناوری هند دهلی (817/هند)، Vellore Institute of Technology (219/هند) و آزمایشگاه ملی انرژی های تجدیدپذیر (199/ایالات متحده). در همین مدت، 38.425 پتنت اعطا شد که بیشترین آنها از چین (31.361)، جمهوری کره (1792) و ایالات متحده (1578) بودند. سه مالک برتر در سال 2022 عبارتند از State Grid Corp of China (290/چین)، Tianjin University (152/چین) و Wuxi Tongchun New Energy Tech (139/چین).**

**برترین تولیدکنندگان پنل خورشیدی عبارتند از Jinko Solar (چین)، Canadian Solar (کانادا)، Trina Solar (چین)،) First Solar ایالات متحده(، SunPower (ایالات متحده) و Hanwha Q CELLS (جمهوری کره).[[93]](#footnote-93) بزرگترین کاربران فناوری PV خورشیدی شامل بخش های مسکونی، تجاری و تاسیسات می باشند.[[94]](#footnote-94) قیمت پانل های PV خورشیدی به طور قابل توجهی کاهش یافته است، متوسط هزینه اولیه برای سیستم های PV مسکونی معمولی (6 کیلووات) از 50.000 دلار به محدوده 16.200 تا 21.420 دلار در ده سال بین 2008 و 2018 کاهش یافته است، در حالی که میانگین هزینه ملی یک PV مسکونی این سیستم در ایالات متحده اکنون 2.94 دلار به ازای هر وات تخمین زده می شود.[[95]](#footnote-95)**

**به نظر می رسد که ابعاد بازار انرژی خورشیدی متمرکز همچنان گسترش یابد. آژانس بین‌المللی انرژی متذکر شده که تاثیر منفی کووید – 19 به تلاش های ساخت و ساز کاملاً مشهود بوده است. با این حال، این آژانس افزایش کلی انرژی خورشیدی را در اجرای جهانی این فناوری از سال 2023 تا 2025 به بعد، با توجه به بهبود وضعیت اقتصادی در سراسر جهان و تشویق افزایش نصب سیستم های PV خصوصی و تجاری، با پتانسیل افزایش تقریبی 165 گیگاوات در سال، پیش بینی می کند.[[96]](#footnote-96)**

**انرژی خورشیدی به طور گسترده ای به عنوان کلیدی جهت تلاش برای مبارزه با تغییرات آب و هوایی شناخته شده است. کشور چین پیش بینی نموده که اگر انرژی فتووالتیک خورشیدی در منطقه ساخت‌ و ساز باقی‌مانده در دسترس در کشور نصب شود (تقریباً 6.4 میلیارد متر مربع)، 1.55 برابر مصرف سالانه برق در سال در کشور انرژی تولید خواهد نمود.[[97]](#footnote-97)**

**PV خورشیدی بزرگترین کارفرما در میان صنایع مختلف انرژی های تجدیدپذیر است که در حال حاضر نزدیک به 4 میلیون شغل در سراسر جهان ایجاد کرده است.[[98]](#footnote-98) در ایالات متحده، این صنعت تنها در دهه گذشته میانگین رشد سالانه 33 درصد را تجربه کرده است.[[99]](#footnote-99) آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر [[100]](#footnote-100)(IRENA) تخمین می‌زند که در سناریوی 1.5 درجه سانتی‌گراد، حدود 15.4 میلیون نفر در PV خورشیدی مشغول به کار خواهند شد.[[101]](#footnote-101)**

12 - نیروگاه های خورشیدی متمرکز

**تحقیقات انرژی خورشیدی متمرکز توسط ایالات متحده رهبری می شود. در طول سال‌های 2000-2021، حدود 3195 نشریه مربوط به انرژی خورشیدی متمرکز از ایالات متحده (595)، اسپانیا (484) و چین (389) منتشر شد. نهادهای برتر انتشارات عبارتند از: مرکز هوا فضای آلمان (131/آلمان)، دانشگاه سویل (72/اسپانیا) و مرکز ملی تحقیقات علمی (CNRS) (68/فرانسه). در همین مدت، 1101 اختراع به ثبت رسید که بیشترین دریافت کنندگان پتنت از ایالات متحده (454)، بلژیک (79) و آلمان (79) بودند. سه مالک برتر ثبت اختراع فعلی عبارتند از Cockerill Maintenance & Ingenierie SA (79/بلژیک)، Brilliant Light Power, Inc. (59/ایالات متحده) و جنرال الکتریک (56/ایالات متحده).**

**شرکت هایی که در فضای انرژی خورشیدی متمرکز پیشرو هستند عبارتند از Abengoa Solar S.A. ((اسپانیا)، Ibereolica Group (اسپانیا)، ENGIE (فرانسه)، )NextEra Energy Resources ایالات متحده) و BrightSource Energy (ایالات متحده). خدمات انرژی خورشیدی متمرکز عمدتاً به بخش های صنعتی، تجاری و مسکونی می باشد.[[102]](#footnote-102) میانگین وزنی جهانی هزینه برق برای انرژی خورشیدی متمرکز 0.108 دلار در هر کیلووات ساعت در سال 2020 برآورد شده است.[[103]](#footnote-103)**

**در سمت عرضه، رشد بازار ناشی از حمایت دولت برای پذیرش انرژی‌های تجدیدپذیر، ادغام انرژی خورشیدی متمرکز در نیروگاه‌های هیبریدی و پیشرفت‌های فناوری انتقال حرارت از جمله مواد اولیه، نمک‌های با دمای بالا و CO2 همراه با توانایی رو به رشد برای به حداقل رساندن بازتاب نور از طریق پوشش های جدید برای گیرنده ها می باشد.[[104]](#footnote-104) در سمت تقاضا، گسترش بازار به دلیل توانایی نیروگاه های خورشیدی متمرکز برای تامین برق بر اساس تقاضا به جای وابستگی به آب و هوا انجام می شود. با این حال، نگرانی‌هایی از نظر هزینه‌های قابل توجه سرمایه، عرضه محدود زمین در مناطق پرتابش خورشیدی، دسترسی محدود به منابع آب و چالش‌هایی با دسترسی به شبکه‌های انتقال وجود دارد.**

**در سراسر جهان، صنعت متمرکز انرژی خورشیدی تا به امروز حدود 32000 شغل ایجاد کرده است.[[105]](#footnote-105) آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر و سازمان جهانی کار (ILO ) پیش‌بینی می‌کنند که تا سال 2050، بیش از 1.6 میلیون شغل برای انرژی خورشیدی متمرکز ایجاد شود، بدینصورت، مشاغل در فضای متمرکز انرژی خورشیدی افزایش خواهند یافت.[[106]](#footnote-106)**

13 - سوخت های زیستی

**تحقیقات سوخت های زیستی توسط ایالات متحده رهبری می شود. در طول دوره 2000-2021، تعداد انتشارات سوخت های زیستی به 74.801 رسید که عمدتاً از ایالات متحده (18.386)، چین (10.085) و هند (6.896) می بود. نهادهای برتر انتشاردهنده نیز عبارتند از آکادمی علوم چین (1626/چین)، وزارت آموزش چین (1225/چین) و دانشگاه سائوپائولو (847/برزیل). در همان دوره، 22.325 پتنت عمدتاً به ذینفعانی از ایالات متحده (6988)، چین (3798) و فرانسه (1083) اعطا شد. سه مالک بزرگ ثبت اختراع Royal Dutch Shell (560/بریتانیا)، Bayer AG (470/آلمان) و BASF SE (339/آلمان) بودند.**

**شرکت های پیشرو تولید سوخت زیستی عبارتند از: Cosan (برزیل)، Verbio (آلمان)، ALTEN Group (فرانسه)، Archer Daniels Midland Co. (ایالات متحده)، Argent Energy UK Ltd. (بریتانیا)، REG (ایالات متحده)، Cargill Inc. ((ایالات متحده)، Louis Dreyfus (فرانسه) و Wilmar International Ltd (سنگاپور). مصرف کنندگان اصلی سوخت های زیستی بخش های حمل و نقل، گرمایش و تولید برق می باشند[[107]](#footnote-107). هزینه تولید سوخت زیستی به روش های مورد استفاده بستگی دارد. در سال 2020، متوسط هزینه تولید سوخت های زیستی ساخته شده با اتانول سلولزی[[108]](#footnote-108) 4 دلار به ازای هر گالن- بنزین معادل (gge) بود. سوخت های زیستی تولید شده با استفاده از مسیر تصفیه پیرولیز-بیوخام-هیدرویی[[109]](#footnote-109) دارای برآورد هزینه 3.25 دلار در هر گرم گاز بودند، سوخت های زیستی تولید شده با استفاده از زیست توده به مایع [[110]](#footnote-110)(BTL) هزینه متوسط 3.80 دلار در هر گرم گاز داشتند، در حالی که برآورد شده که سوخت های زیستی استرها و اسیدهای چرب هیدروتریک شده [[111]](#footnote-111)(HEFA) به طور متوسط ​​هزینه 3.70 دلار به ازای هر گرم وزن داشته باشند.[[112]](#footnote-112)**

**پیش‌بینی می‌شود که بازار جهانی سوخت‌های زیستی به سرعت گسترش یابد: آژانس بین‌المللی انرژی تخمین می‌زند که در دوره 2021-2026 ، تقاضا برای سوخت‌های زیستی به احتمال زیاد 41 میلیارد لیتر یا 28 درصد رشد خواهد نمود.[[113]](#footnote-113) بازار در حال حاضر توسط عوامل سمت تقاضا هدایت می شود زیرا سیاست های ملی برای اجبار در ترکیب و برای امنیت انرژی افزایش می یابد، که این موضوع دومی با درگیری در اوکراین و بحران جهانی انرژی در سال 2022 تقویت شده است. رشد تقاضا برای سوخت در بخش حمل و نقل و حرکت به سمت اقتصاد کم کربن نیز به میزان قابل توجهی به رشد تقاضا کمک می نماید. در سمت عرضه، مالیات های ترجیحی، یارانه ها و دستورالعمل ها باعث کاهش قیمت سوخت های زیستی شده و به افزایش تولید کمک کرده است.[[114]](#footnote-114) با این حال، چالش کلیدی برای سوخت های زیستی، رقابت پذیری کمتر آنها از نظر هزینه نسبت به سوخت های فسیلی است. علاوه بر این، تولید مواد اولیه سوخت زیستی ممکن است باعث تغییر در الگوهای کاربری زمین، فشار بر تامین آب، ایجاد آلودگی هوا و آب و افزایش هزینه های غذا گردد.[[115]](#footnote-115)**

**در سراسر جهان، بازار سوخت های زیستی مایع حدود 2.411.000 نفر را استخدام نموده است.[[116]](#footnote-116) اگرچه مشاغل سوخت های زیستی در سال 2020 در ایالات متحده به دلیل تاثیرات همه گیری کووید – 19، بین 4 تا 5 درصد کاهش یافت ولی کاهش اشتغال در سوخت های زیستی نسبت به بازارهای کار در سایر انواع سوخت کمتر بود. پیش‌بینی می‌شود که اشتغال سوخت‌های زیستی مجدداً بهبود یابد، که این مسئله با بهبود تدریجی از کووید – 19 همراه خواهد بود.[[117]](#footnote-117)**

14 - بیوگاز و زیست توده

**تحقیقات بیوگاز و زیست توده توسط چین و ایالات متحده رهبری می شود. بین سال‌های 2000 و 2021، حدود 400.062 نشریه مرتبط با سوخت زیستی منتشر شد که مهمترین کشورهای منتشر کننده عبارتند از چین (79.658)، ایالات متحده (77.614) و هند (27.183). نهادهای برتر ناشر نیز عبارتند از آکادمی علوم چین (17.175/چین)، وزارت آموزش چین (8554/چین) و دانشگاه آکادمی علوم چین (6245/چین). در همان دوره، 251.251 اختراع ثبت شده که عمدتاً به ساکنان چین (99.328)، ایالات متحده (38.856) و فرانسه (13.713) واگذار شد. سه صاحب امتیاز برتر در سال 2022 عبارتند از: Xyleco (3808/ایالات متحده)، BASF SE (2694/آلمان) و Evonik Industry AG (1694/آلمان).**

**تولیدکنندگان عمده بیوگاز و زیست توده عبارتند از Future Biogas (بریتانیا)، Air Liquide (فرانسه)، PlanET Biogas Global (آلمان(،Ameresco (ایالات متحده(،Quantum Green (هند)، Envitech Biogas (آلمان) و Weltec Biopower (آلمان). مصرف کنندگان اصلی بیوگاز و زیست توده بخش های صنعتی، حمل و نقل، مسکونی و تولید برق هستند.[[118]](#footnote-118) هزینه تولید بیوگاز بین 2 الی20 دلار/ MBtu متغیر می باشد.[[119]](#footnote-119) نیروگاه های زیست توده برق تولید می کنند که به طور کلی هزینه هر کیلووات ساعت آن حدود 0.030 تا 0.140 دلار می باشد. اما پروژه های خاص می توانند تا 0.250 دلار در هر کیلووات ساعت هزینه داشته باشند.[[120]](#footnote-120)**

**در حالی که انتظار می‌رود بازار زیست توده با گذار از روش‌های سنتی به روش‌های پایدار دستخوش تحول شود، با توجه به این تحول، پیش بینی ها حاکی از سرعت رشد بازارهای جهانی بیوگاز می باشد. در حالی که زیست توده 9 درصد از تولید انرژی جهان را به خود اختصاص داده است ولی بیوگاز تنها 0.3 درصد از کل انرژی اولیه را تشکیل می دهد. با وجود این، آژانس بین‌المللی انرژی رشد قابل توجهی را برای اشکال پایدار هر دو پیش‌بینی نموده که ناشی از انعطاف‌پذیری، سادگی و ضرورت زیست‌محیطی آنها می باشد. رشد تقاضا همچنین به مواردی نظیر انتقال به سمت اقتصاد کم کربن، تقاضای فزاینده شرکت‌های تولید برق و پذیرش زیست توده در فناوری پیل سوختی، بستگی دارد. در سمت عرضه، هزینه‌های زیست توده به دلیل سیاست‌های مطلوب دولت از جمله وام برای ایجاد نیروگاه‌های زیست توده کاهش می‌یابد، در حالی که پیش بینی می شود دسترسی به مواد اولیه پایدار برای اهداف بیوگاز تا 40 درصد در دوره تا سال 2040 رشد نماید.[[121]](#footnote-121) بازار با چالش‌هایی محدود شده است که شامل مناطق کمیاب زمین برای محصولات انرژی‌زا و موانع فنی است که امکان‌سنجی تجاری زیست توده را به عنوان جایگزینی برای سوخت‌های فسیلی با نرخ‌های اختلاط بالاتر در مقایسه با زغال‌سنگ محدود می‌کند.[[122]](#footnote-122)**

**پیش بینی می شود بازارهای کار زیست توده و بیوگاز همچنان در حال رشد باشند. زیست توده جامد حدود 765.000 نفر را در سراسر جهان استخدام نموده در حالی که اشتغال در بیوگاز تقریباً 339.000 نفر می باشد.[[123]](#footnote-123) تخمین زده می شود که تولید زیست توده 73 شغل مستقیم تمام وقت دائمی در هر 100 مگاوات ظرفیت نصب ایجاد نماید.[[124]](#footnote-124)**

15 – انرژی بادی

**تحقیقات انرژی بادی بازهم توسط چین و ایالات متحده رهبری می شود. در سال‌های 2000 تا 2021، حدود 37.514 نشریه مرتبط با انرژی بادی به رهبری چین (5376)، ایالات متحده (5359) و هند (4254) منتشر شد. نهادهای برتر ناشر عبارتند از دانشگاه فنی دانمارک (545/دانمارک)، دانشگاه برق شمال چین (364/چین) و دانشگاه فناوری دلفت (Delft University of Technology) (359/هلند). در همان دوره، 58.134 پتنت عمدتاً به متقاضیانی از چین (32.991)، آلمان (11.630) و ایالات متحده (2927) واگذار شد. سه مالک برتر فعلی عبارتند از : Wobben Properties GMBH (3062/آلمان)، Wobben Aloys (1966/آلمان) و Senvion SE (1884/آلمان).**

**شرکت هایی که اغلب به عنوان پیشرو در فضای انرژی بادی از آنها یاد می شود عبارتند از Vestas (دانمارک)، Siemens Gamesa (اسپانیا(، Goldwind (چین)،) GE ایالات متحده) و) Envision چین) (BizVibe, 2022). عمده مصرف کنندگان انرژی بادی شامل بخش های کشاورزی، مسکونی، آب و برق و صنعتی می باشند (Hartman, 2021). میانگین وزنی جهانی هزینه برق نیروگاه های بادی جدید خشکی و فراساحلی به ترتیب 0.053 دلار در کیلووات ساعت و 0.115 دلار در کیلووات ساعت در سال 2019 می بود[[125]](#footnote-125).**

**با کاهش هزینه های نصب و نگهداری، بازار جهانی انرژی بادی به رشد خود ادامه می دهد. در سال 2021، تولید برق بادی با رکورد 273 تراوات ساعت (TWh) افزایش یافت (17 درصد افزایش نسبت به سال 2020) که سریع ترین رشد در بین تمامی فناوری های تولید برق می بود.[[126]](#footnote-126) با توجه به افزایش قیمت و سودآوری باد و تعداد فراوان مناطق با باد شدید که هنوز مورد بهره برداری قرار نگرفته اند، پتانسیل رشد انرژی بادی قوی می باشد. محرک های سمت تقاضا برای رشد در بازار انرژی بادی شامل افزایش تقاضا برای منابع انرژی تجدیدپذیر و افزایش مداوم مصرف انرژی در سطح جهانی است. با افزایش چشمگیر قیمت انرژی، تقاضا برای انرژی های تجدیدپذیر مقرون به صرفه در حال رشد است.[[127]](#footnote-127) در سمت عرضه، مزارع بادی فراساحلی چالش‌های مربوط به عمق دریا را رفع نموده و در عین حال از سرعت باد بالا سود می‌برند. موانع در بخش انرژی بادی شامل موانع فناوری مربوط به اتصال و یکپارچه سازی شبکه و فقدان زیرساخت های پشتیبانی می باشد. چالش‌های اقتصادی نیز وجود دارتد، به ویژه هزینه اولیه بالای سرمایه و دوره‌های بازپرداخت طولانی، کمبود کانال‌های تامین مالی، زنجیره‌های تامین نابالغ فراساحلی و چارچوب‌های نظارتی منسوخ شده.[[128]](#footnote-128)**

**انتظار می رود بازار کار انرژی بادی که در حال حاضر قابل توجه بوده و اکنون 1.25 میلیون نفر را در سراسر جهان استخدام نموده، رشد سریعی را تجربه نماید.[[129]](#footnote-129) همچنین پیش بینی می گردد در نتیجه 470 گیگا وات ظرفیت باد اضافی که تا سال 2025 نصب می گردد، حدود 3.3 میلیون شغل جدید ایجاد شود.[[130]](#footnote-130)**

16 - هیدروژن سبز

**تحقیقات هیدروژن سبز توسط چین هدایت می شود. در طول سال‌های 2000-2021، تعداد 802 نشریه هیدروژن سبز به رهبری چین (140)، آلمان (100) و ایالات متحده (74) منتشر شد. نهادهای ناشر برتر عبارت بودند از آکادمی علوم چین (22/چین)، دانشگاه بیرمنگام (13/بریتانیا) و وزارت آموزش چین (12/چین). در همین مدت، 58 پتنت، عمدتاً به متقاضیانی از چین (30)، بریتانیا (5)، ایالات متحده (4) و استرالیا (4) واگذار شد. سه مالک اصلی فعلی عبارتند از Anglo-American Corp. (4/بریتانیا)، Xi’an Thermal Power Research Institute (4/چین) و Johnson Matthey (3/بریتانیا).**

**شرکت‌های بزرگ هیدروژن سبز عبارتند از Air Liquide(فرانسه)، Air Products and Chemicals, Inc (ایالات متحده)، Engie (فرانسه)، Green Hydrogen Systems (دانمارک)، Siemens Energy Global GmbH (آلمان)، Toshiba (ژاپن) و Tianjin Mainland Hydrogen Equipment Co. Ltd (چین).[[131]](#footnote-131) بزرگترین مصرف کنندگان هیدروژن سبز شامل صنایع سنگین و بخش های حمل و نقل، گرمایش و تولید برق می باشند.[[132]](#footnote-132) هزینه های هیدروژن سبز همچنان بالاست و در حال حاضر حدود 2.5 الی6 دلار برای هر کیلوگرم H2 تخمین زده می شود.[[133]](#footnote-133)**

**تقاضا در بازار جهانی هیدروژن به دلیل نیاز به افزایش انعطاف‌پذیری و ذخیره سازی و توزیع‌پذیری سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر، استفاده گسترده از هیدروژن سبز در کل اقتصاد و همچنین وجود چندین کشور با منابع تجدیدپذیر قابل توجه که به دنبال تبدیل شدن به صادرکنندگان خالص می باشند، در حال رشد است. در سمت عرضه، بازار به لطف پیشرفت فناوری و آمادگی بازار برای چندین کالا در زنجیره ارزش هیدروژن در حال شکوفایی است.[[134]](#footnote-134)**

**با این حال، موانع متعدد قابل توجه ای همچنان وجود دارند. هیدروژن سبز هزینه های تولید بالاتری نسبت به هیدروژن خاکستری دارد حتی زمانی که قیمت گذاری کربن هزینه سوخت های فسیلی رقیب را افزایش می دهد. به طور قابل توجهی، کمبود زیرساخت اختصاصی برای حمل و نقل و ذخیره هیدروژن سبز هنوز وجود دارد، بازار هنوز برای هیدروژن سبز کوچک بوده و بویژه، مشکلاتی در ایجاد تمایز دقیق و روشن بین هیدروژن خاکستری و سبز در آمار انرژی ملی وجود دارد. در زمینه اندازه گیری پایداری هیدروژن سبز نیز متخصصان با چالش هایی مواجه اند.[[135]](#footnote-135)**

**به دلیل افزایش سرمایه گذاری الکترولیزها و سایر زیرساخت های هیدروژن سبز و همچنین به دلیل استفاده فزاینده از آن به عنوان منبع سوخت، تخمین زده می شود که هیدروژن سبز بین سال های 2030 تا 2050 حدود 2 میلیون شغل ایجاد نماید.[[136]](#footnote-136)**

17 - وسایل نقلیه الکتریکی

**تحقیقات خودروهای الکتریکی توسط چین، ایالات متحده، آلمان و کره جنوبی هدایت می شوند. از سال 2000 تا 2021، از 79.732 نشریه مربوط به وسایل نقلیه الکتریکی، بیشتر نشریات از چین (22.375) و پس از آن ایالات متحده (13.108) و آلمان (5408) منتشر شده است. نهادهای ناشر برتر عبارتند از: موسسه فناوری پکن (1814/چین)، Tsinghua University (1685/چین) و Tongji University (900/چین). در همین مدت، از 206.049 پتنت واگذار شده، بیشتر به چین (94.124)، جمهوری کره (23.193) و ایالات متحده (19.059) تعلق گرفت. سه مالک برتر فعلی ال‌جی (7181/جمهوری کره)، گروه تویوتا (6945/ژاپن) و گروه موتور هیوندای (6817/جمهوری کره) می باشند.**

**تولیدکنندگان پیشرو خودروهای الکتریکی شامل Tesla (ایالات متحده)، Renault–Nissan–Mitsubishi Alliance (فرانسه/ژاپن)، فولکس واگن (آلمان)، BYD (چین)، کیا و هیوندای (جمهوری کره) هستند.[[137]](#footnote-137) عمده ترین کاربران وسایل نقلیه الکتریکی عبارتند از حمل و نقل، تجارت الکترونیک و صنایع تحویل.[[138]](#footnote-138) بین سال‌های 2021 تا 2022، مشکلات زنجیره تامین و کمبود قطعات در واقع میانگین هزینه یک خودروی الکتریکی جدید در ایالات متحده را 22 درصد افزایش داده و به 54.000 دلار رساند (در مقایسه با افزایش 14 درصدی برای خودروهای موتور احتراق داخلی.[[139]](#footnote-139)**

**تقریباً 10 درصد از فروش جهانی خودرو در سال 2021 الکتریکی بوده است که چهار برابر سهم بازار در سال 2019 است. پیش بینی می شود که این نرخ رشد ادامه یابد یا تسریع شود. بخش تقاضای خودروهای الکتریکی، توسط سیاست حمایتی دولت در قالب اهداف صرفه جویی در مصرف سوخت و انتشار گازهای گلخانه ای، محدودیت های دسترسی به شهر و مشوق های مالی همراه با علاقه فزاینده شرکت ها و مصرف کنندگان به خرید وسایل نقلیه الکتریکی برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار، هدایت می شود.[[140]](#footnote-140) در سمت عرضه، نوآوری های فناوری، قابلیت خودروها برای طی حداکثر مسافت، رقابت در هزینه و زمان مورد نیاز برای شارژ بسیاری از وسایل نقلیه الکتریکی را بهبود بخشیده است. مهم‌تر از همه، زیرساخت‌های شارژ در حال گسترده‌تر شدن و در دسترس‌تر قرار گرفتن می باشند و سازندگان خودرو تعهدات استراتژیک بلندپروازانه‌ای را برای ارتقای تولید و مصرف خودروهای الکتریکی انجام داده‌اند.[[141]](#footnote-141) انگیزه بیشتر ناشی از موفقیت روزافزون سازندگان چینی بر تمرکز در تولید خودروهای برقی کوچک و با قیمت بسیار پایین‌تر است: در سال 2021، میانگین قیمت فروش خودروهای برقی در چین تنها 10 درصد بیشتر از عرضه‌ خودروهای معمولی بود، در مقایسه با 45-.50 درصد به طور متوسط در سایر بازارهای بزرگ جهانی[[142]](#footnote-142).**

**با این حال، موانعی از جمله نگرانی در مورد برد خودروهای الکتریکی، قیمت بالای باتری، کمبود زیرساخت های شارژ در برخی کشورها و نگرانی در مورد مضرات زیست محیطی شارژ خودروهای الکتریکی و تولید باتری همچنان وجود دارد.[[143]](#footnote-143)**

**انتظار می رود برقی کردن صنعت حمل و نقل از رشد شغل حمایت نماید. تخمین زده می شود که نزدیک به 200.000 شغل دائمی اضافی تا سال 2030 در اروپا در نتیجه اشتغال در ده بخش ایجاد گردد : تولید باتری، تولید شارژر، عمده فروشی، نصب شارژر، اتصال به شبکه، تقویت شبکه، کارهای عمرانی و جاده ای، نقطه شارژ. بهره برداری، تعمیر و نگهداری نقطه شارژ و تولید برق.[[144]](#footnote-144) به همین ترتیب انتظار می رود که علیرغم از دست دادن اشتغال در بخش موتورهای احتراقی، انتقال به حمل و نقل الکتریکی، موجب ایجاد بیش از 2 میلیون شغل به طور خالص گردد. در حالی که ممکن است در صنایع تعمیر و نگهداری خودرو از دست دادن شغل وجود داشته باشد، این با افزایش مشاغل ناشی از اقتصاد و افزایش مشاغل در بخش برق جبران می گردد.[[145]](#footnote-145)**

ب : نکات فنی

1 – انتشارات

**داده‌های انتشارات از پایگاه داده‌های Elsevier's Scopus از نشریات دانشگاهی برای دوره 2000-2021 بازیابی شد. این دوره به این دلیل انتخاب گردید که به موجب Elsevier، داده های مقالات منتشر شده پس از سال 1995 قابل اعتمادتر هستند. سیستم Scopus به صورت ماسبق به روز می شود و در نتیجه، تعداد انتشارات برای یک پرسش خاص ممکن است در طول زمان افزایش یابد.[[146]](#footnote-146) جستجوی انتشارات با استفاده از کلمات کلیدی در مقابل کلمات کلیدی عنوان، چکیده و نویسنده (عنوان-abs-key) انجام شد. جستجوهای مورد استفاده برای هر فناوری پیشران در زیر فهرست شده است:**

|  |  |
| --- | --- |
| **Technology** | **Search query** |
| **AI** | **TITLE-ABS-KEY (ai OR “artificial intelligence”) AND PUBYEAR > 2000 AND PUBYEAR < 2021** |
| **IoT** | **TITLE-ABS-KEY (iot OR «internet of things») AND PUBYEAR > 2000 AND PUBYEAR < 2021** |
| **Big data** | **TITLE-ABS-KEY (“big data”) AND PUBYEAR > 2000 AND PUBYEAR < 2021** |
| **Blockchain** | **TITLE-ABS-KEY (blockchain) AND PUBYEAR > 2000 AND PUBYEAR < 2021** |
| **Robotics** | **TITLE-ABS-KEY (robotics) AND PUBYEAR > 2000 AND PUBYEAR < 2021** |
| **Drone** | **TITLE-ABS-KEY (drone) AND PUBYEAR > 2000 AND PUBYEAR < 2021** |
| **3D printing** | **TITLE-ABS-KEY (“3D printing”) AND PUBYEAR > 2000 AND PUBYEAR < 2021** |
| **5G** | **TITLE-ABS-KEY (“5g communication” OR “5g system” OR “5g network”) AND PUBYEAR > 2000 AND PUBYEAR < 2021** |
| **Gene editing** | **TITLE-ABS-KEY (gene-editing OR genome-editing OR “gene editing” OR “genome editing”) AND PUBYEAR > 2000 AND PUBYEAR < 2021** |
| **Nanotechnology** | **TITLE-ABS-KEY (nanotechnology) AND PUBYEAR > 2000 AND PUBYEAR < 2021** |
| **Solar PV** | **TITLE-ABS-KEY (“solar photovoltaic” OR “solar pv”) AND PUBYEAR > 2000 AND PUBYEAR < 2021** |
| **Concentrated solar power** | **TITLE-ABS-KEY (“concentrated solar power”) AND PUBYEAR > 2000 AND PUBYEAR < 2021** |
| **Biofuels** | **TITLE-ABS-KEY (“biofuel”) AND PUBYEAR > 2000 AND PUBYEAR < 2021** |
| **Biogas and biomass** | **TITLE-ABS-KEY (“biogas “ OR “biomass”) AND PUBYEAR > 2000 AND PUBYEAR < 2021** |
| **Wind energy** | **TITLE-ABS-KEY (“wind energy”) AND PUBYEAR > 2000 AND PUBYEAR < 2021** |
| **Green hydrogen** | **TITLE-ABS-KEY (“green hydrogen”) AND PUBYEAR > 2000 AND PUBYEAR < 2021** |
| **Electric vehicles** | **TITLE-ABS-KEY (“electric vehicle “) AND PUBYEAR > 2000 AND PUBYEAR < 2021** |

*Source:* UNCTAD.

