Journal of
Improvement Management
Vol. 12 No. 3, Autumn 2018 (Serial 41)

Policy Recommendations Based on National-Level Material Flow Analysis: Comparative Study of Iran ana Three Selected Countries

Javad Mashayekh[1]☎, Seyed Hossein Nekoomanesh Fard, Maryam bahrami Kahyash Nejadi[2]

1- PhD in Technology Management, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.
2- MSc in Material Engineering, Faculty of Engineering, Tarbiat Modares, Tehran, Iran.
3- MSc in Chemical Engineering, Faculty of Chemical Engineering, University of Tehran. Tehran, Iran.

Abstract:

Economic development and increasing wealth in the last century has resulted in a sevenfold growth in the per-capita raw material consumption, culminating in a global average of more than 10 tons in 2010. Environmental hazards and the threat of resource scarcity had been the driving force behind a multitude of researches on the consumption indicators and the flow analysis of materials. The export and import flow of materials to Iran is of strategic importance, since, on the one hand, the Iran's economy relies heavily on the export of raw materials, and, on the other hand, imports of some critical materials are subject to restrictions due to international sanctions. However, despite the strategic importance of the topic, neither a comprehensive national-level study on the material consumption patterns nor a comparison with other economies has been carried out. This paper aims to introduce several material flow indicators and briefly compare Iran, Brazil, India and Turkey from material consumption viewpoint. Investigating such indicators shows that beside Iran's considerable dependency on the exportation of raw materials, the country is importing significant amount of processed materials with high hidden flow input in the form of finished goods. Furthermore, this study demonstrates that in addition to the fact that the per-capita material footprint of Iran is nearly 50% higher than the global average, there is a still increasing trend, which necessitates the policymakers to devise better policies to optimize this trend.

Keywords: *Natural Resources, Raw Material Consumption, Material Flow Accounting (MFA), Sustainable Development, Strategic Importance.*

1. ☎*Corresponding author:* mashayekh313@yahoo.com
2. expert4@amc.isti.ir

فصلنامه علمی-پژوهشی
بهبود مدیریت
دوره دوازدهم
شماره ۳ (شماره پیاپی: ۴۱)
پائیز ۱۳۹۷

توصیه‌های سیاستی مبتنی بر تحلیل جریان مواد در سطح ملی: مطالعه تطبیقی ایران و سه کشور منتخب

جواد مشایخ[1*]، سید حسین نکومنش‌فرد[2]، مریم بهرامی کهیش‌نژاد[2]

چکیده

توسعه اقتصادی و افزایش نسبی رفاه در جوامع با افزایش برداشت از منابع مواد خام تا بیش از هفت برابر بین سال‌های ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۰ همراه بوده و هم‌اکنون سرانه جهانی مصرف مواد خام به بیش از ده تن در سال بالغ شده است. تهدیدات زیست‌محیطی و خطر کمبود منابع در آینده به واسطه ادامه این روند پرشتاب مصرف، پیشران تحقیقات بسیاری در حوزه تحلیل جریان مواد در سطوح ملی و بین‌المللی بوده است. جریان صادرات و واردات مواد، برای ایران دارای اهمیتی راهبردی است چرا که از یک سو، اقتصاد ایران متکی به صادرات مواد خام و از سوی دیگر، نیازمند واردات مواد مهم و حیاتی است خصوصاً امروزه که این واردات به دلیل تحریم‌های بین‌المللی با محدودیت مواجه خواهد بود. علی‌رغم اهمیت راهبردی این موضوع، تاکنون بررسی جامعی درخصوص الگوی جریان مواد در سطح ملی و مقایسه آن با سایر کشورها انجام نشده و از این رو، پژوهش حاضر با تبیین برخی شاخص‌های تحلیل جریان مواد در سطح ملی به مقایسه وضعیت ایران با کشورهای هند، ترکیه و برزیل پرداخته است. یافته‌ها ضمن آشکار نمودن وابستگی قابل توجه ایران به واردات مواد در قالب محصولات ساخته‌شده از یک سو و صادرات مواد به صورت خام و فرآوری‌نشده از سوی دیگر، نشان می‌دهد که سرانه مصرف مواد خام در کشور تقریباً ۵۰ درصد بیش از میانگین جهانی بوده و کماکان نیز روندی صعودی دارد. این مهم ضرورت بازنگری در الگوی مصرف مواد و تمهید سیاست‌های لازم برای بهینه کردن این روند را اجتناب‌ناپذیر می‌نماید.

واژگان کلیدی: منابع طبیعی، مصرف مواد خام، حسابرسی جریان مواد، توسعه پایدار، اهمیت راهبردی

۱- مقدمه

اهمیت مواد اولیه مورد استفاده در زندگی بشر تا حدی بوده که اعصار مختلف را بر حسب نوع مواد مصرفی رایج در آن دوران (حجر، مفرغ، آهن و ...) نامگذاری کرده‌اند [۱۱]. با تغییر روش زندگی، مواد مورد استفاده بشر نیز از سنگ‌های خام موجود در طبیعت به انواع مواد فرآوری و مهندسی‌شده تغییر نموده است.

تا پیش از دوران مدرن با توجه به سختی‌های استخراج مواد اولیه (از جمله منابع معدنی، سوخت و زیست‌توده‌ها[1])

۱- دکترای مدیریت فناوری دانشگاه علامه طباطبائی (ره) - پژوهشگر پژوهشکده مطالعات فناوری، تهران
۲- کارشناس ستاد توسعه فناوری‌های مواد و ساخت پیشرفته معاونت علمی و فناوری ریاست‌جمهوری، تهران
* نویسنده مسئول مکاتبات: mashayekh313@yahoo.com

تلاش زیادی برای استفاده مجدد[۲]، بازیابی[۳] و بازیافت[۴] مواد می‌شده لیکن با ورود به عصر جدید و سرعت گرفتن توسعه صنعتی و همچنین سهل شدن دسترسی به منابع، استفاده از ذخایر طبیعی نیز شتاب گرفت به نحوی که میزان استخراج مواد خام که در ابتدای قرن بیستم، سالانه کمتر از ۱۰ میلیارد تن بوده در سال ۲۰۱۰ به بیش از ۷۰ میلیارد تن در سال بالغ گردیده است [۴۷]. این حجم از مصرف مواد و انرژی منجر به ایجاد مشکلات زیادی همچون تغییرات آب و هوایی (ناشی از ورود گازهای گلخانه‌ای)، اسیدی شدن خاک (به دلیل ورود اکسیدهای نیتروژن و گوگرد)، غنی شدن آب از منابع غذایی[۵]، از بین رفتن گونه‌های زیستی، فرسایش خاک، افزایش غیرقابل کنترل زباله‌های صنعتی و خانگی، احتمال کمبود دسترسی به منابع طبیعی در آینده و همچنین ورود انواع سموم به زیست‌بوم شده است [۱۵و۳۷]. این اثرات جانبی زیان‌بار در کشورهایی با اقتصاد متکی به منابع خام از شدت بیشتری برخوردار است.

ایران کشوری است با اقتصادی استخراجی[۶] و از تولیدکنندگان مهم مواد خام در جهان (در بین ده کشور اول تولیدکننده نفت خام و پنج کشور اول تولیدکننده گاز طبیعی؛ جزء ده کشور اول تولیدکننده سیمان، سنگ آهن و مولیبدن و یکی از بیست کشور اول تولیدکننده فولاد، سرب، آمونیا، مس، فلدسپار، فروکروم، کائولن، روی و پشم)، به نحوی که بر اساس ارزش ذخایر معدنی (با احتساب نفت و گاز)، ایران در مجموع در رده پنجم کشورهای برخوردار از منابع طبیعی قرار دارد [۳۱]. در سال‌های اخیر بحران‌های زیست‌محیطی از قبیل آلودگی شدید هوا در شهرهای صنعتی، خشک شدن دریاچه‌ها، بیابان‌زایی، تولید بیش از حد زباله، گرد و غبار شدید، خطر انقراض گونه‌های زیستی و .... مشکلات عدیده‌ای را برای کشور به وجود آورده است [۶]. بسیاری از این بحران‌ها با الگوی تولید و مصرف مواد ارتباط دارند. با این حال، علی‌رغم اتکاء اقتصاد ایران بر تولید و صادرات مواد خام، تاکنون بررسی جامعی درخصوص تحلیل و حسابرسی جریان مواد در سطح ملی و مقایسه آن با سایر کشورها انجام نشده است. این مقاله ضمن معرفی زمینه‌های تاریخی رشد حوزه زیست‌بوم‌شناسی صنعتی، علل توجه خاص به این حوزه و ابزارها و شاخص‌های مورد استفاده در این بخش همچون حسابرسی جریان مواد، شاخص‌های گزارش‌شده در این زمینه درباره ایران را ارائه و به تفسیر آنها می‌پردازد. حسابرسی جریان مواد ابزاری کاربردی برای پایش جریان مواد و در نتیجه امکان کنترل و سیاست‌گذاری در راستای پیشگیری از مشکلات آتی است. یکی از مهم‌ترین اهداف این پژوهش، تشریح قابلیت‌ها و کاربردهای حسابرسی جریان مواد و چگونگی تفسیر شاخص‌های این حوزه و کاربرد آنها به خصوص در سیاست‌گذاری است. با این مقدمه در مقاله حاضر ضمن تبیین گروهی از شاخص‌های تحلیل جریان مواد در سطح ملی و اشاره به شواهدی از برنامه‌ریزی بر مبنای شاخص‌های جریان مواد، به مقایسه وضعیت ایران با هند، ترکیه و برزیل از منظر شاخص‌های مطالعات جریان مواد پرداخته و تلاش شده با مطالعه تطبیقی شاخص‌های مربوطه، شباهت‌ها و تفاوت‌های موجود در تولید و مصرف منابع در این کشورها مورد بررسی و واکاوی قرار گیرد. این پژوهش با تمرکز بر داده‌های موجود درباره کشورهای مختلف، تلاش کرده باب مطالعه در خصوص تحلیل مصرف و تولید مواد مختلف در کشور را باز نماید.

۱- زیست‌توده بخش زیست‌تجزیه‌پذیر محصولات، ضایعات و تفاله‌های دارای منشاء زیستی است. این محصولات از فرآیندهای کشاورزی، دامداری، جنگلداری و صنایع مرتبط با آنها همچون ماهیگیری و پرورش ماهی به دست می‌آیند. بخش زیست‌تجزیه‌پذیر زباله‌های شهری نیز جزء زیست‌توده‌ها است [۴۶].

2- Reuse
3- Recovery
4- Recycling
5- Eutrophication
6- Extractive Economy

۲- پیشینه پژوهش

۲-۱) مصرف منابع و توسعه پایدار

مواد اولیه[1] و منابع طبیعی[2] و یا مواد در این بحث، منابع طبیعی‌ای هستند که عامدانه و برای استفاده در فعالیت‌های بشر به منظور خلق ارزش اقتصادی، استخراج و بر روی آنها کار انجام می‌شود. در رایج‌ترین تقسیم‌بندی، مواد خام به چهار گروه زیست‌توده‌ها، سوخت‌های فسیلی، مواد معدنی غیرفلزی و مواد معدنی فلزی تقسیم می‌شوند [۴۷].

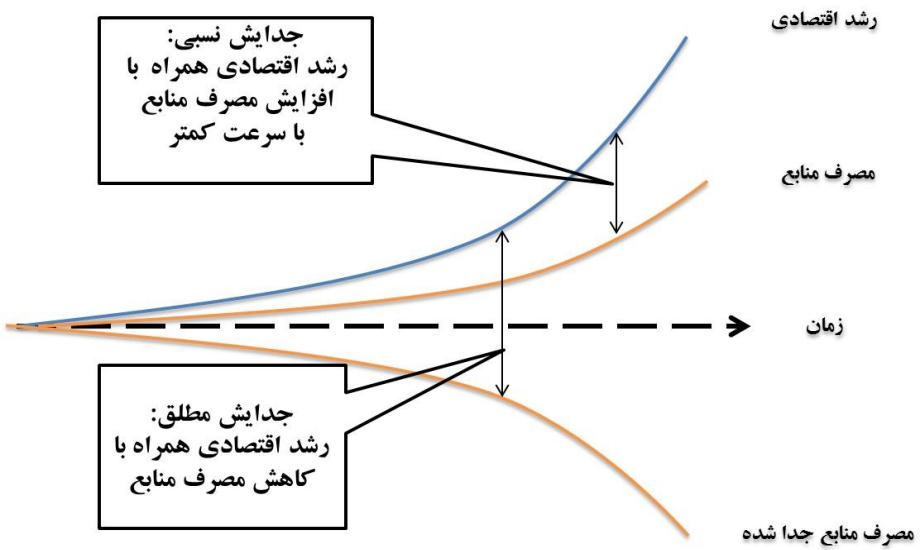
علی‌رغم اینکه نگرانی از روند رو به رشد مصرف منابع طبیعی و آثار مختلف آن از دهه ۷۰ میلادی مطرح بوده اما هنوز توافقی جهانی برای نحوه مدیریت بهینه منابع وجود ندارد. پیش‌بینی‌ها بر اساس رویه جاری تولید و مصرف منابع طبیعی، تصویری نامطلوب از آینده را توصیف می‌کند. مطابق پیش‌بینی‌های مؤسسه تحقیقات علمی و صنعتی استرالیا تا سال ۲۰۳۰ تقریباً ۳ میلیارد نفر به جمعیت طبقه متوسط جهان اضافه و تقاضا برای فولاد و سیمان با افزایشی ۸۰ درصدی مواجه خواهد شد. قیمت غذا، انرژی، مواد اولیه و آب افزایش و هزینه استخراج نفت و فلزات تا دو برابر افزایش خواهد یافت. بازیافت ناکافی بسیاری از فلزات و نیاز به سرمایه‌گذاری قابل توجه در چرخه تأمین از جمله دیگر مشکلات پیش‌بینی‌شده می‌باشد که کنترل این مشکلات، مستلزم بکارگیری فوری تدابیر و سیاست‌های کنترل الگوی مصرف است [۱۴و۳۰].

