مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه تحلیل اکسرژی در بخش های مختلف انرژی

محمد امین صادقی [۱]، عبدالله خالصی دوست [۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، واحد علوم وتحقیقات سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران
۲- استادیار، گروه مهندسی مکانیک، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران
*سمنان، صندوق پستی :۱۷۹۰_۳۵۱۴۱ پست الکترونیکی ab.khalesi@yahoo.com

چکیده

محدودیت روزافزون منابع انرژی جهان، بعضی ممالک را بر آن داشته است سیاست‌های مربوط به انرژی را ارزیابی کرده و روش‌هایی را برای جلوگیری از اتلاف انرژی به‌کارگیرند. در کشورهای در حال توسعه نیز وسایل کم‌مصرف و تکنیک‌های جدید برای بهره‌برداری بهتر از منابع محدود انرژی موردتوجه قرارگرفته است. قانون اول ترمودینامیک فقط پایستاری انرژی در هر فرآیند را بیان می‌کند و حرف دیگری ندارد. ولی قانون دوم باکیفیت انرژی و به‌خصوص، با افت کیفیت انرژی در هر فرآیند، با تولید انتروپی و فرصت‌های ازدست‌رفته برای انجام کار، سروکار دارد و امکان بهبود کیفیت را فراهم می‌آورد. قانون دوم ترمودینامیک وسیله باارزشی برای بهینه‌سازی سیستم‌های پیچیده ترمودینامیکی است. جهت بررسی قابلیت تبدیل به کار پارامتری به نام اکسرژی تعریف می‌شود. اکسرژی بیشینه یا کمینه انتروپی کار مفید قابل حصول از سیستمی است که در فرآیندی از حالتی به حالت دیگر می‌رسد.در این تحقیق تلاش بر بررسی پژوهش های پیشین در زمینه بهینه سازی سکتورهای مختلف انرژی است و مطالعات پیشین بررسی شده است.

کلید واژگان

انرژی، اکسرژی، بهینه سازی، مصرف انرژی ، قانون دوم ترمودینامیک

A review on exergy analysis in different energy sectors

Mohammad Amin Sadeghi[1], Abdollah Khalesi doust [2*]

1- Student of Mechanical Engineering, Science and Research Branch of Semnan University, Semnan, Iran
2- Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, Semnan Branch, Islamic Azad University, Semnan, Iran
* Semnan, 3519697951, ab.khalesi@yahoo.com

Abstract

Limitation of energy resources in all over the world has forced countries to evaluate policies which is related to energy as well as taking some steps to prevent waste of energy. In developing countries using economized device and new techniques in order to improving utilization (efficiency) has been noticed. First law of thermodynamics states conversion of energy during a process, but the second law deals with energy quality, entropy generation, lost opportunities for doing work. Moreover it satisfies improving of qualities. Second law of thermodynamic is a valuable tool for optimizing complex thermodynamic systems. Exergy is a defined parameter to investigate potential of work. Maximum or minimum exergy is available entropy of effective (efficient) work from a system which reaches from one condition (status) to another one, in a specific process.

In this study attempts have been made to review formers researches in optimization of different sectors of energy thoroughly.