2 – ثبت اختراعات

**داده های انتشار ثبت اختراعات از پایگاه داده PatSeer بازیابی شد. برای همسویی با داده های انتشار، دوره جستجو به عنوان 2000-2021 تعیین گردید. جستجوی انتشار پتنت با استفاده از کلمات کلیدی در برابر عنوان، چکیده و ادعاها (TAC) انجام شد. جستجوهای مورد استفاده برای هر فناوری پیشران در زیر فهرست شده است:**

|  |  |
| --- | --- |
| **Technology** | **Search query** |
| **AI** | **TAC:(ai OR “artificial intelligence”) AND PBY:[2000 TO 2021]** |
| **IoT** | **TAC:(iot OR “internet of things”) AND PBY:[2000 TO 2021]** |
| **Big data** | **TAC:(“big data”) AND PBY:[2000 TO 2021]** |
| **Blockchain** | **TAC:(blockchain) AND PBY:[2000 TO 2021]** |
| **Robotics** | **TAC:(robotics) AND PBY:[2000 TO 2021]** |
| **Drone** | **TAC:(drone) AND PBY:[2000 TO 2021]** |
| **3D printing** | **TAC:(“3D printing”) AND PBY:[2000 TO 2021]** |
| **5G** | **TAC:(“5g communication” OR “5g system” OR “5g network”) AND PBY:[2000 TO 2021]** |
| **Gene editing** | **TAC:(gene-editing OR genome-editing OR “gene editing” OR “genome editing”) AND PBY:[2000 TO 2021]** |
| **Nanotechnology** | **TAC:(nanotechnology) AND PBY:[2000 TO 2021]** |
| **Solar PV** | **TAC:(“solar photovoltaic” OR “solar pv”) AND PBY:[2000 TO 2021]** |
| **Concentrated solar power** | **TAC:(“concentrated solar power”) AND PBY:[2000 TO 2021]** |
| **Biofuels** | **TAC:(“biofuel”) AND PBY:[2000 TO 2021]** |
| **Biogas and biomass** | **TAC:(“biogas” OR “biomass”) AND PBY:[2000 TO 2021]** |
| **Wind energy** | **TAC:(“wind energy”) AND PBY:[2000 TO 2021]** |
| **Green hydrogen** | **TAC:(“green hydrogen”) AND PBY:[2000 TO 2021]** |
| **Electric vehicles** | **TAC:(“electric vehicle”) AND PBY:[2000 TO 2021]** |

*Source:* UNCTAD

3 – اندازه بازار

**از آنجا که داده‌های اندازه بازار با درآمد تولید شده در بازار محاسبه می گردد، لذا بر اساس گزارش‌های مختلف تحقیقات بازار که به صورت آنلاین در دسترس می باشند، ارائه شده است. از آنجایی که هر گزارش تحقیقات بازار تا حدودی اعداد متفاوتی را ارائه می دهد، داده های اندازه بازار به طریقی جمع آوری شد که نرخ رشد سالانه مرکب [[147]](#footnote-147)(CAGR) بزرگترین باشد. همچنین، تعداد سال‌های بین سال پایه و سال پیش‌بینی که برای محاسبه CAGR مورد استفاده قرار می گیرد، براساس فناوری متفاوت بوده و از شش تا نه سال متغیر می باشد**

4 - ارائه دهندگان فناوری پیشران

**از آنجایی که هیچ اطلاعات ساختاریافته و قابل اعتمادی در مورد سهم بازار یا سود شرکت برای فناوری‌های پیشران وجود نداشت، ارائه‌دهندگان برتر فناوری پیشران از طریق جستجوی آنلاین شناسایی شدند و شرکت‌هایی که معمولاً به عنوان ارائه‌دهندگان برتر شناخته می‌شوند، فهرست شدند. تعداد شرکت‌های فهرست‌شده در 11 فناوری مرزی یکسان نیست، زیرا هیچ روش مؤثری برای محدود کردن فهرست به تعداد یکسان برای هر فناوری وجود ندارد. علاوه بر این، جستجوی آنلاین به زبان انگلیسی انجام شد که به طور بالقوه منجر به نتایج مطلوب تری برای شرکت های کشورهای انگلیسی زبان می گردد. بنابراین، اطلاعات ارائه‌دهندگان فناوری تنها نشان‌دهنده است و باید با احتیاط تفسیر شود.**

5 – استفاده کنندگان فناوری پیشران

**کاربران فناوری پیشران (بخش ها) بر اساس مقیاس هزینه در بخش های کاربر هر فناوری رتبه بندی می شوند. استثناها عبارت بودند از 5G، ویرایش ژن، فناوری نانو و PV خورشیدی که داده‌های هزینه‌ای برای آنها در دسترس نبود و از این رو تخمین‌های موجود به‌صورت آنلاین مورد استفاده قرار گرفت.**

پیوست B : شاخص آمادگی فناوری های پیشران

الف : نتایج شاخص آمادگی برای فناوری‌های مرزی

**شاخص فناوری پیشران بر اساس روش ارائه شده در گزارش فناوری و نوآوری 2021 آنکتاد محاسبه شده است (به بخش ج : یادداشت فنی مراجعه شود). این شاخص برای 166 اقتصاد تهیه شده که ایالات متحده، سوئد و سنگاپور بالاترین امتیازها را در سال 2022 در مقیاس 0 تا 1 دریافت کردند (جدول 2). بر اساس رتبه بندی آنها، کشورها در یکی از چهار گروه امتیازی 25 درصدی قرار می گیرند: پایین، متوسط پایین، متوسط بالا و بالا.**

جدول 2 : شاخص رتبه بندی امتیاز

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **نام کشور** | **امتیاز کل** | **رتبه**  **2022** | **رتبه 2021** | **تغییر در رتبه** | **امتیاز گروه** | **رتبه**  **ICT** | **رتبه مهارت** | **رتبه**  **R&D** | **رتبه**  **صنعت** | **رتبه**  **تامین مالی** |
| **United States of America** | 1.00 | 1 | 1 |  | High | 11 | 18 | 2 | 16 | 2 |
| **Sweden** | 0.99 | 2 | 4 |  | High | 6 | 2 | 16 | 11 | 18 |
| **Singapore** | 0.96 | 3 | 5 |  | High | 7 | 8 | 17 | 4 | 17 |
| **Switzerland, Liechtenstein** | 0.94 | 4 | 2 |  | High | 21 | 13 | 12 | 5 | 5 |
| **Netherlands** | 0.94 | 5 | 6 |  | High | 4 | 9 | 15 | 10 | 31 |
| **Republic of Korea** | 0.94 | 6 | 7 |  | High | 15 | 26 | 3 | 9 | 7 |
| **Germany** | 0.92 | 7 | 9 |  | High | 24 | 17 | 5 | 12 | 40 |
| **Finland** | 0.92 | 8 | 17 |  | High | 22 | 5 | 21 | 20 | 30 |
| **China, Hong Kong SAR** | 0.91 | 9 | 15 |  | High | 9 | 23 | 29 | 2 | 1 |
| **Belgium** | 0.91 | 10 | 11 |  | High | 13 | 4 | 23 | 19 | 48 |
| **Canada** | 0.90 | 11 | 14 |  | High | 5 | 21 | 9 | 29 | 20 |
| **Australia** | 0.90 | 12 | 12 |  | High | 33 | 1 | 11 | 57 | 13 |
| **Norway** | 0.90 | 13 | 19 |  | High | 3 | 6 | 27 | 50 | 6 |
| **Ireland** | 0.90 | 14 | 8 |  | High | 26 | 11 | 22 | 1 | 105 |
| **France** | 0.89 | 15 | 13 |  | High | 18 | 24 | 8 | 17 | 21 |
| **Denmark** | 0.89 | 16 | 10 |  | High | 19 | 7 | 24 | 24 | 8 |
| **United Kingdom** | 0.89 | 17 | 3 |  | High | 20 | 12 | 6 | 44 | 12 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **نام کشور** | **امتیاز کل** | **رتبه**  **2022** | **رتبه 2021** | **تغییر در رتبه** | **امتیاز گروه** | **رتبه**  **ICT** | **رتبه مهارت** | **رتبه**  **R&D** | **رتبه**  **صنعت** | **رتبه**  **تامین مالی** |
| **Luxembourg** | 0.88 | 18 | 16 |  | High | 2 | 16 | 38 | 37 | 28 |
| **Japan** | 0.88 | 19 | 18 |  | High | 10 | 51 | 7 | 13 | 3 |
| **Israel** | 0.88 | 20 | 20 |  | High | 37 | 14 | 19 | 6 | 60 |
| **Spain** | 0.86 | 21 | 21 |  | High | 8 | 28 | 14 | 34 | 24 |
| **Iceland** | 0.84 | 22 | 30 |  | High | 1 | 3 | 74 | 80 | 32 |
| **New Zealand** | 0.83 | 23 | 23 |  | High | 12 | 10 | 42 | 58 | 9 |
| **Austria** | 0.80 | 24 | 22 |  | High | 39 | 29 | 25 | 28 | 36 |
| **Italy** | 0.79 | 25 | 24 |  | High | 58 | 34 | 10 | 25 | 42 |
| **Malta** | 0.78 | 26 | 35 |  | High | 17 | 25 | 64 | 18 | 41 |
| **Poland** | 0.77 | 27 | 28 |  | High | 28 | 30 | 30 | 33 | 84 |
| **Slovenia** | 0.77 | 28 | 33 |  | High | 25 | 15 | 57 | 21 | 92 |
| **Estonia** | 0.77 | 29 | 29 |  | High | 16 | 19 | 63 | 26 | 64 |
| **Czechia** | 0.77 | 30 | 26 |  | High | 47 | 27 | 32 | 15 | 78 |
| **Russian Federation** | 0.76 | 31 | 27 |  | High | 43 | 32 | 13 | 54 | 69 |
| **Malaysia** | 0.76 | 32 | 31 |  | High | 30 | 64 | 28 | 7 | 16 |
| **Portugal** | 0.75 | 33 | 32 |  | High | 35 | 33 | 31 | 49 | 29 |
| **Cyprus** | 0.75 | 34 | 34 |  | High | 42 | 40 | 39 | 35 | 23 |
| **China** | 0.74 | 35 | 25 |  | High | 117 | 92 | 1 | 8 | 4 |
| **Hungary** | 0.74 | 36 | 37 |  | High | 14 | 43 | 48 | 14 | 99 |
| **United Arab Emirates** | 0.74 | 37 | 42 |  | High | 29 | 50 | 34 | 32 | 38 |
| **Latvia** | 0.72 | 38 | 40 |  | High | 23 | 22 | 73 | 30 | 102 |
| **Slovakia** | 0.72 | 39 | 36 |  | High | 27 | 49 | 37 | 27 | 61 |
| **Brazil** | 0.71 | 40 | 41 |  | High | 50 | 55 | 18 | 51 | 57 |
| **Lithuania** | 0.70 | 41 | 39 |  | Upper middle | 31 | 20 | 59 | 46 | 100 |
| **Croatia** | 0.68 | 42 | 52 |  | Upper middle | 41 | 37 | 60 | 45 | 70 |
| **Bulgaria** | 0.67 | 43 | 51 |  | Upper middle | 45 | 52 | 54 | 36 | 81 |
| **Greece** | 0.66 | 44 | 38 |  | Upper middle | 56 | 31 | 71 | 48 | 44 |
| **Romania** | 0.66 | 45 | 45 |  | Upper middle | 32 | 69 | 33 | 38 | 122 |
| **India** | 0.66 | 46 | 43 |  | Upper middle | 95 | 109 | 4 | 22 | 75 |
| **Saudi Arabia** | 0.65 | 47 | 50 |  | Upper middle | 46 | 44 | 20 | 119 | 77 |
| **Chile** | 0.65 | 48 | 49 |  | Upper middle | 62 | 46 | 40 | 103 | 19 |
| **نام کشور** | **امتیاز کل** | **رتبه**  **2022** | **رتبه 2021** | **تغییر در رتبه** | **امتیاز گروه** | **رتبه**  **ICT** | **رتبه مهارت** | **رتبه**  **R&D** | **رتبه**  **صنعت** | **رتبه**  **تامین مالی** |
| **Thailand** | 0.64 | 49 | 46 |  | Upper middle | 40 | 90 | 46 | 41 | 10 |
| **Serbia** | 0.64 | 50 | 47 |  | Upper middle | 51 | 54 | 58 | 43 | 89 |
| **Kuwait** | 0.64 | 51 | 58 |  | Upper middle | 44 | 75 | 70 | 52 | 37 |
| **Barbados** | 0.62 | 52 | 48 |  | Upper middle | 34 | 45 | 86 | 73 | 47 |
| **Türkiye** | 0.62 | 53 | 55 |  | Upper middle | 75 | 48 | 26 | 77 | 49 |
| **Philippines** | 0.62 | 54 | 44 |  | Upper middle | 94 | 79 | 52 | 3 | 80 |
| **Belarus** | 0.61 | 55 | 59 |  | Upper middle | 57 | 35 | 78 | 53 | 103 |
| **South Africa** | 0.61 | 56 | 54 |  | Upper middle | 71 | 77 | 36 | 67 | 25 |
| **Costa Rica** | 0.61 | 57 | 61 |  | Upper middle | 63 | 53 | 88 | 39 | 67 |
| **Ukraine** | 0.59 | 58 | 53 |  | Upper middle | 61 | 42 | 49 | 85 | 114 |
| **Montenegro** | 0.58 | 59 | 70 |  | Upper middle | 49 | 39 | 113 | 81 | 68 |
| **Bahrain** | 0.58 | 60 | 56 |  | Upper middle | 48 | 58 | 87 | 94 | 50 |
| **Mexico** | 0.58 | 61 | 57 |  | Upper middle | 70 | 73 | 45 | 31 | 96 |
| **Viet Nam** | 0.58 | 62 | 66 |  | Upper middle | 69 | 117 | 41 | 23 | 11 |
| **Uruguay** | 0.57 | 63 | 68 |  | Upper middle | 55 | 47 | 84 | 63 | 116 |
| **Oman** | 0.57 | 64 | 74 |  | Upper middle | 52 | 86 | 51 | 91 | 63 |
| **Argentina** | 0.57 | 65 | 65 |  | Upper middle | 74 | 41 | 62 | 75 | 141 |
| **Tunisia** | 0.56 | 66 | 60 |  | Upper middle | 88 | 61 | 66 | 42 | 45 |
| **Qatar** | 0.55 | 67 | 72 |  | Upper middle | 36 | 115 | 56 | 115 | 15 |
| **Kazakhstan** | 0.55 | 68 | 62 |  | Upper middle | 82 | 36 | 69 | 69 | 124 |
| **Brunei Darussalam** | 0.55 | 69 | 69 |  | Upper middle | 54 | 38 | 95 | 97 | 93 |
| **Morocco** | 0.55 | 70 | 76 |  | Upper middle | 73 | 113 | 53 | 55 | 33 |
| **Panama** | 0.54 | 71 | 67 |  | Upper middle | 66 | 89 | 102 | 40 | 27 |
| **نام کشور** | **امتیاز کل** | **رتبه**  **2022** | **رتبه 2021** | **تغییر در رتبه** | **امتیاز گروه** | **رتبه**  **ICT** | **رتبه مهارت** | **رتبه**  **R&D** | **رتبه**  **صنعت** | **رتبه**  **تامین مالی** |
| **Colombia** | 0.54 | 72 | 78 |  | Upper middle | 79 | 85 | 55 | 79 | 76 |
| **Mauritius** | 0.54 | 73 | 77 |  | Upper middle | 96 | 57 | 82 | 74 | 34 |
| **North Macedonia** | 0.53 | 74 | 73 |  | Upper middle | 64 | 67 | 94 | 61 | 73 |
| **Iran (Islamic Republic of)** | 0.53 | 75 | 71 |  | Upper middle | 78 | 74 | 35 | 118 | 62 |
| **Bosnia and Herzegovina** | 0.51 | 76 | 80 |  | Upper middle | 60 | 84 | 89 | 78 | 71 |
| **Lebanon** | 0.51 | 77 | 63 |  | Upper middle | 84 | 76 | 77 | 86 | 26 |
| **Armenia** | 0.51 | 78 | 83 |  | Upper middle | 65 | 63 | 105 | 98 | 54 |
| **Georgia** | 0.51 | 79 | 79 |  | Upper middle | 77 | 56 | 96 | 88 | 46 |
| **Jordan** | 0.51 | 80 | 64 |  | Lower middle | 80 | 101 | 61 | 64 | 43 |
| **Bahamas** | 0.50 | 81 | 84 |  | Lower middle | 38 | 72 | 116 | 114 | 82 |
| **Republic of Moldova** | 0.50 | 82 | 81 |  | Lower middle | 53 | 97 | 93 | 70 | 117 |
| **Egypt** | 0.49 | 83 | 87 |  | Lower middle | 91 | 66 | 47 | 90 | 119 |
| **Peru** | 0.49 | 84 | 89 |  | Lower middle | 86 | 59 | 72 | 136 | 74 |
| **Indonesia** | 0.49 | 85 | 82 |  | Lower middle | 102 | 107 | 50 | 47 | 97 |
| **Fiji** | 0.47 | 86 | 88 |  | Lower middle | 87 | 78 | 106 | 89 | 22 |
| **Trinidad and Tobago** | 0.47 | 87 | 75 |  | Lower middle | 59 | 70 | 131 | 108 | 91 |
| **Albania** | 0.46 | 88 | 85 |  | Lower middle | 68 | 81 | 109 | 99 | 98 |
| **Sri Lanka** | 0.45 | 89 | 86 |  | Lower middle | 115 | 82 | 75 | 83 | 85 |
| **Ecuador** | 0.43 | 90 | 90 |  | Lower middle | 89 | 96 | 76 | 113 | 87 |
| **Belize** | 0.43 | 91 | 97 |  | Lower middle | 85 | 80 | 127 | 132 | 59 |
| **Dominican Republic** | 0.43 | 92 | 95 |  | Lower middle | 76 | 93 | 145 | 62 | 108 |
| **Mongolia** | 0.42 | 93 | 110 |  | Lower middle | 83 | 68 | 120 | 149 | 88 |
| **Jamaica** | 0.42 | 94 | 96 |  | Lower middle | 72 | 95 | 143 | 126 | 72 |
| **نام کشور** | **امتیاز کل** | **رتبه**  **2022** | **رتبه 2021** | **تغییر در رتبه** | **امتیاز گروه** | **رتبه**  **ICT** | **رتبه مهارت** | **رتبه**  **R&D** | **رتبه**  **صنعت** | **رتبه**  **تامین مالی** |
| **Saint Lucia** | 0.41 | 95 | 93 |  | Lower middle | 93 | 65 | 160 | 104 | 52 |
| **Azerbaijan** | 0.40 | 96 | 100 |  | Lower middle | 81 | 94 | 85 | 141 | 121 |
| **Algeria** | 0.40 | 97 | 98 |  | Lower middle | 112 | 83 | 65 | 162 | 111 |
| **Paraguay** | 0.40 | 98 | 102 |  | Lower middle | 67 | 105 | 131 | 133 | 86 |
| **Suriname** | 0.40 | 99 | 92 |  | Lower middle | 92 | 62 | 160 | 110 | 127 |
| **Saint Vincent and the Grenadines** | 0.39 | 100 | 120 |  | Lower middle | 90 | 71 | 160 | 131 | 83 |
| **Bolivia (Plurinational State of)** | 0.38 | 101 | 116 |  | Lower middle | 101 | 88 | 134 | 144 | 56 |
| **El Salvador** | 0.37 | 102 | 106 |  | Lower middle | 100 | 125 | 131 | 59 | 66 |
| **Maldives** | 0.37 | 103 | 114 |  | Lower middle | 98 | 60 | 149 | 158 | 79 |
| **Namibia** | 0.36 | 104 | 91 |  | Lower middle | 129 | 111 | 104 | 66 | 53 |
| **Samoa** | 0.36 | 105 | NA | NA | Lower middle | 125 | 91 | 135 | 127 | 35 |
| **Nepal** | 0.35 | 106 | 109 |  | Lower middle | 123 | 126 | 100 | 112 | 39 |
| **Iraq** | 0.35 | 107 | 126 |  | Lower middle | 104 | 100 | 44 | 164 | 158 |
| **Botswana** | 0.35 | 108 | 111 |  | Lower middle | 109 | 102 | 103 | 128 | 94 |
| **Ghana** | 0.35 | 109 | 103 |  | Lower middle | 99 | 122 | 81 | 107 | 154 |
| **Guyana** | 0.35 | 110 | 108 |  | Lower middle | 113 | 119 | 160 | 87 | 95 |
| **Gabon** | 0.35 | 111 | 94 |  | Lower middle | 105 | 98 | 149 | 76 | 148 |
| **Cambodia** | 0.34 | 112 | 113 |  | Lower middle | 122 | 123 | 121 | 95 | 14 |
| **Kyrgyzstan** | 0.34 | 113 | 115 |  | Lower middle | 107 | 103 | 119 | 111 | 113 |
| **Guatemala** | 0.34 | 114 | 104 |  | Lower middle | 103 | 136 | 143 | 71 | 101 |
| **Cabo Verde** | 0.33 | 115 | 101 |  | Lower middle | 97 | 110 | 160 | 153 | 51 |
| **Bhutan** | 0.32 | 116 | NA | NA | Lower middle | 108 | 106 | 137 | 160 | 55 |
| **نام کشور** | **امتیاز کل** | **رتبه**  **2022** | **رتبه 2021** | **تغییر در رتبه** | **امتیاز گروه** | **رتبه**  **ICT** | **رتبه مهارت** | **رتبه**  **R&D** | **رتبه**  **صنعت** | **رتبه**  **تامین مالی** |
| **Kenya** | 0.32 | 117 | 105 |  | Lower middle | 120 | 135 | 83 | 93 | 107 |
| **Venezuela (Bolivarian Rep. of)** | 0.31 | 120 | 99 |  | Low | 121 | 87 | 111 | 159 | 110 |
| **Lesotho** | 0.31 | 121 | NA | NA | Low | 110 | 129 | 123 | 92 | 130 |
| **Libya** | 0.31 | 122 | 117 |  | Low | 151 | 99 | 97 | 145 | 104 |
| **Honduras** | 0.30 | 123 | 122 |  | Low | 118 | 139 | 109 | 123 | 58 |
| **Nicaragua** | 0.29 | 124 | 125 |  | Low | 106 | 116 | 160 | 122 | 109 |
| **Pakistan** | 0.28 | 125 | 123 |  | Low | 149 | 159 | 43 | 82 | 138 |
| **Bangladesh** | 0.28 | 126 | 112 |  | Low | 148 | 131 | 67 | 135 | 90 |
| **United Republic of Tanzania** | 0.27 | 127 | 138 |  | Low | 131 | 164 | 79 | 65 | 150 |
| **Senegal** | 0.27 | 128 | 118 |  | Low | 116 | 155 | 92 | 116 | 112 |
| **Timor-Leste** | 0.27 | 129 | 144 |  | Low | 159 | 104 | 140 | 60 | 143 |
| **Angola** | 0.26 | 130 | NA | NA | Low | 127 | 121 | 145 | 109 | 152 |
| **Papua New Guinea** | 0.26 | 131 | 119 |  | Low | 150 | 138 | 111 | 84 | 136 |
| **Congo** | 0.26 | 132 | 135 |  | Low | 136 | 127 | 137 | 105 | 149 |
| **Myanmar** | 0.26 | 133 | 121 |  | Low | 132 | 143 | 107 | 101 | 118 |
| **Lao People’s Dem. Rep.** | 0.25 | 134 | 127 |  | Low | 130 | 134 | 152 | 56 | 133 |
| **Cameroon** | 0.25 | 135 | 132 |  | Low | 137 | 120 | 101 | 117 | 146 |
| **Côte d’Ivoire** | 0.23 | 136 | 131 |  | Low | 114 | 146 | 128 | 125 | 132 |
| **Sao Tome and Principe** | 0.23 | 137 | 140 |  | Low | 143 | 112 | 160 | 96 | 134 |
| **Uganda** | 0.22 | 138 | 128 |  | Low | 133 | 137 | 91 | 120 | 147 |
| **Rwanda** | 0.22 | 139 | 133 |  | Low | 134 | 142 | 99 | 137 | 126 |
| **Burkina Faso** | 0.21 | 140 | 148 |  | Low | 128 | 162 | 126 | 129 | 115 |
| **Malawi** | 0.20 | 141 | 137 |  | Low | 153 | 141 | 117 | 102 | 155 |
| **Rwanda** | 0.22 | 139 | 133 |  | Low | 134 | 142 | 99 | 137 | 126 |
| **Burkina Faso** | 0.21 | 140 | 148 |  | Low | 128 | 162 | 126 | 129 | 115 |
| **Malawi** | 0.20 | 141 | 137 |  | Low | 153 | 141 | 117 | 102 | 155 |
| **Togo** | 0.19 | 142 | 129 |  | Low | 144 | 130 | 146 | 134 | 120 |
| **Benin** | 0.19 | 143 | 139 |  | Low | 152 | 128 | 126 | 124 | 142 |
| **Vanuatu** | 0.19 | 144 | NA | NA | Low | 146 | 124 | 160 | 156 | 65 |
| **Mali** | 0.19 | 145 | 141 |  | Low | 138 | 165 | 118 | 100 | 123 |
| **Madagascar** | 0.18 | 146 | 130 |  | Low | 124 | 152 | 140 | 142 | 139 |
| **Zambia** | 0.18 | 147 | 134 |  | Low | 142 | 133 | 115 | 155 | 144 |
| **Zimbabwe** | 0.17 | 148 | 136 |  | Low | 126 | 140 | 111 | 148 | 162 |
| **نام کشور** | **امتیاز کل** | **رتبه**  **2022** | **رتبه 2021** | **تغییر در رتبه** | **امتیاز گروه** | **رتبه**  **ICT** | **رتبه مهارت** | **رتبه**  **R&D** | **رتبه**  **صنعت** | **رتبه**  **تامین مالی** |
| **Tajikistan** | 0.17 | 149 | 143 |  | Low | 160 | 118 | 140 | 138 | 151 |
| **Djibouti** | 0.17 | 150 | 146 |  | Low | 135 | 163 | 160 | 68 | 135 |
| **Solomon Islands** | 0.16 | 151 | NA | NA | Low | 147 | 144 | 160 | 147 | 106 |
| **Mozambique** | 0.16 | 152 | 149 |  | Low | 140 | 156 | 123 | 154 | 125 |
| **Mauritania** | 0.16 | 153 | 147 |  | Low | 139 | 160 | 137 | 150 | 128 |
| **Haiti** | 0.15 | 154 | 154 |  | Low | 111 | 153 | 160 | 146 | 157 |
| **Ethiopia** | 0.15 | 155 | 150 |  | Low | 162 | 161 | 80 | 106 | 137 |
| **Comoros** | 0.14 | 156 | 142 |  | Low | 157 | 132 | 160 | 140 | 145 |
| **Guinea** | 0.14 | 157 | 153 |  | Low | 154 | 158 | 149 | 130 | 156 |
| **Burundi** | 0.12 | 158 | 145 |  | Low | 161 | 148 | 149 | 152 | 129 |
| **Yemen** | 0.10 | 159 | 156 |  | Low | 165 | 154 | 90 | 121 | 164 |
| **Gambia** | 0.09 | 160 | 157 |  | Low | 145 | 151 | 149 | 161 | 159 |
| **Sierra Leone** | 0.09 | 161 | 151 |  | Low | 158 | 149 | 131 | 143 | 163 |
| **Rep. of the Congo** | 0.09 | 162 | 158 |  | Low | 155 | 145 | 131 | 163 | 161 |
| **Sudan** | 0.08 | 163 | 155 |  | Low | 156 | 157 | 99 | 165 | 160 |
| **Afghanistan** | 0.08 | 164 | 152 |  | Low | 164 | 150 | 114 | 151 | 165 |
| **Guinea-Bissau** | 0.04 | 165 | NA | NA | Low | 163 | 147 | 160 | 166 | 140 |
| **South Sudan** | 0.00 | 166 | NA | NA | Low | 166 | 166 | 160 | 139 | 166 |
| **Average score** | **0.50** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

*Source:* UNCTAD.

ب : آمادگی برای نتایج شاخص فناوری های پیشران توسط گروه های منتخب

جدول 3 : نتایج شاخص - کشورهای در حال توسعه جزیره کوچک (**SIDS**)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **نام کشور** | **امتیاز کل** | **رتبه**  **2022** | **رتبه 2021** | **تغییر در رتبه** | **امتیاز گروه** | **رتبه**  **ICT** | **رتبه مهارت** | **رتبه**  **R&D** | **رتبه**  **صنعت** | **رتبه**  **تامین مالی** |
| **Barbados** | 0.62 | 52 | 48 |  | Upper middle | 34 | 45 | 86 | 73 | 47 |
| **Mauritius** | 0.54 | 73 | 77 |  | Upper middle | 96 | 57 | 82 | 74 | 34 |
| **Bahamas** | 0.50 | 81 | 84 |  | Lower middle | 38 | 72 | 116 | 114 | 82 |
| **Fiji** | 0.47 | 86 | 88 |  | Lower middle | 87 | 78 | 106 | 89 | 22 |
| **Trinidad and Tobago** | 0.47 | 87 | 75 |  | Lower middle | 59 | 70 | 131 | 108 | 91 |
| **Jamaica** | 0.42 | 94 | 96 |  | Lower middle | 72 | 95 | 143 | 126 | 72 |
| **Saint Lucia** | 0.41 | 95 | 93 |  | Lower middle | 93 | 65 | 160 | 104 | 52 |
| **Saint Vincent and the Grenadines** | 0.39 | 100 | 120 |  | Lower middle | 90 | 71 | 160 | 131 | 83 |
| **Maldives** | 0.37 | 103 | 114 |  | Lower middle | 98 | 60 | 149 | 158 | 79 |
| **Samoa** | 0.36 | 105 | NA | NA | Lower middle | 125 | 91 | 135 | 127 | 35 |
| **Cabo Verde** | 0.33 | 115 | 101 |  | Lower middle | 97 | 110 | 160 | 153 | 51 |
| **Timor-Leste** | 0.27 | 129 | 144 |  | Low | 159 | 104 | 140 | 60 | 143 |
| **Sao Tome and Principe** | 0.23 | 137 | 140 |  | Low | 143 | 112 | 160 | 96 | 134 |
| **Vanuatu** | 0.19 | 144 | NA | NA | Low | 146 | 124 | 160 | 156 | 65 |
| **Solomon Islands** | 0.16 | 151 | NA | NA | Low | 147 | 144 | 160 | 147 | 106 |
| **Comoros** | 0.14 | 156 | 142 |  | Low | 157 | 132 | 160 | 140 | 145 |
| **Average score** | **0.37** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

جدول 4 : نتایج شاخص - کشورهای کمتر توسعه یافته (**LDC**)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **نام کشور** | **امتیاز کل** | **رتبه**  **2022** | **رتبه 2021** | **تغییر در رتبه** | **امتیاز گروه** | **رتبه**  **ICT** | **رتبه مهارت** | **رتبه**  **R&D** | **رتبه**  **صنعت** | **رتبه**  **تامین مالی** |
| **Nepal** | 0.35 | 106 | 109 |  | Lower middle | 123 | 126 | 100 | 112 | 39 |
| **Cambodia** | 0.34 | 112 | 113 |  | Lower middle | 122 | 123 | 121 | 95 | 14 |
| **Bhutan** | 0.32 | 116 | NA | NA | Lower middle | 108 | 106 | 137 | 160 | 55 |
| **Lesotho** | 0.31 | 121 | NA | NA | Low | 110 | 129 | 123 | 92 | 130 |
| **Bangladesh** | 0.28 | 126 | 112 |  | Low | 148 | 131 | 67 | 135 | 90 |
| **United Republic of Tanzania** | 0.27 | 127 | 138 |  | Low | 131 | 164 | 79 | 65 | 150 |
| **Senegal** | 0.27 | 128 | 118 |  | Low | 116 | 155 | 92 | 116 | 112 |
| **Timor-Leste** | 0.27 | 129 | 144 |  | Low | 159 | 104 | 140 | 60 | 143 |
| **Angola** | 0.26 | 130 | NA | NA | Low | 127 | 121 | 145 | 109 | 152 |
| **Myanmar** | 0.26 | 133 | 121 |  | Low | 132 | 143 | 107 | 101 | 118 |
| **Lao People’s Dem. Rep.** | 0.25 | 134 | 127 |  | Low | 130 | 134 | 152 | 56 | 133 |
| **Sao Tome and Principe** | 0.23 | 137 | 140 |  | Low | 143 | 112 | 160 | 96 | 134 |
| **Uganda** | 0.22 | 138 | 128 |  | Low | 133 | 137 | 91 | 120 | 147 |
| **Rwanda** | 0.22 | 139 | 133 |  | Low | 134 | 142 | 99 | 137 | 126 |
| **Burkina Faso** | 0.21 | 140 | 148 |  | Low | 128 | 162 | 126 | 129 | 115 |
| **Malawi** | 0.20 | 141 | 137 |  | Low | 153 | 141 | 117 | 102 | 155 |
| **Togo** | 0.19 | 142 | 129 |  | Low | 144 | 130 | 146 | 134 | 120 |
| **Benin** | 0.19 | 143 | 139 |  | Low | 152 | 128 | 126 | 124 | 142 |
| **Vanuatu** | 0.19 | 144 | NA | NA | Low | 146 | 124 | 160 | 156 | 65 |
| **Mali** | 0.19 | 145 | 141 |  | Low | 138 | 165 | 118 | 100 | 123 |
| **Madagascar** | 0.18 | 146 | 130 |  | Low | 124 | 152 | 140 | 142 | 139 |
| **Zambia** | 0.18 | 147 | 134 |  | Low | 142 | 133 | 115 | 155 | 144 |
| **Djibouti** | 0.17 | 150 | 146 |  | Low | 135 | 163 | 160 | 68 | 135 |
| **Solomon Islands** | 0.16 | 151 | NA | NA | Low | 147 | 144 | 160 | 147 | 106 |
| **Mozambique** | 0.16 | 152 | 149 |  | Low | 140 | 156 | 123 | 154 | 125 |
| **Mauritania** | 0.16 | 153 | 147 |  | Low | 139 | 160 | 137 | 150 | 128 |
| **Haiti** | 0.15 | 154 | 154 |  | Low | 111 | 153 | 160 | 146 | 157 |
| **Ethiopia** | 0.15 | 155 | 150 |  | Low | 162 | 161 | 80 | 106 | 137 |
| **Comoros** | 0.14 | 156 | 142 |  | Low | 157 | 132 | 160 | 140 | 145 |
| **Guinea** | 0.14 | 157 | 153 |  | Low | 154 | 158 | 149 | 130 | 156 |
| **نام کشور** | **امتیاز کل** | **رتبه**  **2022** | **رتبه 2021** | **تغییر در رتبه** | **امتیاز گروه** | **رتبه**  **ICT** | **رتبه مهارت** | **رتبه**  **R&D** | **رتبه**  **صنعت** | **رتبه**  **تامین مالی** |
| **Burundi** | 0.12 | 158 | 145 |  | Low | 161 | 148 | 149 | 152 | 129 |
| **Yemen** | 0.10 | 159 | 156 |  | Low | 165 | 154 | 90 | 121 | 164 |
| **Gambia** | 0.09 | 160 | 157 |  | Low | 145 | 151 | 149 | 161 | 159 |
| **Sierra Leone** | 0.09 | 161 | 151 |  | Low | 158 | 149 | 131 | 143 | 163 |
| **Dem. Rep. of the Congo** | 0.09 | 162 | 158 |  | Low | 155 | 145 | 131 | 163 | 161 |
| **Sudan** | 0.08 | 163 | 155 |  | Low | 156 | 157 | 99 | 165 | 160 |
| **Afghanistan** | 0.08 | 164 | 152 |  | Low | 164 | 150 | 114 | 151 | 165 |
| **Guinea-Bissau** | 0.04 | 165 | NA | NA | Low | 163 | 147 | 160 | 166 | 140 |
| **South Sudan** | 0.00 | 166 | NA | NA | Low | 166 | 166 | 160 | 139 | 166 |
| **Average score** | **0.19** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