نگرانی از بروز بحران‌های فراگیر زیست‌محیطی و نبود دسترسی به منابع در آینده، پیشران مفهوم توسعه پایدار بوده است [۲۱]. منظور از توسعه پایدار، توسعه و رشد درآمد در عین حفظ و بهبود وضعیت زیست‌بوم در ناحیه‌ای خاص و یا در کل جهان است. با تحقق توسعه پایدار، میزان آسیب به زیست‌بوم تا حدی کاهش می‌یابد که قابلیت بازیابی و بازگشت به وضعیت اولیه وجود داشته باشد [۲۱و۱۸و۱۴].

از نظر تاریخی، موضوع توسعه پایدار با نگرانی‌هایی از کمبود منابع چوب در اروپا و تصویب قوانینی در انگلستان در راستای الزام برداشت‌کنندگان به جایگزینی درختان جدید به ازاء الوار بریده‌شده، در قرن هفده میلادی طرح شد. در امتداد همین تفکر، در دهه آخر قرن بیستم، دستور کار بیست و یکم سازمان ملل با هدف حرکت به سوی توسعه پایدار، تدوین و تغییر الگوی مصرف منابع طبیعی به عنوان یکی از نگرانی‌های عمده در مسیر توسعه پایدار، ذیل فصل چهارم این برنامه مطرح شده است [۴۸]. در این برنامه، جدایش[3] (جدا شدن) رشد اقتصادی از مصرف منابع یا موادزدایی[4] (به صورت نسبی و یا مطلق) یکی از موارد عمده مورد توجه محققان و سیاست‌گذاران به شمار می‌رود. به طور سنتی، افزایش تولید یا رشد اقتصادی، با مصرف بیشتر منابع طبیعی همراه بوده در حالی که یکی از اهداف مهم در مدل توسعه پایدار، بکارگیری سیاست‌هایی در راستای تحقق رشد اقتصادی در عین حفاظت از منابع طبیعی است. همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود در حالت جدایش نسبی، میزان منابع مورد نیاز برای هر واحد تولید ناخالص داخلی با گذر زمان کاهش می‌یابد اما در حالت جدایش مطلق، کل مصرف مواد در یک اقتصاد با وجود افزایش تولید ناخالص داخلی، کاهش می‌یابد [۲۵].

از یک سو، برخی محققان معتقدند جدا کردن رشد اقتصادی از اثرات زیست‌محیطی با استفاده از نوآوری‌های فناورانه و افزایش بهره‌وری امکان‌پذیر است [۱۴] لیکن دسته دیگری از محققان بر این باورند که مصرف کمتر مواد، معادل تولید کمتر و در نتیجه کوچک شدن اقتصاد و در نهایت، رشد منفی اقتصادی خواهد بود. اقتصاد سرمایه‌داری برای

1- Raw Material
2- Natural Resources
3- Decoupling
4- Dematerialization



شکل ۱) نمایش شماتیک جدایش مطلق و نسبی رشد اقتصادی از مصرف مواد [۴۷]

پایدار بودن نیاز به رشد دارد چرا که پایداری آن در گرو سرمایه‌گذاری مجدد سود در تولید است [۳۳]. پژوهشگران دیگری هم نشان داده‌اند که اگر چه با تغییر سیاست‌ها و افزایش بهره‌وری، جدایش نسبی امکان‌پذیر است اما تحقق جدایش مطلق (کاهش مطلق مصرف منابع مواد و انرژی) غیرممکن است. این شرایط نشان می‌دهد که رشد تولید ناخالص داخلی نمی‌تواند در درازمدت ادامه یابد. با وجود تأکید بر توسعه پایدار در کشورهای توسعه‌یافته، وابستگی افزایش رشد اقتصادی به مصرف منابع در بازه زمانی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ بیشتر شده است (جفت شدن مجدد[1]) [۱۴]. برخی پژوهشگران هم معتقدند که توسعه پایدار تنها تا حد مشخصی از رشد اقتصادی (بین ۱/۵ تا ۲ درصد) ممکن است و در مقادیر بالاتر رشد، همواره میزان آسیب به طبیعت، بیش از حد قابل ترمیم آن می‌باشد [۱۸].

۲-۲) شاخص‌های پایش مصرف مواد

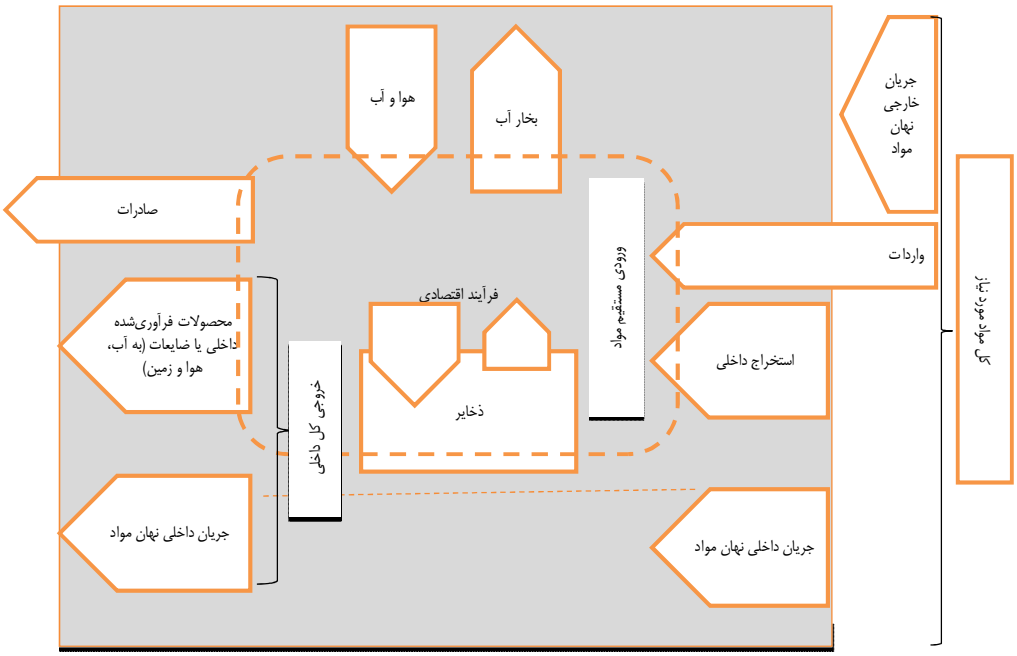
شاخص‌های آماری مختلفی برای ارزیابی و پایش میزان مواد تولیدی و مصرفی توسعه یافته‌اند. این شاخص‌ها، نحوه جمع‌آوری اطلاعات، نوع تحلیل و نتایج حاصل از آنها، ذیل بحث حسابرسی جریان مواد بررسی می‌شود. حسابرسی جریان مواد، مطالعه جریان مواد و یا تحلیل جریان مواد[2]، ارزیابی دقیق و نظام‌مند جابجایی و ماندگاری مواد در یک اقتصاد (در سطح محلی، ملی، منطقه‌ای و یا جهانی) است. با توجه به جامعیت تعریف مواد، هر نوع مبادله‌ای بجز خرید و فروش خدمات و یا کالاهای غیرمادی (همچون انرژی الکتریکی) باید در حسابرسی جریان مواد پایش شود [۱۹]. اگر چه در گذشته به دلیل حجم زیاد اطلاعات و نظرات مختلف در مورد شیوه‌های محاسبه، اختلاف‌نظرهایی در این خصوص وجود داشته اما در سال‌های اخیر استانداردسازی، کمک زیادی به قابل مقایسه شدن نتایج ارزیابی‌ها نموده است.

در حسابرسی جریان مواد، اقتصاد مورد مطالعه به عنوان یک سیستم ترمودینامیکی در محیط بزرگ‌تر زیست‌بوم تعریف می‌شود. مشابه هر سیستم دیگری در ارتباط با محیط خود، اقتصاد نیز به طور پیوسته ورودی‌هایی همچون

1- Recoupling
2- Material Flow Accounting or Material Flow Analysis (MFA)

آب، مواد اولیه و هوا را از محیط گرفته و ضایعات و محصولات جانبی را وارد آن می‌کند. حسابرسی مواد می‌تواند در خصوص ماده‌ای مشخص (آب، فلزات و ...)، گروهی از مواد (سوخت‌های فسیلی، مواد معدنی و زیست‌توده‌ها) و یا میزان کلی انتقالات مواد و در ابعاد مختلف اقتصادی مدنظر قرار گیرد [۱۸و۱۹و۳۸].

برخی شاخص‌های سنجش مواد ورودی و خروجی به یک اقتصاد را می‌توان در شکل ۲ و جدول ۱ مشاهده نمود. مواد ورودی به یک سیستم اقتصادی، شامل مواد تولیدشده در همان سیستم و مواد واردشده از محیط اطراف (اقتصادهای دیگر) است. علاوه بر این، بخشی از مواد که برای تولید اقلام صادراتی از طبیعت جدا می‌شوند اما به صورت کالای صادراتی در نمی‌آیند نیز جزء مواد واردشده به اقتصادها به حساب می‌آید. برای مثال در تولید فلزات، مقادیر قابل توجهی از مواد و انرژی استفاده می‌شود که اگر چه در کالای صادراتی وجود ندارند اما پیش‌نیاز تولید آن بوده‌اند. به این بخش، در حسابرسی جریان مواد، جریان نهانی[1] اطلاق می‌شود. آب و هوا نیز به سیستم اقتصادی وارد می‌شوند که معمولاً جزء مواد ورودی به اقتصاد محاسبه نمی‌شوند. خروجی‌های هر اقتصاد هم شامل صادرات، جریان داخلی نهان مواد و محصولات فرآوری‌شده داخلی یا ضایعات (به آب، هوا و زمین) است. از این شاخص‌ها برای پایش میزان مصرف انواع مواد و ارزیابی تأثیر سیاست‌های مختلف استفاده می‌شود. حسابرسی جریان مواد همچنین امکان تعیین مصرف واقعی مواد در یک اقتصاد را به وجود می‌آورد.



شکل ۲) برخی شاخص‌های سنجش مواد ورودی و خروجی در اقتصاد [۲۳و۴۰]

در بسیاری موارد میزان مصارف واقعی و ظاهری مواد کشورها متفاوت است. کشورهای توسعه‌یافته همچون اعضاء سازمان همکاری و توسعه اقتصادی[2] با صادر نمودن صنایع پرمصرف و برون‌سپاری تولید بخشی از مایحتاج خود، مصرف انرژی و مواد در کشور خود را کاهش و به طور ظاهری بهره‌وری را افزایش داده‌اند. در نتیجه این تقسیم کار

1- Hidden Flow
2- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)

جدول ۱) برخی شاخص‌های پایش مواد (همگی بر حسب تن)

ردیف	شاخص	تعریف	منبع
۱	تولید داخلی	مجموع سالیانه مواد خام استخراج‌شده از طبیعت (بجز هوا و آب) برای استفاده در یک اقتصاد	[۲۸و۴۷و۴۹]
۲	ردپای مواد	مجموع مواد خام مصرف‌شده در سطح جهان برای تأمین نیازهای یک اقتصاد	[۲۸و۲۹و۴۷و۴۹و۵۰]
۳	مصرف داخلی مواد	مجموع مواد خام مصرف‌شده در یک اقتصاد (حاصل جمع تولید داخلی و واردات منهای صادرات)	[۲۸و۴۷و۴۹]
۴	موازنه بازرگانی	صادرات منهای واردات	[۲۸و۴۷و۴۹]
۵	جریان داخلی نهان مواد	مواد مصرف‌شده برای تولید مواد صادراتی که خود صادر نمی‌شوند	[۲۸و۴۴و۴۷و۴۹]
۶	جریان خارجی نهان مواد	مواد مصرف‌شده در سایر کشورها به منظور تولید کالاهای واردشده به یک اقتصاد که خود به آن اقتصاد وارد نمی‌شوند	[۲۸و۴۴و۴۷و۴۹]

نیز ادعای جدایش نسبی رشد اقتصادی از مصرف مواد از سوی این کشورها طرح شده اما میزان مواد جابجاشده در تجارت بین‌المللی بسیار کمتر از مواد به کار گرفته شده برای تولید محصولات است. در نتیجه، این جدایش تنها در صورتی دیده می‌شود که جریان پنهان مواد در نظر گرفته نشود. با استفاده از شاخص‌های پایش‌کننده مصرف ظاهری همچون مصرف داخلی مواد، در عین رشد اقتصادی مثبت، میزان مصرف مواد کمتر و جدایش، ممکن به نظر می‌رسد. اما با استفاده از شاخص ردپای مواد (که جریان نهان مواد را نیز در نظر می‌گیرد و البته مسئولیت آن را متوجه مصرف‌کننده نهایی می‌داند) چنین جدایشی دیده نمی‌شود. شاخص ردپای مواد نشان‌دهنده تمام منابع استخراج و استفاده‌شده در جهان برای تأمین تقاضای نهایی یک کشور است. تفاوت بین این شاخص و شاخص‌های مصرف متعارف می‌تواند تا ۲۰۰ درصد هم باشد[۱] [۱۴و۳۶و۴۵و۵۱و۵۰].