Keywords

Energy, Exergy , Energy consumption, Second law of thermodynamics

۱- مقدمه

حمل‌ونقل از ابتدای زندگی بشر، نقش اساسی در شکل‌دهی جوامع انسانی و توسعه اقتصادی ایفا نموده و در حال حاضر راه‌های ارتباطی، زیربنای اقتصادی هر کشوری است. تأثیر مستقیم هزینه‌های حمل‌ونقل در قیمت تمام‌شده کالا، باعث گشته تا توجه چشمگیری به بهینه‌سازی اجزای دخیل در فرآیند حمل‌ونقل در راستای کاهش هزینه‌ها، افزایش سرعت جابه‌جایی و ایمنی معطوف شود . ارزیابی عملکرد بخش باری صنعت حمل‌ونقل ریلی حاکی از آن است که برای جبران شکاف بین حمل‌ونقل جاده‌ای و ریلی لازم است که نرخ تعرفه به‌گونه‌ای تعیین شود تا این بخش قدرت رقابت با بخش جاده‌ای را داشته باشد. هزینه‌های تخلیه و بارگیری یکی از اقلام مهم هزینه در صنعت حمل‌ونقل است. این نوع هزینه‌ها در مواردی غیرقابل‌اجتناب و در مواردی قابل‌اجتناب هستند. هزینه‌های بارگیری در مبدأ و هزینه‌های تخلیه در مقصد غیرقابل‌اجتناب هستند، درعین‌حال تکرار عملیات تخلیه و بارگیری در مبدأ تا مقصد به دلیلی تغییر وسیله حمل یا انتقال محموله به دپوهای واقع در طول مسیر به افزایش قابل‌توجه این هزینه‌ها خواهد شد که در این موارد می‌توان با اتخاذ تدابیری از بروز هزینه‌های اضافی اجتناب نمود.

افزایش روزافزون قیمت سوخت، کاهش منابع سوخت فسیلی و لزوم کنترل آلودگی محیط‌زیست اهمیت بازیافت بهینه انرژی حرارتی و جلوگیری از اتلاف آن را در صنایع مختلف، نشان می‌دهد. امروزه مصرف بهینه انرژی به‌عنوان یکی از شاخص‌های عمده در ارزیابی توسعه‌یافتگی جوامع، مطرح گردیده است. شدت بالای مصرف انرژی در فرآیندهای شیمیایی، باعث افزایش هزینه‌های تولید و کاربردی و نیز کاهش راندمان استحصال مواد در محصولات صنعتی می‌گردد. افزایش راندمان مصرف انرژی و کاهش اتلاف‌ها با طراحی سیستم‌های بهینه بازیابی حرارت تحقق می‌یابد که بهترین روش برای طراحی سیستم‌های بازیافت حرارت کارا، تکنولوژی پینچ می‌باشد.

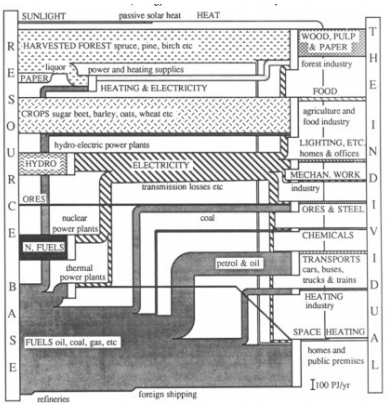
تا به امروز تحقیقات مختلفی در زمینه مطالعه اکسرژی در صنایع و منابع کشورهای مختلف انجام‌شده است. تحقیقات انجام‌شده بر اساس اهمیت به چهار دسته زیر تقسیم می‌شود:

۱. مطالعات و محاسبه اکسرژی در قاره‌های اروپا و آمریکا
۲. مطالعات و محاسبه اکسرژی در قاره آسیا
۳. مطالعات و محاسبه اکسرژی در شرق و مرکز آسیا
۴. مطالعات و محاسبه اکسرژی در خاورمیانه

۲- پیشینه تحقیق

۲-۱- مطالعات و محاسبه اکسرژی در قاره‌های اروپا و آمریکا

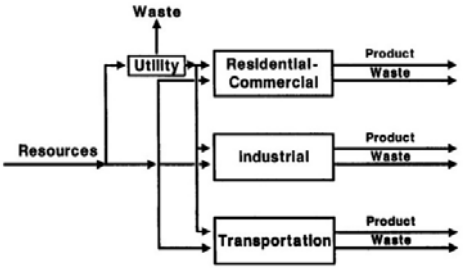
مطالعات متعددی در زمینه محاسبات اکسرژی در اروپا و آمریکا انجام‌شده است از اولین تحقیقات انجام‌شده می‌توان به تحقیق وال[1] [۱] اشاره کرد. وی در سال ۱۹۸۷ به محاسبه و بررسی اکسرژی در کشور سوئد پرداخت. در تحقیق انجام‌شده انرژی و تبدیل آن و اکسرژی و انتقال اکسرژی در شهرهای مختلف سوئد محاسبه و مقایسه شده است. همچنین در این تحقیق منابع طبیعی کشور به دو دسته کلی جریان‌های طبیعی و منابع طبیعی تقسیم‌شده است.