جدول 5 : نتایج شاخص - کشورهای در حال توسعه محصور در خشکی (**LLDC**)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **نام کشور** | **امتیاز کل** | **رتبه**  **2022** | **رتبه 2021** | **تغییر در رتبه** | **امتیاز گروه** | **رتبه**  **ICT** | **رتبه مهارت** | **رتبه**  **R&D** | **رتبه**  **صنعت** | **رتبه**  **تامین مالی** |
| **Kazakhstan** | 0.55 | 68 | 62 |  | Upper middle | 82 | 36 | 69 | 69 | 124 |
| **North Macedonia** | 0.53 | 74 | 73 |  | Upper middle | 64 | 67 | 94 | 61 | 73 |
| **Armenia** | 0.51 | 78 | 83 |  | Upper middle | 65 | 63 | 105 | 98 | 54 |
| **Republic of Moldova** | 0.50 | 82 | 81 |  | Lower middle | 53 | 97 | 93 | 70 | 117 |
| **Mongolia** | 0.42 | 93 | 110 |  | Lower middle | 83 | 68 | 120 | 149 | 88 |
| **Azerbaijan** | 0.40 | 96 | 100 |  | Lower middle | 81 | 94 | 85 | 141 | 121 |
| **Paraguay** | 0.40 | 98 | 102 |  | Lower middle | 67 | 105 | 131 | 133 | 86 |
| **Bolivia (Plurinational State of)** | 0.38 | 101 | 116 |  | Lower middle | 101 | 88 | 134 | 144 | 56 |
| **نام کشور** | **امتیاز کل** | **رتبه**  **2022** | **رتبه 2021** | **تغییر در رتبه** | **امتیاز گروه** | **رتبه**  **ICT** | **رتبه مهارت** | **رتبه**  **R&D** | **رتبه**  **صنعت** | **رتبه**  **تامین مالی** |
| **Nepal** | 0.35 | 106 | 109 |  | Lower middle | 123 | 126 | 100 | 112 | 39 |
| **Botswana** | 0.35 | 108 | 111 |  | Lower middle | 109 | 102 | 103 | 128 | 94 |
| **Kyrgyzstan** | 0.34 | 113 | 115 |  | Lower middle | 107 | 103 | 119 | 111 | 113 |
| **Bhutan** | 0.32 | 116 | NA | NA | Lower middle | 108 | 106 | 137 | 160 | 55 |
| **Eswatini** | 0.32 | 118 | 107 |  | Lower middle | 141 | 114 | 124 | 72 | 131 |
| **Lesotho** | 0.31 | 121 | NA | NA | Low | 110 | 129 | 123 | 92 | 130 |
| **Lao People’s Dem. Rep.** | 0.25 | 134 | 127 |  | Low | 130 | 134 | 152 | 56 | 133 |
| **Uganda** | 0.22 | 138 | 128 |  | Low | 133 | 137 | 91 | 120 | 147 |
| **Rwanda** | 0.22 | 139 | 133 |  | Low | 134 | 142 | 99 | 137 | 126 |
| **Burkina Faso** | 0.21 | 140 | 148 |  | Low | 128 | 162 | 126 | 129 | 115 |
| **Malawi** | 0.20 | 141 | 137 |  | Low | 153 | 141 | 117 | 102 | 155 |
| **Mali** | 0.19 | 145 | 141 |  | Low | 138 | 165 | 118 | 100 | 123 |
| **Zambia** | 0.18 | 147 | 134 |  | Low | 142 | 133 | 115 | 155 | 144 |
| **Zimbabwe** | 0.17 | 148 | 136 |  | Low | 126 | 140 | 111 | 148 | 162 |
| **Tajikistan** | 0.17 | 149 | 143 |  | Low | 160 | 118 | 140 | 138 | 151 |
| **Ethiopia** | 0.15 | 155 | 150 |  | Low | 162 | 161 | 80 | 106 | 137 |
| **Burundi** | 0.12 | 158 | 145 |  | Low | 161 | 148 | 149 | 152 | 129 |
| **Afghanistan** | 0.08 | 164 | 152 |  | Low | 164 | 150 | 114 | 151 | 165 |
| **South Sudan** | 0.00 | 166 | NA | NA | Low | 166 | 166 | 160 | 139 | 166 |
| **Average score** | **0.29** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

جدول 6 : نتایج شاخص - جنوب صحرای آفریقا

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **نام کشور** | **امتیاز کل** | **رتبه**  **2022** | **رتبه 2021** | **تغییر در رتبه** | **امتیاز گروه** | **رتبه**  **ICT** | **رتبه مهارت** | **رتبه**  **R&D** | **رتبه**  **صنعت** | **رتبه**  **تامین مالی** |
| **South Africa** | 0.61 | 56 | 54 |  | Upper middle | 71 | 77 | 36 | 67 | 25 |
| **Mauritius** | 0.54 | 73 | 77 |  | Upper middle | 96 | 57 | 82 | 74 | 34 |
| **Namibia** | 0.36 | 104 | 91 |  | Lower middle | 129 | 111 | 104 | 66 | 53 |
| **Botswana** | 0.35 | 108 | 111 |  | Lower middle | 109 | 102 | 103 | 128 | 94 |
| **Ghana** | 0.35 | 109 | 103 |  | Lower middle | 99 | 122 | 81 | 107 | 154 |
| **Gabon** | 0.35 | 111 | 94 |  | Lower middle | 105 | 98 | 149 | 76 | 148 |
| **Cabo Verde** | 0.33 | 115 | 101 |  | Lower middle | 97 | 110 | 160 | 153 | 51 |
| **Kenya** | 0.32 | 117 | 105 |  | Lower middle | 120 | 135 | 83 | 93 | 107 |
| **Eswatini** | 0.32 | 118 | 107 |  | Lower middle | 141 | 114 | 124 | 72 | 131 |
| **Nigeria** | 0.32 | 119 | 124 |  | Low | 119 | 108 | 68 | 157 | 153 |
| **Lesotho** | 0.31 | 121 | NA | NA | Low | 110 | 129 | 123 | 92 | 130 |
| **United Republic of Tanzania** | 0.27 | 127 | 138 |  | Low | 131 | 164 | 79 | 65 | 150 |
| **Senegal** | 0.27 | 128 | 118 |  | Low | 116 | 155 | 92 | 116 | 112 |
| **Angola** | 0.26 | 130 | NA | NA | Low | 127 | 121 | 145 | 109 | 152 |
| **Congo** | 0.26 | 132 | 135 |  | Low | 136 | 127 | 137 | 105 | 149 |
| **Cameroon** | 0.25 | 135 | 132 |  | Low | 137 | 120 | 101 | 117 | 146 |
| **Côte d’Ivoire** | 0.23 | 136 | 131 |  | Low | 114 | 146 | 128 | 125 | 132 |
| **Sao Tome and Principe** | 0.23 | 137 | 140 |  | Low | 143 | 112 | 160 | 96 | 134 |
| **Uganda** | 0.22 | 138 | 128 |  | Low | 133 | 137 | 91 | 120 | 147 |
| **Rwanda** | 0.22 | 139 | 133 |  | Low | 134 | 142 | 99 | 137 | 126 |
| **Burkina Faso** | 0.21 | 140 | 148 |  | Low | 128 | 162 | 126 | 129 | 115 |
| **Malawi** | 0.20 | 141 | 137 |  | Low | 153 | 141 | 117 | 102 | 155 |
| **Togo** | 0.19 | 142 | 129 |  | Low | 144 | 130 | 146 | 134 | 120 |
| **Benin** | 0.19 | 143 | 139 |  | Low | 152 | 128 | 126 | 124 | 142 |
| **Mali** | 0.19 | 145 | 141 |  | Low | 138 | 165 | 118 | 100 | 123 |
| **Madagascar** | 0.18 | 146 | 130 |  | Low | 124 | 152 | 140 | 142 | 139 |
| **Zambia** | 0.18 | 147 | 134 |  | Low | 142 | 133 | 115 | 155 | 144 |
| **Zimbabwe** | 0.17 | 148 | 136 |  | Low | 126 | 140 | 111 | 148 | 162 |
| **Djibouti** | 0.17 | 150 | 146 |  | Low | 135 | 163 | 160 | 68 | 135 |
| **Mozambique** | 0.16 | 152 | 149 |  | Low | 140 | 156 | 123 | 154 | 125 |
| **Mauritania** | 0.16 | 153 | 147 |  | Low | 139 | 160 | 137 | 150 | 128 |
| **Ethiopia** | 0.15 | 155 | 150 |  | Low | 162 | 161 | 80 | 106 | 137 |
| **Comoros** | 0.14 | 156 | 142 |  | Low | 157 | 132 | 160 | 140 | 145 |
| **Guinea** | 0.14 | 157 | 153 |  | Low | 154 | 158 | 149 | 130 | 156 |
| **Burundi** | 0.12 | 158 | 145 |  | Low | 161 | 148 | 149 | 152 | 129 |
| **Gambia** | 0.09 | 160 | 157 |  | Low | 145 | 151 | 149 | 161 | 159 |
| **Sierra Leone** | 0.09 | 161 | 151 |  | Low | 158 | 149 | 131 | 143 | 163 |
| **Dem. Rep. of the Congo** | 0.09 | 162 | 158 |  | Low | 155 | 145 | 131 | 163 | 161 |
| **Guinea-Bissau** | 0.04 | 165 | NA | NA | Low | 163 | 147 | 160 | 166 | 140 |
| **South Sudan** | 0.00 | 166 | NA | NA | Low | 166 | 166 | 160 | 139 | 166 |
| **Average score** | **0.23** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

ج : یادداشت فنی - آمادگی برای فناوری‌های پیشران

**شاخص فناوری پیشران بر اساس روش ارائه شده در گزارش فناوری و نوآوری 2021 محاسبه می‌شود. شاخص‌هایی که این شاخص را تشکیل می‌دهند در جدول VIII-6 فهرست شده‌اند.**

جدول 7 : شاخص های موجود

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **بخش** | **اسامی شاخص** | **منبع** | **تعداد کشور** |
| ایجاد ICT | کاربران اینترنت (درصد از جمعیت) | ITU | 210 |
| ایجاد ICT | میانگین سرعت دانلود (Mbps) | M-Lab | 194 |
| مهارت ها | سالهای مورد انتظار برای تحصیل | UNDP | 191 |
| مهارت ها | اشتغال با مهارت بالا (% از جمعیت شاغل) | ILO | 185 |
| تحقیق و توسعه | تعداد انتشارات علمی در زمینه فناوری های پیشران | SCOPUS | 234 |
| تحقیق و توسعه | تعداد پتنت های ثبت شده در مورد فناوری های پیشران | PatSeer | 234 |
| فعالیت صنعتی | صادرات محصولات با فناوری بالا (% از کل تجارت کالا) | UNCTAD | 216 |
| فعالیت صنعتی | صادرات خدمات دیجیتال قابل تحویل (% از کل خدمات تجارت) | UNCTAD | 186 |
| دستیابی به مالیه | اعتبارات داخلی به بخش خصوصی (درصد از GDP) | WB/IMF/OECD | 213 |

**داده های شاخص زیربنایی سپس به صورت آماری دستکاری شدند تا شاخص را تشکیل دهند. ابتدا، داده ها با استفاده از روش انتساب عرشه سرد (cold deck imputation method ) ، مقادیر گمشده با آخرین مقادیر موجود از همان کشور، جایگزین شدند و پس از آن، استانداردسازی امتیاز Z با استفاده از فرمول زیر انجام شد :**

****

**x مقداری است که باید استاندارد شود. μ میانگین جمعیت و Ơ انحراف معیار جمعیت است.**

**سپس مقدار استاندارد شده هر شاخص با استفاده از فرمول زیر نرمال شد تا بین محدوده 0 تا 1 قرار گیرد:**

****

**x یک امتیاز استاندارد شده با امتیاز Z است که باید نرمال شود. *Max* بزرگترین امتیاز در جمعیت و *Min* کمترین امتیاز در جمعیت است.**

**پس از این روش‌ها، تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) انجام شد، عمدتاً به دلیل مزیت آن برای حذف ویژگی‌های مرتبط بین شاخص‌ها و کاهش بیش‌برازش. بر اساس روش معیارهای توضیح داده شده واریانس، PCA دریافت که سه جزء اصلی می توانند بیش از 80 درصد از تغییرات را حفظ کنند. بنابراین، شاخص نهایی با تخصیص وزن‌های تولید شده توسط PCA با چرخش به سه جزء اصلی استخراج شد و سپس استاندارد و نرمال شد تا در محدوده 0 تا 1 قرار گیرد (جدول 8).**

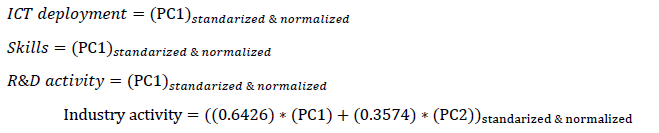
**شاخص آمادگی**

****

جدول 8 : تجزیه اجزای اصلی

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Variable** | **PC1** | **PC2** | **PC3** | **Unexplained** |
| **ICT (access)** | 0.4520 | 0.0037 | -0.0760 | .1588 |
| **ICT (speed) (log)** | 0.4588 | -0.0586 | 0.0786 | .1807 |
| **Skills (education)** | 0.4543 | -0.0352 | 0.0120 | .1896 |
| **Skills (labour)** | 0.4753 | -0.1126 | 0.1673 | .1602 |
| **R&D (publication) (log)** | -0.0786 | 0.7197 | -0.0065 | .1117 |
| **R&D (patent) (log)** | 0.0428 | 0.5432 | 0.1539 | .1248 |
| **Industry (high-tech) (log)** | 0.1824 | 0.3692 | -0.0686 | .2965 |
| **Industry (digital)** | 0.0187 | 0.0260 | 0.9189 | .04899 |
| **Access to finance (log)** | 0.3336 | 0.1804 | -0.2952 | .2602 |

**به طور جداگانه، PCA نیز برای هر بلوک ساختمانی شاخص انجام شد تا امتیاز و رتبه بندی کشور در هر بلوک ساختمانی بدست آید. در اینجا مجدداً PCA از حداقل تعداد اجزای اصلی استفاده کرد که می توانست بیش از 80 درصد از تغییرات را حفظ کند. PCA برای بلوک ساختمانی دسترسی به امور مالی انجام نشد زیرا فقط یک شاخص داشت.**

****

**1. برای جزئیات بیشتر، به پیوست گزارش فناوری و نوآوری 2021 (UNCTAD، 2021a) مراجعه شود.**

پیوست C : نمونه هایی از مسیرهای دستیابی به صنایع منتخب سبز

**این بخش از پیوست، مواردی از شواهد تجربی در مورد پنجره‌های سبز فرصت‌ها در بخش‌های دیگر، فراتر از آنچه قبلاً در این فصل ارائه شده است، ارائه می‌کند. یعنی: بیوگاز و زیست توده، نیروی خورشیدی متمرکز (CSP)، نیروی باد، و وسایل نقلیه الکتریکی (EVs).**

**1 - بیوگاز و زیست توده**

**چین**

**در سال 2020، چین، پس از دستیابی سریع به صنعت زیست توده، با افزایش ظرفیت کل نصب شده از تقریباً صفر در سال 2005 به حدود 5300 مگاوات در سال 2015، پیشرو در تولید انرژی زیستی می بود. برای مثال، در مقایسه با ظرفیت 7600 مگاوات در آلمان.[[148]](#footnote-148) رشد صنعت زیست توده با معرفی اولین قانون انرژی های تجدیدپذیر در چین در سال 2006 توضیح داده می شود که تعرفه مناسب برای انرژی زیست توده را در بر داشت که تقریباً دو برابر تعرفه زغال سنگ می بود و بدینصورت انگیزه های قوی جهت سرمایه گذاری در نیروگاه های زیست توده را ایجاد نمود. لذا می توان نتیجه گرفت که این تغییرات نهادی در بخش انرژی به وضوح پنجره ای درونزا از فرصت را ارائه نموده است. نمایندگان شرکتهای پیشگام و پیشرو در این صنعت تأثیرگذار بوده و مستقیماً در تهیه پیش‌نویس سیاست‌ها و مقررات اولیه مؤثر در توسعه بیشتر بخش مشارکت داشتند.**

**در صنعت زیست توده چین، ایجاد تولید و متعاقباً قابلیت‌های نوآورانه توسط یک شرکت خصوصی پیشرو که سال 2004 در پکن توسط یک کارآفرین چینی- سوئدی با تجربه دارا بودن مشاوره ارشد شرکت ولوو تأسیس شده بود، آغاز گردید. این شرکت در ابتدا از طریق صدور مجوز اخذ فناوری‌های خارجی و خرید استراتژیک شرکت‌های خارجی و امکان دسترسی به نیروی کار ماهر، توانست با مدیریت بهینه از فعالان این صنعت پیشی بگیرد. اخیراً، این شرکت از استراتژی گسترش سریع بین‌المللی و تنوع گرایی به فناوری‌های جدید نظیر کارخانه‌های تبدیل زباله به انرژی[[149]](#footnote-149) و تولید بیواتانول[[150]](#footnote-150) پیروی کرده است. علاوه بر این، به لطف سرریز دانش، که شامل تحرک نیروی کار به سمت رقبای محلی و تعامل با تامین کنندگان محلی بود، بسیاری از شرکت های داخلی توانستند از فرصت استفاده نموده و یک سیستم بخشی پویا ایجاد نمایند. با توجه به حاکمیت روش یادگیری ( [[151]](#footnote-151)(DUI، در این صنعت، یعنی : انجام-استفاده-تعامل، گردش نیروی کار با تحرک بالای کارکنان از شرکت پیشروی خارجی به رقبای داخلی به عنوان یک کانال کلیدی برای انتقال دانش ایفای نقش نمود. علاوه بر این، موسسات طراحی، که عمدتاً شرکت‌های دولتی [[152]](#footnote-152)(SOEs) بوده که مسئول طراحی کارخانه‌ها می باشند، همچنین از آموزش در محل، نظارت دقیق بر کیفیت و تعامل مستمر با شرکت پیشرو و پیشگام بهره‌مند شدند که به انتشار دانش در سیستم بخشی داخلی کمک قابل توجه ای نمود. در نهایت، اثرات نمایشی نیز مهم می باشند، زیرا به لطف حمایت ضعیف شرکتهای پیشرو از فعالیت های ثبت اختراع، شرکت‌های محلی توانستند از فعالیت ها و فناوری ها کپی و تقلید نمایند. به دلیل اجرای ضعیف قوانین مالکیت معنوی در چین، رقبای داخلی قادرند اجزایی را که به طور رسمی توسط پتنت ها محافظت می شوند، کپی نمایند.**

**صنعت زیست توده چین با پیروی از مسیری که از تقلید داخلی شروع و تا رهبری جهانی ادامه دارد، توانسته است از فناوری جدید به کشور به فناوری در سطح جهانی پیشرفت نموده و ارتقای سریع تر فناوری نیز از موفقیت در بازار جهانی به دست آمده است. شرکت‌های چینی همچنین در سطح جهانی فعالیت قابل توجه ای داشته و رهبری بازار جهانی را با عقب گذاشتن تولیدکنندگان غربی به دست آورده‌اند.[[153]](#footnote-153)**

**تایلند**

**در زمینه بیوگاز، تایلند یکی از بزرگترین تولیدکنندگان در جهان است، که پس از چین و ترکیه از بزرگترین بازار داخلی در کشورهای جنوب جهانی برخوردار می باشد.[[154]](#footnote-154) تایلند نمونه جالب دیگری از پنجره فرصت های مبتنی بر سیاست را ارائه می دهد. از دهه 1980، تصفیه فاضلاب بی هوازی برای تولید بیوگاز در کارخانه های نشاسته کاساوا (cassava starch factories ) توسعه یافته است. با این حال، در ابتدا، بیشتر کارخانه ها به دلیل هزینه های بالای سرمایه گذاری علاقه ای به سرمایه گذاری در تولید بیوگاز نداشتند. با این حال، در اوایل دهه 2000، زمانی که دولت تایلند یک استراتژی فعال را برای جذب سرمایه گذاران خصوصی به صنعت به اجرا گذاشت، جذب سرمایه گذاری به شدت افزایش یافت. در سال‌های بعد، اقدامات متعددی از جمله پرداخت یارانه‌های مالی برای ساخت و طراحی نیروگاه‌های تولید بیوگاز، مشوق‌های مالیاتی برای شرکت‌های دخیل در تبدیل زباله، برنامه تعرفه‌های خرید برق کوچک برای افزایش نسبت تولید برق از بیوگاز و قانون مالیات محیط زیست برای شرکت های تولید کننده آلودگی، به اجرا گذاشته شد.[[155]](#footnote-155)**

**توسعه یک نظام بخشی قوی نیز یکی از عوامل کلیدی در موفقیت صنعت بیوگاز در تایلند است. وجود شبکه ای از بازیگران خصوصی و دولتی به انتشار فناوری بیوگاز کمک کرده است. بخش تحقیقات داخلی فناوری‌های مختلف کارآمدتر و کم‌هزینه‌تر از فناوری های وارداتی را توسعه داده است. برخی از راه حل های فناورانه طراحی شده در تایلند در خارج از کشور نیز به کار گرفته شده اند، نظیر پروژه سازمان ملل متحد "گاو تا کیلووات در نیجریه".[[156]](#footnote-156)،[[157]](#footnote-157) به لطف برنامه های آموزشی گسترده، که عمدتاً از طریق مؤسسات عمومی مانند مراکز تحقیقاتی و دانشگاه ها انجام می شود،[[158]](#footnote-158) توانایی داخلی در راه اندازی و نگهداری سیستم های تولیدی ایجاد شده است. این امر این اطمینان را در بخش خصوصی ایجاد کرده است که در صورت بروز مشکل، شبکه ای از مشاوران دولتی و خصوصی می توانند پشتیبانی فنی کافی را ارائه دهند.[[159]](#footnote-159)**

**شرکت‌های بیوگاز تایلندی از سطوح نسبتاً پایینی از قابلیت‌ها شروع نموده و از سال 1991 تا 2017، همه آنها به سطوح بالاتری از توانمندی دست یافتند.[[160]](#footnote-160) در همان زمان، صنعت بیوگاز تایلند ظرفیت داخلی نوآورانه ای را ایجاد کرد که می توانست تقاضای بازار داخلی نسبتاً بزرگی را برآورده کند. علاوه بر این، آنها شرکتهای بیوگاز تایلندی این مسئله را تائید نمودند که یادگیری مبتنی بر تجربه (DUI) در این صنعت به دلیل ماهیت سیستم های بیوگاز که نیاز به انطباق با زمینه های محلی دارد، از اهمیت بالایی برخوردار است. ارتباط با دانش بیرونی نیز مورد تاکید قرار گرفت زیرا شرکت هایی که فقط بر مکانیسم های یادگیری درونی شرکت تکیه می کنند از سطوح توانایی پایینی برخوردار خواهند شد. در مقابل، شرکت‌های درگیر در منابع دانش خارج از داخل و منابع دانش کشورهای خارجی به سطح بالاتری از ظرفیت‌های نوآوری رسیده‌اند. یک یافته جالب دیگر این است که برای ایجاد قابلیت‌ها، شرکت‌ها باید در مکانیزم‌های یادگیری مختلف – درون شرکتی، بیرون-شرکتی، و بیرونی-خارجی که شامل انواع مختلفی از فعالیت‌ها مبتنی بر بهره‌وری، نوآوری محور و منابع انسانی باشد، درگیر شوند.**

**پاکستان**

**برخلاف موارد چینی و تایلندی، در پاکستان، وجود برنامه بیوگاز از سال 2009 برای ترویج جایگزینی کارآمد سوخت چوب سنتی و کود حیوانی برای استفاده خانگی در پخت و پز و گرمایش در مناطق روستایی، باعث پذیرش گسترده فناوری بیوگاز نگردید. فقدان ابتکارات هماهنگ دولتی، مقررات و استانداردهای ساخت و ساز نیروگاه های بیوگاز و سیاست های ناسازگار، مانع از اثربخشی این برنامه شده است.[[161]](#footnote-161) فناوری بیوگاز برای ایجاد شغل و درآمدزایی در پاکستان از پتانسیل فراوانی برخوردار است. با این حال، هنوز کمبود صلاحیت های فنی وجود دارد. برای متقاعد کردن کشاورزان، صاحبان کارخانه‌های قند و سرمایه‌گذاران خصوصی برای پذیرش و سرمایه‌گذاری در فناوری بیوگاز در کشور، کار بسیار کمی صورت گرفته است.**

**مکزیک**

**به طور مشابه، چالش هایی در مورد صنعت روغن نخل در ایالت تاباسکو مکزیک دیده می شود.[[162]](#footnote-162) قوانین ضعیف و سیاست های دولت، فقدان ارائه دهندگان شایسته و عدم وجود تلاش های توانمند سازی جهت انطباق با فناوری های وارداتی به دولت اجازه نداده است تا از فرصت بازار ناشی از ارزش گذاری انواع منابع زیست توده حاصل از برداشت و پسماندهای کشاورزی و صنعتی موجود در کشور استفاده نماید. علاوه بر این، افزایش تولید و عدم مدیریت صحیح محصولات جانبی جامد که موجب باقی ماندن بقایای آنها بر روی زمین و یا سوزاندن در فضای باز می گردد، تأثیر فزاینده ای بر محیط زیست ایجاد می نماید. در مقابل، مقامات این ایالت می توانند در یک سیستم مدیریت مناسب پسماندها را به انرژی تبدیل و صنعت روغن نخل پایدار را ایجاد نمایند.**

**ویتنام**

**مشابه چین و تایلند، ویتنام شروع به بهره برداری از پتانسیل بزرگ خود برای تولید انرژی زیست توده از پوسته برنج کرده است، یعنی محصولی فرعی از فرآوری برنج که در غیر این صورت اغلب به هدر می رفت. یکی از نمونه‌های همکاری دولتی و خصوصی با شرکت دکاتلون (Decathlon)[[163]](#footnote-163) می باشد که بسیاری از تامین‌کنندگان آن در حال فعالیت در ویتنام می باشند و هدف بلندپروازانه‌ای را برای استفاده از 100 درصد زیست توده کشور برای گرما و برق صنعتی تا سال 2030 تعیین کرده است. ویتنام با همکاری [[164]](#footnote-164)GIZ، در راستای حمایت از توسعه یک بازار پایدار در صنعت زیست توده و ایجاد قابلیت در میان مشاوران، توسعه دهندگان پروژه و سرمایه گذاران در زمینه چگونگی تهیه مطالعات امکان سنجی، پروژه‌ای را آغاز کرده است. این پروژه همچنین مشارکت های فناوری بین شرکت های داخلی و بین المللی و موسسات تحقیق و توسعه را برای توسعه راه حل های سازگار محلی ترویج می نماید.[[165]](#footnote-165)**

**بنگلادش**

**مورد تولید بیوگاز در بنگلادش نیز جالب توجه است زیرا نشان می دهد که علیرغم وجود پیش شرط های مساعد برای توسعه این صنعت، فقدان سیاست ها و اجرای ضعیف آنها و همچنین نبود زیرساخت ها مانع از تولید در مقیاس بزرگ شده و ظرفیت کشور جهت بهره برداری از فرصت های بالقوه را کاهش داده است.[[166]](#footnote-166) در این کشور، از چندین دهه پیش، سازمانهای مردم نهاد (NGOs) متعددی در پروژه های بیوگاز سرمایه گذاری کرده اند. این کشور همچنین یک نظام بهینه از سازمان‌های دولتی و غیردولتی درگیر در پروژه‌های تحقیق و توسعه مرتبط با انرژی زیست توده را ایجاد نموده است. با این وجود، سیاست یارانه ای مناسب برای تشویق انگیزه جهت ایجاد و نصب نیروگاه های بیوگاز اجرا نگردید و برای افزایش آگاهی و انتشار یک سیاست صحیح مدیریت پسماند نیز برنامه های آموزشی در بین کشاورزان به صورت جزئی به اجرا در آمد. علاوه بر این، سرمایه‌گذاری دولتی در زمینه پژوهش با مشارکت دانشگاه‌های ملی نیز حداقل بوده است.**

**کشورهای آَفریقایی**

**چندین برنامه ملی در کشورهای آفریقایی معرفی شده اند، از جمله به لطف ابتکارات بین المللی نظی "برنامه مشارکت بیوگاز" و "بیوگاز برای زندگی بهتر"،[[167]](#footnote-167) که به انتقال برخی از دانش پایه کمک نموده و اساس و مبنای اولیه شایستگی های تخصصی را در کشورهای درگیرایجاد نموده است. با این حال، برنامه‌های ملی با اقدامات منسجمی برای ایجاد یک سیستم بخشی مؤثر، توسعه تولید داخلی و ظرفیت‌های فناوری دنبال نشده‌ و تولید کلی بیوگاز هنوز محدود می باشد.[[168]](#footnote-168)**

**2 - انرژی خورشیدی متمرکز**

**در سال 2020، در زمینه انرژی خورشیدی متمرکز (CONCENTRATED SOLAR POWER )، دو کشور پیشرو از نظر ظرفیت نصب شده اسپانیا و ایالات متحده و پس از آن مراکش، چین و آفریقای جنوبی بودند که مسئول عمده افزایش ظرفیت این انرژی در پنج سال گذشته می باشند.[[169]](#footnote-169)**

**مراکش**

**تصمیم مراکش برای سرمایه‌گذاری در تولید انرژی خورشیدی متمرکز (CSP) ناشی از نیاز به برآورده کردن تقاضا برای برداشت برق در اوایل عصر می بود. اگرچهPV خورشیدی هزینه کمتری دارد، ولی تنها زمانی که خورشید می تابد می تواند برق تولید کند، در حالیکهCSP امکان ذخیره سازی انرژی حرارتی را فراهم می نماید. این سرمایه گذاری با دسترسی به منابع مالی امتیازی از سوی بانک جهانی، بانک توسعه آفریقا و سایر موسسات مالی اروپایی امکان پذیر گردید. مشارکت موسسات مالی بین‌المللی در این سرمایه گذاری، در واقع، به دلیل فرصتی می بود برای حمایت از توسعه فناوری جدید که می‌توانست نقش مهمی در دور شدن جهان از سوخت‌های فسیلی ایفا نماید. شرکت[[170]](#footnote-170) Clean Technology همچنین در پروژه CSP مراکش سرمایه گذاری نموده و برخی از ظرفیت های اولیه داخلی را ایجاد کرد. پس از پروژه های متوالی و کاهش قیمت CSP، این صنعت نیز شروع به جذب سرمایه گذاران خصوصی کرده است. علاوه بر این، کارخانه‌های CSP اغلب در نواحی دورافتاده توسعه یافته و موجب توسعه و ایجاد مشاغل برای جوامع فقیرتر می گردند.[[171]](#footnote-171)**

**سیستم بخشی انرژی خورشیدی متمرکز هنوز در کشور بسیار ناپخته است. با این حال، برخی از مشوق‌ها برای تولید داخلی قطعات و اجزای با ارزش افزوده بالاتر که موجب افزایش تولید قطعات داخلی می گردد، ارائه شده است.[[172]](#footnote-172) به طور کلی، علیرغم اینکه تعهد سیاسی نسبت به ایجاد انرژی های تجدیدپذیر در مراکش بسیار قوی است، فقدان یک رویکرد هماهنگ بین انبوه اهداکنندگان بالقوه و ظرفیت محدود در ترویج فناوری و انتقال دانش جهت ایجاد توانمندی های داخلی قوی در صنعت کشور مشاهده شده است.[[173]](#footnote-173)**

**چین**

**توسعه صنعت CSP چین هنوز یک پدیده جدید و در حال انجام است، اما مسیر متفاوتی را در مقایسه با سایر صنایع تجدیدپذیر در کشور طی کرده است که در ابتدا تا حد زیادی به فناوری های وارداتی خارجی و مانند مورد PV خورشیدی به خارج وابسته بوده و همچنین توسعه آن وابسته به تقاضای خارجی می بود. با این حال، در مورد CSP، چین از یک پنجره تکنولوژیک ناشی از کاهش سرمایه‌گذاری در پروژه‌های نمایشی در کشورهای پیشرو در این زمینه استفاده کرده و فضایی را برای خود برای این صنعت در سطح جهانی ایجاد نمود. در اواخر دهه 2000 و اوایل دهه 2010، بازار جهانی CSP به لطف سیاست های حمایتی سخاوتمندانه که در سال 2012 کنار گذاشته شد، تقریباً به طور کامل تحت تسلط اسپانیا بود. در ایالات متحده، اقدامات حمایتی عمدتاً متوقف و باعث ورشکستگی این صنعت گردید. در هر دو کشور، ابعاد و علاقه برای سرمایه گذاری در صنعت CSP تا حد زیادی تغییر نمود. در سال 2015، در چین، اداره ملی انرژی خواستار مناقصه برای توسعه برنامه های نمایشی CSP شد و در سال 2016، 20 پروژه توسط دولت، شرکت های آب و برق داخلی و توسعه دهندگان پروژه و بانک های داخلی انتخاب و تامین مالی گردید. در همان زمان، سرمایه‌گذاری قابل توجهی در فعالیت‌های تحقیق و توسعه در دانشگاه‌های چین با همکاری شرکت‌های داخلی، با تنها کسب محدود مجوزهای فناوری خارجی، صورت گرفت.[[174]](#footnote-174)**

**دانش صنعت CSP در چین عمدتاً داخلی است که ریشه در موسسات تحقیقاتی داخلی و تحقیق و توسعه شرکت‌ها دارد. کل سیستم نوآوری صنعت تا حد زیادی تحت سلطه بازیگران داخلی از جمله ارائه دهندگان قطعات، توسعه دهندگان سیستم، محققان و سرمایه گذاران می باشد. بازار این صنعت نیز همچنین برای تقاضای داخل بوده که شامل یک مدل راهنمای کوچک تامین مالی شده با بودجه عمومی و پروژه های نمایشی بزرگتر است. با این حال، صنعت CSP چین که اخیراً شکل گرفته به انتشار فناوری های آن به خارج از کشور پرداخته است. مؤسسات و شرکت‌های تحقیقاتی داخلی قراردادهای تحقیقاتی را از نهادهای خارجی جذب کرده‌اند، از جمله آزمایش و توسعه فناوری‌های گیرنده نسل بعدی در پروژه‌های در مقیاس نمایشی. تحت صندوق مالی راه ابریشم، بانک های چینی سرمایه گذاری قابل توجهی را برای توسعه پروژه های خارجی فراهم کرده اند. اخیراً، شرکت‌ها و مؤسسات تحقیقاتی چینی نیز در تعریف استانداردهای طراحی پروژه و تجهیزات جهانی مشارکت نموده و برای شرکت‌های کشورهای دیگر، جهت تعیین معیارهای کیفیت کمک نموده اند.[[175]](#footnote-175)**