۲-۳) تجارب سیاست‌گذاری مبتنی بر تحلیل جریان مواد

طی دهه‌های اخیر با گسترش گفتمان بهره‌وری و توسعه پایدار، کشورهای مختلف با استفاده از شاخص‌های آماری به قانون‌گذاری، سیاست‌گذاری، فرهنگ‌سازی و .... در این زمینه پرداخته‌اند. استفاده از روش حسابرسی جریان مواد در سطح بنگاه‌ها، بخش‌های مختلف، مناطق جغرافیایی، شهرها، استان‌ها و کشورها و حتی پیمان‌های بین‌المللی‌ای همچون اتحادیه اروپا مورد استفاده قرار گرفته و کشورهای مختلف با رویکردهایی متفاوت به این موضوع وارد شده‌اند. در کشورهایی مانند چین، آلمان و ژاپن، تولید با استفاده از مواد اولیه کمتر و استفاده مجدد از ضایعات تبدیل به قانون شده در حالی که کشورهایی همچون آمریکا بدون تصویب قانونی جدید از ظرفیت‌های سازمان‌های دولتی و تدوین آئین‌نامه‌های اجرایی برای تحقق این هدف استفاده کرده‌اند. شناخت وضعیت موجود، اولین و مهم‌ترین بخش هر برنامه‌ای است و پس از ارزیابی‌های اولیه و تشخیص گلوگاه‌های موجود و تغییرات ممکن، هدف‌گذاری بلندمدت امکان‌پذیر می‌گردد.

کشورهای زیادی بر اساس تحلیل‌های حاصل از حسابرسی جریان مواد، اهداف سیاستی مشخصی را در اسناد برنامه‌ریزی بلندمدت خود تعیین نموده‌اند (جدول ۲). متولیان سیاست‌گذاری این کشورها با تعیین اهداف کمّی و دقیق و گاهاً به تفکیک بخش‌های اقتصادی، تلاش نموده‌اند تا مصرف منابع خود را تا سطح معینی کاهش دهند. به عنوان

۱- بر اساس شاخص ردپای مواد، هیچ بهبودی در بهره‌وری منابع بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۵ در کل کشورهای OECD قابل مشاهده نیست.

مثال آلمان با هدف‌گذاری بلندمدت برای افزایش دو برابری بازده مصرف انرژی و مواد خام تا سال ۲۰۲۰ و پایش مداوم و تصویب قانون و بسیاری دیگر از کشورها مانند ایرلند با هدف جدایش تدریجی رشد اقتصادی از تخریب محیط زیست، از طریق تدوین برنامه‌های بلندمدت و اسناد چشم‌انداز، این روش‌ها را مورد استفاده قرار داده‌اند.

جدول ۲) نمونه‌هایی از اهداف سیاستی مبتنی بر تحلیل جریان مواد در اسناد ملی [۲۲و۴۳]

کشور	سال تصویب	عنوان سند	هدف
اتریش	۲۰۰۲	Austrian strategy for sustainable development	افزایش چهار برابری بازده مصرف منابع
ایرلند	۲۰۰۲	Ireland's strategy for sustainable development	جدایش تدریجی رشد اقتصادی از تخریب محیط زیست
ایتالیا	۲۰۰۲	Environmental Action Strategy for Sustainable Development in Italy	کاهش کل نیاز مواد خام به میزان ۲۵ درصد تا سال ۲۰۱۰، ۷۵ درصد تا ۲۰۳۰ و ۹۰ درصد تا ۲۰۵۰
هلند	۲۰۰۱	Fourth national environmental policy plan	موادزدایی به میزان ۲ تا ۴ برابر تا سال ۲۰۳۰
لهستان	۲۰۰۲	National environmental policy for 2003–2006	کاهش میزان شدت مواد به میزان ۴۰ درصد بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰
پرتغال	۲۰۰۴	National strategy for sustainable development 2005–2015	کاهش مصرف منابع در شرکت‌های صنعتی به میزان ۱/۵ برابر

با وجود پیشینه علمی بسیار طولانی در سطوح مختلف بنگاهی و ملی [۱۹]، این ابزار تحلیلی و برنامه‌ریزی در بین محققان داخلی مهجور بوده و مطابق بررسی‌های صورت‌گرفته، صرفاً در پژوهش‌های محدودی در سطح بنگاه از این روش استفاده شده است. به عنوان نمونه با استفاده از این روش، تحقیقاتی در خصوص نحوه مدیریت پسماندها با هدف کنترل آثار زیست‌محیطی پسماندهای صنعتی در کشور انجام شده است [۱۳]. با وجود تأکید قوانین برنامه‌های پنج‌ساله چهارم، پنجم و ششم توسعه بر بهره‌وری و اشاره به نیاز به کاهش مصرف منابع طبیعی در این قوانین و حتی تدوین دستورالعمل‌های اجرایی از طرف نهادهای مربوطه، در سطح ملی به طور کلی از این ابزار ارزشمند برای تحقیقات و نیز برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای استفاده نشده است. یکی از چالش‌های اصلی در اجرای سیاست‌های کلی، کمّی‌سازی اهداف است که بدون توجه به ابزار حسابرسی جریان مواد، این مهم عملاً ممکن نیست. نگاهی به کشورهای پیشرو و مقایسه و تطابق وضعیت فعلی و سیاست‌های جاری در کشورهای دیگر، می‌تواند راهگشای برنامه‌ریزان داخلی باشد.

۳- روش پژوهش

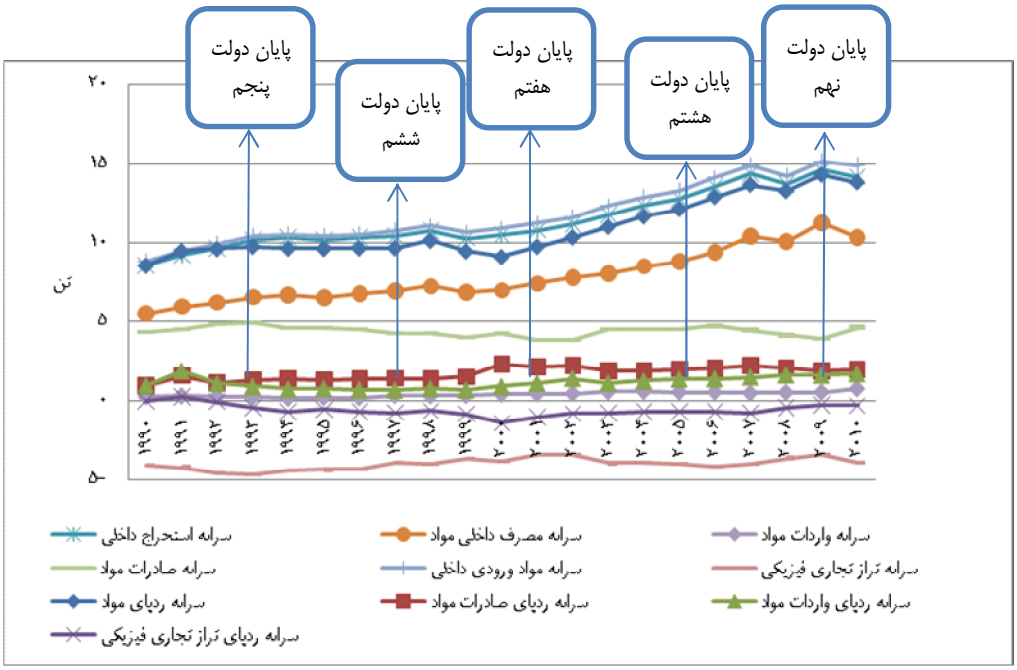
برای تبیین روش‌شناسی این پژوهش، ابتدا لازم است به ویژگی‌های آن از جنبه‌های مختلف پرداخته شود. یک روش منطقی در طبقه‌بندی انواع تحقیق، استفاده از منطق یک‌بُعدی و تعیین جایگاه پژوهش بر روی طیفی از انواع تحقیق است که بر این اساس، می‌توان تحقیقات را از نظر نتیجه، هدف و داده تقسیم‌بندی نمود [۱]. پژوهش حاضر از نظر نتیجه، پژوهشی کاربردی، از حیث هدف، دارای ماهیتی توصیفی و از لحاظ داده، کمّی محسوب می‌شود چرا که داده‌های مورد استفاده در آن از نوع عدد و رقم می‌باشند.

راهبرد این تحقیق مطالعه موردی (از نوع چندموردی) با تمرکز بر واحد تحلیل کشور می‌باشد که برای شناسایی و انتخاب موارد مطالعه (کشورهای منتخب) از روش نمونه‌گیری هدفمند استفاده شده است. در این روش نمونه‌ها متناسب با هدف تحقیق و به صورت غیراحتمالی انتخاب می‌شوند [۲۶]. با توجه به لزوم تحلیل و مقایسه الگوی جریان مواد در ایران با کشورهایی که از لحاظ سیاسی و اقتصادی با آنها مشابهت یا رقابت وجود دارد (ترکیه و عربستان) یا در عرصه جهانی، همپایی با آنها برای کشور مفید است (برزیل و هند) کشورهای مذکور برای مطالعه انتخاب شدند. البته یکی از مسائل محدودکننده در انتخاب این موارد، موضوع دسترسی به اطلاعات بوده [۵] و بر همین اساس به دلیل عدم دسترسی به اطلاعات مربوط به کشور عربستان، این کشور از مطالعه کنار گذاشته شد.
داده‌های مربوط به این پژوهش از نوع دست دوم بوده و از بانک‌های اطلاعاتی و اسناد منتشرشده گردآوری شده‌اند. با توجه به پیچیدگی‌های محاسباتی، به طور معمول شاخص‌های مربوط به تحلیل جریان مواد در کشورهای مختلف توسط نهادهای بین‌المللی تهیه و اعلام می‌شوند و پژوهشگران با اخذ این اطلاعات از مراجع معتبر به تفسیر و مقایسه آنها می‌پردازند [۲۴و۳۹]. داده‌های این پژوهش طی بهمن و اسفند ۱۳۹۶ از پایگاه اطلاعاتی برنامه زیست‌بوم سازمان ملل متحد [۲۸] اخذ و برای پاسخ به پرسش‌های پژوهش به کار گرفته شد:
– وضعیت تولید و مصرف مواد در اقتصاد ایران چگونه است؟
– میزان تولید و مصرف مواد در ایران در مقایسه با برزیل، ترکیه و هند چگونه است؟
– ارزیابی میزان تولید و مصرف مواد در کشور و مقایسه آن با کشورهای منتخب، چه درس‌آموخته‌های سیاستی به همراه دارد؟
برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش‌های تحلیل جریان مواد و مقایسه تطبیقی استفاده شده است.