شکل۱ تبدیل اکسرژی در کشور سوئد [۱]

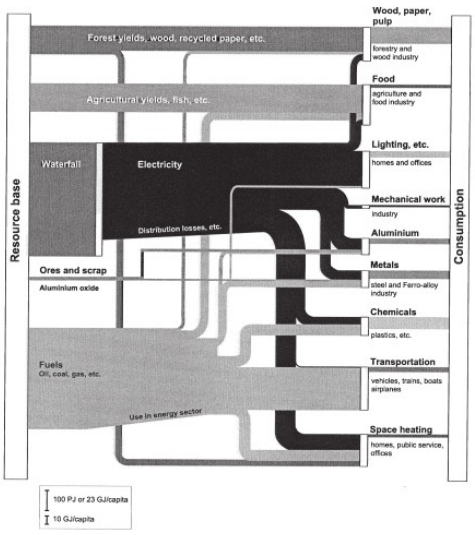
بیسلی[2] و هنسر[3] [۲]به مطالعه مالی و اقتصادی در زمینه مشارکت بخش خصوصی در تامین مالی، ساخت‌وساز، بهره‌برداری و نگهداری از زیرساخت‌ها پرداختند. در مطالعه انجام‌شده به بررسی مشکلات جاده‌های بین‌شهری پرداخته‌شده است. همچنین راه‌کارهایی جهت بهینه‌سازی جاده‌ها ارائه‌شده است.روزن[4][۳] به بررسی انتقال اکسرژی در کشور کانادا پرداخت در این تحقیق منابع کشور به سه دست مسکونی و تجاری، صنعتی و حمل‌ونقل کشور دسته بندی شده است و در هر شاخه به بررسی محصولات تولیدی و اتلافی پرداخته شده است. در بخش حمل و نقل نیز با بررسی نوع سوخت اکسرژی و انرژی هر بخش بررسی و قابلیت تولید کار در هر زمینه به صورت خاص بررسی‌شده است.

در تحقیقی مشابه تحقیق پیشین وال[۴] به بررسی انرژی و اکسرژی در ایتالیا پرداخت در تحقیق انجام‌شده منابع تولید انرژی ایتالیا بررسی‌شده است. وال در تحقیق خود به این نکته اشاره کرد که از ۸۳۰۰ پتا ژول انرژی تولیدی در ایتالیا تنها ٪۱۵ استفاده می‌شوند و تحقیق در زمینه تحلیل اکسرژی به بهینه کردن استفاده انرژی در این کشور کمک چشمگیری می‌کند.



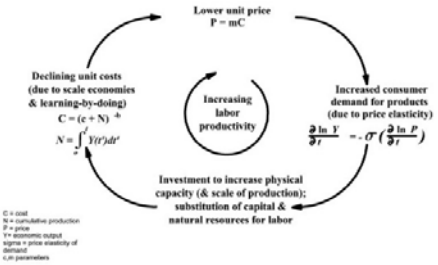
شکل Error! No text of specified style in document. سیستم مورد مطالعه در تحقیق روزن [۳]

میلنیک[5] و ارتسوگ[6] [۵] در سال ۲۰۰۰ به تحلیل اکسرژی در کشور نروژ پرداختند. در این تحقیق به تحلیل اکسرژی در سال ۱۹۹۵ پرداخت شده است. اکسرژی کل نیز ۱۱۸۴ پتا ژول گزارش شده است که تنها ۲۸۶ گیگا ژول در هر بخش به کار تبدیل می‌شود همچنین سهم بخش خانگی و سرویس‌های عمومی ٪۱۰ و کارایی بخش صنعت آلومینیوم و جنگلداری تقریبا ٪۴۰-٪۵۰ گزارش شده است.