**پس از ارتقاء فناوری ها به سطوح جهانی، انرژی خورشیدی متمرکز، چین در زمینه توسعه بازار تجربه چندانی انجام نداد. در عوض، چین به سرعت درگیر توسعه قابلیت ها شد و به مرز دانش جهانی رسید. با این حال، رهبری چین در این زمینه عمدتاً برای پروژه‌های نمایشی داخلی اعمال صورت گرفته به استثناء برخی فعالیت‌های صادراتی کم به تعداد محدودی از پروژه‌های مهندسی، تدارکات و ساخت‌وساز در اروپا و خاورمیانه.[[176]](#footnote-176)**

**3 - انرژی باد**

**انرژی بادی به طور فزاینده ای در کشورهای در حال توسعه مستقر شده است. انرژی باد، به عنوان یک منبع انرژی، به شدت به شرایط طبیعی وابسته است و استفاده از آن در فاصله ای از خط استوا یا در مناطق کوهستانی بسیار مساعد می باشد. می توان آن را در خشکی یا فراساحل مستقر کرد که مورد دوم تقاضای بالاتری داشته ولی پرهزینه تر است و اخیراً در کشورهایی مانند برزیل، هند و چین مورد استفاده قرار گرفته است. بیشتر شرکت‌های پیشرو در این زمینه عمدتاً در اروپا یا ایالات متحده مستقر هستند، اما از ابتدای قرن حاضر، چند شرکت چندملیتی کشورهای نوظهور در صحنه جهانی ظاهر شده اند.[[177]](#footnote-177) بیشتر فن آوری توربین های بادی مستقر شده برای باد "فراوان" متصل به شبکه در نظر گرفته شده اند (توربین های بزرگ در مزارع بزرگ). با این حال، اکنون شرکت ها در زمینه بادهای "کم" نیز تمرکز نموده اند[[178]](#footnote-178) که اغلب به عنوان مکملی برای PV خورشیدی در شبکه‌های کوچک روستایی مورد استفاده قرار می گیرد.[[179]](#footnote-179)**

**کل پنجره فرصت در زمینه انرژی بادی ناشی از سیاستهای فزآینده تحریکی جهت ترویج انرژی‌های تجدیدپذیر می باشد تا ترجیحات سرمایه‌گذاران دولتی و نهادی و پیشرفت‌های تکنولوژیکی را تغییر دهند که انرژی باد در خشکی را از برق تولید شده از منابع سوخت فسیلی پایین‌تر در نظر می گیرند.[[180]](#footnote-180) این پنجره در کشورهای با درآمد متوسط رو به بالا و با درآمد متوسط رو به پایین و تا حدودی در کشورهای کم درآمد نیز پدیدار شده است. این بخش شواهد تجربی از پنجره های سبز فرصت و استفاده از آنها در چین، آفریقای جنوبی، کنیا و اتیوپی را ارائه می دهد.**

**هیچ یک از این کشورها به جز چین نتوانسته اند از بازارهای خارجی بهره برداری کنند. و تفاوت ها همچنین در زمینه میزان بومی سازی فعالیت های اقتصادی مرتبط با انرژی باد در داخل و اهمیت شرکت های خارجی که در بالا ذکر شد، نیز وجود دارد. در کشورهای با درآمد متوسط رو به بالا، برخی ارتقاء فناوری، اما محدود، وجود دارد. به طور کلی، فرآیند ارتقا فناوری به فعالیت های خدماتی در زنجیره استقرار بستگی دارد تا به جای فعالیت های تولیدی در زنجیره تولید. به طور کلی، سه نوع گسترده از پاسخ های سیستم بخشی وجود دارد: فعال، غیرفعال و بینابین. چین فعال ترین پاسخ سیستم را نشان می دهد. آفریقای جنوبی یک مورد بینابین را مطرح می نماید، در حالی که کنیا منفعل است و اتیوپی با وجود پیش‌شرط‌های نسبتا ضعیف، از واکنش فعالی برخوردار است. این موارد پیش شرط های ضعیفی مانند شکل نامناسب سیستم بخشی و ظرفیت پایه صنعتی را ارائه می دهند. ظرفیت پایین در بخش بادی به این معنی است که شرکت های اروپایی و چینی بر سازمان جهانی باد ([[181]](#footnote-181)(GWO تسلط دارند، به ویژه در کنیا و آفریقای جنوبی. در اتیوپی، در حالی که هنوز در مراحل اولیه توسعه یک سیستم بخشی حول انرژی باد است، پیش‌شرط‌های اساسی خاصی ایجاد شده است که در فرآیندهای استقرار بعدی مهم خواهند بود.**

**چین**

**در چین، فشار خارجی ناشی از تعهد به پروتکل کیوتو و به ویژه توافقنامه پاریس و همچنین فشار داخلی برای کاهش آلودگی هوا بویژه در کلان شهرهایی نظیر پکن، موجب ایجاد فرصت هایی در سطح بخش انرژی باد گردید. چنین فرصت هایی نه تنها در بخش بلکه در برخی موارد به فرصت های خاص منطقه ای تبدیل شد که اغلب با برنامه‌های مأموریت محور مانند برنامه سوار بر باد (Ride the Wind)، ترویج می‌ گردید.[[182]](#footnote-182) این برنامه که توسط کمیسیون برنامه ریزی دولتی چین در ژانویه 1997 راه اندازی شد، اولین هدفش ایجاد انرژی بادی 1 گیگاواتی تا سال 2001 می بود. برای توسعه چنین پروژه هایی، کمیسیون برنامه ریزی چین یک شرکت آلمانی بنام نوردکس (Nordex) را به عنوان اولین شریک خارجی انتخاب نمود. ایجاد انرژی بادی اولیه به میزان 400 مگاوات، در ابتدا از طریق وام های دولت چین و کشورهای خارجی تامین مالی شد.[[183]](#footnote-183) در حالی که تامین مالی به طور معمول جهانی بوده و توسط سازمان های بین المللی مورد حمایت قرار می گرفت، ولی در ابتدا، GWO در داخل توسطه مالیه دولتی حمایت گردید. با این حال، منابع سرمایه گذاری خصوصی به طور فزاینده ای با درخواست های ضمانت های وام برای سرمایه گذاران بین المللی همراه شد که بوسیله بانک توسعه چین ارائه گردید.[[184]](#footnote-184)**

**"دای و همکاران"[[185]](#footnote-185) نشان می دهند که چگونه تحولات اخیر صنعت انرژی بادی در جهان پیامدهای قابل توجهی برای شرکت های چینی داشته که به دنبال توسعه آن می باشند. مرز فناوری ابتدا از توربین های بادی خشکی به توربین های بادی دریایی و متعاقباً به سمت سیستم های دیجیتال هم در سطح توربین های فردی و هم از نظر مدیریت مزارع بادی پیشرفت کرده است.[[186]](#footnote-186) این تغییرات تکنولوژیک دریچه های سبز جدیدی از فرصت ها را برای شرکت های فعال در صنعت باز نموده است. نویسندگان دریافته‌اند که شرکت‌های توربین چینی قابلیت‌های متفاوتی را در پاسخ به تحولات فناوری در سطح جهانی نشان می‌دهند، که تغییرات در مسیرهای دستیابی به فناوری ها را توضیح می‌دهد. با این حال، باید گفت که شرکتهای چینی هنوز با شرکتهای پیشروی جهانی در سیستم های دیجیتال و هیبریدی همتراز نیستند. "هاین و همکاران"[[187]](#footnote-187) یک «تله بازار» (market trap) پیشنهاد کرده اند که در آن دیر آمدگان در این صنعت در موقعیت پیرو باقی مانده و دستیابی به فناوری های شرکت های پیشرو با شکست مواجه می شود که به نظر می‌رسد با صنعت باد چین مطابقت داشته باشد. باید دید که آیا شرکت‌های چینی می‌توانند از قابلیت‌های مکمل در بخش‌های مجاور برای ادغام قابلیت‌های نرم‌افزاری پیشرفته و ایجاد نفوذ در «رژیم فناوری پس از توربین» استفاده نمایند[[188]](#footnote-188).**

**آفریقای جنوبی**

**در آفریقای جنوبی، اهداف استقرار باد و تعرفه خوراک جهت نیل به اهداف استقرار انرژی بادی با طرح منابع یکپارچه (IRP) در سال 2010 معرفی شدند. علاوه بر این، همانطور که در بخش PV خورشیدی ذکر شد، پشتیبانی از انرژی تجدیدپذیر رقابتی مناقصه در سال 2011 با برنامه تدارکات تولیدکننده برق مستقل انرژی های تجدیدپذیر (REIPPPP) معرفی شد. موضوع کلیدی در این چارچوب، ادغام معیارهای متعدد برای تدارکات، مانند حمایت از شرکت‌های محلی، از جمله شرکت‌های کوچک و شرکت‌های متعلق به گروه‌های محروم است. بنابراین، در حالی که به دنبال تحریک همزمان سرمایه‌گذاری‌های داخلی و خارجی است، REIPPPP مستلزم آن است که پیمانکاران مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز 40 درصد مالکیت محلی داشته باشند.[[189]](#footnote-189) آفریقای جنوبی در حال آزمایش جهت ایجاد پنجره داخلی است، اما همانطور که در ادامه بیشتر بحث می شود، این کشور با تعریف پاسخ های موثر در سمت عرضه مشکل دارد.[[190]](#footnote-190)**

**"موریس و همکاران"[[191]](#footnote-191) بررسی سیستم بخش باد تحت برنامه REIPPPP و اثرات بر زنجیره ارزش انرژی باد در مورد بومی‌سازی کالاها و خدمات را بررسی می نمایند. آنها تأثیر متقابل بین انرژی و سیاست صنعتی را برجسته نموده و استدلال می نمایند که شکست سیاست ناشی از منافع سرمایه گذاری مبتنی بر زغال سنگ، یکپارچگی سیستم را مختل و برنامه انرژی تجدیدپذیر را که سنگ بنای GWO باد بود، تضعیف نمود. این سیاست به اندازه کافی قوی نبود و ماهیت توقف - حرکت به خود گرفت. مشکلات مربوط به تداوم و قابل پیش بینی بودن فرآیند مناقصه مزایده در سیاست انرژی، اثرات مخربی بر زنجیره انرژی بادی داشته و بر تلاش های سیاست صنعتی برای بومی سازی شرکت های داخلی و خارجی تأثیر منفی می گذارد. عدم قطعیت این سیاست (توقف و حرکت) به این معنی است که شرکت‌های خارجی قادر نیستند الزامات محتوای محلی را اجرا کنند زیرا سرمایه‌گذاری محلی مخاطره‌آمیز شده است. تامین کنندگان محلی نیز نمی توانند از فرصت های جدید ارائه شده توسط این سیاست استفاده نمایند زیرا بانک ها پروژه های سرمایه گذاری را تامین مالی نمی کنند. به گفته نویسندگان، دولت آفریقای جنوبی در اولویت بندی، توسعه، و گنجاندن انرژی های تجدیدپذیر به عنوان یک استراتژی اقتصاد پایدار در چارچوب سیاست صنعتی خود شکست خورده است.**

**کنیا**

**در کشورهای دیگر در جنوب صحرای آفریقا، سازمانهای جهانی باد به شدت تحت تأثیر بازیگران بین المللی هستند. این موضوع را "گرگرسن و گرگرسن"[[192]](#footnote-192) با مقایسه پروژه‌های مقیاس بزرگ در کنیا و اتیوپی، نشان می‌دهند. چارچوب های سیستماتیک برای ارزیابی پیشنهادات پروژه اغلب وجود ندارد. این بدان معناست که هیچ مکانیسمی برای اطمینان از عدم توسعه پروژه‌ها به صورت موقت، که توسط کنسرسیوم‌های تامین مالی و فناوری خاص ترویج می‌شوند، وجود ندارد. تصویب پروژه موقت، در حالی که فرصتی برای استقرار ایجاد می کند، قدرت چانه زنی دولت ها را تضعیف می نموده و معمولاً همراه با «الزامات محتوای خارجی» است که به طور غیررسمی مرتبط با منابع مالی خارجی می باشد. شرکت‌های اصلی خارجی و کنسرسیوم‌های سرمایه‌گذاری، از جمله گروه‌های چینی، تمایل دارند در غیاب طرح‌های اقدامی مانند آنچه در آفریقای جنوبی اجرا می‌شود[[193]](#footnote-193)، نقش‌های هماهنگ‌کننده را بر عهده بگیرند. پنجره های تقاضا غالب است. تفاوت قابل توجهی در میزان ایجاد فرصت های داخلی (مانند چین) یا ارائه خارج از کشور، به عنوان مثال، در کنیا وجود دارد.**

**با توجه به مشارکت گسترده شرکتهای چند ملیتی در بخش باد در شرق آفریقا، "گرگرسن و گرگرسن"[[194]](#footnote-194) «فضاهای یادگیری» را در پروژه‌های تحت تسلط خارجی در مقیاس بزرگ بادی، یک پروژه اروپایی و دیگری چینی، را بررسی می‌ نمایند. این مطالعه با تمرکز بر اینکه چگونه تعاملات بین سهامداران مختلف در کلان پروژه های انرژی بادی می تواند منجر به انباشت قابلیت های فناورانه و مدیریتی شود، نشان می دهد که تعامل دانش رسمی و ضمنی می تواند حتی در محیط کلان پروژه رخ دهد، اما محدودیت هایی دارد. در کنیا، تعدد بازیگران درگیر در پروژه زیرساختی پیچیده Lake Turkana Wind Power (LTWP) شامل حلقه های متعددی از تعامل است که می تواند فرصت های یادگیری محلی را تقویت کند. با این حال، به دلیل توانایی‌های ضعیف از قبل موجود در میان بازیگران محلی و به دلیل اینکه هیچ سیاست صنعتی با گسترش انرژی باد سازگاری نداشت، چنین یادگیری تا حد زیادی محقق نگردید.[[195]](#footnote-195)**

**اتیوپی**

**در مقابل، در مورد اتیوپی، دولت و وزارت آب، آبیاری و برق با معرفی مشاوران دانشگاهی محلی به پروژه‌ها و ایجاد یک مجموعه محلی از کارشناسان، پروژه‌های بادی را با اهداف توسعه صنعتی مرتبط کردند. گرگرسن و گرگرسن،[[196]](#footnote-196) توضیح می‌دهد در حالی که در مورد کنیا و اتیوپی در زمینه عملیات و تعمیر و نگهداری و همچنین برخی از یادگیری ها در مورد و چگونگی افزودن انرژی تجدیدپذیر بیشتر به انرژی ملی، به میزانی یادگیری محلی وجود دارد. ولی مورد اتیوپی که شامل انواع مختلفی از یادگیری بود در LTWP کنیا اتفاق نیفتاد. به طور خاص، این یادگیری در مورد نحوه طراحی پروژه ها بود. دولت اتیوپی از دانشگاه های ملی درخواست کرد تا پیشنهادات خود را ارائه کنند و به عنوان مشاور مالک در این پروژه عمل کنند. وزارت ذکر شده با چندین دانشگاه ارتباط برقرار کرد که می‌توانستند به اهداف گسترده‌تری کمک کنند و در این فرآیند، آن‌ها هم در سازمان‌های دولتی و هم در دانشگاه‌ها تجربیات ارزشمندی به دست آوردند. این نمونه ای از این است که چگونه دولت از تفکر سیستم تولید فراتر رفته و سیستم دانش و نوآوری را درگیر کرده و عناصری را برای تضمین یادگیری محلی بیشتر در داخل و اطراف پروژه های داخلی ایجاد کرده است. دولت اتیوپی با وجود کاستی‌های متعدد، به طور فعال پروژه‌های بادی را برای تضمین حداکثر یادگیری محلی با اطمینان از مشارکت بیشتر کاربران حرفه‌ای در اجرای پروژه طراحی کرده است.[[197]](#footnote-197)**

**4 - خودروهای برقی**

**خودروهای برقی در حجم زیادی در سرتاسر جهان شروع به افزایش نمودند، اما در کشورهای در حال توسعه تنها در زمینه خودروهای سواری، تعداد آنها محدود بود. کشورهایی مانند هند، اندونزی و برزیل دارای زیرساخت هایی برای پشتیبانی از خودروهای الکتریکی دو چرخ هستند. با این حال، آن‌ها سیاست‌هایی برای انتقال کامل به حمل‌ونقل الکتریکی ندارند که با آن‌ها، برای مثال، در اروپا مقایسه شود.[[198]](#footnote-198) تحرک الکتریکی فرصت های ایده آلی را برای ایجاد هم افزایی با سایر فناوری های مورد بحث در این گزارش و برای ورود تدریجی انرژی های تجدیدپذیر به بخش حمل و نقل ارائه می دهد. وسایل نقلیه الکتریکی تقاضای جدیدی برای برق ایجاد می کنند که می تواند توسط باد، خورشید، زیست توده و سایر منابع تجدید پذیر تامین شود. علاوه بر مزایایی مانند کاهش انتشار کربن و آلودگی هوا، تحرک الکتریکی همچنین می‌تواند نقش اساسی در ایجاد ذخیره‌سازی غیرمتمرکز برای منابع برق تجدیدپذیر متغیر داشته باشد. این بخش شواهد تجربی پنجره‌های سبز مربوط به بخش خودروهای الکتریکی در چین، هند، برزیل و آفریقای جنوبی را بررسی می‌کند.**

**بخش تقاضای انرژی در تغییر پارادایم فنی-اقتصادی هنوز در مرحله جستجوی بیش از اندازه برای راه حل های سبز موثر در بسیاری از زمینه ها است. در بخش حمل و نقل مسیرهای نسبتاً روشن تری وجود دارد: با افزایش بلوغ تکنولوژیکی و کاهش قیمت وسایل نقلیه با باتری الکتریکی، حمل و نقل الکتریکی همراه با برخی راه حل های جایگزین، در حال حاضر یک گزینه کلیدی معتبر می باشد اما هنوز راه حل مطمئنی نظیر سوخت های زیستی و هیدروژن نیست.**

**هنوز مشخص نیست که این انتقال از موتورهای احتراقی به وسایل نقلیه الکتریکی چگونه بر موقعیت بازارهای نوظهور در بخش جهانی خودرو تأثیر خواهد گذاشت. این می تواند موانع ورود را افزایش دهد و رقابت را سخت تر کند یا آنها را کاهش دهد و مزیت های رقابتی جدیدی ایجاد کند. این موارد به میزان بالایی به سرعت انتقال از خودروهای معمولی به خودروهای برقی، جغرافیای جهانی و تأثیرات ضربه‌ای بر زنجیره‌های ارزش جهانی بستگی خواهد داشت. در واقع، این فرصتی قابل توجه است زیرا خودروهای برقی در مقایسه با خودروهای سنتی ساده تر و با قطعات کمتر تولید می شوند. به طور سنتی، بخش خودرو تحت تسلط تعداد نسبتاً کمی از شرکت‌های پیشرو جهانی است که مدل‌های خودروی منطقه‌ای خاص و زنجیره‌های تامین را توسعه داده‌اند و در نتیجه ساختارهای صنعتی متفاوتی را ایجاد کرده‌اند.[[199]](#footnote-199) در نتیجه، صنایع خودروسازی در برزیل، چین، هند و آفریقای جنوبی بسیار متفاوت می باشد. هر کدام پیش نیازهای متفاوتی برای کسب یا از دست دادن در زمینه تحولات سبز بخش خودرو دارند. جدای از واردات خودروهای الکتریکی کامل، هنوز جهانی سازی نسبتا کمی در تولید وجود دارد که با اقدامات حمایتی نظیر عوارض واردات تحریک می شود.**

**چین**

**تغییر پارادایم فنی-اقتصادی از موتورهای احتراقی به وسایل نقلیه الکتریکی در صنعت خودروسازی چین را باید به تسلط پنجره های فناورانه در این کشور نسبت داد. اما مداخله چین در بخش خودروهای برقی را می توان به عنوان ایجاد پنجره سبز برای ارتقاء تحریک تقاضا و تسریع استقرار در نظر گرفت. کوندا (Konda) نقش دو مرحله سیاست متمایز را در طول شکل‌گیری این بخش نشان می‌دهد. اهداف استقرار در دوره اول تا سال 2012 محقق نشده بود و دولت برنامه جدیدی را برای هشت سال آینده ارائه کرد که جامع تر بوده و به توسعه توانمندی ها توجه بیشتری داشت و نه فقط به استقرار.[[200]](#footnote-200)**

**در سال 2009، چین تولید انبوه در بخش خودروهای الکتریکی را بدون دانش فنی جدید آغاز کرد.[[201]](#footnote-201) علیرغم یارانه هایی که در دسترس قرار گرفت، مشتریان در سال های بعد تقاضای خودروهای برقی با کاهش مواجه شد که عمدتاً ناشی از کمبود آنها در مقایسه با خودروهای موتور احتراق داخلی می بود.[[202]](#footnote-202) در سال 2010، فناوری باتری رضایت‌بخش نبود، زیرا ساخت هر کیلووات ساعت بین 3400 تا 5000 یوان هزینه در بر داشت و این هزینه بخش بزرگی از کل هزینه‌های خودروهای برقی را در بر می گرفت. عمر باتری بین 3 تا 5 سال یا حدود 160000 کیلومتر بود که باعث می گردید که از نظر اقتصادی، خودروهای برقی در مقایسه با وسایل نقلیه معمولی کم صرفه تر باشند. تا فوریه 2014، هزینه تولید باتری به حدود 3150 یوان در هر کیلووات ساعت کاهش یافت که هنوز بسیار بیشتر از 2000 یوان برنامه ریزی شده برای سال 2015 می بود. بنابراین فناوری مرتبط با باتری ها تا همین اواخر نابالغ بود. از این رو دولت می بایست تمامی جنبه های اکوسیستم را در نظر گرفته و به آنها رسیدگی می کرد. این سیاست‌ها از صنعت سبز سنتی با دستیابی به ترکیب اهداف اقلیمی و اقتصادی، به سمت سیاست‌های گسترده‌تر تغییر نمودند. اولین مورد، تقاضا برای یک راه حل تکنولوژیکی بود که هنوز از نظر اقتصادی کارایی کمتری نسبت به راه حل های زیست محیطی کثیف تر داشت. دومی امکان انتقال و خلق دانش را فراهم می کند و سومی تولید را برای ارضای تقاضا افزایش می دهد. این مورد نشان می‌دهد که استراتژی‌ها و ابتکاراتی که به فرصت‌های اولیه پنجره سبز بر اساس ایجاد ظرفیت تولید اولیه پاسخ می‌دهند، برای ارتقا و تعمیق قابلیت‌های تکنولوژیک کافی نبودند.[[203]](#footnote-203)**

**به طور کلی، اقتصادهای پیشرفته OECD بر بخش خودروهای برقی تسلط دارند. اقتصادهای نوظهور عمدتاً در خودروهای غیر سرنشین مانند دو چرخ، سه چرخ و اتوبوس تخصص یافته اند. چین در سال 2016 با 32 درصد از سهم جهانی و 44 درصد فروش سالانه در سراسر جهان از ایالات متحده در سهام خودروهای برقی پیشی گرفت.[[204]](#footnote-204) چین اگرچه دارای صادرات خودروهای برقی است ولی میزان آن همچنان در سطح پائینی قرار دارد. ارتقاء فناوری رخ داده است، اما هنوز در مورد رقابت جهانی و بازارهای خودروهای برقی ارزان قیمت تردید وجود دارد. برای استقرار داخلی به‌ویژه در چین، استراتژی‌های جاه‌طلبانه باعث افزایش فروش در بازار داخلی شده است.**

**هند**

**در هند، دولت مسیر حرکت الکتریکی را با "طرح ملی ماموریت تحرک الکتریکی 2020 [[205]](#footnote-205)(NEMMP2020) " در سال 2013 آغاز کرد. این طرح نقشه راهی برای دستیابی به فروش 6 تا 7 میلیون خودروی برقی در سال 2020 را ارائه نمود که همچنین شامل 400.000 واحد ماشین های مسافربری الکترونیکی بود. در سال 2015، دولت این طرح را با طرح "پذیرش و ساخت سریع‌تر وسایل نقلیه الکتریکی" [[206]](#footnote-206)(FAME) حمایت نموده و دو سال بعد نیز مرحله دوم آن (FAME-II) را شروع نمود. FAME-II در سال 2022 به پایان می رسد و شامل تحریک برای خرید و استقرار زیرساخت شارژ است.**

**خط مشی FAME تولیدکنندگان را تشویق می کند که به جای انواع سرب اسیدی که با محیط زیست سازگار نیستند، از باتری هایی با شیمی پیشرفته - لیتیوم - استفاده کنند. خط مشی خودرو برقی در هند در بین سه سطح قدرت اجرایی – ملی- ایالتی، شهری - توزیع می شود و اکثر قوانین و مقررات در سطح ایالت یا شهر در نظر گرفته می شوند. گذشته از طرح FAME، هند از صنعت خودروسازی با برنامه «ساخت در هند» حمایت می‌کند، که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی را از طریق ارائه مشوق‌های متعدد به سرمایه‌گذاران خارجی مانند معافیت مالیاتی و امتیاز و یارانه تحریک نموده و مشوق‌های مالیاتی را برای تحقیق و توسعه و "برنامه تولید مرحله‌ای" (PMP)[[207]](#footnote-207) ارائه می‌کند. برنامه (PMP) در سال 2017، عوارض گمرکی (BCD)[[208]](#footnote-208) را بین 0 تا 25 درصد برای وسایل نقلیه الکتریکی، مجموعه ها و قطعات و اجزاء خودروهای الکتریکی را جهت حمایت از توسعه حمل و نقل الکتریکی، کاهش داده است. در سال 2020، BCD شروع به افزایش تدریجی (10 تا 50 درصد) کرد تا تولید داخلی را تحریک نماید.[[209]](#footnote-209) بخش قطعات خودرو هند سریعتر از بخش خودروهای کامل رشد نموده و یک چهارم تولید نیز صادر می گردد. در سه سال گذشته، سرمایه‌گذاری‌های بالایی هم از نهادهای داخلی و هم خارجی جذب شده است، به‌عنوان مثال، بانک همکاری بین‌المللی ژاپن (1 میلیارد دلار)، تویوتا کرلوسکار موتورز (272.81 میلیون دلار) برای قطعات خودروهای برقی. برقی شدن بخش خودرو امکان ایجاد یک بخش باتری جدید و ارتباط با بخش فناوری اطلاعات موجود را فراهم نموده است. به موجب اظهارات "اتحاد ذخیره انرژی هند"[[210]](#footnote-210)، پتانسیل بازار باتری در سال 2019 حدود 580 میلیون دلار بود و پیش بینی می شود تا سال 2027 به 14.9 میلیارد دلار افزایش یابد. در حال حاضر، هند به واردات لیتیوم وابسته است، اما منابع لیتیوم تازه کشف شده در سال 2020 می تواند توسعه سریع تر بخش خودروی برقی را فراهم سازد.[[211]](#footnote-211) در خودروهای دو و سه چرخ برقی، هزینه باتری نیمی از قیمت خودرو را تشکیل می دهد. بنابراین، دولت به تولیدکنندگان اجازه داد تا وسایل نقلیه بدون باتری بفروشند و توسعه خدمات مختلف تعویض باتری را تشویق نمود.[[212]](#footnote-212)**

**در این کشور، پاسخ‌ها به وجود پنجره‌های سبز در بخش خودروهای الکتریکی عمدتاً به شرکت‌های مهم خودروسازی ملی با شکل‌گیری سیستم نوآوری ضعیف محدود می‌شود.**

**آفریقای جنوبی**

**پنجره های سبز برای تولید باتری به منابع طبیعی وابسته هستند. در آفریقای جنوبی، افزایش استفاده جهانی از خودروهای الکتریکی فرصت‌های ویژه‌ای را برای این کشور فراهم می‌کند تا مزیت رقابتی در زنجیره ارزش باتری‌های لیتیوم یون را ایجاد نماید.[[213]](#footnote-213)**

**در سال 2013، دولت آفریقای جنوبی «برنامه تولید و توسعه خودرو» (APDP)[[214]](#footnote-214) را معرفی کرد که به طور خاص به بخش خودروهای الکتریکی نپرداخته، بلکه کل صنعت خودروسازی را در بر می گرفت. چهار ستون این سیاست - عوارض واردات، مشوق های تولید، کمک هزینه مونتاژ، طرح سرمایه گذاری - توانستند صنعت را ثابت نگه دارند، اما موقعیت جهانی آن را بهبود ندادند. در اواسط دهه قبل، سیاستی با هدف افزایش آلودگی توسط حمل و نقل جاده ای (GTS 2018 –50) اجرا شد که تولید داخلی، تحقیق و توسعه و مصرف جایگزین برای وسایل نقلیه احتراق داخلی را تحریک می نمود. در پایان دوره APDP، دولت آن را با طرح جامع خودرو آفریقای جنوبی [[215]](#footnote-215)(SAAM 2021-2035) با هدف اصلی رسیدگی به کاهش محتوای محلی در صنعت خودرو (از 46.6 درصد در سال 2012 به 38.7 درصد) به روز کرد. در سال 2016. علیرغم تاکید سیاست بر اهمیت خودروهای برقی در آینده، تمهیدات خاصی برای آن در نظر گرفته نشد.[[216]](#footnote-216) به طور کلی، توسعه خودرو برقی با سیاست‌های حمل ‌و نقل پاک‌تر مرتبط می باشد که عمدتاً با جریمه‌کردن راه‌حل‌های کثیف‌تر نظیر مالیات CO2 زیست‌محیطی پشتیبانی می شود ولی نه حمایت از تولید خودروهای برقی.[[217]](#footnote-217) آفریقای جنوبی تولید و بازیافت باتری، عمدتا از نوع سرب اسیدی را ایجاد کرده است.[[218]](#footnote-218) این کشور همچنین از نظر برخی مواد خام مورد نیاز مانند منگنز (78 درصد منابع جهان)، نیکل، فلوراید کلسیم، تیتانیوم، آلومینیوم، مس و آهن غنی است. دولت برنامه‌ریزی می‌کند که صنعت موجود، باتری‌های خودروهای الکتریکی را نیز پوشش دهد و از آن تحت «برنامه فناوری و منابع انسانی برای صنعت» پشتیبانی کند که شامل دانشگاه Western Cape، برنامه uYilo eMobility، شورای تحقیق علمی و صنعتی و فناوری زلو (Zellow) می باشد.[[219]](#footnote-219) اولین مگا کارخانه لیتیوم یون بوسیله شرکت انرژی مگا میلیون در سال 2022 راه اندازی خواهد شد.[[220]](#footnote-220) آفریقای جنوبی یک قطب مهم خودرو، به ویژه برای قطعات یدکی است. موقعیت پایدار در زنجیره های ارزش جهانی می تواند با توسعه بخش خودروهای الکتریکی ارتقا یابد، با این حال، پذیرش کندتر فناوری های جدید تهدیدی برای از دست دادن موقعیت در این زنجیره های می باشد.**

.**برای آفریقای جنوبی، ورود به زنجیره های ارزش جهانی خودرو به این معنی است که تغییر پارادایم فنی-اقتصادی می تواند بخش های قابل توجهی از زنجیره تامین داخلی را منسوخ کند، زیرا بسیاری از قطعات تولید شده در داخل دیگر مورد نیاز نخواهند بود.**

برزیل

**برزیل اولین سیاست برای حمل و نقل پاک تر را در سال 1986 (PROCONVE) برای مقابله با افزایش آلودگی در مناطق شهری و مناطق پرتولید معرفی نمود. در اوایل سال 2000، دولت چندین مشوق برای تحقیق و توسعه و یک دهه بعد برای ایجاد زیرساخت شارژ ارائه کرد. با نگاهی به سیاست های حمایتی از تولید داخل، دولت در دهه گذشته چهار مشوق را معرفی نمود که از سال 2011 با بانک توسعه ملی [[221]](#footnote-221)(BNDES) پروژه Fundo را شروع نمود و دو سال بعد با "Inovar Auto" که دوره 2013 تا 2017 را پوشش می داد که متعاقباً با "برنامه روتا 2030" فعلی جایگزین شد. برزیل غنی از منابع طبیعی مورد نیاز برای تولید باتری های خودرو الکتریکی است و دارای سومین ذخایر بزرگ گرافیت و نیکل و هفتمین ذخایر لیتیوم جهان است.[[222]](#footnote-222) برزیل علیرغم داشتن 8 درصد ذخایر جهانی لیتیوم، تنها 0.7 درصد از تولید جهانی را به خود اختصاص داده است، بنابراین لیتیوم باید وارد شود.[[223]](#footnote-223) این کشور همچنین بر اساس دانش بومی، باتری های ولتاژ پایین صنعتی و ثابت را تولید می کند. با این حال، ارتباط بین تحقیقات علمی و تولید وجود ندارد.[[224]](#footnote-224) علاوه بر این، برزیل دارای برخی از تولیدکنندگان باتری های سرب اسیدی است (به عنوان مثال، گروه مورا) که در تحقیق و توسعه و توسعه باتری های لیتیومی نیز مشارکت دارد. در نهایت، شرکت برزیلی Pxis (یک همکاری بین CODEMGE و (Oxis Energy در حال برنامه ریزی برای ایجاد اولین طرح تولید انبوه باتری های لیتیوم-گوگرد است که در مرحله آزمایشگاهی نسبت به باتری های لیتیومی فعلی عملکرد بیشتری داشته است.[[225]](#footnote-225)**

**در این کشور، موفقیت صنعت موتورهای سوخت انعطاف‌پذیر و اتانول زیستی تولید شده در داخل، سیستم نوآوری را وابسته به مسیر نموده و منافعی در حفظ تمرکز بر بیواتانول وجود دارد. پاسخ ناکافی به این معنی است که سایر مراکز منطقه ای نزدیک به بازارهای پیشرو ممکن است موقعیت بهتری برای استفاده از پنجره های سبز در این صنعت داشته باشند.**

**فهرست منابع**

Abraham A, Rodrigues JJPC, Pani SK, Dash S and Acharya B, eds. (2021). *AI, Edge, and IoT-Based Smart Agriculture*. Academic Press.