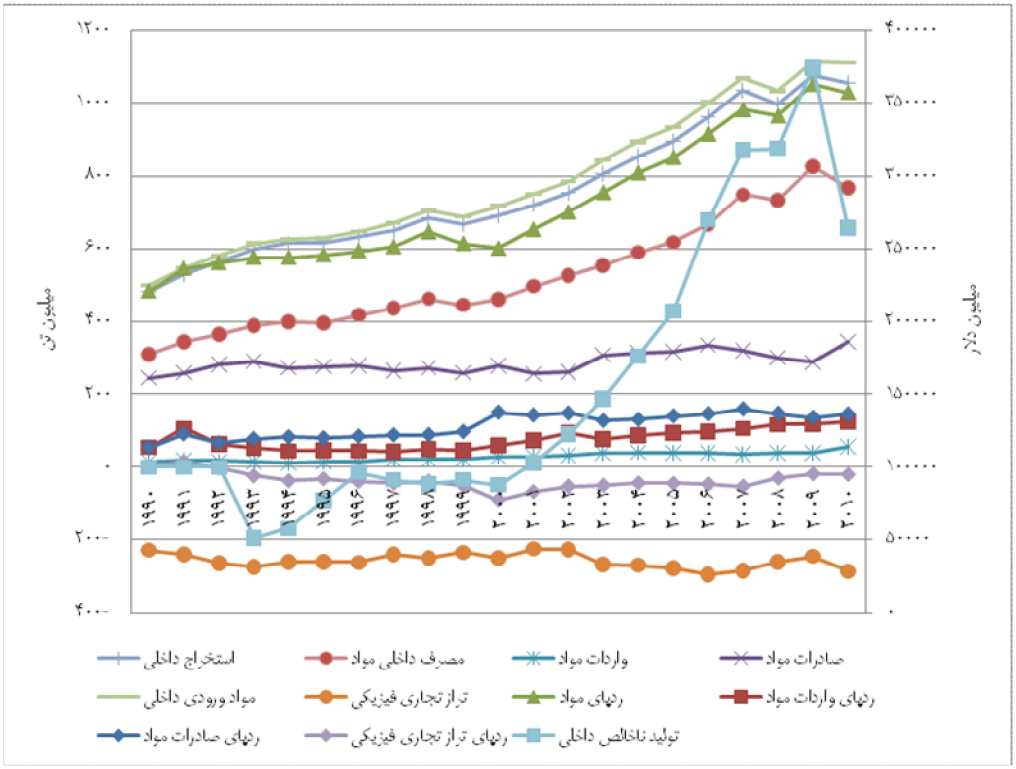
٤- یافته‌ها

٤-١) مصرف مواد در ایران

روند تغییرات سرانه و مطلق برخی شاخص‌های مورد استفاده برای تحلیل جریان مواد در سطح ملی برای سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰ در شکل‌های ۳ و ۴ قابل مشاهده است. همان‌طور که دیده می‌شود روند شاخص‌های تولید داخلی، مصرف داخلی و ردپای مواد به دلیل وابستگی قابل توجه آنها به یکدیگر و یا تأثیرپذیری از عوامل بیرونی همسان، مشابه است. همچنین بر اساس هر دو شاخص ردپا و مصرف داخلی مواد واضح است که در این سال‌ها میزان مصرف مواد در ایران روندی رو به افزایش داشته که این افزایش مصرف، ممکن است با افزایش درآمد متوسط، رشد اقتصادی و تغییرات بافت جامعه (افزایش شهرنشینی و ...) ارتباط داشته باشد. درآمد ناخالص ملی در فاصله سال‌های مذکور بیش از ۴/۶ برابر و سرانه درآمد ناخالص داخلی نیز ۱/۸ برابر افزایش یافته است. بنا به اطلاعات بانک جهانی میزان جمعیت شهرنشین در ایران طی این دوره از ۵۶ درصد به بیش از ۷۰ درصد رسیده در حالی که در همین فاصله، شهرنشینی در جهان از ۴۳ درصد به ۵۱/۵ درصد افزایش یافته است. تمرکز جغرافیایی مشاغل خدماتی، شهرها را به مصرف‌کنندگان منابع تبدیل کرده است. تغییرات شیب نمودارها با تأخیری دو تا سه ساله تقریباً همخوان با تغییرات دولت‌ها و سیاست‌های واردات و صادرات کشور است. در این سال‌ها، فاصله تولید داخلی، ردپای مواد و مصرف داخلی نیز تقریباً ثابت بوده و می‌توان نتیجه گرفت که روند تغییرات الگوی مصرف (نسبت واردات مواد خام و محصولات تمام‌شده به صادرات آنها) تغییر فاحشی نداشته به این معنا که با وجود رشد اقتصادی و تغییرات میزان مصرف مواد، همچنان کشور به صادرات مواد خام و واردات محصولات ساخته‌شده وابسته است.



شکل ۳) روند تغییرات سرانه برخی شاخص‌های تحلیل جریان مواد در ایران (۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰)



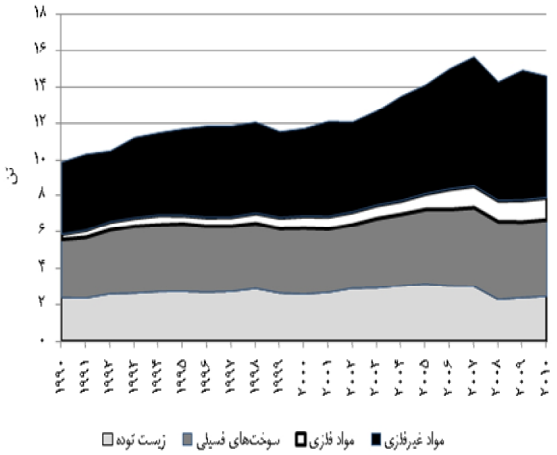
شکل ٤) روند تغییرات مطلق برخی شاخص‌های تحلیل جریان مواد در ایران (۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰)

همچنین مشخص است که ردپای مواد در ایران همواره کمی بالاتر از میزان مصرف داخلی آن است. در تحلیل‌های انجام‌شده، کشورها را از نظر اختلاف بین این دو شاخص به سه دسته تقسیم می‌کنند: کشورهایی که در آنها مصرف داخلی مواد، بالاتر از ردپای مواد است؛ کشورهای دارای سطح پائین‌تری از مصرف داخلی مواد نسبت به ردپای مواد و کشورهایی که برای آنها دو شاخص مذکور نزدیک به هم هستند [۵۰]. در کشورهای گروه اول، صادرات مواد خام غالب است. این کشورها (همچون شیلی با مصرف داخلی سرانه ۴۳ تن و ردپای مواد سرانه ۱۷ تن در سال ۲۰۱۰) عملاً مقادیر قابل توجهی از مواد را (به صورت خام) تولید و صادر می‌کنند. از آنجا که ضایعات به جا مانده از مواد خام صادراتی جزء مصرف داخلی مواد در این کشورها محسوب می‌شوند این دسته از کشورها عملاً مصرف بالاتری نسبت به واقعیت را نشان می‌دهند اما شاخص ردپای مواد که مسئولیت مصرف را بر عهده مصرف‌کننده نهایی قرار می‌دهد برای این کشورها پائین‌تر از مصرف داخلی است. در مقابل، کشورهایی با اقتصادهای پیشرفته و حساسیت‌های زیست‌محیطی که واردکننده مواد خام فرآوری‌شده هستند بخش جریان نهانی را در مصرف داخلی خود در نظر نمی‌گیرند (همچون سوئیس با مصرف داخلی سرانه ۱۲/۹ و ردپای مواد سرانه ۲۶/۹ تن در سال ۲۰۱۰). ایران جزء دسته سوم یا کشورهایی است که برای آنها اختلاف دو شاخص فوق‌الذکر کم است [۵۰]. با وجود نزدیک بودن دو شاخص، همین تفاوت کم نشان‌دهنده تمایل اقتصاد ایران به سمت واردات محصولات نهایی است. برای مقایسه می‌توان چین را با ردپایی کمی بالاتر (۱۷ تن مصرف داخلی سرانه و ۱۴/۵ تن سرانه ردپا در سال ۲۰۱۰) با ایران (با مصرف داخلی سرانه ۱۰ تن و ردپای سرانه ۱۴ تن در سال ۲۰۱۰) مقایسه نمود.

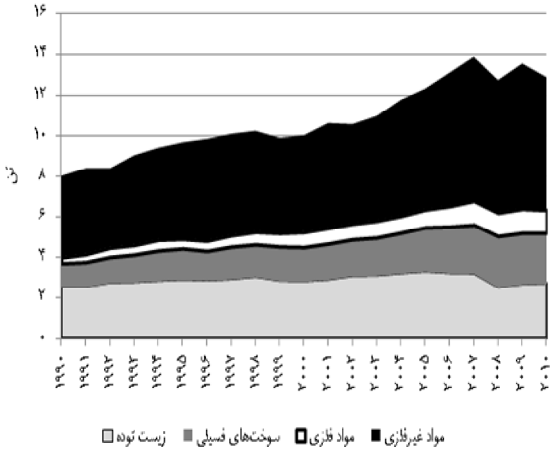
دو متغیر در تعیین اختلاف ردپا و مصرف داخلی مواد مؤثرند: میزان وابستگی کشور به صادرات مواد خام و میزان واردات محصولات ساخته‌شده با جریان نهان مواد بالا به کشور. به نظر می‌رسد کشورهای توسعه‌یافته با اجتناب از تولید مواد خام و تمرکز بر فرآوری مواد و صادرات محصول نهایی، سطح مصرف داخلی مواد را کاهش داده‌اند. اما این کشورها با وارد کردن بخشی از محصولات مود نیاز خود و در نتیجه وارد کردن جریان نهان این محصولات، ردپای مواد بالایی دارند. همچنین به نظر می‌رسد کشورهایی همچون ایران با وجود خام‌فروشی و خروج بخش بزرگی از مواد مصرف‌شده به صورت جریان نهان، به دلیل رواج مصرف‌گرایی و الگوبرداری از روش مصرف کشورهای پیشرفته، جریان نهان ورودی بزرگی نیز دارند و در نتیجه مقدار ردپای مواد در این کشورها به لحاظ ظاهری به الگوی کشورهای پیشرفته میل می‌کند.

تفاوت میزان صادرات و واردات نیز در شکل‌های فوق دیده می‌شود. ردپای مواد کالاهای صادراتی به صورت عددی منفی در محاسبات لحاظ می‌شود و این بخش میزان ماده مصرفی برای کالاهای صادراتی است. برابر بودن ردپای صادرات با میزان صادرات و بالاتر بودن میزان ردپای واردات نسبت به وزن مواد واردشده مؤید این است که ایران واردکننده محصولات نهایی (محصولاتی با ردپایی بالاتر از وزن خود) و صادرکننده مواد خام (ردپایی برابر وزن) می‌باشد. سبد محصولات صادراتی کشور طی سال‌های اخیر تغییری را به سمت فرآوری مواد خام داخلی و صادرات مواد نهایی نشان نمی‌دهد.

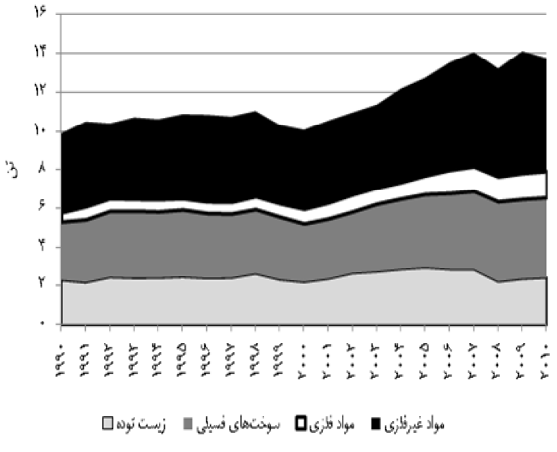
روند تغییرات شاخص‌های مختلف مصرف مواد در کشور در این بازه بیست‌ساله تقریباً یکنواخت بوده است (شکل‌های ۵ تا ۷). با این وجود در بازه زمانی مورد بحث تغییراتی در برخی زیرگروه‌ها وجود داشته است. کاهش مصرف زیست‌توده و افزایش مصرف مواد معدنی غیرفلزی در هر سه شاخص مشخص است. افزایش مصرف مواد معدنی غیرفلزی (ساختمانی) معمولاً با توسعه صنایع سیمان، سنگ‌های ساختمانی و مصالح نسوز و رشد و رونق ساخت‌وساز ارتباط دارد.



شکل ۵) روند تغییرات سرانه تولید داخلی مواد در ایران طی دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰



شکل ٦) روند تغییرات سرانه مصرف داخلی مواد در ایران طی دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰



شکل ۷) روند تغییرات سرانه ردپای مواد در ایران طی دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰

در بین سه شاخص فوق، کمترین وابستگی به روابط تجاری مربوط به شاخص تولید داخلی و بیشترین وابستگی هم متعلق به شاخص ردپای مواد است. در بازه بیست‌ساله مورد بحث، سهم مواد معدنی غیرفلزی، زیست‌توده، سوخت‌های فسیلی و مواد معدنی فلزی در تولیدات داخلی به طور میانگین ۴۲، ۲۲، ۳۰ و ۶ درصد بوده است. سهم کانی‌های فلزی در این بازه بیش از دو برابر افزایش داشته (از ۳ درصد به ۸ درصد) اما سهم کانی‌های معدنی غیرفلزی افزایش کمی را تجربه کرده است. در سوی دیگر، سهم سوخت‌های فسیلی اندکی (۳ درصد) و سهم مواد زیست‌توده در سبد تولیدی ایران کاهش بیشتری (۷ درصد) داشته است (جدول ۳).