شکل ۳ تبدیل انرژی مورد مطالعه در تحقیق میلنیک و ارتسوگ[۵]

در تحقیق انجام‌شده توسط آیرس[7] و همکاران[۶] به بررسی اکسرژی و انرژی و تاثیر آن بر اقتصاد ایالت متحده پرداختند. تحقیق انجام‌شده انرژی تولیدی در بخش‌های مختلف در بین سالهای ۱۹۰۰-۱۹۹۸ را مورد مطالعه قرار داده است.

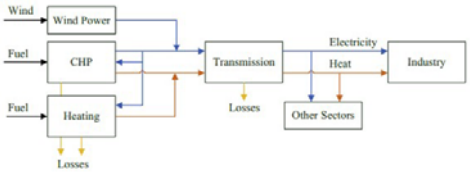


[1] wall
[2] Beesley
[3] Hensher
[4] Rosen

[5] mielnik
[6] Ertesvag
[7] Ayres

شکل ۴ سیکل مورد مطالعه آیرس و همکاران[۶]

بوهلر[1] و همکاران[۷] به مطالعه در بخش صنعت کشور دانمارک پرداختند. در مطالعه انجام‌شده به بررسی ۲۲ زیرشاخه پرداخته‌شده است که بازدهی این زیرشاخه‌ها بین ۱۲٪تا٪۵۶ گزارش شده است همچنین راه‌کارهایی جهت بازدهی بیشتر و بهینه کردن این شاخه‌ها ارائه‌شده است.



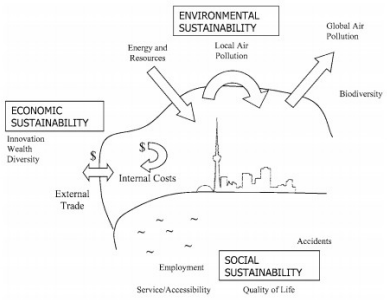
شکل ۵ جریان انرژی در بخش‌های مختلف صنعت [۷]

علاوه بر تحقیقات فوق تحقیقات مشابهی نیز در زمینه تولید و تبدیل انرژی و اکسرژی انجام‌شده است. [۸-۱۰]

علاوه بر تحقیقات ذکرشده تحقیقات دیگری به مطالعه در زمینه انرژی و اکسرژی در بخش حمل‌ونقل پرداخته اند. در سال ۲۰۰۲ کندی[2][۱۱] حمل‌ونقل در بخش خصوصی و عمومی در کشور کانادا را مقایسه کرد. تحقیقاتِ صورت خاص در ایالت تورنتو و شهرهای تورنتو[3]، پیل[4]، یورک[5]، هالتون[6] و دورهام[7] انجام‌شده است و بررسی تاثیر حمل‌ونقل شهر و استفاده از وسایل حمل‌ونقل بر آلودگی‌های زیست محیطی بررسی‌شده است.

معتصمی[8] و همکاران[۱۲] نیز به بررسی انرژی و اکسرژی در کشور کانادا پرداختند. تحقیق انجام‌شده انرژی تولید و اکسرژی تولیدشده در این کشور را بین سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۳۵ مورد مطالعه قرار داده است. در این تحقیق به این نکته اشاره‌شده است که صنعت حمل‌ونقل دومین صنعت بزرگ کشور کانادا است که ٪۳۰ مصرف انرژی این کشور را به خود اختصاص داده است. علاوه بر بررسی و مطالعه و تحلیل اکسرژی در این تحقیق به بررسی نقش آلاینده‌ها در صنعت حمل‌ونقل پرداخته‌شده است. همچنین به این نکته اشاره‌شده است که حمل‌ونقل جاده‌ای بیشترین سهم تولید آلاینده‌ها در کشور را دارد.