Achabou MA, Dekhili S and Hamdoun M (2017). Environmental upgrading of developing country firms in global value chains. *Business Strategy and the Environment*. 26(2):224–238.

Acharya S (2019). Top 10 gene editing companies with high prospects. Available at https://explorebiotech.com/ top-gene-editing-companies-in-2019/ (accessed 31 January 2020).

Africa Biogas Partnership Program - Supporting biogas programs in Africa (2019). .

African Development Bank (2019). Why Africa is the next renewables powerhouse. Available at https://www.afdb.org/ en/news-and-events/why-africa-is-the-next-renewables-powerhouse-18822 (accessed 23 September 2022).

African Hydrogen Trade Partnership (2022). AHP. Available at https://www.afr-h2-p.com (accessed 9 December 2022).

Agrawal A, Gans J and Goldfarb A (2018). *Prediction Machines: The Simple Economics of Artificial Intelligence*. Harvard Business Review Press. Boston, Massachussets.

Ahmadi MH et al. (2019). Renewable energy harvesting with the application of nanotechnology: A review. *International Journal of Energy Research*. 43(4):1387–1410.

Ahmed A, Campion BB and Gasparatos A (2017). Biofuel development in Ghana: Policies of expansion and drivers of failure in the jatropha sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 70133–149.

Ahmed I (2021). Building a data warehouse: Cost estimation. Available at https://www.astera.com/type/blog/ building-a-data-warehouse-cost-estimation/ (accessed 13 December 2022).

Aithal PS and Aithal S (2016). Nanotechnology innovations and commercialization-Opportunities, challenges & reasons for delay. *International Journal of Engineering and Manufacturing*. 6(6):15–25.

Akileswaran K and Hutchinson G (2019). Adapting to the 4IR: Africa’s development in the age of automation. Tony Blair Institute for Global Change. (accessed 16 December 2022).

Akilo D (2018). The emergence of blockchain as a service providers. Available at https://businessblockchainhq. com/blockchain-trends/the-emergence-of-blockchain-as-a-service-providers/ (accessed 30 January 2020).

Akyuz Y (2009). Industrial tariffs, international trade, and development. *Industrial Policy and Development: The Political Economy of Capabilities Accumulation*. The initiative for policy dialogueOxford University Press. New York.

Alekseeva L, Azar J, Giné M, Samila S and Taska B (2021). The demand for AI skills in the labor market. *Labour Economics*. 71(Aug):1–60.

Allied Market Research (2021a). Nanotechnology market by type (nanosensor and nanodevice) and application (electronics, energy, chemical manufacturing, aerospace & defense, healthcare, and others): Global opportunity analysis and industry forecast, 2021–2030. Available at https://www.alliedmarketresearch. com/nanotechnology-market#:~:text=Nanotechnology%20Market%20Outlook%20%E2%80%93%20 2030,36.4%25%20from%202021%20to%202030. (accessed 12 December 2022).

Allied Market Research (2021b). Next generation biofuels market by biofuel type (biodiesels, biogas, biobutanol, and others), process (biochemical process and thermochemical process), raw material (lignocellulose, jatropha, camelina, algae, and others), and application (transportation, power generation and others): Global opportunity analysis and industry forecast, 2021-2030. Available at https://www.alliedmarketresearch. com/second-third-generation-biofuels-market#:~:text=Next%20Generation%20Biofuels%20Market%20 Outlook,26.4%25%20from%202021%20to%202030. (accessed 11 December 2022).

Allied Market Research (2021c). Genome Editing Market by Application (Cell Line Engineering, Genetic Engineering, Drug Discovery, Gene-modified Cell Therapy, Diagnostics, and Other Applications), Technology (CRISPR, TALEN, ZFN, and Other Technologies), and End User (Academics & Government Institutes, Biotechnology & Pharma Companies, and Contract Research Organizations): Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2021–2030 July. Available at <https://www.alliedmarketresearch.com/genome-editing-market-A12445>.

Allied Market Research (2022a). Solar photovoltaic (PV) panel market by technology (crystalline silicon, thin film, and others), grid type (on-grid and off-grid), and end use (residential, commercial & industrial, and others): Global opportunity analysis and industry forecast, 2021–2030. Available at https://www.alliedmarketresearch. com/solar-photovoltaic-panel-market (accessed 12 December 2022).

Allied Market Research (2022b). Artificial intelligence (AI) market by component (solution and services), technology (machine learning, natural language processing, computer vision, and others), and industry vertical (IT and telecommunications, retail and e-commerce, BFSI, healthcare, manufacturing, automotive, and others): Global opportunity analysis and industry forecast, 2021-2030. Available at https://www. alliedmarketresearch.com/artificial-intelligence-market (accessed 12 December 2022).

Allied Market Research (2022c). Electric vehicle market by type (battery electric vehicle, plug-in hybrid electric vehicle, and fuel cell electric vehicle), vehicle type (two-wheelers, passenger cars, and commercial vehicles), vehicle class (mid-priced and luxury), top speed (less than 100 MPH, 100 to 125 MPH, and more than 125 MPH) and vehicle drive type (front wheel drive, rear wheel drive, and all wheel drive): Global opportunity analysis and industry forecast, 2021-2030 January. Available at https://www.alliedmarketresearch.com/ electric-vehicle-market (accessed 11 December 2022).

Alnaimat F and Rashid Y (2019). Advances in Concentrated Solar Power: A Perspective of Heat Transfer. 1–17.

Altenburg T, Schmitz H and Stamm A (2008). Breakthrough? China’s and India’s transition from production to innovation. *World Development*. 36(2):325–344.

Alves Dias P, Bobba S, Carrara S and Plazzotta B (2020). *The Role of Rare Earth Elements in Wind Energy and Electric Mobility: An Analysis of Future Supply/Demand Balances*. United Nations publication. Sales No. KJ-NA-30488-EN-N. LU.

Amankwah-Amoah J, Khan Z, Wood G and Knight G (2021). COVID-19 and digitalization: The great acceleration. *Journal of Business Research*. 136(11):602–611.

Amendolagine V, Lema R and Rabellotti R (2021). Green foreign direct investments and the deepening of capabilities for sustainable innovation in multinationals: Insights from renewable energy. *Journal of Cleaner Production*. 310127381.

AMFG (2018). Combining 3D printing and robotics to create smart factories. Available at https://amfg. ai/2018/08/15/3d-printing-and-robotics-create-smart-factories/ (accessed 12 December 2022).

Amri F (2018). Carbon dioxide emissions, total factor productivity, ICT, trade, financial development, and energy consumption: testing environmental Kuznets curve hypothesis for Tunisia. *Environmental science and pollution research international*. 25(33):33691–33701.

Andersen AD (2015). A functions approach to innovation system building in the South: The pre-Proálcool evolution of the sugarcane and biofuel sector in Brazil. *Innovation and Development*. 5(1):1–21, Routledge.

Andreoni A and Anzolin G (2019). A revolution in the making? Challenges and opportunities of digital production technologies for developing countries. UNIDO. Vienna, 71.

Antwi-Bediako R, Otsuki K, Zoomers A and Amsalu A (2019). Global investment failures and transformations: A review of hyped Jatropha spaces. *Sustainability*. 11(12):3371, Multidisciplinary Digital Publishing Institute.

Anwar H (2019). Blockchain as a service: enterprise-grade BaaS solutions. Available at https://101blockchains. com/blockchain-as-a-service/ (accessed 30 January 2020).

Arora S, Romijn HA and Caniëls MCJ (2014). Governed by history: Institutional analysis of a contested biofuel innovation system in Tanzania. *Industrial and Corporate Change*. 23(2):573–607.

ASDF (2020). Project: Assessment of the current status of the Circular Economy for developing a Roadmap for Brazil, Chile, Mexico and Uruguay. Evaluation Report RFP/UNIDO/7000003530 May.

Asian Development Bank (2018). Cambodia: Energy Sector Assessment, Strategy, and Road Map. Asian Development Bank. Manila, Philippines. (accessed 11 December 2022).

Asian Development Bank (2020). Cambodia Solar Power Project. Asian Development Bank. Manila, Philippines.

Auktor GV (2022). The opportunities and challenges of Industry 4.0 for industrial development: A case study of Morocco’s automotive and garment sectors. Working Paper No. 2/2022. Deutsches Institut für Entwicklungspolitik (DIE). (accessed 8 December 2022).

Australian Government, Department of Infrastructure, Transport, Regional Development and Communications (2020). Economic benefit analysis of drones in Australia. Available at https://www.infrastructure.gov.au/ sites/default/files/documents/economic-benefit-analysis-of-drones-to-australia-final-report.pdf (accessed 11 December 2012).

Automate (2020). The paradox of smart manufacturing. Available at https://www.automate.org/case-studies/ the-paradox-of-smart-manufacturing (accessed 31 May 2022).

Automotive Production and Development Programme (2021). Available at https://www.sars.gov.za/customs-and-excise/registration-licensing-and-accreditation/automotive-production-and-development-programme-apdp/ (accessed 3 January 2023).

Azati (2019). How much does artificial intelligence (AI) cost in 2019? Available at https://azati.ai/how-much-does-it-cost-to-utilize-machine-learning-artificial-intelligence/ (accessed 30 January 2020).

Bain and Company (2021). Artificial intelligence: Who will lead the next era? Available at https://www.bain.com/ insights/who-will-lead-the-next-era-of-artificial-intelligence-tech-report-2021/ (accessed 12 December 2022).

Baker L and Sovacool BK (2017). The political economy of technological capabilities and global production networks in South Africa’s wind and solar photovoltaic (PV) industries. *Political Geography*. 601–12.

Ball T (2017). Top 10 players in artificial intelligence. Available at https://www.cbronline.com/internet-of-things/ cognitive-computing/top-10-players-artificial-intelligence-ai/ (accessed 30 January 2020).

Banga K (2022). Digital Technologies and Product Upgrading in Global Value Chains: Empirical Evidence from Indian Manufacturing Firms. *The European Journal of Development Research*. 34(1):77–102, Palgrave Macmillan & European Association of Development Research and Training Institutes (EADI).

Barbieri L, Mussida C, Piva M and Vivarelli M (2020). Testing the Employment Impact of Automation, Robots and AI: A Survey and Some Methodological Issues. *Handbook of Labor, Human Resources and Population Economics, Section: Technological Changes and the Labor Market*. Springer.

Barnes J, Black A, Comrie D, Ind Be and Hartogh T (2018). Geared for Growth South Africa’s automotive industry masterplan to 2035: A report of the South African Automotive Masterplan Project. The South African Department of Trade and Industry.

Basso S, Ritzo C and Xynou M (2020). Measurement observations on network performance during the COVID-19 pandemic in Northern Italy. Available at https://ooni.org/post/2020-network-performance-covid19-italy/ (accessed 19 December 2022).

*BBC* (2021). The African nation aiming to be a hydrogen superpower. 28 December.

Beise M and Rennings K (2005). Lead markets and regulation: A framework for analyzing the international diffusion of environmental innovations. *Ecological Economics*. 52(1):5–17.

Benti NE et al. (2021). The current status, challenges and prospects of using biomass energy in Ethiopia. *Biotechnology for Biofuels*. 14(1):209.

Bhamidipati PL et al. (2021). Local value capture from the energy transition: insights from the Solar PV industry in Kenya. UNEP DTU Partnership. Copenhagen and Nairobi, 58.

Bilgili F, Bulut Ü and Kuşkaya S (2017). Can biomass energy be an efficient policy tool for sustainable development? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 71(issue C):830–845.

Binz C, Gosens J, Yap X-S and Yu Z (2020). Catch-up dynamics in early industry lifecycle stages—a typology and comparative case studies in four clean-tech industries. *Industrial and Corporate Change*. 29(5):1257–1275.

Biodiesel in India: The Jatropha fiasco (2018). D0wn to earth. Available at https://www.downtoearth.org.in/blog/ energy/biodiesel-in-india-the-jatropha-fiasco-61321 (accessed 4 February 2022).

Biogradlija A (2022). Chile awards six new green hydrogen projects. Available at https://energynews.biz/chile-awards-six-new-green-hydrogen-projects/ (accessed 8 December 2022).

BizVibe (2022). Available at https://blog.bizvibe.com/blog/energy-and-fuels/top-10-wind-turbine-manufacturers-world (accessed 12 December 2022).

Blicharska M et al. (2017). Steps to overcome the North–South divide in research relevant to climate change policy and practice. *Nature Climate Change*. 7(1):21–27.

Bloomberg (2021a). World’s Largest Hydro-Floating Solar Farm Goes Live in Thailand - Bloomberg. Available at https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-11-09/world-s-largest-hydro-floating-solar-farm-goes-live-in-thailand (accessed 26 December 2022).

*Bloomberg* (2021b). China Approves Renewable Mega-Project for Green Hydrogen. 17 August.

Boleti E, Garas A, Kyriakou A and Lapatinas A (2021). Economic Complexity and Environmental Performance: Evidence from a World Sample. *Environmental Modeling & Assessment*. 26(3):251–270.

Bolt J, Inklaar R, de Jong H and van Zanden JL (2018). Rebasing ‘Maddison’: new income comparisons and the shape of long-run economic development.

Botha M (2019). The 15 most important AI companies in the world. Available at https://towardsdatascience. com/the-15-most-important-ai-companies-in-the-world-79567c594a11 (accessed 30 January 2020).

Bravo R and Friedrich D (2018). Integration of energy storage with hybrid solar power plants. *Energy Procedia*. 3rd Annual Conference in Energy Storage and Its Applications, 3rd CDT-ESA-AC, 11–12 September 2018, The University of Sheffield, UK. 151182–186.

Bresser Pereira LC (2010). *Globalization and Competition: Why Some Emergent Countries Succeed While Others Fall Behind*. Cambridge University Press. New York.

Bright Outlook (2022). Data Scientists. Available at https://www.onetonline.org/link/summary/15-2051.00 (accessed 11 December 2022).

*Brookings* (2021). Accelerating Africa’s green economy transition. 11 April.

Brooks C (2022). Forbes. Available at https://www.forbes.com/sites/chuckbrooks/2022/05/31/3-key-areas-where-nanotechnology-is-impacting-our-future/?sh=6d3f11a06741 (accessed 10 October 2022).

Brown D (2019). Analysis: Floating solar power along the dammed-up Mekong River. Available at https://news. mongabay.com/2019/12/analysis-floating-solar-power-along-the-dammed-up-mekong-delta/ (accessed 11 December 2022).

Bundesamt für Energie (2022). Pilot und Demonstrationsprogramm. Available at https://www.bfe.admin.ch/ bfe/de/home/forschung-und-cleantech/pilot-und-demonstrationsprogramm.html (accessed 12 December 2022).

Bunger K (2018). How to get a job in 3D printing. Available at https://3dprintingindustry.com/news/how-to-get-a-job-in-3d-printing-145655/ (accessed 31 January 2020).

Buntz B (2020). Using IoT for safety is a priority for many industrial firms. Available at https://www.iotworldtoday. com/2020/09/08/using-iot-for-safety-is-a-priority-for-many-industrial-firms/ (accessed 11 December 2022).

Bureau of Labor Statistics, U.S. Department of Labor (2019a). Biomedical engineers : occupational outlook handbook: : U.S. Bureau of Labor Statistics. Available at https://www.bls.gov/ooh/architecture-and-engineering/biomedical-engineers.htm (accessed 31 January 2020).

Bureau of Labor Statistics, U.S. Department of Labor (2019b). Medical scientists : occupational outlook handbook: : U.S. Bureau of Labor Statistics. Available at https://www.bls.gov/ooh/life-physical-and-social-science/medical-scientists.htm (accessed 31 January 2020).

Bureau of Labor Statistics, U.S. Department of Labor (2022). Occupational outlook handbook: Data scientists September. Available at https://www.bls.gov/ooh/math/data-scientists.htm (accessed 12 October 2022).

*Business Today* (2022). Electric vehicles: Will challenges outweigh opportunities in the long run? 20 February.

Business Upturn (2021). Top 10 electric vehicles (EVs) manufacturers in the world. Available at https:// www.businessupturn.com/features/top-10-electric-vehicles-evs-manufacturers-in-the-world/ (accessed 14 December 2022).

Bwalya SM, Phiri E and Mpembamoto K (2009). How non-state actors lobby to influence budget outcomes in Zambia. Discussion Paper Series No. 27. IPPG. Manchester.

Byers A (2015). Big data, big economic impact? *I/S: A Journal of Law and Policy for the Information Society*. 10(8):757–764.

Calabrese L and Tang X (2022). Economic transformation in Africa: What is the role of Chinese firms? *Journal of International Development*, John Wiley & Sons, Ltd.

Cammeraat E, Dechezleprêtre A and Lalanne G (2022). Innovation and industrial policies for green hydrogen. OECD. Paris. (accessed 16 December 2022).

Campbell K et al. (2017). The 5G economy: How 5G technology will contribute to the global economy. Available at https://cdn.ihs.com/www/pdf/IHS-Technology-5G-Economic-Impact-Study.pdf (accessed 13 December 2022).

Can M and Gozgor G (2017). The impact of economic complexity on carbon emissions: evidence from France. *Environmental science and pollution research international*. 24(19):16364–16370.

CareerExplorer (2020a). The job market for robotics engineers in the United States. Available at https://www. careerexplorer.com/careers/robotics-engineer/job-market/ (accessed 31 January 2020).

CareerExplorer (2020b). The job market for nanotechnology engineers in the United States. Available at https:// www.careerexplorer.com/careers/nanotechnology-engineer/job-market/ (accessed 31 January 2020).

CBI (2022). The European market potential for (Industrial) Internet of Things. (accessed 12 December 2022).

CERN (2008). CERN’s mission. Available at https://public-archive.web.cern.ch/en/About/Mission-en.html (accessed 21 December 2022).

CERN (2022). Our Member States. Available at https://home.cern/about/who-we-are/our-governance/member-states (accessed 21 December 2022).

Cezarino LO, Liboni LB, Oliveira Stefanelli N, Oliveira BG and Stocco LC (2019). Diving into emerging economies bottleneck: Industry 4.0 and implications for circular economy. *Management Decision*. 59(8):1841–1862, Emerald Publishing Limited.

CGTN (2021). Solar power dawns light of prosperity in China’s impoverished areas. Available at https://news. cgtn.com/news/2021-04-06/Role-of-solar-power-projects-in-poverty-alleviation-in-China-ZeHxotj0Gs/ index.html (accessed 9 December 2022).

Chakravorty A (2019). Underground robots: How robotics is changing the mining industry. Available at http://eos. org/features/underground-robots-how-robotics-is-changing-the-mining-industry (accessed 12 December 2022).

Chamberlain A (2018). The future of solar energy jobs: Bright or mostly overcast? Available at https://www. glassdoor.com/research/solar-energy-jobs/ (accessed 12 October 2022).

Chang H-J (2002). *Kicking Away the Ladder: Development Strategy in Historical Perspective*. Anthem Press. London.

Chang H-J (2020). Building pro-development multilateralism: towards a “New” New International Economic Order. 11.

Cheng Z, Li L and Liu J (2017). The emissions reduction effect and technical progress effect of environmental regulation policy tools. *Journal of Cleaner Production*. 149(C):191–205.

Choukri K, Naddami A and Hayani S (2017). Renewable energy in emergent countries: lessons from energy transition in Morocco. *Energy, Sustainability and Society*. 7(1):25.

Chowdhury T et al. (2020). Latest advancements on livestock waste management and biogas production: Bangladesh’s perspective. *Journal of Cleaner Production*. 272122818.

Chu LK (2021). Economic structure and environmental Kuznets curve hypothesis: new evidence from economic complexity. *Applied Economics Letters*. 28(7):612–616, Routledge.

Chui M, Collins M and Patel M (2021). The Internet of Things: Catching up to an accelerating opportunity. Available at https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/ our%20insights/iot%20value%20set%20to%20accelerate%20through%202030%20where%20and%20 how%20to%20capture%20it/the-internet-of-things-catching-up-to-an-accelerating-opportunity-final.pdf (accessed 12 September 2022).

Cimoli M, Coriat B and Primi A (2009a). Intellectual Property and Industrial Development: A Critical Assessment. *Industrial Policy and Development: The Political Economy of Capabilitites Accumulation.* Oxford University Press.

Cimoli M, Coriat B and Primi A (2009b). Intellectual Property and Industrial Development: A Critical Assessment. *Industrial Policy and Development: The Political Economy of Capabilities Accumulation*. 506–538.

Cipriani J (2020). ZDNet. Available at https://www.zdnet.com/article/compared-5g-data-plans-from-verizon-at-t-sprint-and-t-mobile/.

Cirera X, Comin D and Cruz M (2022). Bridging the Technological Divide: Technology Adoption by Firms in Developing Countries. The World Bank Productivity Project. World Bank. Washington, DC, 241. (accessed 21 December 2022).

City of Johannesburg (2022). What is load shedding? Available at https://www.joburg.org.za/departments\_/ Pages/MOEs/city%20power/What-is-load-shedding.aspx (accessed 11 December 2022).

Claros E and Davies R (2016). Economic impact of big data September. Available at https://epthinktank. eu/2016/09/29/economic-impact-of-big-data/ (accessed 13 December 2022).

Clean Development Mechanism (2022). Available at https://cdm.unfccc.int/ (accessed 8 December 2022).

Cohn P, Green A, Langstaff M and Roller M (2017). McKinsey & Co. Available at https://www.mckinsey. com/industries/travel-logistics-and-infrastructure/our-insights/commercial-drones-are-here-the-future-of-unmanned-aerial-systems.

Consoni FL, Barassa E, Martínez J and Moraes HB (2019). Roadmap tecnológico para veículos elétricos leves no Brasil. PNME. Brasília, 61. (accessed 9 December 2022).

CORFO (2022). CHILE TRANSFORMA. Available at https://www.corfo.cl/sites/cpp/areas-de-trabajo/ programas-estrat%C3%A9gicos-integrados (accessed 21 December 2022).

Corrocher N and Morrison A (2020). Past Trends in Green Technology Development: A Patent Data Perspective. *The transition towards a green economy and its implications for quality infrastructure*. The German Development Institute. Bonn.

Cox L (2019). Small but mighty: 6 applications of nanotechnology. Available at https://disruptionhub.com/6- applications-of-nanotechnology/ (accessed 31 January 2020).

Criscuolo C, Gonne N, Kitazawa K and Lalanne G (2022). An industrial policy framework for OECD countries: Old debates, new perspectives. OECD Science, Technology and Industry Policy Papers No. 127. OECD Publishing. Paris.

Dahlqvist F, Patel M, Rajko A and Shulman J (2019). McKinsey & Company. Available at https://www.mckinsey. com/industries/private-equity-and-principal-investors/our-insights/growing-opportunities-in-the-internet-of-things (accessed 13 December 2022).

Dai Y, Haakonsson S and Oehler L (2020). Catching up through green windows of opportunity in an era of technological transformation: Empirical evidence from the Chinese wind energy sector. *Industrial and Corporate Change*. 29(5):1277–1295.

Damioli G, Van Roy V, Vertesy D and Vivarelli M (2022). AI technologies and employment: Micro evidence from the supply side. *Applied Economics Letters*. 29(Feb):1–6.

Darko C, Occhiali G and Vanino E (2021). The Chinese are here : import penetration and firm productivity in sub-Saharan Africa. *The Journal of Development Studies*. 57(12):2112–2135, Routledge.

Dauvergne P (2020). Is artificial intelligence greening global supply chains? Exposing the political economy of environmental costs. *Review of International Political Economy*. 29(3):696–718, Routledge.

De Marchi V and Di Maria E (2019). Environmental Upgrading and Suppliers’ Agency in the Leather Global Value Chain. *Sustainability*. 11(23):.

De Marchi V, Di Maria E, Krishnan A and Ponte S (2019). Environmental upgrading in global value chains. *Handbook on Global Value Chains*. Edward Elgar Publishing: 310–323.

Deleidi M, Mazzucato M and Semieniuk G (2020). Neither crowding in nor out: Public direct investment mobilising private investment into renewable electricity projects. *Energy Policy*. 140(5):111195.

Delera M, Pietrobelli C, Calza E and Lavopa A (2022). Does value chain participation facilitate the adoption of Industry 4.0 technologies in developing countries? *World Development*. 152105788.

Deloitte (2017). Blockchain: Enigma. Paradox. Opportunity. (accessed 10 October 2022).

Department of Science and Innovation (2021a). Hydrogen society roadmap for South Africa 2021. Department of Science and Innovation. South Africa. (accessed 11 December 2022).

Department of Science and Innovation (2021b). South Africa Hydrogen Valley Final Report. 141.

Destatis (2023). Research and Development - Expenditure on research and development by sector. Available at https://www.destatis.de/EN/Themes/Society-Environment/Education-Research-Culture/Research- Development/Tables/research-development-sectors.html (accessed 10 January 2023).

Development Bank of Southern Africa (2020). IDC & DBSA invest in Mitochondria, an Energy Service Provider. Available at https://www.dbsa.org/press-releases/idc-dbsa-invest-mitochondria-energy-service-provider (accessed 11 December 2022).

Digital Magazine (2016). Big data’s role in 3D printing. Available at https://www.borndigital.com/2016/07/29/ big-data-3d-printing (accessed 30 January 2020).

Dioha MO, Lukuyu J, Virgüez E and Caldeira K (2022). Guiding the deployment of electric vehicles in the developing world. *Environmental Research Letters*. 17(071001):1–5.

Do TN et al. (2021). Vietnam’s solar and wind power success: Policy implications for the other ASEAN countries. *Energy for Sustainable Development*. 651–11.

Dos Santos e Silva DFF, Bomtempo JV and Alves FC (2019). Innovation opportunities in the Brazilian sugar-energy sector. *Journal of Cleaner Production*. 218871–879.

Doshi Y (2017). Solar Photovoltaic (PV) installations market size, share. Available at https://www. alliedmarketresearch.com/solar-photovoltaic-PV-installations-market (accessed 31 January 2020).

Dosi G, Piva M, Virgillito ME and Vivarelli M (2021). Embodied and disembodied technological change: the sectoral patterns of job-creation and job-destruction. *Research Policy*. 50(4):104–199.

DPIIT (2020). Make in India - Automobiles. Government of India. (accessed 3 January 2023).

Duque Marquez A (2007). The Brazilian Energy Revolution: Lessons from the biofuel industry boom. IIPI, 28.

Durbin D (2022). Ultimaker. Available at https://ultimaker.com/learn/how-much-does-a-3d-printer-cost.

Dwivedi A, Moktadir MdA, Chiappetta Jabbour CJ and de Carvalho DE (2022). Integrating the circular economy and industry 4.0 for sustainable development: Implications for responsible footwear production in a big data-driven world. *Technological Forecasting and Social Change*. 175121335.

Echochain (2022). Available at https://ecochain.com/ (accessed 12 December 2022).

ECOSOC (2021). Resolution adopted by the Economic and Social Council on 22 July 2021. E/RES/2021/30 July. Available at https://unctad.org/system/files/official-document/ecosoc\_res\_2021d30\_en.pdf (accessed 21 December 2022).

Efficiency Vermont (2020). Available at https://www.efficiencyvermont.com/blog/your-story/how-did-simple-efficiency-solutions-help-husky-save (accessed 31 May 2022).

Elamin NEA and Fernandez de Cordoba S (2020). The Trade Impact of Voluntary Sustainability Standards: A Review of Empirical Evidence. United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) Research Papers No. 50. United Nations. (accessed 8 December 2022).

Elétricos no horizonte (2019). Revista Pesquisa Fapesp. Available at https://revistapesquisa.fapesp.br/eletricos-no-horizonte/ (accessed 8 December 2022).

Elmo Motion Control Ltd (2020). The Paradox of Smart Manufacturing October. Available at https://www. elmomc.com/wp-content/uploads/2020/11/Elmo\_The\_Paradox\_of\_Smart\_Manufacturing\_Article\_1.0.1-1. pdf.

Emergen Research (2022). Top 10 Prominent Companies in the World Offering Big Data as a Service. Available at https://www.emergenresearch.com/blog/top-10-companies-in-the-world-offering-big-data-as-a-service (accessed 13 December 2012).

Engelen J and Hart P (2021). CERN: Guardian of the Human Aspiration to Understand the Universe. In: Boin A,, Fahy L A, and ’t Hart P, eds. *Guardians of Public Value: How Public Organisations Become and Remain Institutions*. Springer International Publishing. Cham: 211–235.

Engineerinng News (2021). Sasol, IDC team up to stimulate South Africa’s green-hydrogen industry. Available at https://www.engineeringnews.co.za/article/sasol-idc-team-up-to-stimulate-south-africas-green-hydrogen-industry-2021-07-05 (accessed 11 December 2022).

EPO (2013). New EPO-UNEP patents study reveals huge potential for Clean Energy Technologies in Africa. Available at https://www.epo.org/news-events/news/2013/20130516a.html (accessed 12 December 2022).

Ericsson (2022). Ericsson Mobility Report. (accessed 23 September 2022).

Essegbey GO, Quaye W, and Onumah JA (2021). Frontier Technology Adoption in Developing Countries- The Ghana Survey. Report of Survey. UNCTAD.

EU (2018). DIRECTIVE (EU) 2018/2001 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast) (Text with EEA relevance). 2018(12):82–209.

Evans P (1995). *Embedded Autonomy: States and Industrial Transformation*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.

Executive Summary – Harambee Prosperity Plan II (2022). Available at https://hppii.gov.na/executive-summary/ (accessed 8 December 2022).

Fabre P and Wang B (2012). The Consultative Group on International Agricultural Research. *Meeting Global Challenges through Better Governance International Co-Operation in Science, Technology and Innovation*. OECD: 244.

Fajardo-Ortiz D, Hornbostel S, Montenegro de Wit M and Shattuck A (2022). Funding CRISPR: Understanding the role of government and philanthropic institutions in supporting academic research within the CRISPR innovation system. *Quantitative Science Studies*. 3(2):443–456.

Feist J (2021). Drone Rush. Available at https://dronerush.com/drone-price-how-much-do-drones-cost-21540/.

Fernando de SJ and Jackson C (2020). Green Hydrogen in Developing Countries. World Bank Group. Washington, DC, 132. (accessed 8 December 2022).

Figueiredo PN (2017). Micro-level technological capability accumulation in developing economies: Insights from the Brazilian sugarcane ethanol industry. *Journal of Cleaner Production*. 167416–431.

*Financial Times* (2022). Lockdowns compared: tracking governments’ coronavirus responses. 19 December.

Foray D (2014). *Smart Specialisation: Opportunities and Challenges for Regional Innovation Policy*. Routledge. London.

Foray D (2016). On the policy space of smart specialization strategies. *European Planning Studies*. 24(8):1428– 1437, Taylor & Francis.

*Forbes* (2021a). This gene editing startup raised $315 million for a next generation Crispr tool to cure rare diseases. 13 July.

*Forbes* (2021b). The 7 Biggest Artificial Intelligence (AI) Trends In 2022. 24 September.

*Forbes* (2021c). 5G + IoT = Opportunity. 30 November.

*Forbes* (2022a). Will government aid really boost US additive manufacturing? 31 May.

*Forbes* (2022b). Will Government Aid Really Boost US Additive Manufacturing? 31 May.

*Foreign Affairs* (2022). The Coming Carbon Tsunami. 12 November.

FPV Drone Reviews (2019). Drone companies - top 10 best manufacturers of reliable drones. Available at https://fpvdronereviews.com/best-of/drone-companies/ (accessed 31 January 2020).

Freeman C (1992). A Green Techno-Economic paradigm for the World Economy. *The Economics of Hope: Essays on Technical Change, Economic Growth and the Environment*. Pinter. London: 190–211.

Freeman C (1996). The greening of technology and models of innovation. *Technological Forecasting and Social Change*. 53(1):27–39.

Freire C (2019). Economic diversification: A model of structural economic dynamics and endogenous technological change. *Structural Change and Economic Dynamics*. 49(C):13–28.

Freire C (2021a). Modelling the effects of rapid technological change and international protection of intellectual property in the inequalities between countries. UNCTAD Research Paper No. 68. (68):21.

Freire C (2021b). Economic Complexity Perspectives on Structural Change. In: Alcorta L,, Foster-McGregor N,, Verspagen B, and Szirmai A, eds. *New Perspectives on Structural Change: Causes and Consequences of Structural Change in the Global Economy*. Oxford University Press: 0.

Frey CB and Osborne MA (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*. 114254–280.

Friedrich-Ebert-Stiftung (2020). Hydrogen as a Green energy source on the MENA. Regional Climate and Energy Project. Friedrich-Ebert-Stiftung Jordan & Iraq. Amman. (accessed 8 December 2022).