جدول ۳) مقادیر و سهم شاخص‌های تولید و مصرف مواد کشور در بازهای زمانی پنج‌ساله

تولید داخلی مواد									
سال	زیست‌توده		سوخت‌های فسیلی		مواد معدنی فلزی		مواد معدنی غیرفلزی		کل
	مقدار✧	سهم♦	مقدار	سهم	مقدار	سهم	مقدار	سهم	(مقدار)
۱۹۹۰	۱/۳۶	۲۴	۱/۸۱	۳۲	۰/۱۷	۳	۲/۲۵	۴۰	۵/۵۸
۱۹۹۵	۱/۶۷	۲۳	۲/۲۸	۳۲	۰/۲۹	۴	۲/۸۷	۴۰	۷/۱۰
۲۰۰۰	۱/۷۳	۲۲	۲/۴۲	۳۱	۰/۴۴	۶	۳/۱۸	۴۱	۷/۷۶
۲۰۰۵	۲/۲۳	۲۲	۲/۹۲	۲۹	۰/۶۰	۶	۴/۲۱	۴۲	۹/۹۶
۲۰۱۰	۱/۸۵	۱۷	۳/۱۷	۲۹	۰/۹۱	۸	۴/۹۸	۴۶	۱۰/۹۱
متوسط	۱/۸	۲۲	۲/۵۱	۳۰	۰/۴۹	۶	۳/۵۳	۴۲	۸/۳۲
مصرف داخلی مواد									
سال	زیست‌توده		سوخت‌های فسیلی		مواد معدنی فلزی		مواد معدنی غیرفلزی		کل
	مقدار	سهم	مقدار	سهم	مقدار	سهم	مقدار	سهم	(مقدار)
۱۹۹۰	۱/۴۳	۳۲	۰/۶۶	۱۵	۰/۱۷	۴	۲/۲۵	۴۰	۴/۵۰
۱۹۹۵	۱/۷۵	۳۰	۰/۹۵	۱۶	۰/۲۹	۵	۲/۸۷	۴۰	۵/۸۵
۲۰۰۰	۱/۸۶	۲۸	۱/۱۳	۱۷	۰/۴۹	۷	۳/۱۴	۴۰	۶/۶۲
۲۰۰۵	۲/۳۲	۲۷	۱/۵۵	۱۸	۰/۶۲	۷	۴/۱۸	۴۰	۸/۶۷
۲۰۱۰	۲/۰۱	۲۱	۱/۸۹	۲۰	۰/۸۴	۹	۴/۸۶	۴۰	۹/۶۰
متوسط	۱/۹۰	۲۷	۱/۲۳	۱۷	۰/۵۰	۷	۳/۵۱	۴۰	۷/۱۴
ردپای مواد									
سال	زیست‌توده		سوخت‌های فسیلی		مواد معدنی فلزی		مواد معدنی غیرفلزی		کل
	مقدار	سهم	مقدار	سهم	مقدار	سهم	مقدار	سهم	(مقدار)
۱۹۹۰	۱/۳۰	۲۳	۱/۶۹	۳۰	۰/۲۷	۴۰	۲/۳۲	۴۲	۵/۵۷
۱۹۹۵	۱/۵۰	۲۳	۲/۱۰	۳۲	۰/۳۶	۴۰	۲/۶۵	۴۰	۶/۶۱
۲۰۰۰	۱/۴۷	۲۲	۱/۹۸	۳۰	۰/۵۱	۴۰	۲/۷۲	۴۱	۶/۶۷
۲۰۰۵	۲/۰۷	۲۳	۲/۶۹	۳۰	۰/۶۹	۴۰	۳/۵۲	۳۹	۸/۹۷
۲۰۱۰	۱/۸۲	۱۸	۳/۰۹	۳۰	۱/۰۵	۴۰	۴/۳۰	۴۲	۱۰/۲۵
متوسط	۱/۶۵	۲۲	۲/۳۲	۳۰	۰/۵۸	۴۰	۳/۱۰	۴۰	۷/۶۶

✧: صد میلیون تن؛ ♦: درصد

این روند در خصوص کانی‌های فلزی نیز در شاخص‌های مصرف و ردپای آن دیده می‌شود. در سال ۱۹۹۰ کشور

هم‌زمان با تولید مقدار کمی از کانی‌های فلزی، واردکننده محصولات تمام‌شده فلزی بوده و به این دلیل میزان ردپای کانی‌های فلزی در کشور همواره از مقدار تولید و مصرف آن بالاتر بوده است. شاخص‌های زیست‌توده تولیدشده در کشور نیز تغییرات قابل توجهی را نشان می‌دهد. بر اساس میزان تولید، مصرف و ردپای زیست‌توده به نظر می‌رسد سبد تولید کشور در این بازه زمانی به سمت اقلام صنعتی‌تر حرکت کرده است.

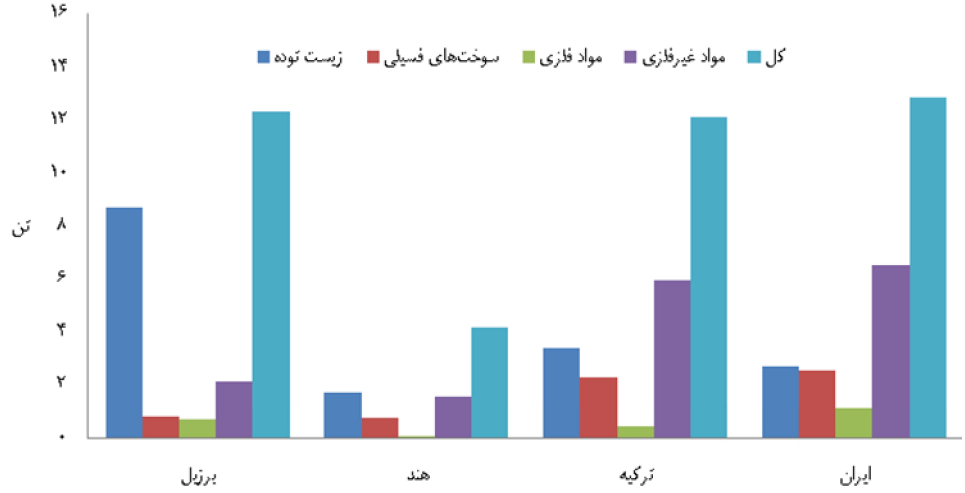
٤-٢) مقایسه مصرف مواد در ایران، ترکیه، برزیل و هند

برای ارزیابی و مقایسه، می‌توان از دو شاخص میزان مصرف داخلی و ردپای مواد استفاده کرد اما در حال حاضر شاخص متداول ارزیابی مصرف مواد در گزارش‌های رسمی، میزان مصرف داخلی مواد است [۳۲و۳۴]. اطلاعات سال ۲۰۱۰ مصرف مواد و ردپای آن برای کشورهای ایران، برزیل، ترکیه و هند در جدول ۴ درج شده است.

جدول ٤) مصرف داخلی و ردپای مواد برای کشورهای مورد مطالعه در سال ۲۰۱۰

کشور	جمعیت (میلیون نفر)	تولید ناخالص داخلی (میلیارد دلار در سال ۲۰۰۵)	مصرف داخلی مواد (صد میلیون تن)				ردپای مواد (صد میلیون تن)			
			زیست‌توده‌ها	سوخت‌های فسیلی	مواد معدنی فلزی	مواد معدنی غیرفلزی	زیست‌توده‌ها	سوخت‌های فسیلی	مواد معدنی فلزی	مواد معدنی غیرفلزی
برزیل	۱۹۷	۱۰۹۶/۴	۱۷/۰	۱/۵	۱/۴	۴/۲	۱۶/۲	۲/۲	۲/۰	۵/۰
هند	۱۲۳۱	۱۳۶۶/۸	۲۱/۰	۸/۹	۱/۴	۱۹/۰	۱۸/۹	۶/۴	۱/۸	۱۵/۹
ترکیه	۷۲	۵۶۵/۱	۲/۵	۱/۶	۰/۳	۴/۳	۲/۵	۲/۳	۰/۵	۳/۹
ایران	۷۴	۲۶۴/۳	۲/۰	۱/۹	۰/۸	۴/۹	۲/۴	۱/۴	۱/۴	۵/۸

مشاهده می‌شود که مقادیر شاخص‌ها برای برزیل و هند بالاتر از ایران و ترکیه است. برای مقایسه آنها، مقادیر مصرف و ردپای مواد با در نظر گرفتن اختلاف جمعیت کشورها به صورت سرانه در شکل‌های ۸ و ۹ آورده شده است.



شکل ۸) مقایسه سرانه مصرف داخلی مواد در کشورهای منتخب (سال ۲۰۱۰)

شکل ۹) مقایسه سرانه ردپای مواد در کشورهای منتخب (سال ۲۰۱۰)

همچنان که مشاهده می‌شود ایران در بین چهار کشور، بالاترین سرانه را در هر دو زمینه مصرف داخلی و ردپای مواد دارد. مقدار ردپای مواد برای این کشورها بجز هند از میانگین جهانی (۱۰/۲ تن) بالاتر است و سه کشور دیگر، ردپای موادی بیش از مصرف داخلی‌شان نیز داشته‌اند (البته با اختلافی کم). اگر چه سرانه مصرف کل مواد در ایران، ترکیه و برزیل تقریباً برابر است اما نوع مصرف بین ایران و ترکیه با برزیل تفاوتی فاحش دارد.

توزیع مصرف مواد در کشورهای مختلف می‌تواند تا حد زیادی نشان‌دهنده محدودیت‌های هر کشور از نظر دسترسی به منابع طبیعی یا اصلاحات سیاستی در این زمینه باشد. کشورهای تولیدکننده مواد خام همچون برزیل، چین، هند، شیلی و استرالیا مقدار قابل توجهی از مواد را برای مصرف در دیگر نقاط جهان استخراج می‌کنند.

مواد زیست‌توده شامل انواع خوراک، خوراک دام، چوب و الوار، مصنوعات دامی و کشاورزی و ... است. همان‌طور که در شکل‌های قبل و شکل ۱۰ دیده می‌شود میزان زیست‌توده تولیدشده در برزیل بالاتر از سایر کشورها و نیز بالاتر از ردپای زیست‌توده آن است. این نشان می‌دهد که برزیل به صورت مطلق صادرکننده مواد زیست‌توده به شمار می‌رود. هند اگر چه مصرف داخلی و تولید داخلی برابر دارد اما ردپای زیست‌توده این کشور کمتر از این دو شاخص است. این بدین معنی است که اگر چه میزان وزنی مواد تولیدشده و مصرف‌شده برابر بوده اما این کشور صادرکننده موادی با مصرف زیست‌توده بیشتر و واردکننده موادی با مصرف زیست‌توده کمتر است و بنابراین به صورت کلی، میزان ردپای زیست‌توده هند پائین‌تر از مصرف داخلی آن می‌باشد. در مورد ایران ردپای زیست‌توده کمی پائین‌تر از مقدار مصرف داخلی بوده است. کمتر بودن ردپای زیست‌توده در ایران با توجه به سبد صادرات کشور و تنوع مواد غذایی و مصنوعاتی همچون فرش و چرم البته قابل انتظار است اما کمتر بودن تولید نسبت به مصرف، نشان‌دهنده وابستگی بخشی از این محصولات به واردات است. بر اساس این اطلاعات به نظر می‌رسد با وجود مصرف بیشتر از تولید، همچنان میزان جریان نهان خروجی از کشور، بالاتر از جریان نهان ورودی است. در سال ۱۳۹۵ بر اساس اطلاعات گمرکی، ۸/۱ درصد (سهم از ارزش) از ده قلم اول صادرات غیرنفتی کشور (با احتساب میعانات گازی) از زیست‌توده‌ها (میوه، محصولات لبنی و فرش) و تقریباً ۹ درصد از ده قلم اول وارداتی کشور به محصولات زیست‌توده‌ای همچون ذرت دامی، کنجاله، برنج و ... اختصاص داشته است [۱۰]. به نظر می‌رسد تفاوت شاخص‌ها در این بخش مرتبط با

نوع مواد تجاری و میزان مواد خام مصرفی برای هر تن از این مواد باشد. اگر چه سهم ارزش مواد وارداتی و صادراتی تقریباً برابر بوده اما وزن صادرات با توجه به ارزشمندتر بودن مواد صادراتی کمتر بوده است. در مورد ترکیه سه شاخص مورد مطالعه تقریباً به طور کلی با هم برابرند.

شکل ۱۰) مقایسه سرانه مصرف، استخراج داخلی و ردپای مواد (بر حسب تن) برای کشورها و در زیربخش‌های مختلف (سال ۲۰۱۰)

در هند و برزیل مصرف داخلی سوخت‌های فسیلی (هم مطلق و هم سرانه) بالاتر از میزان تولید داخلی بوده است. میزان مطلق مصرف داخلی سوخت‌های فسیلی ترکیه بیش از ایران و بیش از تولید داخلی آن بوده اما سرانه مصرف

در ترکیه کمتر از سرانه تولید داخلی است. مصرف داخلی ایران به مراتب پائین‌تر از تولیدات داخلی سوخت‌های فسیلی است اما کشور با وجود صادرات بالای نفت و گاز، تنها ۲ درصد بیش از ردپایش تولید دارد. ردپای بالای ایران در بخش سوخت‌های فسیلی نشان‌دهنده واردات این سوخت‌ها و یا محصولاتی با مصرف انرژی (یا نفت) بالا می‌باشد. وابستگی کشور به واردات بنزین و برخی مشتقات فرآوری‌شده نفتی دیگر همچون مصنوعات پلاستیکی، می‌تواند از دلایل اصلی بالا بودن ردپای سوخت‌های فسیلی کشور باشد [۲و۱۰]. نگاهی به سرانه مصرف سوخت‌های فسیلی در کشورهای مورد مطالعه، تفاوت قابل توجه ایران با سه کشور دیگر را نشان می‌دهد. مطابق آمار بانک جهانی، مصرف سرانه معادل نفت[1] در کشورهای هند، برزیل، ترکیه و ایران به ترتیب برابر با ۳۶۷، ۱۴۸۸، ۱۵۵۷ و ۳۰۲۳ کیلوگرم در سال ۲۰۱۴ بوده است. شاخص شدت انرژی[2] که با در نظر گرفتن تولید ناخالص ملی، انرژی مصرف‌شده به منظور تولید هر دلار ثروت را نشان می‌دهد برای این کشورها به همان ترتیب فوق، معادل ۱۸۹، ۱۴۶، ۱۶۷ و ۳۱۶ تن نفت بر میلیون دلار (دلار بین‌المللی سال ۲۰۰۰) بوده است. این آمارها نشان‌دهنده شدت اتلاف انرژی در کشور بوده و حیاتی بودن بهینه‌سازی مصرف را مورد تأکید قرار می‌دهد [۲۷].