Fritzsche K, Zejli D and Tänzler D (2011). The relevance of global energy governance for Arab countries: The case of Morocco. *Energy Policy*. At the Crossroads: Pathways of Renewable and Nuclear Energy Policy in North Africa. 39(8):4497–4506.

Froese M (2018). Global IoT market to reach $318 billion by 2023, says GlobalData. Available at https://www. windpowerengineering.com/global-iot-market-to-reach-318-billion-by-2023-says-globaldata/ (accessed 11 December 2022).

Frontier Economics (2021). Morocco reveals its ‘outstanding’ position on green hydrogen. Available at https:// www.frontier-economics.com/uk/en/news-and-articles/news/news-article-i8855-morocco-reveals-its-outstanding-position-on-green-hydrogen/ (accessed 8 December 2022).

Fu X (2015). *China’s Path to Innovation*. Cambridge University Press. Cambridge.

Fu X and Zhang J (2011). Technology transfer, indigenous innovation and leapfrogging in green technology: The solar-PV industry in China and India. *Journal of Chinese Economic and Business Studies*. 9(4):329–347.

Furtado AT, Scandiffio MIG and Cortez LAB (2011). The Brazilian sugarcane innovation system. *Energy Policy*. 39(1):156–166.

Gaget L (2018). Artificial intelligence and 3D printing. Available at https://www.sculpteo.com/blog/2018/10/24/ artificial-intelligence-and-3d-printing-meet-the-future-of-manufacturing/ (accessed 30 January 2020).

Gale F, Ascui F and Lovell H (2017). Sensing Reality? New Monitoring Technologies for Global Sustainability Standards. *Global Environmental Politics*. 17(2):65–83.

Gallagher J et al. (2019). Adapting Stand‐Alone Renewable Energy Technologies for the Circular Economy through Eco‐Design and Recycling. *Journal of Industrial Ecology*. 23(1):133–140.

Garanti Z and Zvirbule-Berzina A (2013). Policy Promoted vs. Natural Clusters: the Case of Riga Region, Latvia. *Proceedings of the International Scientific Conference: Rural Development*. 6532–536.

Garrone P and Grilli L (2010). Is there a relationship between public expenditures in energy R&D and carbon emissions per GDP? An empirical investigation. *Energy Policy*. 38(10):5600–5613.

Gartner (2022). Gartner magic quadrant for 5G network infrastructure for communications service providers February. Available at https://www.gartner.com/en/documents/3997046 (accessed 13 December 2022).

Geerts T (2018). Why your website is slow in China (and how to fix it). Available at https://www.mlytics.com/ blog/why-your-website-is-slow-in-china/ (accessed 19 December 2022).

GEFIEO (2022). Working Toward a Greener Global Recovery - Final Report of OPS7. IEO Information Documents No. GEF/R.08/Misc/OPS7 Final Report. (accessed 12 December 2022).

Gereffi G, Humphrey J and Sturgeon T (2005). The governance of global value chains. *Review of International Political Economy*. 12(1):78–104.

Gereffi G, Lim H-C and Lee J (2021). Trade policies, firm strategies, and adaptive reconfigurations of global value chains. *Journal of International Business Policy*. 4(4):506–522.

Gergs L, Inouye M, Mavrakis D, Saadi M and Zhang G (2022). State of 5G report: Enabling the boundless generation August. Available at https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&v ed=2ahUKEwiq2cOSkNX6AhXGilwKHXYKBhgQFnoECBcQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.interdigital.co m%2Fdownload%2F62fbfc2798fc463b5cc570ae&usg=AOvVaw0GhcqmRTghTK\_PAENnlgaM.

German Energy Agency/World Energy Council (2022). Global Harmonisation of Hydrogen Certification: Overview of global regulations and standards for renewable hydrogen. German Energy Agency/World Energy Council –. Berlin.

Global Environment Facility (2022). REPORT OF THE GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY TO THE TWENTY-SEVENTH SESSION OF THE CONFERENCE OF THE PARTIES TO THE UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE.

Global Environment Facility (2022). GEF. Available at https://www.thegef.org/who-we-are/funding (accessed 12 December 2022).

Global Programme on Green Hydrogen in Industry (2022). United Nations Industrial Development Organization. Available at https://www.unido.org/green-hydrogen (accessed 5 February 2022).

Global Survey on Voluntary Sustainability Standards (2022). VSS - The State of Sustainable Markets: Statistics and Emerging Trends. Available at https://vss.fibl.org/vss-report (accessed 8 December 2022).

Global Wind Energy Council (2021). Wind can power 3.3 million jobs over the next five years April. Available at https://gwec.net/wind-can-power-over-3-3-million-jobs-over-the-next-five-years/ (accessed 12 October 2022).

Golini R, De Marchi V, Boffelli A and Kalchschmidt M (2018). Which governance structures drive economic, environmental, and social upgrading? A quantitative analysis in the assembly industries. *International Journal of Production Economics*. 20313–23.

Gorjian S, Zadeh BN, Eltrop L, Shamshiri RR and Amanlou Y (2019). Solar photovoltaic power generation in Iran: Development, policies, and barriers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 106110–123.

Gosens J, Binz C and Lema R (2020). China’s role in the next phase of the energy transition: Contributions to global niche formation in the Concentrated Solar Power sector. *Environmental Innovation and Societal Transitions*. 3461–75.

Gosens J, Gilmanova A and Lilliestam J (2021). Windows of opportunity for catching up in formative clean-tech sectors and the rise of China in concentrated solar power. *Environmental Innovation and Societal Transitions*. 3986–106.

Governo do Estado do Ceará (2022). Complexo do Pecém apresenta HUB de Hidrogénio Verde nos Estados Unidos. Available at https://www.ceara.gov.br/2022/10/10/complexo-do-pecem-apresenta-hub-de-hidrogenio-verde-nos-estados-unidos/ (accessed 9 December 2022).

GPPB-TSO (2017). The Philippine Green Public Procurement Roadmap. Government Procurement Policy Board - Technical Support Office. Manila. (accessed 25 November 2022).

Grad School Hub (2020). What types of jobs are in robotics? Available at https://www.gradschoolhub.com/ faqs/what-types-of-jobs-are-in-robotics/ (accessed 31 January 2020).

Greentech (2022). Hydrogen Research Map. Available at https://www.greentech.at/en/tools/hydrogen-research-map-austria/ (accessed 20 December 2022).

Greenwin (2022). Walloon Cleantech innovation cluster. Available at https://www.greenwin.be/en/ (accessed 12 December 2022).

Gregersen CTT (2020). Local learning and capability building through technology transfer: experiences from the Lake Turkana Wind Power project in Kenya. *Innovation and Development*. 12(2):209–230, Routledge.

Gregersen CTT and Gregersen B (2021). Interactive learning spaces: Insights from two wind power megaprojects. In: Lema R,, Andersen M H,, Hanlin R, and Nzila C, eds. *Building Innovation Capabilities for Sustainable Industrialisation*. Pathways to SustainabilityRoutledge. London: 160–180.

Guennif S and Ramani S (2012). Explaining divergence in catching-up in pharma between India and Brazil using the NSI framework. *Research Policy*. 41(2):430–441.

H2Atlas-Africa (2022). H2ATLAS-AFRICA Project. Available at https://www.h2atlas.de (accessed 8 December 2022).

Haakonsson S, Kirkegaard JK and Lema R (2020). The decomposition of innovation in Europe and China’s catch-up in wind power technology: the role of KIBS. *European Planning Studies*. 28(11):2174–2192.

Hain DS, Jurowetzki R, Konda P and Oehler L (2020). From catching up to industrial leadership: Towards an integrated market-technology perspective. An application of semantic patent-to-patent similarity in the wind and EV sector. *Industrial and Corporate Change*. 29(5):1233–1255.

Hamilton J et al. (2020). Electric vehicles: Setting a course for 2030. Deloitte Insights. Deloitte. Diegem, 1–28. (accessed 13 December 2022).

Hansen T and Hansen UE (2020). How many firms benefit from a window of opportunity? Knowledge spillovers, industry characteristics, and catching up in the Chinese biomass power plant industry. *Industrial and Corporate Change*. 29(5):1211–1232.

Hardy T (2022). How much does it cost to build a blockchain app in 2022? Available at https://www. sparxitsolutions.com/blog/blockchain-app-development-cost/ (accessed 13 December 2022).

Hartman L (2021). United States of America, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. Available at https://www.energy.gov/eere/wind/articles/top-10-things-you-didnt-know-about-distributed-wind-power (accessed 13 December 2022).

Hasan M (2022). State of IoT 2022: Number of connected IoT devices growing 18% to 14.4 billion globally. Available at https://iot-analytics.com/number-connected-iot-devices/ (accessed 12 October 2022).

Hausmann R and Hidalgo CA (2011). The network structure of economic output. *Journal of Economic Growth*. 16(4):309–342.

Hidalgo CA and Hausmann R (2009). The building blocks of economic complexity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 106(26):10570–10575.

Hira A and de Oliveira LG (2009). No substitute for oil? How Brazil developed its ethanol industry. *Energy Policy*. China Energy Efficiency. 37(6):2450–2456.

Hiter S (2021). Internet of Things (IoT) job market 2022. Available at https://www.datamation.com/careers/iot-job-market/ (accessed 12 December 2022).

Hochstetler K (2020). *Political Economies of Energy Transition: Wind and Solar Power in Brazil and South Africa*. Cambridge University Press. Cambridge.

Hoium T (2017). The Motley Fool. Available at https://www.fool.com/investing/2017/05/19/bankruptcies-continue-in-solar-industry.aspx (accessed 1 March 2023).

Hong PM (2021). The Importance of Export Diversification for Developing ASEAN Economies, ISEAS Yusof Ishak Institute.

Hoppe M (2005). Technology transfer through trade. *SSRN Electronic Journal*. 1–48.

*Horizon: The EU Research & Innovation Magazine* (2014). What does the future hold for 3D printing? April.

Huang R et al. (2016). Energy and emissions saving potential of additive manufacturing: the case of lightweight aircraft components. *Journal of Cleaner Production*. 1351559–1570.

Huegemann S and Oldenbroek V (2019). Green African Hydrogen Bonds: Financing the Green African Hydrogen Deal. African Hydrogen Partnership. Port Louis, Mauritius. (accessed 8 December 2022).

Hultman N, Sierra K, Eis J and Shapiro A (2012). Green growth innovation: New pathways for international cooperation. Brookings Institution. Washington DC.

Hussein AK (2015). Applications of nanotechnology in renewable energies - A comprehensive overview and understanding. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 42(2):460–476.

Hydrogen Council and McKinsey & Company (2020). Path to Hydrogen Competitiveness: A cost perspective. Hydrogen Council, 88. (accessed 9 December 2022).

Hyphen Hydrogen Energy (2022). Available at https://hyphenafrica.com/ (accessed 9 December 2022).

IDC (2018). Worldwide spending on robotics systems and drones forecast to total $115.7 billion in 2019, according to new IDC spending guide. Available at https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS44505618 (accessed 31 January 2020).

IDC (2019a). Worldwide spending on 3D printing will reach $13.8 billion in 2019, according to new IDC spending guide. Available at https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS44619519 (accessed 31 January 2020).

IDC (2019b). Worldwide spending on artificial intelligence systems will grow to nearly $35.8 billion in 2019, according to new IDC spending guide. Available at https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS44911419 (accessed 30 January 2020).

IDC (2021a). Global spending on blockchain solutions forecast to be nearly $19 billion in 2024, according to New IDC Spending Guide April. Available at https://www.businesswire.com/news/home/20210419005059/en/ Global-Spending-on-Blockchain-Solutions-Forecast-to-be-Nearly-19-Billion-in-2024-According-to-New- IDC-Spending-Guide (accessed 13 December 2022).

IDC (2021b). Worldwide Big Data and Analytics Spending Guide.

IEA (2016). Energy Technology Perspectives 2016: Towards Sustainable Urban Energy Systems. Energy Technology Perspectives Series. Paris.

IEA (2019). Global EV Outlook 2019 : Scaling-up the transition to electric mobility. OECD. Paris. (accessed 3 January 2023).

IEA (2020). Outlook for biogas and biomethane: Prospects for organic growth – Analysis. (accessed 10 October 2022).

IEA (2021). IEA. Available at https://www.iea.org/news/renewable-electricity-growth-is-accelerating-faster-than-ever-worldwide-supporting-the-emergence-of-the-new-global-energy-economy (accessed 10 October 2022).

IEA (2022a). World Energy Outlook 2022. 524.

IEA (2022b). Global EV Outlook 2022: Securing supplies for an electric future. (accessed 10 October 2022).

Iizuka M (2015). Diverse and uneven pathways towards transition to low carbon development: the case of solar PV technology in China. *Innovation and Development*. 5(2):241–261.

Imarc Group (2022). Top 3D printing companies. Available at https://www.imarcgroup.com/top-3D-printing-companies (accessed 13 December 2022).

IMF (2022). World Economic Outlook: War sets back the global recovery. No. April 2022. Washington DC.

IMO (2022). IMO’s work to cut GHG emissions from ships. Available at https://www.imo.org/en/MediaCentre/ HotTopics/Pages/Cutting-GHG-emissions.aspx (accessed 13 December 2022).

Insider Intelligence (2022). The security and privacy issues that come with the Internet of Things. Available at https://www.insiderintelligence.com/insights/iot-security-privacy/ (accessed 12 December 2022).

International Climate Initiative (2022). Climate Protection through Sustainable Bioenergy Markets in Viet Nam December. Available at https://www.international-climate-initiative.com/PROJECT1387-1 (accessed 8 December 2022).

International Energy Agency (2020a). Renewables 2020 - Analysis and forecast to 2025. 172. (accessed 13 December 2022).

International Energy Agency (2020b). Wind – Renewables 2020 – Analysis. IEA. (accessed 10 October 2022).

International Energy Agency (2020c). An introduction to biogas and biomethane – Outlook for biogas and biomethane: Prospects for organic growth – Analysis. IEA. (accessed 10 October 2022).

International Energy Agency (2021). Biofuels – Renewables 2021 – Analysis. (accessed 10 October 2022).

International Energy Agency (2022a). Solar PV – Renewables 2020 – Analysis September. Available at https:// www.iea.org/reports/renewables-2020/solar-pv (accessed 10 October 2022).

International Energy Agency (2022b). Wind electricity – Analysis. IEA. (accessed 10 October 2022).

IPCC (2007). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University. Cambridge, UK, 976pp.

IRENA (2013). 30 Years of Policies for Wind Energy: Lessons from China. Abu Dhabi.

IRENA (2019a). Zhangjiakou Energy Transformation Strategy 2050: Pathway to a low-carbon future. IRENA. (accessed 9 December 2022).

IRENA (2019b). Future of Wind: Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects. (accessed 13 December 2022).

IRENA (2020). Green hydrogen for industry: A guide to policymaking. (accessed 12 December 2022).

IRENA (2021a). Renewable energy and jobs: Annual review 2021. Available at https://www.irena.org/-/media/ Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Oct/IRENA\_RE\_Jobs\_2021.pdf (accessed 10 December 2022).

IRENA (2021b). Wind Power: Power Generation Costs.

IRENA (2021c). Renewable power generation costs in 2020. (accessed 13 December 2022).

IRENA (2021d). Majority of new renewables Undercut cheapest fossil fuel on cost June. Available at https:// www.irena.org/news/pressreleases/2021/Jun/Majority-of-New-Renewables-Undercut-Cheapest-Fossil- Fuel-on-Cost (accessed 9 December 2022).

IRENA (2022a). Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor. International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi.

IRENA (2022b). Bioenergy for Power: Power Generation Costs.

IRENA (2022c). Scaling up biomass for the energy transition: Untapped opportunities in Southeast Asia. (accessed 13 December 2022).

IRENA (2022d). Country Ranking July. Available at https://www.irena.org/Data/View-data-by-topic/Capacity-and-Generation/Country-Rankings (accessed 9 December 2022).

ITC Export Potential Map: Spot export opportunities for trade development (2022). ITC Export Potential Map. Available at https://exportpotential.intracen.org/en/ (accessed 12 December 2022).

ITER (2022). International Fusion Energy Organization, 2022. Available at https://www.iter.org/legal/status (accessed 21 December 2022).

Jaffe AB and Palmer K (1997). Environmental Regulation and Innovation: A Panel Data Study. *The Review of Economics and Statistics*. 79(4):610–619, The MIT Press.

Jamasb T and Pollitt M (2008). Liberalisation and R&D in network industries: The case of the electricity industry. *Research Policy*. 37(6):995–1008.

Jin Z, Wang J, Yang M and Tang Z (2022). The effects of participation in global value chains on energy intensity: Evidence from international industry-level decomposition. *Energy Strategy Reviews*. 39100780.

Johannsen RM, Østergaard PA and Hanlin R (2020). Hybrid photovoltaic and wind mini-grids in Kenya: Techno-economic assessment and barriers to diffusion. *Energy for Sustainable Development*. 54111–126.

Johnson O (2016). Promoting green industrial development through local content requirements: India’s National Solar Mission. *Climate Policy*. 16(2):178–195, Taylor & Francis.

Johnstone N, Haščič I and Popp D (2010). Renewable energy policies and technological innovation: Evidence based on patent counts. *Environmental and Resource Economics*. 45(1):133–155.

Joshi D (2019). Here are the world’s largest drone companies and manufacturers to watch and stocks to invest in 2020. Available at https://www.businessinsider.com/drone-manufacturers-companies-invest-stocks (accessed 31 January 2020).

Kalthaus M and Sun J (2021). Determinants of Electric Vehicle Diffusion in China. *Environmental and Resource Economics*. 80(3):473–510.

Kandaswamy R, Furlonger D and Stevens A (2018). Digital disruption profile: Blockchain’s radical promise spans business and society. Available at https://www.gartner.com/en/doc/3855708-digital-disruption-profile-blockchains-radical-promise-spans-business-and-society (accessed 12 September 2022).

Kearney (2017). 3D printing and the future of the US economy. Available at https://www.kearney.com/docu ments/291362523/291367071/3D+Printing+and+the+Future+of+the+US+Economy.pdf/7719fc50-50b9- 6194-4c4c-c3de38e9a88c?t=1608445850000 (accessed 12 October 2022).

Kemp R and Soete L (1992). The greening of technological progress: An evolutionary perspective. *Futures*. 24(5):437–457.

Khan MJ, Ponte S and Lund-Thomsen P (2020). The ‘factory manager dilemma’: Purchasing practices and environmental upgrading in apparel global value chains. *Environment and Planning A: Economy and Space*. 52(4):766–789, SAGE Publications Ltd.

Khattak A, Stringer C, Benson-Rea M and Haworth N (2015). Environmental upgrading of apparel firms in global value chains: Evidence from Sri Lanka. *Competition & Change*. 19(4):317–335, SAGE Publications Ltd.

Khor M (2012). Climate change, technology and intellectual property rights: Context and recent negotiations. Research Paper No. 45. South Centre. Geneva.

Kirchherr J and Matthews N (2018). Technology transfer in the hydropower industry: An analysis of Chinese dam developers’ undertakings in Europe and Latin America. *Energy Policy*. 113546–558.

Kirchherr J and Urban F (2018). Technology transfer and cooperation for low carbon energy technology: Analysing 30 years of scholarship and proposing a research agenda. *Energy Policy*. 119600–609.

Kitchlu,Rahul (2021). Vietnam Renewable Energy Accelerating Change (REACH) - P174460. The Word Bank. Washington DC. (accessed 9 December 2022).

Klubnikin A (2022). How much does artificial intelligence cost? Well, it depends. Available at https://itrexgroup. com/blog/how-much-does-artificial-intelligence-cost (accessed 12 December 2022).

Koçak E and Ulucak ZŞ (2019). The effect of energy R&D expenditures on CO(2) emission reduction: estimation of the STIRPAT model for OECD countries. *Environmental science and pollution research international*. 26(14):14328–14338.

Konaev M and Abdulla SM (2021). Trends in Robotics Patents: A Global Overview and an Assessment of Russia. CSET Data Brief. Center for Security and Emerging Technology.

Konda P (2022). Domestic deployment in the formative phase of the Chinese electric vehicles sector: Evolution of the policy-regimes and windows of opportunity. *Innovation and Development*. 1–24.

Konkel AE (2021). Job seeker interest spikes in crypto and blockchain. Available at https://www.hiringlab. org/2021/08/03/job-seeker-interest-spikes-crypto-and-blockchain/ (accessed 12 September 2022).

Kosifakis G, Kampas A and Papadas C (2020). Economic complexity and the environment: some estimates on their links. *International Journal of Sustainable Agricultural Management and Informatics*. 6261–271.

Kosolapova E (2020). Harnessing the Power of Finance and Technology to Deliver Sustainable Development December. Available at https://www.iisd.org/system/files/2020-12/still-one-earth-finance-technology.pdf (accessed 21 December 2022).

KPMG (2020). The hydrogen trajectory. Available at https://home.kpmg/be/en/home/insights/2021/03/eng-the-hydrogen-trajectory.html (accessed 14 December 2022).

KPMG and GSA (2022). Global semiconductor industry outlook 2022. Available at https://advisory.kpmg. us/content/dam/advisory/en/pdfs/2022/global-semiconductor-industry-outlook-2022.pdf (accessed 12 December 2022).

Lall S (1992). Technological capabilities and industrialization. *World Development*. 20(2):165–186.

Lall S (2004). Reinventing Industrial Strategy: The Role of Government Policy in Building Industrial Competitiveness. G-24 Discussion Paper Series. UNCTAD. (accessed 6 January 2023).

Landini F, Lema R and Malerba F (2020). Demand-led catch-up: a history-friendly model of latecomer development in the global green economy. *Industrial and Corporate Change*. 29(5):1297–1318.

Laverde-Rojas H and Correa JC (2021). Economic Complexity, Economic Growth, and CO2 Emissions: A Panel Data Analysis. *International Economic Journal*. 35(4):411–433, Routledge.

Laverde-Rojas H, Guevara-Fletcher DA and Camacho-Murillo A (2021). Economic growth, economic complexity, and carbon dioxide emissions: The case of Colombia. *Heliyon*. 7(6):e07188.

Lee JW (2013). The contribution of foreign direct investment to clean energy use, carbon emissions and economic growth. *Energy Policy*. 55(C):483–489.

Lee K (2019). *The Art of Economic Catch-Up: Barriers, Detours and Leapfrogging in Innovation Systems*. Cambridge University Press. Cambridge.

Lee K and Malerba F (2017). Catch-up cycles and changes in industrial leadership:Windows of opportunity and responses of firms and countries in the evolution of sectoral systems. *Research Policy*. 46(2):338–351, North-Holland.

Lee K and Park K-H (2006). Linking the technological regime to the technological catch-up: Analyzing [the Republic of] Korea and Taiwan [Province of China] using the U[nited] S[tates] patent data. *Industrial and Corporate Change*. 15715–753.

Lee K, Wong C-Y, Intarakumnerd P and Limapornvanich C (2020). Is the Fourth Industrial Revolution a window of opportunity for upgrading or reinforcing the middle-income trap? Asian model of development in Southeast Asia. *Journal of Economic Policy Reform*. 23(4):408–425, Routledge.

Lema R, Andersen MH, Hanlin R and Nzila C (2021). Renewable electrification pathways and sustainable industrialisation: Lessons learned and their implications. *Building Innovation Capabilities for Sustainable Industrialisation*. Routledge.

Lema R, Berger A and Schmitz H (2013). China’s impact on the global wind power industry. *Journal of Current Chinese Affairs*. 42(1):37–69.

Lema R, Bhamidipati PL, Gregersen C, Hansen UE and Kirchherr J (2021). China’s investments in renewable energy in Africa: Creating co-benefits or just cashing-in? *World Development*. 141105365.

Lema R, Fu X and Rabellotti R (2020). Green windows of opportunity: Latecomer development in the age of transformation toward sustainability. *Industrial and Corporate Change*. 29(5):1193–1209.

Lema R, Hanlin R, Hansen UE and Nzila C (2018). Renewable electrification and local capability formation: Linkages and interactive learning. *Energy Policy*. 117326–339.

Lema R and Lema A (2012). Technology transfer? The rise of China and India in green technology sectors. *Innovation and Development*. 2(1):23–44.

Lema R, Quadros R and Schmitz H (2015). Reorganising global value chains and building innovation capabilities in Brazil and India. *Research Policy*. 44(7):1376–1386.

Lewis JI (2007). Technology Acquisition and Innovation in the Developing World: Wind Turbine Development in China and India. *Studies in Comparative International Development*. 42(3):208–232.

Lilliestam J et al. (2019). Updated policy pathways for the energy transition in Europe and selected European countries. Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS). Potsdam, 195. (accessed 12 December 2022).

Lilliestam J, Ollier L, Labordena M, Pfenninger S and Thonig R (2021). The near- to mid-term outlook for concentrating solar power: mostly cloudy, chance of sun. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*. 16(1):23–41, Taylor & Francis.

Loo J (2014). Industry surveys: Biotechnology September. Available at https://gskkr.files.wordpress. com/2015/01/biotechnology.pdf (accessed 13 December 2022).

Lueth KL (2018). State of the IoT 2018: Number of IoT devices now at 7B. August. Available at https://iot-analytics. com/state-of-the-iot-update-q1-q2-2018-number-of-iot-devices-now-7b/ (accessed 11 December 2022).

Luo X, Wu T, Shi K, Song M and Rao Y (2018). Biomass Gasification: An Overview of Technological Barriers and Socio-Environmental Impact. In: Yun Y, ed. *Gasification for Low-Grade Feedstock*. InTech.

Luthra S and Mangla SK (2018). Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies. *Process Safety and Environmental Protection*. 117168–179.

Lux Research (2021). Will 3D printing replace conventional manufacturing? (accessed 14 December 2022).

Maddison A (2001). *The World Economy: A Millennial Perspective*. OECD. Paris, France.

Maddox T (2018). 5G market predictions for 2019. Available at https://www.techrepublic.com/article/5g-market-predictions-for-2019/ (accessed 31 January 2020).

Malas M (2022). Glassdoor’s No. 3 best job in the U.S. has seen job growth surge 480%. Available at https:// fortune.com/education/business/articles/2022/03/08/glassdoors-no-3-best-job-in-the-u-s-has-seen-job-growth-surge-480/ (accessed 13 December 2022).

Malerba F (2002). Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*. Innovation Systems. 31(2):247–264.

Malerba F, Landini F and Lema R (2021). The UNIDO Industrial Analytics Platform. Available at https://iap.unido.org/ articles/managing-demand-led-industrial-development-global-green-economy (accessed 8 December 2022).

Mandel M and Long E (2020). The third wave: How 5G will drive job growth over the next fifteen years September. Available at https://www.nationalspectrumconsortium.org/wp-content/uploads/2021/09/PPI\_The-Third- Wave-5G\_Portrait\_Final.pdf (accessed 13 December 2022).

Mangina E, Narasimhan PK, Saffari M and Vlachos I (2020). Data analytics for sustainable global supply chains. *Journal of Cleaner Production*. 255120300, Elsevier Ltd.

MarketWatch (2019a). Big data market size, share 2019 to 2028, business statistics, growth prospects and forecast 2028. Available at https://www.marketwatch.com/press-release/big-data-market-size-share-2019- to-2028-business-statistics-growth-prospects-and-forecast-2028-2019-03-13 (accessed 30 January 2020).

MarketWatch (2019b). Blockchain market size analytical overview, demand, trends and forecast to 2024. Available at https://www.marketwatch.com/press-release/blockchain-market-size-analytical-overview-demand-trends-and-forecast-to-2024-2019-04-05 (accessed 30 January 2020).

Markow W, Braganza S and Bledi T (2017). The quant crunch: How the demand for data science skills is disrupting the jobs market. Available at https://www.ibm.com/downloads/cas/3RL3VXGA (accessed 10 October 2022).

Maryville Online (2017). How is big data working with AI. Available at https://online.maryville.edu/blog/big-data-is-too-big-without-ai/ (accessed 30 January 2020).

Matsuo T and Schmidt TS (2019). Managing tradeoffs in green industrial policies: The role of renewable energy policy design. *World Development*. 12211–26.

Matthess M and Kunkel S (2020). Structural change and digitalization in developing countries: Conceptually linking the two transformations. *Technology in Society*. 63(C):, Elsevier.

Mazur M and Wiśniewski A (2016). Clarity from above PwC global report on the commercial applications of drone technology May. Available at https://www.pwc.pl/pl/pdf/clarity-from-above-pwc.pdf (accessed 13 December 2022).

Mazzucato M (2018). Mission-oriented innovation policies: challenges and opportunities. *Industrial and Corporate Change*. 27(5):803–815.

McKinsey & Company (2018). Notes from the AI frontier: Modeling the impact of AI on the world economy September. Available at https://www.mckinsey.com/featured-insights/artificial-intelligence/notes-from-the-ai-frontier-modeling-the-impact-of-ai-on-the-world-economy (accessed 11 December 2022).

McKinsey & Company (2019). Industrial robotics: Insights into the sector’s future growth dynamics July. Available at https://www.mckinsey.com/industries/advanced-electronics/our-insights/growth-dynamics-in-industrial-robotics (accessed 11 December 2022).

McKinsey & Company (2020a). How COVID-19 has pushed companies over the technology tipping point—and transformed business forever. Available at https://www.mckinsey.com/capabilities/strategy-and-corporate-finance/our-insights/how-covid-19-has-pushed-companies-over-the-technology-tipping-point-and-transformed-business-forever (accessed 11 December 2022).

McKinsey & Company (2020b). The 5G era: new horizons for advanced electronics and industrial companies. McKinsey and Company. (accessed 13 December 2022).

McKinsey & Company (2020c). Chilean Hydrogen Pathway. (accessed 8 December 2022).

McKinsey & Company (2021). The state of AI in 2021. (accessed 13 December 2022).

McKinsey Global Institute (2013). Open data: Unlocking innovation and performance with liquid information. Available at https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/ our%20insights/open%20data%20unlocking%20innovation%20and%20performance%20with%20 liquid%20information/mgi\_open\_data\_fullreport\_oct2013.pdf (accessed 13 December 2022).

McKinsey Global Institute (2017). A future that works: Automation, employment, and productivity. Available at https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/featured%20insights/Digital%20Disruption/Harnessing%20 automation%20for%20a%20future%20that%20works/MGI-A-future-that-works-Full-report.ashx (accessed 13 December 2022).

Mealy P and Teytelboym A (2020). Economic complexity and the green economy. *Research Policy*. 103948.

Meckling J and Nahm J (2018). When do states disrupt industries? Electric cars and the politics of innovation. *Review of International Political Economy*. 25(4):505–529.

Mekong River Commission (2022). Mekong Low Flow and Drought Conditions in 2019–2021, Hydrological Conditions in the Lower Mekong River Basin. Vientiane, Laos. (accessed 11 December 2022).

Michaelowa K and Namhata C (2022). Climate finance as development aid. In: Michaelowa A, and Sacherer A-K, eds. *Handbook of International Climate Finance*. Political Science and Public Policy 2022Edward Elgar Publishing Limited. Cheltenham and Northampton: 62–82.

Michal M (2021). China’s Emerging Hydrogen Strategy. Available at https://www.ispionline.it/en/pubblicazione/ chinas-emerging-hydrogen-strategy-30431 (accessed 8 December 2022).

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (2022). Avaliação das Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de Ação Climática no Brasil. Available at https://antigo.mctic.gov.br/mctic/ opencms/ciencia/SEPED/clima/tna\_brazil/tna\_brazil.html (accessed 21 December 2022).

Ministry of Industry and Information Technology of the People’s Republic of China (2021). 《“十四五”机器人产业发展规划》解读. Available at https://wap.miit.gov.cn/zwgk/zcjd/art/2021/art\_6f24f676f3a14720afe05c9 3109b22a7.html (accessed 19 December 2022).

Ministry of Industry and Trade (MOIT) of the Socialist Republic of Vietnam (2021). National Green Growth Strategy for 2021-2030 adopted February. Available at https://moit.gov.vn/en/news/energy/national-green-growth-strategy-for-2021-2030-adopted.html#:~:text=It%20also%20aims%20to%20facilitate,by%20 2050%20compared%20to%202014 (accessed 12 December 2022).

Miroudot S (2020). Reshaping the policy debate on the implications of COVID-19 for global supply chains. *Journal of International Business Policy*. 3(4):430–442.

Mitrev D (2019). Who leads the self-driving cars race? State-of-affairs in autonomous driving. Available at https:// neurohive.io/en/state-of-the-art/self-driving-cars/ (accessed 31 January 2020).

M-Lab (2022). Available at https://www.measurementlab.net/ (accessed 19 December 2022).

MME (2021). Baseline to support the Brazilian Hydrogen Strategy. Ministry of Mining and Energy, Brazil. Brasilia, 34.

Mondal T, Madhur M and Gupta S (2021). HFS top 10: Internet of Things (IoT) service providers 2021 December. Available at https://www.hfsresearch.com/research/hfs-top-10-internet-of-things-iot-service-providers-2021/ (accessed 13 December 2022).

Montmasson- Clair G, Moshikaro L and Monaisa L (2021). Opportunities to develop the lithium-ion battery value chain in South Africa. Trade and Industrial Policy Strategies. (accessed 8 December 2022).

Montobbio F, Staccioli J, Virgillito ME and Vivarelli M (2022). Robots and the origin of their labour-saving impact. *Technological Forecasting and Social Change*. 174121122.

Moon S (2008). Does TRIPS Art. 66.2 Encourage Technology Transfer to LDCs? An Analysis of Country Submissions to the TRIPS Council (1999-2007). UNCTAD - ICTSD Project on IPRs and Sustainable Development No. Policy Brief Number 2. UNCTAD.