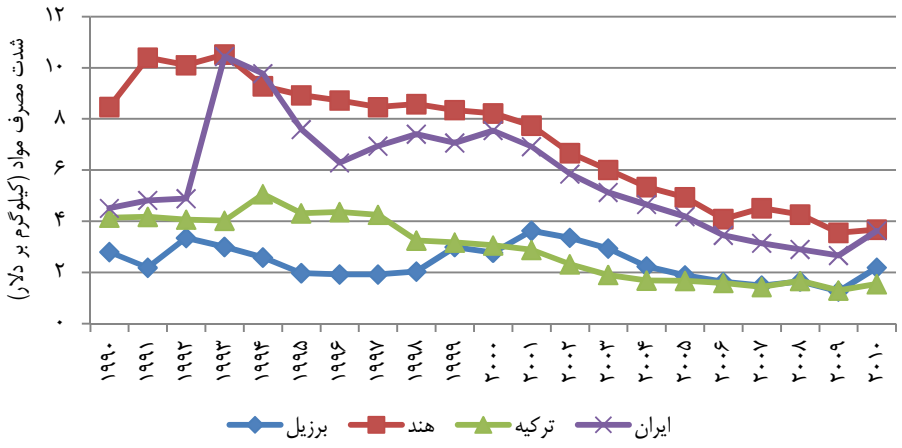
بر اساس گزارش آمارنامه وزارت نفت، تقریباً ۹۶ درصد انرژی مصرفی ایران از سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود [۲]. مصرف بالا و غیربهینه انرژی در حمل و نقل و گرمایش کشور نقش قابل توجهی در افزایش مصرف دارد. همچنین تولید برق با استفاده از نیروگاه‌های حرارتی دارای بازده نسبتاً پائین و اتلاف بالای خطوط انتقال قدرت، سرمایه‌گذاری کم در جهت تبدیل نیروگاه‌ها به سیکل ترکیبی و استفاده از انرژی به شیوه‌های دیگر نیز در بالا بودن مصرف سوخت‌های فسیلی کشور نقش بسزایی دارد [۳].

هند با وجود محدودیت دسترسی به منابع فسیلی و اتکاء به واردات، با سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر همچون باد، مصرف داخلی سوخت‌های فسیلی را در حد تولید داخلی خود مهار نموده است. با وجود وابستگی بیش از ۶۰ درصدی انرژی هند به سوخت‌های فسیلی و نیاز به واردات نفت خام، گاز و محصولات پتروشیمی، این کشور با استفاده از منابع موجود ذغال سنگ و سرمایه‌گذاری در انرژی برق‌آبی و هسته‌ای، درصدد تغییر الگوی مصرف سوخت خود می‌باشد. از سویی ردپای بسیار پائین‌تر این کشور نسبت به میزان مصرف سوخت‌های داخلی، نشان‌دهنده این است که واردات انجام‌شده (تفاوت بین مصرف داخلی و تولید داخلی) برای تولید محصولات صادراتی صرف می‌شود. ترکیه نیز مشابه ایران ردپای سوخت فسیلی بالاتری نسبت به مصرف داخلی داشته و از سوی دیگر این کشور به واردات این نوع مواد نیز وابسته است.

برزیل دومین کشور از نظر ذخایر نفت در آمریکای جنوبی و سومین صادرکننده به آمریکا است. اکتشافات اخیر در اقیانوس اطلس نقش احتمالی این کشور در بازار آینده نفت را پررنگ‌تر نیز خواهد نمود [۵]. با وجود اینکه برزیل مصرف سوختی بیشتر از ایران و ترکیه دارد سرانه مصرف سوخت فسیلی در این کشور به میزان قابل توجهی کمتر از ایران است. از جمله دلایل این مسئله می‌توان به دسترسی این کشور به منابع آب جاری و استحصال مقادیر قابل توجهی برق‌آبی و نیز موفقیت این کشور در کنترل مصرف سوخت برای حمل و نقل اشاره نمود. مصرف سوخت‌هایی مشتق از منابع زیست‌توده (اتانول حاصل از نیشکر) به عنوان سوخت خودرو هم در کاهش مصرف سوخت فسیلی در این کشور بسیار مؤثر بوده است [۵۱]. برزیل یکی از کشورهای پیشرو در استفاده از سوخت‌های تجدیدپذیر است که در پی بحران نفتی دهه ۱۹۷۰ با برنامه‌ای منسجم به تدریج استفاده از سوخت‌های فسیلی خالص به عنوان سوخت

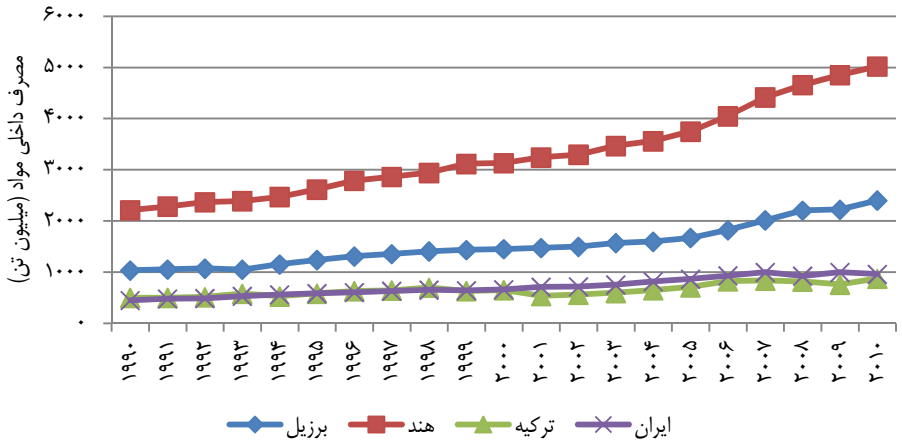
1- Oil Equivalent
2- Energy Intensity

موتور را منسوخ و با استفاده از انبوه ضایعات صنایع نیشکر به جایگزینی اتانول با سوخت فسیلی پرداخته است [۳۵].
با وجود پائین‌تر بودن مصرف و ردپای مواد معدنی فلزی نسبت به سه بخش دیگر، در این بخش نیز بالاتر بودن سرانه ردپای ایران از کشورهای دیگر مشخص است. این در حالی است که برزیل پس از استرالیا بزرگ‌ترین تولیدکننده سنگ آهن جهان است و هند در این رده‌بندی در مقام چهارم و ترکیه و ایران به ترتیب دهم و بیستم هستند [۲۰]. در سال ۲۰۰۹ صنایع معدنی هند رتبه چهارم از نظر حجم تولید و رتبه هشتم از نظر ارزش مواد تولیدی در جهان را داشته‌اند [۱۷]. در ایران، کمبود سرمایه‌گذاری در بازیافت، عمر پائین محصولات به علاوه واردات محصولاتی با مصرف بالای فلزات در آنها، می‌توانند عوامل مؤثری در افزایش این شاخص باشند. برای مثال بر اساس گزارش سازمان توسعه تجارت، از نظر ارزش، در سال ۹۵ واردات وسایل نقلیه موتوری و لوازم خودرو به ترتیب سومین و چهارمین گروه از اقلام وارداتی کشور بوده است [۱۰].
بالا بودن مصرف مواد معدنی غیرفلزی (مصالح ساختمانی و ...) می‌تواند نشان‌دهنده اهمیت بخش ساخت‌وساز در اقتصاد ملی باشد. سهم مواد ساختمانی در سرانه ردپای مواد دو کشور ایران و ترکیه بسیار بالا است. عمر متوسط نسبتاً پائین ساختمان‌ها [۴] در کشورهای در حال توسعه و ضایعات قابل توجه تخریب و بازسازی، باعث افزایش مصرف مطلق و سرانه مواد معدنی غیرفلزی می‌شود. میزان مصرف مواد معدنی غیرفلزی در ایران، ترکیه و برزیل با وجود تفاوت فاحش جمعیت، تقریباً برابر است و مصرف سرانه ایران و ترکیه چندین برابر بیشتر از هند و برزیل است.
شاخص شدت مصرف منابع[1] برای مواد به صورت کلی و یا گروه‌های مختلف مواد نیز قابل محاسبه است. این شاخص نشان‌دهنده میزان ماده مصرف‌شده برای تولید هر دلار از تولید ناخالص داخلی است (شکل‌های ۱۱ تا ۱۳).
اگر چه میزان ماده‌ای که برای تولید هر دلار از تولید ناخالص مصرف شده به صورت کلی برای همه کشورهای مورد بحث کاهش یافته اما این روند در مقاطع مختلف زمانی تغییراتی نیز داشته است. با توجه به روند مشخصاً افزایشی در مصرف داخلی مواد، تغییرات در رشد اقتصادی سالیانه و تفاوت در میزان افزایش (یا گاهاً کاهش) میزان تولید ناخالص داخلی، عامل مشخص تغییرات در نمودار شدت مواد است. تولید ناخالص داخلی می‌تواند از علل متنوعی همچون کشف منابع طبیعی جدید، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها، نیروی انسانی، فناوری و قوانین متأثر شود.

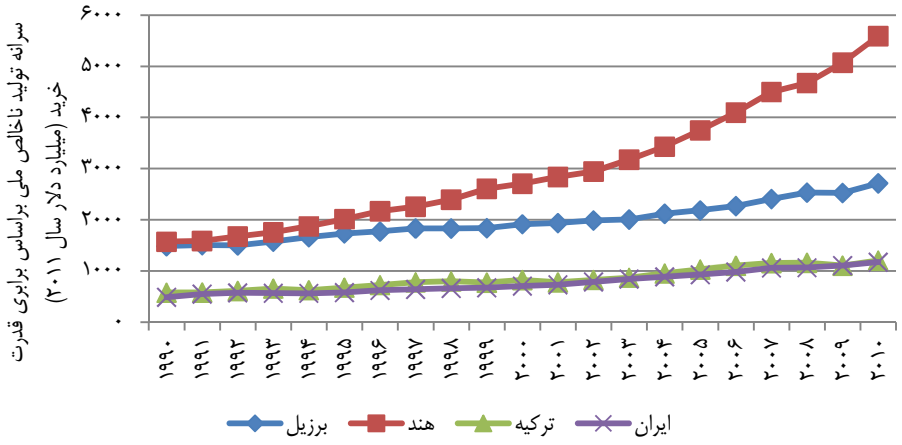


شکل ۱۱) روند تغییرات شدت مصرف مواد چهار کشور منتخب در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰

1- Resource Intensity



شکل ۱۲) روند تغییرات شدت مصرف داخلی مواد چهار کشور منتخب در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰



شکل ۱۳) روند تغییرات شدت تولید ناخالص ملی چهار کشور منتخب در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰

لازم به ذکر است که تمرکز مطالعه فعلی بر الگو و میزان مصرف منابع بوده و با توجه به تابعیت تغییرات شدت مصرف مواد از رشد اقتصادی و تغییرات تولید ناخالص ملی، الگوی تغییرات شدت مصرف مواد در این پژوهش مورد بحث قرار نمی‌گیرد.

۵- دلالت‌های سیاستی

بهره‌گیری از روش حسابرسی و تحلیل جریان مواد، امکان شناخت دقیق‌تر چرخه مواد و شناسایی گلوگاه‌ها را فراهم می‌سازد. با شناسایی این موارد می‌توان سیاست‌های مختلفی را برای بخش‌ها و یا موادی با باریک‌ترین گلوگاه‌ها، بیشترین پتانسیل بهینه‌سازی، بالاترین اهمیت اقتصادی و بیشترین خطر برای زیست‌بوم طراحی نمود. جریان مواد در یک اقتصاد می‌تواند برای پیش‌بینی خطرات، شناخت زمینه‌های بهبود و .... به کار برده شود. تجربه کشورها و مناطق

دیگر نشان داده که اگر چه این ابزار تحلیلی می‌تواند در مدیریت منابع کاربرد زیادی داشته باشد اما استفاده صحیح از آن مستلزم اطلاعات ورودی دقیق و تسلط بر آن است. تجربه کشورهای پیشرفته در کاربرد این ابزار نشان‌دهنده حساسیت زیاد نتایج این نوع تحلیل به داده‌های ورودی و مرزهای تعیین‌شده برای سیستم بوده است [۴۳].

استفاده از تحلیل جریان مواد در کشورهایی همچون اتریش، بلژیک، دانمارک، آلمان، ایرلند، ایتالیا، هلند، لهستان و پرتغال برای پایش سیاست‌های افزایش بهره‌وری تجربه شده و با استفاده از شاخص‌های به دست آمده از تحلیل جریان مواد، در این کشورها هدف‌گذاری دقیقی برای افزایش بهره‌وری انجام شده است. علاوه بر تحلیل کلی جریان مواد، تحلیل‌های خاصی نیز بر روی موادی همچون روی، شن و ماسه، سنگ آهن، نفت خام، ذغال سنگ، مس، کادمیوم، جیوه و ... در اروپا انجام شده است. ارزیابی جریان مواد به طور خاص درباره فلزات سنگین باعث تحلیل دقیق‌تر چرخه حیات و در نتیجه تشخیص درست‌تر امکان بازیافت و بازیابی و در نتیجه ممانعت از ورود آنها به زیست‌بوم می‌شود. با توجه به جدید بودن استفاده از این ابزار تحلیلی در کشورهای در حال توسعه، مهم‌ترین رهیافت سیاستی این مطالعه، تبیین ضرورت بهره‌گیری از این روش در برنامه‌ریزی‌های کلان و توسعه‌ای کشور است.

توسعه نامتقارن، مشکلات زیادی را برای کشور به دنبال داشته است. آلودگی هوا؛ تخریب پوشش گیاهی؛ آلودگی آب‌ها؛ تغییر الگوی برداشت آب؛ پائین رفتن سطح آب‌های زیرزمینی؛ پسماندهای صنعتی، بیمارستانی و شهری؛ ریزگردها و از بین رفتن گونه‌های جانوری از جمله معضلات زیست‌محیطی امروز کشور می‌باشند که حتی در برخی موارد کل جامعه را هم مورد تهدید قرار داده‌اند و همگی به گونه‌ای با الگوی تولید و مصرف مواد در کشور ارتباط دارند و از این رو، بهبود سیاست‌های تولید و مصرف مواد باید از اولویت‌های سیاست‌گذاری در کشور باشد. سرمایه‌گذاری کشورهای پیشرفته به سوی مدیریت چرخه عمر مواد و قطعات و تمرکز بر آموزش و اجرای سیاست‌های استفاده مجدد، بازیابی و بازیافت نشان‌دهنده لزوم سیاست‌گذاری در این جهت است. قانون‌گذاری در راستای الزام تولیدکنندگان به جمع‌آوری و مدیریت محصولات آسیب‌دیده، تشویق بخش خصوصی و آموزش عمومی در راستای بهبود شبکه جمع‌آوری، سرمایه‌گذاری در روش‌های مدرن تفکیک و بازیافت و تدوین استانداردهای لازم برای کاربرد اقلام بازیافتی، از مهم‌ترین سیاست‌های مورد استفاده در جهان در این زمینه بوده است. تجربه جهانی در استفاده از منابع ثانویه مواد اولیه می‌تواند راهگشای تأمین نیازهای کشور به برخی مواد باشد. برای مثال، بازیابی موادی با ظرفیت مصرف محدود (همچون عناصر کمیاب خاکی) که با وجود کمبود منابع دست اول آن در کشور، پیوسته به صورت قطعات مصرفی وارد کشور می‌شوند می‌تواند پاسخگوی نیازهای داخلی باشد. برای سرمایه‌گذاری دقیق و مطمئن در این راستا باید منابع حاوی این مواد با استفاده از روش تحلیل جریان مواد شناسایی شود [۱۶و۴۲].

صنایع تولیدکننده مواد خام همچون معدن‌کاری، تولید مواد شیمیایی، صنایع غذایی، صنایع فلزی و ... از جمله صنایع آلاینده محسوب می‌شوند. صادرات ایران نیز عمدتاً شامل نفت خام، مشتقات نفتی، مواد خام معدنی و مواد زیست‌توده فرآوری‌نشده می‌باشد که این امر در کنار روند پرشتاب مصرف‌گرایی، باعث افزایش ردپای مواد کشور در مقایسه با مصرف داخلی مواد شده است. سرمایه‌گذاری ناکافی در فرآوری نهایی مواد، کشور را در عین صادرات عمده نفت خام و میعانات گازی، وابسته به واردات گسترده مصنوعات پلاستیکی نموده است. از سوی دیگر ایران هم‌زمان صادرکننده سنگ آهن، فولاد و چدن و واردکننده فولاد و یا قطعات عمدتاً فلزی خودرو است. صادرات مواد خام، میزان مصرف کشور با شاخص مصرف داخلی مواد را افزایش می‌دهد و واردات محصولات ساخته‌شده منجر به ورود جریان نهان مواد از کشورهای دیگر و در نتیجه افزایش شاخص ردپای مواد می‌شود. تنها مسیر قابل انتخاب برای کنترل هر دو شاخص و تعادل‌بخشی بین آنها، تکمیل چرخه تولید در داخل و استفاده از محصولات بومی است. با استفاده از تحلیل

جریان مواد، شناسایی فرآیندهای با مصرف بالای مواد[1] برای سیاست‌گذاری‌های آتی امکان‌پذیر خواهد بود.
علاوه بر چالش‌های زیست‌محیطی، مسئله دیگر ریسک دسترسی به منابع در آینده است. اگر چه ایران کشوری غنی از نظر منابع طبیعی و معدنی است اما بهره‌برداری از این منابع لزوماً به سادگی مقدور نیست. تولید مواد خام در بسیاری موارد وابسته به منابعی غیر از ماده اصلی است. اولویت‌بندی در سرمایه‌گذاری می‌تواند با نگاهی همه‌جانبه به کلیه مواد مصرفی برای تولید اقلام مختلف و در جهت تکمیل زنجیره تولید در داخل صورت گیرد. در بسیاری موارد، کشورهای توسعه‌یافته و بسیاری کشورهای در حال توسعه، با درک این موضوع که «عملاً امکان خودکفایی در همه موارد وجود ندارد» تلاش می‌کنند در عین حفظ قابلیت تولید، کمبودهای خود را از طریق تجارت جهانی مرتفع سازند. رتبه‌بندی محصولات بر اساس میزان ریسک تأمین از طریق تجارت جهانی و اهمیت آنها در صنایع حساس و یا اقتصاد ملی می‌تواند کمک شایانی به تعیین اولویت‌های تولید در کشور نماید. مشخصاً در خصوص مواد خام، جمع‌آوری، نیازسنجی و پالایش اطلاعات به صورت دوره‌ای در کشورهای مختلف جهان، منجر به تقسیم‌بندی مواد به سه بخش غیرحیاتی، حیاتی و راهبردی شده است [۴۱].
اگر چه برنامه‌های موجود بین‌المللی همچون دستور کار ۲۱ در حال حاضر الزام‌آور نیستند اما با توجه به افزایش بحران‌های زیستی و توجه روزافزون به موضوع مصرف مواد، احتمال الزام‌آور شدن پیمان‌های آتی وجود دارد. در چنین شرایطی، نبود کنترل بر مصرف مواد در کشور می‌تواند منجر به ایجاد زمینه‌ای برای جریمه‌های مالی و یا محدودیت‌های تجاری گردد. در صورت ایجاد نظام بین‌المللی لازم برای اعمال محدودیت بر مصرف مواد و برقرار شدن منطق مسئولیت‌پذیری در مقابل مصرف، احتمالاً شاخص‌هایی همچون ردپای مواد کشورها مورد توجه قرار خواهند گرفت. برای پیشگیری از وقوع مشکلات آتی، توجه خاص به این مسئله و تعیین و شناخت میزان سهم کشور در مصرف منابع طبیعی ضروری است.
در بحث مصرف منابع طبیعی، فقدان اطلاعات دقیق، سیاست‌گذاران در بخش دولتی و سرمایه‌گذاران در بخش خصوصی را با چالش مواجه خواهد ساخت. اطلاعات تولید و مصرف مواد درباره ایران در پاره‌ای موارد جمع‌آوری و یا اعلام نشده است [۲۸]. موجود و یا در دسترس نبودن اطلاعات اقتصادی و یا آمار مصرف منابع طبیعی در کشور، مانع عمده‌ای در مسیر استفاده از تحلیل جریان مواد در سطح ملی است. اتخاذ تصمیمی در راستای جمع‌آوری اطلاعات مرتبط و تدوین گزارش‌های سالیانه، می‌تواند راهگشای بخش‌های ذینفع اعم از دولتی و خصوصی باشد. در گام بعدی، توجه به این شاخص‌ها در اسناد بالادستی و برنامه‌های بلندمدت می‌تواند منجر به تنظیم سیاست‌های اجرایی در بخش‌های مختلف اعم از بهینه‌سازی فرآیندها، فرهنگ‌سازی در راستای استفاده مجدد، بازیابی و بازیافت و مصرف متعادل و جایگزینی مواد وارداتی با ردپای مواد بالا با مصنوعات داخلی برای پیشگیری از ورود جریان نهانی مواد از کشورهای دیگر شود. هدف‌گذاری برای کنترل مصرف مواد در بخش‌های مختلف هم می‌تواند به تسهیل این مسیر کمک کند. مطالعه دقیق‌تر نمونه‌های موفقی همچون برزیل در جایگزینی مصرف زیست‌توده‌ها به جای سوخت‌های فسیلی و حرکت کشورهایی همچون هند به سمت تشکیل مجموعه‌های دولتی مشورتی برای تنظیم اهداف و سیاست‌های آتی می‌تواند دستمایه مناسبی برای این امر باشد [۵].
درهم‌تنیدگی مباحث مرتبط با مواد و انرژی هم از جهت وابستگی انرژی حاصل از سوخت‌های فسیلی به حامل‌های انرژی و هم از این جهت که امکان مصرف سوخت‌های فسیلی به عنوان مواد اولیه برای تولید مواد دیگر وجود دارد لزوم نگاه یکپارچه و سیاست‌گذاری هماهنگ در این دو حوزه را تأکید می‌کند. در ایران با توجه به اهمیت بالای نفت،

1- Material Intensive activities

نگاه ویژه‌ای به این بخش وجود داشته و سیاست‌گذاری در بخش انرژی مورد مطالعه دقیق قرار گرفته [۹و۱۲] اما سیاست‌گذاری در حوزه مواد به دلیل نبود یک متصدی مشخص که خود ناشی از ماهیت بین‌بخشی این موضوع می‌باشد تمرکز لازم را نداشته است.

سوخت‌های فسیلی همچنان به دلیل قیمت پائین و دسترسی آسان، در ایران بیشترین صرفه اقتصادی را دارند و همین امر مانعی جدی برای توسعه منابع جایگزین انرژی بوده است. ایران به دلایلی همچون محدود بودن آب جاری، ناپایداری‌های منطقه‌ای و ریسک بالای سرمایه‌گذاری در آب‌های مرزی و ... سرعت پائینی در جایگزینی سوخت‌های فسیلی با منابع تجدیدپذیر داشته است. با این وجود در حال حاضر بیش از ۱۰ گیگاوات انرژی برق‌آبی در کشور تولید و استفاده از فناوری سلول‌های ولتائیک نیز – در ظرفیت‌های کم – اجرایی شده و با سرعت در حال رشد است. مشکل آب، تولید انرژی از منابع زیست‌توده را محدود می‌سازد به طوری که در حال حاضر تنها ۰/۷ درصد انرژی کشور از زیست‌توده تأمین می‌شود. استحصال برق ساحلی از سواحل جنوبی به میزان ۶۱۵۰ مگاوات ممکن است اما سرمایه‌گذاری بر برق ساحلی با توجه به حساسیت‌های منطقه‌ای و امکان وقوع ناپایداری در سواحل کشور، ممکن است چندان جذاب نباشد. امکان استفاده از انرژی زمین‌گرمایی نیز در مقادیر کم (در حد ۲۰۰ مگاوات) در ایران وجود دارد [۷].

از سوی دیگر سطح وسیع، ۳۰۰ روز آفتابی در دوسوم مساحت و متوسط تابش ۴/۵ تا ۵/۵ کیلووات ساعت بر هر مترمربع کشور، استفاده از انرژی خورشیدی را توجیه‌پذیر می‌سازد. بر اساس مطالعات پیشین در ۲۰۰۰ کیلومترمربع از ایران ظرفیت نصب بیش از ۶۰ گیگاوات نیروگاه خورشیدی وجود دارد. ظرفیت انرژی باد در کشور در حد ۱۵ گیگاوات برآورد شده و سرمایه‌گذاری در این فناوری نیز هم‌اکنون در کشور در حال اجرا است [۷]. با نگاهی به روند افزایشی میزان مصرف داخلی و کاهش قابل توجه میزان صادرات در بخش سوخت، سیاست‌گذاری در راستای تشویق استفاده از منابع جایگزین برای پیشگیری از تبدیل شدن به واردکننده سوخت در آینده ضروری به نظر می‌رسد [۸].