Morris M, Robbins G, Hansen U and Nygard I (2021). The wind energy global value chain localisation and industrial policy failure in South Africa. *Journal of International Business Policy*. 1–22, Palgrave Macmillan.

Morris M, Robbins G, Hansen U and Nygard I (2022). The wind energy global value chain localisation and industrial policy failure in South Africa. *Journal of International Business Policy*. 5(4):490–511.

Morrison A and Rabellotti R (2017). Gradual catch up and enduring leadership in the global wine industry. *Research Policy*.

Muigai AWT (2022). Expanding global access to genetic therapies. *Nature Biotechnology*. 40(1):20–21.

Nano.gov (2020). Benefits and applications. Available at https://www.nano.gov/you/nanotechnology-benefits (accessed 31 January 2020).

Nara EOB et al. (2021). Expected impact of industry 4.0 technologies on sustainable development: A study in the context of Brazil’s plastic industry. *Sustainable Production and Consumption*. 25102–122.

Nasirov S, Girard A, Peña C, Salazar F and Simon F (2021). Expansion of renewable energy in Chile: Analysis of the effects on employment. *Energy*. 226(120410):1–12.

National Economic and Development Authority (2019). Available at https://sdg.neda.gov.ph/clean-energy-alert/ (accessed 21 December 2022).

Neagu O (2019). The Link between Economic Complexity and Carbon Emissions in the European Union Countries: A Model Based on the Environmental Kuznets Curve (EKC) Approach. *Sustainability*. 11(17):27.

Neagu O and Teodoru MC (2019). The Relationship between Economic Complexity, Energy Consumption Structure and Greenhouse Gas Emission: Heterogeneous Panel Evidence from the EU Countries. *Sustainability*. 11(2):497, Multidisciplinary Digital Publishing Institute.

Nes WJ van and Nhete TD (2007). Biogas for a better life: An African initiative. Available at https://www. renewableenergyworld.com/baseload/biogas-for-a-better-life-an-african-initiative-51480/ (accessed 9 December 2022).

Nesta L, Vona F and Nicolli F (2014). Environmental policies, competition and innovation in renewable energy. *Journal of Environmental Economics and Management*. 67(3):396–411.

Next Move Strategy Consulting (2020). 5G Technology market by offering (hardware, software, and services), by connectivity (enhanced mobile broadband (eMBB), ultra-reliable low latency communication (URLLC), and massive machine type communication (mMTC)), by application (connected vehicles, monitoring & tracking, automation, smart surveillance, VR & AR, enhanced video services, and others, by end user (manufacturing, automotive, energy & utilities, transportation & logistics, healthcare, government, media & entertainment, and others) - Global opportunity analysis and industry forecast, 2020 – 2030 October. Available at https:// www.nextmsc.com/report/5g-technology-market (accessed 12 December 2022).

Ngan H (2021). Huge solar power plant in An Giang completed. Available at https://english.thesaigontimes.vn/ huge-solar-power-plant-in-an-giang-completed/ (accessed 9 December 2022).

Nikolakis W, John L and Krishnan H (2018). How Blockchain Can Shape Sustainable Global Value Chains: An Evidence, Verifiability, and Enforceability (EVE) Framework. *Sustainability*. 10(11):3926.

Nixon L (2022). The industries that will benefit most from electric cars. Available at https://www. unsustainablemagazine.com/industries-benefit-electric-cars/ (accessed 14 December 2022).

Nokia (2020). 5G report: The value of 5G services and the opportunity for CSPs. Available at https://www.nokia. com/networks/research/5g-consumer-market-research/ (accessed 13 December 2022).

Normile D (2017). Science suffers as China plugs holes in Great Firewall. *Science*. 357(6354):856.

Nygaard I and Bolwig S (2018). The rise and fall of foreign private investment in the jatropha biofuel value chain in Ghana. *Environmental Science & Policy*. 84224–234.

Occupational Information Network (2022). Robotics engineers: 17-2199.08. Available at https://www.onetonline. org/link/summary/17-2199.08 (accessed 13 December 2022).

OECD (2012). Mini Case Study : Global Carbon Capture and Storage Institute. *Meeting Global Challenges through Better Governance International Co-Operation in Science, Technology and Innovation*. 244.

OECD (2018a). OECD Investment Policy Reviews: Viet Nam 2018. Available at https://www.oecd-ilibrary.org/ content/publication/9789264282957-en (accessed 7 December 2022).

OECD (2018b). Methodological Note on the OECD-DAC Climate-related Development Finance Databases. OECD. (accessed 5 January 2023).

OECD (2019). *Enhancing Access to and Sharing of Data: Reconciling Risks and Benefits for Data Re-Use across Societies*. Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris.

OECD (2022). Climate Change: OECD DAC External Development Finance Statistics. Available at https:// www.oecd.org/dac/financing-sustainable-development/development-finance-topics/climate-change.htm (accessed 9 January 2023).

OECD and World Bank (2014). Science, Technology and Innovation in Viet Nam. Available at https://www.oecd-ilibrary.org/content/publication/9789264213500-en (accessed 7 December 2022).

OECD-FAO (2020). OECD-FAO Agricultural Outlook 2020-2029. (accessed 13 December 2022).

Official Journal of the European Union (2006). Agreement on the privileges and immunities of the ITER International Fusion Energy Organization for the Joint Implementation of the ITER Project. L 358/82 December. Available at https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:22006A1216(0 5)&rid=9 (accessed 21 December 2022).

Omri A, Nguyen DK and Rault C (2014). Causal interactions between CO2 emissions, FDI, and economic growth: Evidence from dynamic simultaneous-equation models. *Economic Modelling*. 42(C):382–389, Elsevier.

Opperskalski S, Siew S, Tan E and Liesl T (2020). Textile Exchange Preferred Fiber Material Market Report 2020. Textile Exchange, 103. (accessed 8 December 2022).

Ordoñez-Frías EJ, Azamar-Barrios JA, Mata-Zayas E, Silván-Hernández O and Pampillón-González L (2020). Bioenergy potential and technical feasibility assessment of residues from oil palm processing: A case study of Jalapa, Tabasco, Mexico. *Biomass and Bioenergy*. 142105668.

Osman EM (2019). Environmental and health safety considerations of nanotechnology: Nano safety. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*. 19(4):14501–14515.

Oya C and Schaefer F (2019). Chinese firms and employment dynamics in Africa: A comparative analysis. IDCEA Research Synthesis Report. SOAS, University of London, 72. (accessed 21 December 2022).

Palage K, Lundmark R and Söderholm P (2019). The innovation effects of renewable energy policies and their interaction: the case of solar photovoltaics. *Environmental Economics and Policy Studies*. 21(2):217–254.

Pandey N, de Coninck H and Sagar AD (2022). Beyond technology transfer: Innovation cooperation to advance sustainable development in developing countries. *WIREs Energy and Environment*. 11(2):e422, John Wiley & Sons, Ltd.

Pandey N, Coninck H and Sagar AD (2022). Beyond technology transfer: Innovation cooperation to advance sustainable development in developing countries. *WIREs Energy and Environment*. 11(2):1–25.

Pardey PG, Chan-Kang C, Dehmer SP and Beddow JM (2016). Agricultural R&D is on the move. *Nature*. 537(7620):301–303.

Patil A (2018). Artificial intelligence market by size, share, analysis & forecast 2025. Available at https://www. alliedmarketresearch.com/artificial-intelligence-market (accessed 30 January 2020).

Patrizio A (2018). The top 10 blockchain as a service providers. Available at https://www.datamation.com/data-center/top-10-blockchain-as-a-service-providers.html (accessed 30 January 2020).

Pek A, Concas G, Skogberg J, Mathieu L and Breiteig O (2018). Powering a new value chain in the automotive sector: the job potential of transport electrification. Available at https://europe-on.org/wp-content/ uploads/2020/02/EuropeOn-Powering-a-new-value-chain-in-the-automotive-sector-the-job-potential-of-transport-electrification.pdf (accessed 12 October 2022).

Pereira W and De Paula N (2018). Lack of commitment of Brazilian federal institutions to ethanol competitiveness. *International Journal of Innovation and Sustainable Development*. 12(1–2):201–219, Inderscience Publishers.

Perez C (1983). Structural change and assimilation of new technologies in the economic and social systems. *Futures*. 15(5):357–375, Pergamon.

Perez C (2002). *Technological Revolutions and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*. Edward Elgar Pub. Cheltenham.

Perez C (2013). Unleashing a golden age after the financial collapse: Drawing lessons from history. *Environmental Innovation and Societal Transitions*. Economic-financial crisis and sustainability transition. 69–23.

Perez C and Soete L (1988). Catching up in technology: Entry barriers and windows of opportunity. In: Dosi G,, Freeman C,, Nelson R,, Silverberg G, and Soete L, eds. *Technical Change and Economic Theory*. Francis Pinter. London: 458–479.

Perez-Aleman P and Alves FC (2016). Reinventing industrial policy at the frontier: catalysing learning and innovation in Brazil. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*. 10(1):151–171.

Persistence Market Research (2022). Smartphones market outlook. Available at https://www. persistencemarketresearch.com/market-research/smartphones-market.asp.

Peterson’s (2017). Nanotechnology jobs are becoming more diversified. Available at https://www.petersons. com/blog/nanotechnology-jobs-becoming-more-diversified/ (accessed 31 January 2020).

Petralia S, Balland P-A and Morrison A (2017). Climbing the ladder of technological development. *Research Policy*. 46(5):956–969.

Philippidis A (2018). Top 10 companies leveraging gene editing. Available at https://www.genengnews.com/a-lists/top-10-companies-leveraging-gene-editing/ (accessed 31 January 2020).

Pietrobelli C and Rabellotti R (2011). Global Value Chains Meet Innovation Systems: Are There Learning Opportunities for Developing Countries? *World Development*. 39(7):1261–1269, Elsevier Ltd.

Pincheira M, Antonino M and Vecchio M (2022). Integrating the IoT and Blockchain Technology for the Next Generation of Mining Inspection Systems. *Sensors*. 22(3):899.

Pitelis AT (2018). Industrial policy for renewable energy: The innovation impact of European policy instruments and their interactions. *Competition & Change*. 22(3):227–254, SAGE Publications Ltd.

Plumer B, Barclay E, Belluz J and Irfan U (2018). A simple guide to CRISPR, one of the biggest science stories of the decade. Available at https://www.vox.com/2018/7/23/17594864/crispr-cas9-gene-editing (accessed 31 January 2020).

Ponte S (2020). The hidden costs of environmental upgrading in global value chains. *Review of International Political Economy*. 29(3):818–843, Routledge.

Positive Blockchain (2022). Electric Chain. Available at https://positiveblockchain.io/database/electricchain/ (accessed 12 December 2022).

Poulsen RT, Ponte S and Sornn-Friese H (2018). Environmental upgrading in global value chains: The potential and limitations of ports in the greening of maritime transport. *Geoforum*. 8983–95.

Precedence Research (2021). Concentrated solar power market (by application: enhanced oil recovery, desalination, utility, others; by technology: linear fresnel, dish, parabolic trough, power tower; by capacity: less than 50 MW, 50 MW to 99 MW, 100 MW and above; by operation type: stand-alone systems, with storage) - Global industry analysis, size, share, growth, trends, regional outlook, and forecast 2022 – 2030. Available at https://www.precedenceresearch.com/concentrated-solar-power-market (accessed 11 December 2022).

Precedence Research (2022a). Unmanned aerial vehicle (UAV) drones market (by type: fixed wing, vertical take-off & landing (VTOL), small tactical unmanned air system (STUAS), medium altitude long endurance (MALE), and high-altitude long endurance (HALE); by payload: up to 150 and up to 600 kg; by component: camera and sensor; and by application: media & entertainment and precision agriculture) - global industry analysis, size, share, growth, trends, regional outlook, and forecast 2022 – 2030. Available at https://www. precedenceresearch.com/unmanned-aerial-vehicle-drones-market (accessed 13 December 2022).

Precedence Research (2022b). Biomass power market - Global industry analysis, size, share, growth, trends, regional outlook, and forecast 2022 - 2030. Available at https://www.precedenceresearch.com/biomass-power-market (accessed 11 December 2022).

Precedence Research (2022c). Wind energy market (by location: onshore and offshore; by application: utility and non-utility; by Component: turbine, support structure, electrical infrastructure, others) - Global industry analysis, size, share, growth, trends, regional outlook, and forecast 2021 – 2030 January. Available at https://www.precedenceresearch.com/wind-energy-market (accessed 12 December 2022).

Precedence Research (2022d). Green hydrogen market (by technology: proton exchange membrane electrolyzer, alkaline electrolyzer, solid oxide electrolyzer; by application: power generation, transport, and others; end use industry: food & beverages, medical, chemical, petrochemicals, glass, and others) - Global industry analysis, size, share, growth, trends, regional outlook, and forecast 2021 – 2030 January. Available at https://www.precedenceresearch.com/green-hydrogen-market (accessed 13 December 2022).

Press Information Bureau of India (2022). FAME India - Faster Adoption and Manufacturing of (Hybrid &) Electric Vehicles in India November. Available at https://static.pib.gov.in/WriteReadData/specificdocs/ documents/2022/jul/doc202271169601.pdf (accessed 8 December 2022).

*Project Sindicate* (2021). Digitalizing Africa’s Mines. 23 November.

Prophecy Marketing Insights (2022). Web 3.0 blockchain market, by blockchain type (public, private, consortium, and hybrid), by application (cryptocurrency, conversational AI, data & transaction storage, payments, smart contract, and others), by end-user (BFSI, e-commerce & retail, media & entertainment, healthcare & pharmaceuticals, IT & telecom, and others) and by region (North America, Europe, Asia Pacific, Latin America, and Middle East & Africa) - Trends, analysis and forecast till 2029. Prophecy Market Insights. (accessed 12 December 2022).

PwC (2017a). Sizing the prize: What’s the real value of AI for your business and how can you capitalise? Available at https://www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/assets/pwc-ai-analysis-sizing-the-prize-report. pdf (accessed 10 December 2022).

PwC (2017b). Clarity from above: transport infrastructure - The commercial applications of drone technology in the road and rail sectors. Available at https://www.pwc.com/kz/en/services/drones-technologies/transport-infrastructure-eng.pdf (accessed 13 December 2022).

PwC (2018). Will robots really steal our jobs?: An international analysis of the potential long term impact of automation. Available at https://www.pwc.com/hu/hu/kiadvanyok/assets/pdf/impact\_of\_automation\_on\_ jobs.pdf (accessed 11 December 2022).

PwC (2020). A cost perspective on 3D printing. Available at https://www.pwc.be/en/news-publications/ insights/2017/cost-perspective-3d-printing.html (accessed 26 March 2020).

PwC (2021). The global economic impact of 5G. Available at https://www.pwc.com/gx/en/tmt/5g/global-economic-impact-5g.pdf (accessed 11 December 2012).

Radovic M (2019). The drone job market: What is it and where is it going? Available at https://droneii.com/ drone-jobs (accessed 11 December 2022).

Ramos R (2017). How 5G wireless communication will transform robotics. Available at https://www. microwavejournal.com/blogs/25-5g/post/29308-how-5g-wireless-communication-will-transform-robotics (accessed 30 January 2020).

Ravillard P et al. (2021). Implications of the Energy Transition on Employment: Today’s Results, Tomorrow’s Needs. IADB Technical Note No. 02338. Inter-American Development Bank. (accessed 13 December 2022).

Raw B and Radmore J (2020). Electric Vehicles: Market Intelligence Report. GreenCape. South Africa. (accessed 3 January 2023).

Reiff N (2020). 10 Biggest Solar Companies September. Available at https://www.investopedia.com/10-biggest-solar-companies-5077655 (accessed 13 December 2022).

Reinauer T and Hansen UE (2021). Concurrent changes in latecomer capability-building and learning: Firm-level evidence from the Thai biogas industry. *Journal of Cleaner Production*. 290125783.

Reinert E (2008). *How Rich Countries Got Rich . . . and Why Poor Countries Stay Poor*. PublicAffairs. New York.

Reinert ErikS (2009). Emulation versus comparative advantage: Competing and complementary principles in the history of economic policy. *Industrial Policy and Development: The Political Economy of Capability Accumulation*. Oxford University Press. New York: 79–106.

Renewables Now (2022). Austria passes EUR 300m subsidy budget for green energy. Available at https:// renewablesnow.com/news/austria-passes-eur-300m-subsidy-budget-for-green-energy-780126/ (accessed 12 December 2022).

van Renssen S (2020). The hydrogen solution? *Nature Climate Change*. 10(9):799–801.

Research and Markets (2021). Big data and analytics global market opportunities and strategies to 2030: COVID 19 growth and change. Available at https://www.researchandmarkets.com/reports/5458383/big-data-and-analytics-global-market?utm\_source=GNOM&utm\_medium=PressRelease&utm\_code=dpft7v&utm\_ campaign=1667710+-+Global+Big+Data+and+Analytics+Market+to+2030+-+Featuring+Oracle%2c+SAP +and+IBM+Among+Others&utm\_exec=jamu273prd (accessed 14 December 2022).

Rijsberman F (2021). Greening ODA: 50% of development aid should support environment and climate action March. Available at https://www.eco-business.com/opinion/greening-oda-50-of-development-aid-should-support-environment-and-climate-action/ (accessed 21 December 2022).

Ritsick C (2020). Top 35 Most Expensive Military Drones February. Available at https://militarymachine.com/ top-35-most-expensive-military-drones/ (accessed 13 December 2022).

Rodrigues TA et al. (2022). Drone flight data reveal energy and greenhouse gas emissions savings for very small package delivery. *Patterns*. 3(8):100569.

Rodrik D (2007). Industrial development: Some stylized facts and policy directions. *Industrial Development for the 21st Century: Sustainable Development Perspectives*. UNDESA. New York: 7–28.

Rodrik D (2018). New Technologies, Global Value Chains, and Developing Economies. Working Paper Series No. 25164. National Bureau of Economic Research. (accessed 2 March 2022).

Romijn HA and Caniëls MCJ (2011). The Jatropha biofuels sector in Tanzania 2005–2009: Evolution towards sustainability? *Research Policy*. 40(4):618–636.

Roser M, Ritchie H and Ortiz-Ospina E (2015). Internet. Available at https://ourworldindata.org/internet (accessed 13 December 2022).

Saberi S, Kouhizadeh M, Sarkis J and Shen L (2019). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*. 57(7):2117–2135, Taylor & Francis.

Sahoo A and Shrimali G (2013). The effectiveness of domestic content criteria in India’s Solar Mission. *Energy Policy*. 62(C):1470–1480, Elsevier.

Sánchez F and Hartlieb P (2020). Innovation in the Mining Industry: Technological Trends and a Case Study of the Challenges of Disruptive Innovation. *Mining, Metallurgy & Exploration*. 37(5):1385–1399.

Sasi A (2021). Looking for lithium toehold, India finds a small deposit in Karnataka. Available at https://indianexpress. com/article/india/looking-for-lithium-toehold-india-finds-a-small-deposit-in-karnataka-7141303/ (accessed 3 January 2023).

Scarlat N, Dallemand J-F and Fahl F (2018). Biogas: Developments and perspectives in Europe. *Renewable Energy*. 129457–472.

Schmidt S (2017). 16 Leading companies in the global CRISPR market. Available at https://blog.marketresearch. com/16-leading-companies-in-the-global-crispr-market (accessed 31 January 2020).

Schmitz H (2007). Reducing Complexity in the Industrial Policy Debate. *Development Policy Review*. 25(4):417–428.

Schmitz H, Johnson O and Altenburg T (2015). Rent Management – The Heart of Green Industrial Policy. *New Political Economy*. 20(6):812–831, Routledge.

Schmitz M (2022). How the Great Firewall of China affects performance of websites outside of China. Available at https://www.dotcom-monitor.com/blog/2022/03/27/how-the-great-firewall-of-china-affects-performance-of-websites-outside-of-china/ (accessed 19 December 2022).

Schroth L (2021). Drone Companies and the 2020 Pandemic. Available at https://droneii.com/drone-companies-and-the-2020-pandemic (accessed 13 December 2022).

Schwab K (2013). *Fourth Industrial Revolution*. Penguin Group. London, UK u. a.

Scientific American (2013). How the Oil Embargo Sparked Energy Independence—in Brazil. Available at https://www.scientificamerican.com/article/how-the-oil-embargo-sparked-energy-independence-in-brazil/ (accessed 8 December 2022).

Sendy A (2022). Solar Reviews. Available at https://www.solarreviews.com/content/blog/how-has-the-price-and-efficiency-of-solar-panels-changed-over-time (accessed 7 October 2022).

Seuring S and Müller M (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainablesupply chain management. *Journal of Cleaner Production*. 16((15)):1699–1710.

Shahbaz M, Nasreen S, Abbas F and Omri A (2015). Does foreign direct investment impede environmental quality in high-, middle-, and low-income countries? *Energy Economics*. 51(C):275–287, Elsevier.

Shahbaz M, Nasreen S, Ahmed K and Hammoudeh S (2017). Trade openness–carbon emissions nexus: The importance of turning points of trade openness for country panels. *Energy Economics*. 61(C):221–232.

Shoham Y et al. (2018). The AI index 2018 annual report. Available at https://hai.stanford.edu/sites/default/ files/2020-10/AI\_Index\_2018\_Annual\_Report.pdf (accessed 20 December 2022).

Shubbak MH (2019). The technological system of production and innovation: The case of photovoltaic technology in China. *Research Policy*. 48(4):993–1015.

da Silva RM (2015). Energia Solar no Brasil: Dos incentivos aos desafios. Texto para Discussão No. 116. Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado. Brasília.

Singh H (2018). How much does it cost to develop an IoT application? Available at http://customerthink.com/ how-much-does-it-cost-to-develop-an-iot-application/ (accessed 30 January 2020).

Skalex (2018). AI & blockchain: the intersection of top tech trends. Available at https://www.skalex.io/artificial-intelligence-blockchain/ (accessed 30 January 2020).

SKAO (2022). Founding Members Sign SKA Observatory Treaty. Available at https://www.skatelescope.org/ news/founding-members-sign-ska-observatory-treaty/ (accessed 21 December 2022).

Skyllas-Kazacos M (2010). 10 - Electro-chemical Energy Storage Technologies for Wind Energy Systems. In: Kaldellis J K, ed. *Stand-Alone and Hybrid Wind Energy Systems*. Woodhead Publishing: 323–365.

Slednev V, Jochem P and Fichtner W (2022). Impacts of electric vehicles on the European high and extra high voltage power grid. *Journal of Industrial Ecology*. 26(3):824–837, John Wiley & Sons, Ltd.

Smart Energy International (2020). What’s putting the brakes on EV adoption in South Africa? Available at https:// www.smart-energy.com/industry-sectors/electric-vehicles/whats-putting-the-brakes-on-ev-adoption-in-south-africa/ (accessed 8 December 2022).

Solar Industry Research Data (2022). Available at https://www.seia.org/solar-industry-research-data (accessed 22 September 2022).

Soms K (2016). Smart Industrial Specialization: Case of Latvia. *New Challenges of Economic and Business Development – 2016 Society, Innovations and Collaborative Economy*. Riga.

Sooriyaarachchi TM, Tsai I-T, El Khatib S, Farid AM and Mezher T (2015). Job creation potentials and skill requirements in, PV, CSP, wind, water-to-energy and energy efficiency value chains. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 52(12):653–668.

Stamm A (2022). North-South divide in research and innovation and the challenges of global technology assassement: the case of smart technologies in agriculture. *The Routledge Handbook of Smart Technologies*. Routledge. London: 555–571.

Stamm A and Figueroa A (2012). Effective international science, technology and innovation collaboration. *Meeting Global Challenges through Better Governance: International Co-Operation in Science, Technology and Innovation*. OECD Publishing. Paris: 207–231.

Stamm A, Figueroa A and Scordato L (2012). Addressing global challenges through collaboration in science, technology and innovation. *Meeting Global Challenges through Better Governance: International Co-Operation in Science, Technology and Innovation*. OECD Publishing. Paris: 25–42.

Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence (2022). Artificial intelligence index report 2022. Available at https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2022/03/2022-AI-Index-Report\_Master.pdf (accessed 12 December 2022).

Statista (2022a). India: biodiesel export volume 2021 June. Available at https://www.statista.com/ statistics/1052738/india-biodiesel-export-volume/ (accessed 8 December 2022).

Statista (2022b). Brazil: ethanol fuel exports by destination 2021 July. Available at https://www.statista.com/ statistics/982282/brazil-ethanol-fuel-export-volume/ (accessed 8 December 2022).

Stevens M (2021). 6 factors that determine IoT price for manufacturers. Available at https://www.wipfli.com/ insights/articles/mad-iot-price-and-roi-concerns (accessed 23 September 2022).

Strange R and Zucchella A (2017). Industry 4.0, global value chains and international business. *Multinational Business Review*. 25(3):174–184, Emerald Publishing Limited.

Sturgeon T, Van Biesebroeck J and Gereffi G (2008). Value chains, networks and clusters: reframing the global automotive industry. *Journal of Economic Geography*. 8(3):297–321.

Sun contracting (2022). Available at https://www.sun-contracting.com/en/ (accessed 12 December 2022).

Surana K, Doblinger C, Anadon LD and Hultman N (2020). Effects of technology complexity on the emergence and evolution of wind industry manufacturing locations along global value chains. *Nature Energy*. 5(10):811–821, Nature Publishing Group.

Suwanasri K et al. (2015). Biogas – Key Success Factors for Promotion in Thailand. *Journal of Sustainable Energy and Environment*. 25–30.

Swart J and Brinkmann L (2020). Economic Complexity and the Environment: Evidence from Brazil. *Universities and Sustainable Communities: Meeting the Goals of the Agenda 2030*. Springer International Publishing. Cham: 3–45.

Te Velde DW and Whitfield L (2013). State-business relations and industrial policy. *State-Business Relations and Industrial Policy: Current Policy and Research Debates*. DFID-ESRC Growth Research Programme.

Technavio (2018a). Top 10 drone manufacturers in the commercial drone market. Available at https:// blog.technavio.com/blog/top-10-vendors-global-commercial-drones-market-flying-high-competitive-business-2 (accessed 31 January 2020).

Technavio (2018b). Top 10 self-driving car companies in the world 2018. Available at https://blog.technavio. com/blog/top-10-self-driving-car-companies (accessed 31 January 2020).

Tee W-S, Chin L and Abdul-Rahim AS (2021). Determinants of Renewable Energy Production: Do Intellectual Property Rights Matter? *Energies*. 14(18):1–17, MDPI.

Tencent Research Institute (2017). 2017全球 人工智能人才 白皮书. Available at https://www.tisi.org/Public/ Uploads/file/20171201/20171201151555\_24517.pdf (accessed 12 December 2022).

The Atlas of Economic Complexity by Harvard Growth LAB (2022). The Atlas of Economic Complexity. Available at https://atlas.cid.harvard.edu/ (accessed 12 December 2022).

The Blockchain Academy (2021). The global blockchain employment report. Available at https://theblockchaintest. com/uploads/resources/the%20Blockchain%20Academy%20-%20the%20Global%20Blockchain%20 Employment%20Report%20-%202022%20March.pdf (accessed 11 December 2022).

The Business Research Company (2022). Green Hydrogen Global Market Report 2022 - By Technology (Alkaline Electrolyzer, Proton Exchange Membrane Electrolyzer, Solid Oxide Electrolyzer), By Application (Power Generation, Transport), By End-Use Industry (Petrochemicals, Food And Beverages, Medical, Chemical, Glass) - Market Size, Trends, And Global Forecast 2022 – 2026. (accessed 13 December 2022).

The Economic Times (2020). Government allows sale of electric vehicles without batteries, leaves manufacturers puzzled. Available at https://economictimes.indiatimes.com/industry/auto/auto-news/government-allows-sale-of-electric-vehicles-without-batteries-leaves-manufacturers-puzzled/articleshow/77509605.cms (accessed 8 December 2022).

The Guardian (2021). Oman plans to build world’s largest green hydrogen plant. Available at https://www. theguardian.com/world/2021/may/27/oman-plans-to-build-worlds-largest-green-hydrogen-plant (accessed 8 December 2022).

The Nordic Council of Ministers (2021). Enabling the Digital Green Transition. A Study of Potential, Challenges and Strengths in the Nordic Baltic Region. The Nordic Council of Ministers. Copenhagen. (accessed 16 December 2022).

Thompson K (2017a). Cell and gene therapies set to revolutionise the healthcare system - Innovate UK. Available at https://innovateuk.blog.gov.uk/2017/09/19/cell-and-gene-therapies-set-to-revolutionise-the-healthcare-system/ (accessed 31 January 2020).

Thompson K (2017b). Innovate UK. Available at https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/ ukgwa/20210728212411/https://innovateuk.blog.gov.uk/2017/09/19/cell-and-gene-therapies-set-to-revolutionise-the-healthcare-system/ (accessed 12 October 2022).

TMEC (2020). The Megamillion Group of Companies. The Megamillion Energy Company. Available at https:// www.tmec.africa (accessed 3 January 2023).

Toniolo K, Masiero E, Massaro M and Bagnoli C (2020). Sustainable Business Models and Artificial Intelligence: Opportunities and Challenges. 103–117.

Trace S (2020). South Africa’s crippling electricity problem. Available at https://www.opml.co.uk/blog/south-africa-s-crippling-electricity-problem (accessed 11 December 2022).

TRT Magazine (2022). Can electric cars dominate developing countries? Available at https://www.trtworld. com/magazine/can-electric-cars-dominate-developing-countries-53878#:~:text=With%20the%20 expected%20reduction%20in,within%20the%20bounds%20of%20possibility. (accessed 8 December 2022).

U. S. Congress (2022). H.R.5376 - Inflation Reduction Act of 2022. U. S. Congress. Washington, D.C.

UC Berkeley and GridLab (2021). 2035: The Report April. Available at https://energyinnovation. org/wp-content/uploads/2021/04/Energy-Innovation\_2035-2.0-Accelerating-Clean- Transportation-Policy-Report.pdf?\_\_hstc=250831769.3695754698cf3403a228e948d3fbe fcc.1670678895718.1670678895718.1670678895718.1&\_\_hssc=250831769.6.1670678895719&\_\_hs fp=1001425454&hsCtaTracking=9219e7eb-f031-47d6-b33f-ae4b6f727a69%7C6ba53b21-2bae-474b-a207-6b2dbc263182 (accessed 12 October 2022).

UN (2019). *Buenos Aires Outcome Document of the Second High-Level United Nations Conference on South- South Cooperation*.

UNCTAD (2007). *The Least Developed Countries Report 2007: Knowledge, Technological Learning and Innovation for Development*. The least developed countries, No. 2007. United Nations. New York.

UNCTAD (2014a). Looking at trade policy through a “gender lens”: Summary of seven country case studies conducted by UNCTAD. UNCTAD. Geneva. (accessed 8 December 2022).

UNCTAD (2014b). Studies in Technology Transfer: Selected cases from Argentina, China, South Africa and Taiwan Province of China. UNCTAD Current studies on Science, Technology and Innovation No. UNCTAD/ DTL/STICT/2013/7. UNCTAD. Geneva. (accessed 5 January 2023).

UNCTAD (2016). Virtual Institute teaching material on structural transformation and industrial policy. United Nations. Geneva.

UNCTAD (2017). The role of science, technology and innovation in ensuring food security by 2030. (accessed 13 December 2022).

UNCTAD (2018a). Harnessing frontier technologies for sustainable development. New York Geneva.

UNCTAD (2018b). Climate Policies, Economic Diversification and Trade. UNCTAD/DITC/TED/2018/4. UNCTAD. Geneva.

UNCTAD, ed. (2018c). *Trade and Development Report 2018: Power, Platforms and the Free Trade Delusion*. Trade and development report, No. 2018. United Nations. New York Geneva.

UNCTAD (2019a). Review of Maritime Transport 2019: Sustainable Shipping. UNCTAD. New York and Geneva.

UNCTAD (2019b). Building Digital Competencies to Benefit from Frontier Technologies. UNCTAD. New York and Geneva. (accessed 8 December 2022).

UNCTAD (2021a). Technology and Innovation Report 2021: Catching Technological Waves Innovation with Equity. UNCTAD. New York and Geneva.

UNCTAD (2021b). World Investment Report 2021: Investing in Sustainable Recovery. UNCTAD. Geneva.

UNCTAD (2021c). Digital Economy Report 2021: Cross-border Data Flows and Development: For Whom the Data Flow. UNCTAD. Geneva. (accessed 8 December 2022).

UNCTAD (2021d). Facilitating access to opensource technologies. No. 90. UNCTAD. Geneva. (accessed 12 December 2022).

UNCTAD (2022a). Contribution by Egypt to the CSTD 2022-2023 priority theme on “Technology and innovation for cleaner and more productive and competitive production.” Available at https://unctad.org/system/files/ non-official-document/CSTD2022-23\_c06\_C\_Egypt\_en.pdf (accessed 26 December 2022).

UNCTAD (2022b). Contribution by the Philippines to the CSTD 2022-2023 priority theme on “Technology and innovation for cleaner and more productive and competitive production.” Available at https://unctad.org/ system/files/non-official-document/CSTD2022-23\_c16\_C\_Philippines\_en.pdf (accessed 8 December 2022).

UNCTAD (2022c). Contribution by India to the CSTD 2022-2023 priority theme on “Technology and innovation for cleaner and more productive and competitive production.” Available at https://unctad.org/system/files/ non-official-document/CSTD2022-23\_c11\_C\_India\_en.pdf (accessed 8 December 2022).

UNCTAD (2022d). Catalogue of diversification opportunities 2022. Available at https://unctad.org/webflyer/ catalogue-diversification-opportunities-2022 (accessed 12 December 2022).