٦- جمع‌بندی

ارزیابی مصرف مواد خام با استفاده از شاخص‌های به دست آمده از حسابرسی جریان مواد، می‌تواند راهگشای سیاست‌گذاران در بخش‌های مختلف باشد. با توجه به نبود تجربه در این حوزه در کشور، انجام این مطالعه در راستای جلب توجه سیاست‌گذاران به قابلیت‌های این ابزار انجام گرفته است. یکی از اهداف برنامه‌های حرکت به سوی توسعه پایدار، کاهش میانگین مصرف جهانی است. مصرف در کشورهای مختلف به نوع اقتصاد و ساختار اجتماعی–فرهنگی آنها بستگی دارد و با توجه به اینکه در سطح جهانی، مصرف مستقل از محل تولید و مصرف محاسبه می‌شود عملاً مجموع مواد تولید یا مصرف‌شده و سرانه آن با شاخص‌های مختلف چندان تفاوتی ندارد. همچنین انتخاب شاخص‌های مختلف بر مبنای تعریف سیستم در چارچوب محیط معنا پیدا می‌یابد و در صورتی که کل مصرف‌کننده‌های جهان در نظر گرفته شوند استفاده از شاخص‌های مختلف هم فاقد موضوعیت خواهد بود (هر ماده تولیدشده در بخشی از جهان، در بخشی دیگر مصرف می‌شود و بنابراین جمع تولید، مصرف و ردپای مواد برابر خواهد بود). نگاه کلان و هم‌زمان به مقوله مصرف مواد و انرژی با توجه به روندهای جهانی، بدون دسترسی به اطلاعات دقیق و فرآوری اطلاعات به صورت شاخص‌هایی کمّی غیرممکن است. مقوله مصرف مواد با توجه به تکیه کشور به استخراج منابع برای ایران اهمیتی دوچندان دارد. توجه خاص به این مقوله و انجام مطالعاتی هدفمند در این زمینه می‌تواند موجب افزایش عمق و گستره سیاست‌گذاری در کشور شود. در حال حاضر مصرف مواد خام در ایران کمی

بالاتر از متوسط جهانی است اما مقایسه روند مصرف در ایران و سه کشور برزیل، هند و ترکیه نشان‌دهنده بهبود نسبی اوضاع در آن کشورها است. کشورهایی همچون هند و برزیل با ایجاد تغییراتی کلی در رویه‌های جاری خود، الگوی مصرف در جامعه را مشخصاً تغییر داده‌اند و ترکیه به عنوان یکی از رقبا منطقه‌ای ایران توانسته میزان مصرف مواد برای تولید ثروت را تا نصف میزان مصرف ایران پائین آورد. حرکت به سوی استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر، اشاعه فرهنگ بازیابی و بازیافت و همچنین جایگزینی محصولات تمام‌شده با مواد خام صادراتی می‌تواند علاوه بر کنترل الگوی مصرف مواد خام، رفع مشکلات زیست‌محیطی و ممانعت از خروج منابع طبیعی، به کشور در مواجهه‌های احتمالی آتی با محدودیت‌های بین‌المللی کمک نماید.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از پیشنهادها و راهنمایی‌های ارزشمند جناب آقای دکتر محمودمهرداد شکریه، استاد دانشگاه علم و صنعت ایران و دبیر ستاد توسعه فناوری‌های مواد و ساخت پیشرفته معاونت علمی و فناوری ریاست‌جمهوری برای نگارش این مقاله تشکر نمایند.

منابع

[۱] اعرابی، سید محمد. (۱۳۸۸). **مبانی فلسفی و استراتژی‌های تحقیق.** روش تحقیق دوره دکتری مدیریت بازرگانی {جزوه درس}. *دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبائی*، تهران، ایران.

[۲] آقایان، حسین. (۱۳۹۳). **آمارنامه مصرف فرآورده‌های نفتی انرژی‌زا.** *مرکز ملی پخش فرآورده‌های نفتی.* http://niordc.ir/uploads/amar_nameh_93.pdf

[۳] شرکت توانیر. (۱۳۹۵). **آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه مدیریت راهبردی.**

[۴] دهقانی، رعنا و گرگین کرجی، آرش. (۱۳۹۵). **عوامل مؤثر بر طول عمر ساختمان در ایران: چالش‌ها و راهکارها.** *کنفرانس ملی آینده مهندسی و تکنولوژی*، تهران، دانشگاه علم و فرهنگ. https://www.civilica.com/Paper-FETCONF01-FETCONF01_023.html

[۵] ذاکری، سید صادق و ضرغامی، محمد. (۱۳۹۶). **مطالعه تطبیقی راهبردهای کلان انرژی در ایران و کشورهای منتخب.** *فصلنامه مطالعات راهبردی سیاست‌گذاری عمومی*، ۷(۲۴)، ۲۰۱ تا ۲۲۴.

[۶] ذکایی، محمد. (۱۳۹۴). **گزارش وضعیت محیط زیست ایران.** تهران: *سازمان حفاظت محیط زیست.*

[۷] عباسی گودرزی، علی و ملکی، عباس. (۱۳۹۶). **سیاست‌گذاری جمهوری اسلامی ایران در بهره‌برداری بهینه از منابع انرژی تجدیدپذیر.** *فصلنامه مطالعات راهبردی سیاست‌گذاری عمومی*، ۷(۲۳)، ۱۵۹ تا ۱۷۴.

[۸] قریشی، سیدحمیدرضا. (۱۳۹۶). **رشد واردات بنزین در ایران و سیاست‌های کنترل آن.** *فصلنامه مطالعات راهبردی سیاست‌گذاری عمومی*، ۷(۲۳)، ۱۷۷ تا ۱۸۴.

[۹] کریمی، محمدصادق. (۱۳۹۵). **آسیب‌شناسی وارائه راهکارهای توسعه صنعت بالادستی نفت در ایران.** *فصلنامه مطالعات راهبردی سیاست‌گذاری عمومی*، ۶(۲۱)، ۲۲۹ تا ۲۳۹.

[۱۰] وزارت صنعت، معدن و تجارت – سازمان توسعه تجارت ایران. (۱۳۹۵). **گزارش عملکرد تجارت خارجی کشور.** http://www.tpo.ir/uploads/amalkard_12-95_21128.pdf

[۱۱] مشایخ، جواد؛ پیغمبرزاده، سید محمدحسین و مطهری‌نسب، اعظم. (۱۳۹۵). **علم و فناوری مواد پیشرفته، رهنگاشت کشور چین تا سال ۲۰۵۰.** تهران: *مؤسسه فرهنگی هنری پگاه روزگار نو.*

[۱۲] ملکی، عباس. (۱۳۹۳). **سیاست‌گذاری انرژی.** تهران: *نشر نی.*

[۱۳] میرزابیات، فرزانه؛ معین‌الدینی، مظاهر و رفیعی، رضا. (۱۳۹۶). **کاربرد آنالیز جریان مواد (MFA) در ساماندهی پسماندهای صنعتی.** *چهارمین کنفرانس بین‌المللی برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست.* تهران، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران. https://www.civilica.com/Paper-ESPME04-ESPME04_432.html

[14] Alexander, S., Rutherford, J., & Floyd, J. (2018). **A critique of the Australian national outlook decoupling strategy: a "limits to growth" perspective.** *Ecological Economics,* 145(C), 10-17.
[15] Allwood, J. M., Ashby, M. F., Gutowski, T. G., & Worrell, E. (2011). **Material efficiency: A white paper.** *Resources, Conservation and Recycling,* 55(3), 362-381.
[16] Anderson, R. C. (2002). **Incentive-based policies for environmental management in developing countries.**
[17] Bhawan, S. P., & Marg, S. (2011). **Annual Report: Ministry of Statistics and Programme Implementation, Goverment of India.** from:
http://mospi.nic.in/sites/default/files/publication_reports/mospi_annual_report_2010-11.pdf
[18] Bigano, A., Śniegocki, A., & Zotti, J. (2016). **Policies for a More Dematerialized EU Economy. Theoretical Underpinnings, Political Context and Expected Feasibility.** *Sustainability,* 8(8), 717.
[19] Brunner, P. H., & Rechberger, H. (2004). **Advanced Methods in Resource and Waste Management** (Practical Handbook of Material Flow Analysis).
[20] De Young, J. H., Price, J. G., Tuck, C. A., Xun, S., & Singerling, S. A. (2017). **Global iron ore production data.** Clarification of reporting from the USGS. 69. 20-23.
[21] Eskafi, F. (2016). **Comparative Analysis of European Union and Iranian CO2 Reduction Policies in Transportation Sector** (Doctoral dissertation, Freie Universität Berlin).
[22] European Environment Agency. (2005). **Sustainable use and management of natural resources.** *EUR-OP*.
[23] Eurostat, E. C. (2001). **Economy-wide material flow accounts and derived indicators: A methodological guide.** Luxembourg: *Office for Official Publications of the European Communities.*
[24] Giljum, S., Dittrich, M., Lieber, M., & Lutter, S. (2014). **Global patterns of material flows and their socio-economic and environmental implications: a MFA study on all countries world-wide from 1980 to 2009.** *Resources,* 3(1), 319-339.
[25] Haberl, H., Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F., Weisz, H., & Winiwarter, V. (2004). **Progress towards sustainability? What the conceptual framework of material and energy flow accounting (MEFA) can offer.** *Land use policy,* 21(3), 199-213.
[26] Holloway, M., & Wheeler, S. (1996). **Qualitative Research in Nursing and Healthcare.** *Wiley-Blackwell.*
[27] https://data.worldbank.org
[28] https://environmentlive.unep.org
[29] https://unstats.un.org
[30] https://www.csiro.au
[31] https://www.indexmundi.com
[32] Indicators, O. E. C. D. (2011). **Towards Green Growth: Monitoring progress.**
[33] Kallis, G. (2017). **Radical dematerialization and degrowth.** *Phil. Trans. R. Soc.* A, 375(2095), 20160383.
[34] Kotzeva, M. (2016). **Sustainable development in the European Union: A statistical glance from the viewpoint of the UN sustainable development goals.** *European Commission.*
[35] Kovalik, W. (2006). **Ethanol's first century: fuel blending and substitution programs in Europe, Asia, Africa and Latin America.** In Proceedings XVI International Symposium on Alcohol Fuels.
[36] Laurent, A., & Owsianiak, M. (2017). **Potentials and limitations of footprints for gauging environmental sustainability.** *Current Opinion in Environmental Sustainability,* 25, 20-27.
[37] Lettenmeier, M., Liedtke, C., & Rohn, H. (2014). **Eight tons of material footprint—suggestion for a resource cap for household consumption in Finland.** *Resources,* 3(3), 488-515.
[38] Lutter, S., Giljum, S., & Bruckner, M. (2016). **A review and comparative assessment of existing approaches to calculate material footprints.** *Ecological Economics,* 127, 1-10.
[39] Mancini, L., Benini, L., & Sala, S. (2015). **Resource footprint of Europe: complementarity of material flow analysis and life cycle assessment for policy support.** *Environmental Science &*

Policy, 54, 367-376.
[40] Mudgal, S., Tan, A., Lockwood, S., Eisenmenger, N., Fischer-Kowalski, M., Giljum, S., & Brucker, M. (2012). **Assessment of Resource Efficiency Indicators and Targets. Final Report.** *European Commission-DG Environment, BIO Intelligence Service.*
[41] National Research Council. (2008). **Managing Materials for a Twenty-first Century Military.** Washington, DC: *The National Academies Press.* https://doi.org/10.17226/12028.
[42] Probst, L. (2016). **Sustainable supply of raw materials-Optimal recycling.** *European Union.*
[43] Reisinger, H., Eisenmenger, N., Ferguson, J., Kanthak, J., Finocchiaro, G., Donachie, G., ... & Rotzetter, C. (2009). **Material Flow Analysis (MFA) for Resource Policy Decision Support.** Klagenfurt and others. Available online at:
http://epanet. ew. eea. europa. eu/fol249409/ourpublications/MFA_for_Resources_Paper_IG_Resources_090911_final. pdf/download, checked on, 10(03), 2012.
[44] Roghich, D., Cassara, A., Wernick, I., & Miranda, M. (2008). **Material flows in the United States: A physical accounting of the US industrial economy.** WRI Report.
[45] Schandl, H., & West, J. (2012). **Material flows and material productivity in China, Australia, and Japan.** *Journal of Industrial Ecology,* 16(3), 352-364.
[46] European Union. (2009). **Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC.** *Official Journal of the European Union,* 5, 2009.
[47] United Nations Environment Programme, International Resource Panel, United Nations Environment Programme. Sustainable Consumption & Production Branch. (2011). **Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth.** UNEP/Earthprint.
[48] United Nations. (1997). **Agenda 21: Programme of Action for Sustainable Development; Rio Declaration on Environment and Development; Statements of Forest Principles; the Final Text of Agreements Negotiated by Governments at the United Nations Conference on Environment and Development (UNCED).** 3-14 June 1992, Rio de Janeiro, Brazil. *United Nations Department of Public Information.*
[49] Weisz, H., Krausmann, F., Amann, C., Eisenmenger, N., Erb, K. H., Hubacek, K., & Fischer-Kowalski, M. (2006). **The physical economy of the European Union: Cross-country comparison and determinants of material consumption.** *Ecological Economics,* 58(4), 676-698.
[50] Wiedmann, T. O., Schandl, H., Lenzen, M., Moran, D., Suh, S., West, J., & Kanemoto, K. (2015). **The material footprint of nations.** *Proceedings of the National Academy of Sciences,* 112(20), 6271-6276.
[51] Wu, R., Geng, Y., & Liu, W. (2017). **Trends of natural resource footprints in the BRIC (Brazil, Russia, India and China) countries.** *Journal of Cleaner Production,* 142, 775-782.