UNCTAD (2022e). Industry 4.0 for Inclusive Development. UNCTAD. New York and Geneva. (accessed 8 December 2022).

UNCTAD (2022f). Frontier technology adoption in developing countries A measurement framework and proposed questionnaire. 62.

UNCTADstat (2022). Available at https://unctadstat.unctad.org/FR/ (accessed 29 September 2022).

UNDP - Chief Digital Office (2022). Inclusive by Design: Accelerating Digital Transformation for the Global Goals:10 practices to boost digital transformation at the country level. Policy Brief. UNDP. New York.

UNEP (2019). Clean air as a human right. Available at https://www.unep.org/ar/node/26903 (accessed 13 December 2022).

UNFCCC (2021). Cows to Kilowatts - Anaerobic Bio-digestion of Abattoir Waste Generates Zero Emission and Creates Sustainable Bio-Energy and Bio-Fertiliser in Africa. Available at https://unfccc.int/ climate-action/momentum-for-change/activity-database/momentum-for-change-cows-to-kilowatts-anaerobic-bio-digestion-of-abattoir-waste-generates-zero-emission-and-creates-sustainable-bio-energy-and-bio-fertiliser-in-africa (accessed 8 December 2022).

UNFCCC (2023). Paris Agreement: Status of ratification. Available at https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/status-of-ratification (accessed 5 January 2023).

UNFSS (2013). Today’s Landscape of Issues and Initiatives to Achieve Public Policy Objectives. Voluntary Sustainability Standards. UNFSS. (accessed 8 December 2022).

UNFSS (2020). Scaling up voluntary sustainability standards through sustainable public procurement and trade policy : No. 4th Flagship Report. United Nations Forum on Sustainability Standards. Geneva. (accessed 8 December 2022).

UNIDO (2019). Industrial Development Report 2020: Industrializing in the digital age. UNIDO. Vienna. (accessed 8 December 2022).

UNIDO (2021). Policy Assessment for the Economic Empowerment of Women in Green Industry: Synthesis Report of the Country Assessments in Cambodia, Peru, Senegal and South Africa. Vienna. (accessed 15 October 2022).

UNIDO (2022). UNIDO’s global programme on green hydrogen in industry. Available at https://www.unido.org/ green-hydrogen (accessed 8 December 2022).

UNIDO Industrial Analytics Platform (2022). Green Hydrogen: Fuelling industrial development for a clean and sustainable future. Available at https://iap.unido.org/articles/green-hydrogen-fuelling-industrial-development-clean-and-sustainable-future (accessed 13 December 2022).

United Nations (2015). Paris Agreement. Available at https://unfccc.int/sites/default/files/english\_paris\_ agreement.pdf (accessed 21 December 2022).

United States Department of Energy (2021). United States Energy & Employment Report. Available at https://www.energy.gov/sites/default/files/2021-07/USEER%202021%20Main%20Body.pdf (accessed 10 December 2022).

United States Energy Information Administration (2022a). Biofuels explained. (accessed 14 December 2022).

United States Energy Information Administration (2022b). Biomass explained. (accessed 13 December 2022).

United States Environmental Protection Agency (2022). Economics of Biofuels. (accessed 13 December 2022).

UNOSSC (2022). United Nations Fund for South-South Cooperation: Results report 2020-2021. United Nations Office for South-South Cooperation.

Upstream (2021). China initiates green loan to finance renewable project boom. Available at https:// www.upstreamonline.com/energy-transition/china-initiates-green-loan-to-finance-renewable-project-boom/2-1-1025805 (accessed 8 December 2022).

US Congress (2022). *Inflation Reduction Act*.

Valuates Reports (2022). Robotics market by application (disinfection, shelf scanning, RFID scanning, delivery, security & inspection, and advertising) and end user (automotive, retail, healthcare, electronics, and others): Global opportunity analysis and industry forecast, 2021–2030. Available at https://reports.valuates.com/ reports/ALLI-Manu-3H75/robotics (accessed 12 December 2022).

Vértesy D (2017). Preconditions, windows of opportunity and innovation strategies: Successive leadership changes in the regional jet industry. *Research Policy*. 46(2):388–403, North-Holland.

Vidican G (2015). The emergence of a solar energy innovation system in Morocco: a governance perspective. *Innovation and Development*. 5(2):225–240, Routledge.

Vietnam News (2022). Technology makes life “great” for Sơn La farmers. Available at https://vietnamnews. vn/sunday/features/1170101/technology-makes-life-great-for-son-la-farmers.html (accessed 11 December 2022).

Vinuesa R et al. (2020). The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals December.

Vivarelli M (2014). Innovation, Employment and Skills in Advanced and Developing Countries: A Survey of Economic Literature. *Journal of Economic Issues*. 48(1):123–154.

Vivarelli M (2022). Innovation and employment: a short update. DISCE - Quaderni del Dipartimento di Politica Economica dipe No. 0024. Università Cattolica del Sacro Cuore. Milano, 18.

Wade RH (2015). The Role of Industrial Policy in Developing Countries. *Rethinking Development Strategies after the Financial Crisis - Volume I: Making the Case for Policy Space*. United Nations. Geneva.

*Wall Street Journal* (2022). Tesla, Ford and GM Raise EV Prices as Costs, Demand Grow. 26 June.

Wandera FH, Andersen MH and Lema R (2021). Learning from global suppliers: the diffusion of small wind in low- and middle-income countries. *International Journal of Technological Learning, Innovation and Development*. 13(1):24–49, Inderscience Enterprises Ltd.

Wang J, Rickman DS and Yu Y (2022). Dynamics between global value chain participation, CO2 emissions, and economic growth: Evidence from a panel vector autoregression model. *Energy Economics*. 109105965.

Weatherby C (2021). Coal challenges an opportunity for Cambodia’s solar sector. Available at https:// www.phnompenhpost.com/opinion/coal-challenges-opportunity-cambodias-solar-sector (accessed 11 December 2022).

WEF (2020). 3D Printing: A Guide for Decision-Makers. (accessed 10 October 2022).

WEF (2022). Predictions 2022: CEOs and top leaders share tactics that will speed the net zero transition. Available at https://www.weforum.org/agenda/2022/01/surprising-net-zero-transition-approaches-innovations-davos-agenda/ (accessed 8 December 2022).

Weichenhain U, Kaufmann M, Hӧlscher M and Scheiner M (2022). Going Global: An Update on Hydrogen Valleys and their Role in the New Hydrogen Economy, Hydrogen Knowledge Centre.

Weng E, Dybzinski R, Farrior C and Pacala SW (2019). Competition alters predicted forest carbon cycle responses to nitrogen availability and elevated CO2: Simulations using an explicitly competitive, game-theoretic vegetation demographic model. *Biogeosciences*. 164577--4599.

West DM and Allen JR (2018). How artificial intelligence is transforming the world April. Available at https://www. brookings.edu/research/how-artificial-intelligence-is-transforming-the-world/ (accessed 11 December 2022).

Witcover J and Williams RB (2020). Comparison of “Advanced” biofuel cost estimates: Trends during rollout of low carbon fuel policies. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 79102211.

Wolde-Rufael Y and Mulat-Weldemeskel E (2021). Do environmental taxes and environmental stringency policies reduce CO(2) emissions? Evidence from 7 emerging economies. *Environmental science and pollution research international*. 28(18):22392–22408.

World Bank (2011). The China new energy vehicles program : challenges and opportunities. Washington, DC. (accessed 3 January 2023).

World Bank (2016). Learning from Morocco: Why Invest in Concentrated Solar Power? Available at https:// www.worldbank.org/en/news/feature/2016/11/08/learning-from-morocco-why-invest-in-concentrated-solar-power (accessed 8 December 2022).

World Bank (2020). The effect of COVID-19 lockdown measures on internet speed. Available at https://thedocs. worldbank.org/en/doc/275791607471359158-0090022020/original/AnalyticalInsightsSeriesDec2020.pdf (accessed 19 December 2022).

World Economic Forum (2019). 6 ways the least developed countries can participate in the Fourth Industrial Revolution. Available at https://www.weforum.org/agenda/2019/08/6-ways-least-developed-countries-can-participate-in-the-4ir/ (accessed 16 December 2022).

WTO (1994). The WTO Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights. Available at https:// www.wto.org/english/tratop\_e/trips\_e/ta\_docs\_e/1\_tripsandconventions\_e.pdf (accessed 6 October 2022).

WTO (2013). Contribution of Intelectual Property to facilitating the trasnfer of environmentally rational technology. Communication from Ecuador. No. IP/C/W/585. Ecuador. (accessed 21 December 2022).

WTO (2019). Global Value Chain Development Report 2019: Technological Innovation, Supply Chain Trade and Workers in a Globalized World. WTO. (accessed 16 December 2022).

WTO (2021a). WTO members agree to extend TRIPS transition period for LDCs until 1 July 2034. Available at https://www.wto.org/english/news\_e/news21\_e/trip\_30jun21\_e.htm (accessed 12 December 2022).

WTO (2021b). Human Genome Editing: Recommendations. Geneva. (accessed 13 December 2022).

WTO (2022). Ministerial Declaration on the WTO Response to the Covid-19 Pandemic and Preparedness for Future Pandemics. Ministerial ConferenceTwelfth SessionWT/MIN(22)/31WT/L/1142(22-4787) P June. Available at https://docs.wto.org/dol2fe/Pages/SS/directdoc.aspx?filename=q:/WT/MIN22/31. pdf&Open=True (accessed 12 December 2022).

WTO Trade Policy Review: Viet Nam (2021). Available at https://www.wto.org/english/tratop\_e/tpr\_e/tp510\_e. htm (accessed 29 September 2022).

Wu X and Zhang W (2010). Seizing the opportunity of paradigm shifts: Catch-up of chinese ICT firms. *International Journal of Innovation Management*. 14(1):57–91.

Xinhua News Agency (2020). China’s first satellite news documentary “Witness from Space”-Episode.1 The Light. Available at http://www.xinhuanet.com/nzzt/135/ (accessed 9 December 2022).

Yaqoob H et al. (2021). The potential of sustainable biogas production from biomass waste for power generation in Pakistan. *Journal of Cleaner Production*. 307127250.

Yimam A (2022). Contextual analysis of the biofuel sector in Ethiopia: a comprehensive review focusing on sustainability. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*. 16(1):290–302, John Wiley & Sons, Ltd.

Yost S (2019). Brave new world: everything gets smarter when 5G and AI combine. Available at https://www. electronicdesign.com/industrial-automation/article/21807565/brave-new-world-everything-gets-smarter-when-5g-and-ai-combine (accessed 30 January 2020).

Yu Y and Qayyum M (2021). Impacts of financial openness on economic complexity: Cross-country evidence. *International Journal of Finance & Economics*. 1–13, John Wiley & Sons, Ltd.

Yuan F (2018). 10 major players in the heated race of autonomous-driving. Available at https://alltechasia. com/10-major-players-heated-race-autonomous-driving/ (accessed 31 January 2020).

Zang L, ed. (2011). *Energy Efficiency and Renewable Energy Through Nanotechnology*. Springer. London.

Zhang F and Gallagher KS (2016). Innovation and technology transfer through global value chains: Evidence from China’s PV industry. *Energy Policy*. 94191–203.

Zhang J, Yan Y and Guan J (2015). Scientific relatedness in solar energy: a comparative study between the USA and China. *Scientometrics*. 102(2):1595–1613.

Zhang S et al. (2020). Recent advances of CRISPR/Cas9-based genetic engineering and transcriptional regulation in industrial biology. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 7.

Zhang S, Andrews-Speed P, Zhao X and He Y (2013). Interactions between renewable energy policy and renewable energy industrial policy: A critical analysis of China’s policy approach to renewable energies. *Energy Policy*. 62342–353.

Zhang W, Zhao Y, Huang F, Zhong Y and Zhou J (2021). Forecasting the Energy and Economic Benefits of Photovoltaic Technology in China’s Rural Areas. *Sustainability*. 13(15):8408, Multidisciplinary Digital Publishing Institute.

Zhou Y, Miao Z and Urban F (2021). China’s leadership in the hydropower sector: Identifying green windows of opportunity for technological catch-up. *Industrial and Corporate Change*. 29(5):1319–1343.

1. - Maryville Online, 2017; Skalex, 2018 [↑](#footnote-ref-1)
2. - Yost, 2019 [↑](#footnote-ref-2)
3. - Digital Magazine, 2016 [↑](#footnote-ref-3)
4. - Gaget, 2018 [↑](#footnote-ref-4)
5. - AMFG, 2018 [↑](#footnote-ref-5)
6. - Ramos, 2017 [↑](#footnote-ref-6)
7. - Ball, 2017; Patil, 2018; Botha, 2019; Bain and Company, 2021 [↑](#footnote-ref-7)
8. - IDC, 2019b [↑](#footnote-ref-8)
9. - Azati, 2019 [↑](#footnote-ref-9)
10. - Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence, 2022 [↑](#footnote-ref-10)
11. - intelligent recommendation engine [↑](#footnote-ref-11)
12. - AI-driven art generator [↑](#footnote-ref-12)
13. - Klubnikin, 2022 [↑](#footnote-ref-13)
14. - Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence, 2022 [↑](#footnote-ref-14)
15. - Tencent Research Institute, 2017 [↑](#footnote-ref-15)
16. - McKinsey & Company, 2021 [↑](#footnote-ref-16)
17. - Alekseeva et al., 2021 [↑](#footnote-ref-17)
18. - Mondal et al., 2021 [↑](#footnote-ref-18)
19. - CBI, 2022 [↑](#footnote-ref-19)
20. - Stevens, 2021 [↑](#footnote-ref-20)
21. - Singh, 2018 [↑](#footnote-ref-21)
22. - Chui et al., 2021 [↑](#footnote-ref-22)
23. - KPMG and GSA, 2022 [↑](#footnote-ref-23)
24. - Dahlqvist et al., 2019 [↑](#footnote-ref-24)
25. - Insider Intelligence, 2022 [↑](#footnote-ref-25)
26. - Hasan, 2022 [↑](#footnote-ref-26)
27. - Hiter, 2021 [↑](#footnote-ref-27)
28. - Emergen Research, 2022 [↑](#footnote-ref-28)
29. - IDC, 2021b [↑](#footnote-ref-29)
30. - data warehouse with cloud storage [↑](#footnote-ref-30)
31. - Ahmed, 2021 [↑](#footnote-ref-31)
32. - OECD, 2019; Byers, 2015; Claros and Davies, 2016 [↑](#footnote-ref-32)
33. - Roser et al., 2015 [↑](#footnote-ref-33)
34. - Markow et al., 2017 [↑](#footnote-ref-34)
35. - McKinsey Global Institute, 2013 [↑](#footnote-ref-35)
36. - Malas, 2022 [↑](#footnote-ref-36)
37. - Bureau of Labor Statistics, U.S. Department of Labor, 2022 [↑](#footnote-ref-37)
38. - Blockchain-as-a-Service (BaaS) روشی را توصیف می کند که به موجب آن، ارائه دهندگان خدمات خارجی، فناوری و زیرساخت لازم برای بلاک چین را برای مشتری در ازای پرداخت هزینه، راه اندازی می کنند. یک مشتری به ارائه دهنده BaaS پول می پردازد تا از طرف او گره های متصل به بلاک چین را راه اندازی و نگهداری کند. ارائه‌دهنده BaaS جنبه‌های پیچیده) back-end ترکیبی از پایگاه داده و نرم افزار) را برای مشتری و کسب‌وکارشان مدیریت می‌کند. [↑](#footnote-ref-38)
39. - Akilo, 2018; Patrizio, 2018; Anwar, 2019 [↑](#footnote-ref-39)
40. - IDC, 2021a [↑](#footnote-ref-40)
41. - Non-Fungible Token [↑](#footnote-ref-41)
42. - Decentralized Autonomous Organization [↑](#footnote-ref-42)
43. - Hardy, 2022 [↑](#footnote-ref-43)
44. - Kandaswamy et al., 2018 [↑](#footnote-ref-44)
45. - MarketWatch, 2019 [↑](#footnote-ref-45)
46. - Deloitte, 2017 [↑](#footnote-ref-46)
47. - The Blockchain Academy, 2021 [↑](#footnote-ref-47)
48. - Gartner, 2022 [↑](#footnote-ref-48)
49. - McKinsey and Company, 2020 [↑](#footnote-ref-49)
50. - Cipriani, 2020 [↑](#footnote-ref-50)
51. - Campbell et al., 2019 [↑](#footnote-ref-51)
52. - PwC دومین شبکه بزرگ خدمات حرفه ای در جهان است و به همراه Deloitte، EY و KPMG یکی از چهار شرکت بزرگ حسابداری در جهان محسوب می شود. [↑](#footnote-ref-52)
53. - PwC, 2021 [↑](#footnote-ref-53)
54. - Ericsson, 2022 [↑](#footnote-ref-54)
55. - Gergs et al., 2022 [↑](#footnote-ref-55)
56. - Maddox, 2018 [↑](#footnote-ref-56)
57. - فناوری پوشیدنی یا تکنولوژی پوشیدنی (به انگلیسی Wearable Technology)، یک دستگاه الکتریکی هوشمند (وسیله‌ای الکترونیکی مجهز به میکرو کنترولر) است که نزدیک یا روی سطح پوست قرار می‌گیرد. این دستگاه توانایی شناسایی و جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل و انتقال اطلاعات را دارد نظیر ساعت های هوشمند. [↑](#footnote-ref-57)
58. - Nokia, 2020; *Forbes*, 2021c [↑](#footnote-ref-58)
59. - Mandel and Long, 2020 [↑](#footnote-ref-59)
60. - Campbell et al., 2017 [↑](#footnote-ref-60)
61. - Imarc Group, 2022 [↑](#footnote-ref-61)
62. - IDC, 2019a [↑](#footnote-ref-62)
63. - PwC, 2020 [↑](#footnote-ref-63)
64. - Durbin, 2022 [↑](#footnote-ref-64)
65. - Lux Research, 2021 [↑](#footnote-ref-65)
66. - WEF, 2020; *Horizon: The EU Research & Innovation Magazine*, 2014; *Forbes*, 2022b [↑](#footnote-ref-66)
67. - WEF, 2020 [↑](#footnote-ref-67)
68. - Bunger, 2018 [↑](#footnote-ref-68)
69. - Automate, 2020; Technavio, 2018b; Yuan, 2018; Mitrev, 2019 [↑](#footnote-ref-69)
70. - McKinsey & Company, 2019; Chakravorty, 2019 [↑](#footnote-ref-70)
71. - McKinsey & Company, 2019 [↑](#footnote-ref-71)
72. - Occupational Information Network, 2022 [↑](#footnote-ref-72)
73. - Grad School Hub, 2020 [↑](#footnote-ref-73)
74. - Technavio, 2018a; FPV Drone Reviews, 2019; Joshi, 2019 [↑](#footnote-ref-74)
75. - IDC, 2018 [↑](#footnote-ref-75)
76. - Feist, 2021; Ritsick, 2020 [↑](#footnote-ref-76)
77. - Cohn et al., 2017 [↑](#footnote-ref-77)
78. - PwC, 2017b [↑](#footnote-ref-78)
79. - Mazur and Wiśniewski, 2016 [↑](#footnote-ref-79)
80. - Australian Government, Department of Infrastructure, Transport, Regional Development and Communications, 2020 [↑](#footnote-ref-80)
81. - Schroth, 2021 [↑](#footnote-ref-81)
82. - Schmidt, 2017; Philippidis, 2018; Acharya, 2019 [↑](#footnote-ref-82)
83. - UNCTAD, 2017; World Health Organization, 2021; Fajardo-Ortiz et al., 2022 [↑](#footnote-ref-83)
84. - Muigai, 2022; Loo, 2014 [↑](#footnote-ref-84)
85. - *Forbes*, 2021a; Zhang et al., 2020 [↑](#footnote-ref-85)
86. - Plumer et al., 2018; World Health Organization, 2021 [↑](#footnote-ref-86)
87. - Bureau of Labor Statistics, U.S. Department of Labor, 2019a, 2019b; Thompson, 2017b [↑](#footnote-ref-87)
88. - Cox, 2019; Nano.gov, 2020 [↑](#footnote-ref-88)
89. - Brooks, 2022 [↑](#footnote-ref-89)
90. - Aithal and Aithal, 2016; Osman, 2019 [↑](#footnote-ref-90)
91. - CareerExplorer, 2020b [↑](#footnote-ref-91)
92. - Peterson’s, 2017 [↑](#footnote-ref-92)
93. - Reiff, 2020 [↑](#footnote-ref-93)
94. - Doshi, 2017 [↑](#footnote-ref-94)
95. - Sendy, 2022; Solar Industry Research Data, 2022 [↑](#footnote-ref-95)
96. - International Energy Agency, 2022a [↑](#footnote-ref-96)
97. - Zhang et al., 2021 [↑](#footnote-ref-97)
98. - IRENA, 2021a [↑](#footnote-ref-98)
99. - Solar Industry Research Data, 2022 [↑](#footnote-ref-99)
100. - International Renewable Energy Agency (IRENA) [↑](#footnote-ref-100)
101. - IRENA, 2021a [↑](#footnote-ref-101)
102. - International Energy Agency, 2020a [↑](#footnote-ref-102)
103. - IRENA, 2021c [↑](#footnote-ref-103)
104. - IEA, 2021; Bravo and Friedrich, 2018; Alnaimat and Rashid, 2019; International Energy Agency, 2022a [↑](#footnote-ref-104)
105. - IRENA, 2021a [↑](#footnote-ref-105)
106. - IRENA, 2021a [↑](#footnote-ref-106)
107. - United States Energy Information Administration, 2022 [↑](#footnote-ref-107)
108. - cellulosic ethanol [↑](#footnote-ref-108)
109. - pyrolysis-biocrude-hydro treatment pathway [↑](#footnote-ref-109)
110. - Biomass To Liquid (BTL) [↑](#footnote-ref-110)
111. - Hydrotreated Esters and Fatty Acids (HEFA) [↑](#footnote-ref-111)
112. - Witcover and Williams, 2020 [↑](#footnote-ref-112)
113. - International Energy Agency, 2021 [↑](#footnote-ref-113)
114. - OECD-FAO, 2020 [↑](#footnote-ref-114)
115. - United States Environmental Protection Agency, 2022 [↑](#footnote-ref-115)
116. - IRENA, 2021a [↑](#footnote-ref-116)
117. - United States Department of Energy, 2021 [↑](#footnote-ref-117)
118. - United States Energy Information Administration, 2022b [↑](#footnote-ref-118)
119. - IEA, 2020 [↑](#footnote-ref-119)
120. - IRENA, 2022b [↑](#footnote-ref-120)
121. - International Energy Agency, 2020c [↑](#footnote-ref-121)
122. - Luo et al., 2018; IRENA, 2022c [↑](#footnote-ref-122)
123. - IRENA, 2021a [↑](#footnote-ref-123)
124. - Ravillard et al., 2021 [↑](#footnote-ref-124)
125. - IRENA, 2021b [↑](#footnote-ref-125)
126. - International Energy Agency, 2022b [↑](#footnote-ref-126)
127. - International Energy Agency, 2020b [↑](#footnote-ref-127)
128. - IRENA, 2019b [↑](#footnote-ref-128)
129. - IRENA, 2021a [↑](#footnote-ref-129)
130. - Global Wind Energy Council, 2021 [↑](#footnote-ref-130)
131. - The Business Research Company, 2021 [↑](#footnote-ref-131)
132. - IRENA, 2020 [↑](#footnote-ref-132)
133. - KPMG, 2020 [↑](#footnote-ref-133)
134. - IRENA, 2020 [↑](#footnote-ref-134)
135. - Global Programme on Green Hydrogen in Industry, 2022 [↑](#footnote-ref-135)
136. - IRENA, 2021a [↑](#footnote-ref-136)
137. - Business Upturn, 2021 [↑](#footnote-ref-137)
138. - Nixon, 2022 [↑](#footnote-ref-138)
139. - *Wall Street Journal*, 2022 [↑](#footnote-ref-139)
140. - IEA, 2022b [↑](#footnote-ref-140)
141. - Hamilton et al., 2020 [↑](#footnote-ref-141)
142. - IEA, 2022b [↑](#footnote-ref-142)
143. - *Business Today*, 2022 [↑](#footnote-ref-143)
144. - Pek et al., 2018 [↑](#footnote-ref-144)
145. - UC Berkeley and GridLab, 2021 [↑](#footnote-ref-145)
146. - Shoham et al., 2018 [↑](#footnote-ref-146)
147. - Compound Annual Growth Rate (CAGR) [↑](#footnote-ref-147)
148. - Hansen and Hansen, 2020 [↑](#footnote-ref-148)
149. - کارخانه تبدیل زباله به انرژی یک مرکز مدیریت زباله است که زباله ها را برای تولید برق می سوزاند. [↑](#footnote-ref-149)
150. - Hansen and Hansen, 2020 [↑](#footnote-ref-150)
151. - DUI (doing-using-interacting) [↑](#footnote-ref-151)
152. - State-Owned Enterprises (SOEs) [↑](#footnote-ref-152)
153. - تجریه چین در کسب فناوری ها نه تنها در زیست توده بلکه در اکثر فناوری های پیشران مملو از تجربه برای کشورهای در حال توسعه بویژه کشور ما ایران می باشد. چه در زمینه تغییرات نهادی در داخل از طریق قوانین و مقررات برای بخش های مورد نظر، چه در زمینه صدور مجوز های لازم برای مشارکت با شرکتهای خارجی مطرح در جهان و بویژه چه در زمینه صدور مجوز ورود نیروی کار ماهر به داخل که خود چین با نیروی کار عظیمی مواجه بوده ولی اجازه رقابت با شرکت های داخل را داده است. اجازه تقلید، یادگیری موثر و اجرای فناوری های جدید در داخل، همگی ناشی از مدیریت بهینه سیاست های دولت چین می باشد. باید از آنها یاد بگیریم. اگر آنکتاد، در این فصل موارد کشورها را مطرح نموده دقیقاً به همین دلیل است یعنی یاد بگیریم و بدون مباحثات جناحی و سیاسی، تجربیات را به اجرا بگذاریم (مترجم). [↑](#footnote-ref-153)
154. - به گزارش ایرنا، در سال 2020 در زمینه فناوری فرعی بیوگاز، کشور پیشرو از نظر ظرفیت نصب شده، آلمان با 7500 مگاوات و تایلند با 550 مگاوات در رتبه هفتم قرار دارد (IRENA, 2022d). [↑](#footnote-ref-154)
155. - Suwanasri et al., 2015 [↑](#footnote-ref-155)
156. - مرکز تحقیقات فناوری بیوگاز دانشگاه فناوری کینگ مونگکوت تونبوری (KMUTT) یکی از شرکای این پروژه سازمان ملل در نیجریه است (UNFCCC، 2021). [↑](#footnote-ref-156)
157. - پروژه " گاو به کیلووات" (Cows to Kilowatts) که در ابیجان (نیجریه) واقع شده است، در ساخت یک کارخانه بیوگاز و تاسیسات تصفیه فاضلاب برای کار بر روی ضایعات کشتارگاه متمرکز است تا منبعی ارزان برای انرژی خانگی، کاهش آلودگی و کاهش انتشار گازهای گلخانه ای باشد. . [↑](#footnote-ref-157)
158. - دو مؤسسه اصلی درگیر در آموزش و مشاوره فنی و مشاوره به شرکت‌های داخلی، BIOTEC، مرکز ملی مهندسی ژنتیک و بیوتکنولوژی که توسط وزیر علوم و انرژی تأسیس شده است، و KMUTT، یک دانشگاه فناوری ملی می باشند (به پانوشت 13 مراجعه شود). [↑](#footnote-ref-158)
159. - Suwanasri et al., 2015 [↑](#footnote-ref-159)
160. - Reinauer and Hansen, 2021 [↑](#footnote-ref-160)
161. - Yaqoob et al., 2021 [↑](#footnote-ref-161)
162. - E. J. Ordoñez-Frías et al., 2020 [↑](#footnote-ref-162)
163. - شرکت فرانسوی پیشرو در تجهیزات ورزشی در جهان. [↑](#footnote-ref-163)
164. - شرکت آلمانی توسعه همکاری (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)) [↑](#footnote-ref-164)
165. - International Climate Initiative, 2022 [↑](#footnote-ref-165)
166. - Chowdhury et al., 2020 [↑](#footnote-ref-166)
167. - "برنامه مشارکت بیوگاز" در سال 2019 پایان یافت و از برنامه های ملی بیوگاز در اتیوپی، کنیا، جمهوری متحد تانزانیا، اوگاندا و بورکینا فاسو حمایت کرد (Africa Biogas Partnership Program - Supporting biogas programs in Africa, 2019). طرح "بیوگاز برای زندگی" بهتر در سال 2007 در نایروبی با هدف نصب 2 میلیون نیروگاه بیوگاز تا سال 2020 راه اندازی شد (Nes and Nhete, 2007). [↑](#footnote-ref-167)
168. - Scarlat et al., 2018 [↑](#footnote-ref-168)
169. - Data are from https://www.irena.org/Statistics/ View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/ Country-Rankings [↑](#footnote-ref-169)
170. - https://www.cif.org/ [↑](#footnote-ref-170)
171. - World Bank, 2016 [↑](#footnote-ref-171)
172. - World Bank, 2016 [↑](#footnote-ref-172)
173. - Choukri et al., 2017 [↑](#footnote-ref-173)
174. - Gosens et al., 2020 [↑](#footnote-ref-174)
175. - Gosens et al., 2020 [↑](#footnote-ref-175)
176. - Gosens et al., 2020 [↑](#footnote-ref-176)
177. - Lema et al., 2013; Lewis, 2007 [↑](#footnote-ref-177)
178. - Wandera et al., 2021 [↑](#footnote-ref-178)
179. - Johannsen et al., 2020 [↑](#footnote-ref-179)
180. - IRENA, 2021d [↑](#footnote-ref-180)
181. -- Global Wind Organisation is (GWO). این یک سازمان غیر انتفاعی است که بوسیله تولیدکنندگان توربین بادی ایجاد شده است. [↑](#footnote-ref-181)
182. - Dai et al., 2020 [↑](#footnote-ref-182)
183. - IRENA, 2013 [↑](#footnote-ref-183)
184. - Upstream, 2021 [↑](#footnote-ref-184)
185. - Dai et al., 2020 [↑](#footnote-ref-185)
186. - فناوری های دیجیتال و هیبریدی در سیستم های انرژی هوشمند ادغام شده اند. فناوری شامل راه‌حل‌های دیجیتال (SaaS، IoT و AI) برای توربین‌های بادی و فناوری‌های مختلف بالادستی و پایین دستی و همچنین ذخیره‌سازی انرژی است (Dai et al., 2020). [↑](#footnote-ref-186)
187. - Hain et al., 2020 [↑](#footnote-ref-187)
188. - Dai et al., 2020 [↑](#footnote-ref-188)
189. - Matsuo and Schmidt, 2019 [↑](#footnote-ref-189)
190. - Morris et al., 2022 [↑](#footnote-ref-190)
191. - Morris et al., 2022 [↑](#footnote-ref-191)
192. - Gregersen and Gregersen, 2021 [↑](#footnote-ref-192)
193. - Lema et al., 2021 [↑](#footnote-ref-193)
194. - Gregersen and Gregersen, 2021 [↑](#footnote-ref-194)
195. - Gregersen, 2020 [↑](#footnote-ref-195)
196. - Gregersen and Gregersen, 2021 [↑](#footnote-ref-196)
197. - Lema, Bhamidipati, et al., 2021 [↑](#footnote-ref-197)
198. - TRT Magazine, 2022 [↑](#footnote-ref-198)
199. - Sturgeon et al., 2008 [↑](#footnote-ref-199)
200. - Konda, 2022 [↑](#footnote-ref-200)
201. - Hain et al., 2020 [↑](#footnote-ref-201)
202. - World Bank, 2011 [↑](#footnote-ref-202)
203. - Konda, 2022 [↑](#footnote-ref-203)
204. - IEA, 2019 [↑](#footnote-ref-204)
205. - National Electric Mobility Mission Plan 2020’ (NEMMP2020) [↑](#footnote-ref-205)
206. - Faster Adoption and Manufacturing of Electric Vehicles (FAME) [↑](#footnote-ref-206)
207. - Phased Manufacturing program (PMP) [↑](#footnote-ref-207)
208. - basic custom duty (BCD) [↑](#footnote-ref-208)
209. - DPIIT, 2020 [↑](#footnote-ref-209)
210. - Indian Energy Storage Alliance [↑](#footnote-ref-210)
211. - Sasi, 2021 [↑](#footnote-ref-211)
212. - The Economic Times, 2020 [↑](#footnote-ref-212)
213. - Montmasson- Clair et al., 2021 [↑](#footnote-ref-213)
214. - Automotive Production and Development Programme [↑](#footnote-ref-214)
215. - South African Automotive Masterplan (SAAM 2021-2035) [↑](#footnote-ref-215)
216. - Barnes et al., 2018 [↑](#footnote-ref-216)
217. - Smart Energy International, 2020 [↑](#footnote-ref-217)
218. - باتری خودرو ، باتری قابل شارژی است که برای راه اندازی وسیله نقلیه موتوری استفاده می شود و نه باتری برای خودروهای برقی. [↑](#footnote-ref-218)
219. - Raw and Radmore, 2020 [↑](#footnote-ref-219)
220. - TMEC, 2020 [↑](#footnote-ref-220)
221. - national development bank (BNDES) [↑](#footnote-ref-221)
222. - Statista, 2022b [↑](#footnote-ref-222)
223. - Elétricos no horizonte, 2019 [↑](#footnote-ref-223)
224. - Consoni et al., 2019 [↑](#footnote-ref-224)
225. - Elétricos no horizonte, 2019 [↑](#footnote-ref-225)