در دو تحقیق انجام‌شده توسط اورگو[9] و همکاران[۱۳، ۱۴] به بررسی انرژی و اکسرژی در صنعت حمل‌ونقل کشور برزیل پرداخته‌شده است. همچنین میزان آلایندگی در بخش‌های مختلف حمل‌ونقل بررسی و باهم مقایسه شده است. در این تحقیقات صنعت حمل‌ونقل به زیرشاخه‌های حمل‌ونقل جاده‌ای، دریایی، ریلی و هوایی تقسیم و به تحلیل اکسرژی در هر بخش پرداخته‌شده است.



شکل ۶ تولید، هزینه و مصرف انرژی در شهر تورنتو [۱۱]

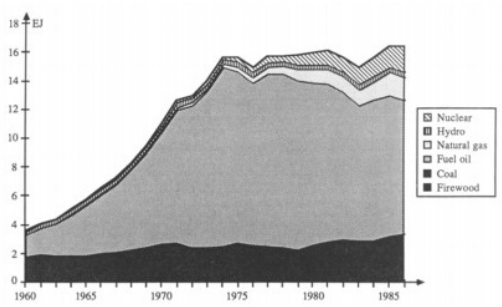
۲-۲- مطالعات و محاسبه اکسرژی در قاره آسیا

در سال های اخیر با توجه به روند رشد جمعیت و صنعتی شدن جوامع، حمل‌ونقل و جابجایی مسافر و بار نیز افزایش یافته است. این افزایش جابجایی مطمئناً نیازمند افزایش زیرساخت‌ها و هزینه‌ها می‌باشد که در صورتی که درست پیش‌بینی و برنامه‌ریزی نشود منجر به مشکلات و هزینه‌های بسیار زیادی برای جوامع می‌شود. با توجه به این که منابع انرژی زیرزمینی، با سرعت فوق‌العاده‌ای مصرف می‌شوند و در آینده‌ای نه‌چندان دور چیزی از آن‌ها باقی نخواهد ماند، لذا نسل فعلی وظیفه دارد به آن دسته از منابع انرژی که دارای عمر و توان زیادی می‌باشند روی آورده و دانش خود را برای بهره‌برداری از آن‌ها گسترش دهد. منابع جدید انرژی که قابلیت تجدید پذیری نیز دارند بسیار متنوع و زیاد هستند. انرژی باد، انرژی زمین‌گرمایی، انرژی زیستی، انرژی امواج، انرژی حرارتی دریاها و انرژی آب چند نمونه از این منابع جدید انرژی هستند. البته تمام این منابع انرژی از زمان‌های قدیم نیز وجود داشتند، ولی رشد و توسعه علم و تکنولوژی، بشر را قادر به مهار کردن این انرژی ها نموده است. اما با روند روز افزون صنعتی شدن اکثر کشورهای درحال‌توسعه و افزایش جمعیت در جهان، نیاز به انواع مختلف انرژی مخصوصاً انرژی الکتریکی روز به روز در حال افزایش است. باوجود پیشرفت فناوری‌های نوین که استفاده از انرژی های نو و تجدید پذیر را مقدور می‌سازند، هنوز سوخت‌های فسیلی جزء منابع انرژی هستند که بیشترین نیاز صنعت را فراهم می‌سازند. سهم انرژی های نو در تامین انرژی موردنیاز جهان در حال حاضر بسیار اندک است. علت عدم استقبال از منابع انرژی تجدیدپذیر با تمامی مزایا و محاسن مشهود آن‌ها، به وفور و ارزانی سوخت‌های فسیلی باز میگردد؛ اما همانطور که می‌دانیم سوخت‌های فسیلی دو مشکل پایان‌پذیر بودن و همچنین آلودگی زیست محیطی در هنگام استفاده دارا می‌باشند. بهینه‌سازی مصرف انرژی های فسیلی و نیز استفاده از انرژی های نو یا تجدید پذیر راه حل‌های پیشنهادی برای اصلاح محیط‌زیست و خارج شدن از بحران انرژی است. همچنین، استفاده از انرژیهای خدادادی موجود در طبیعت، همیشه مورد نظر انسان بوده است. در تحقیقات بررسی‌شده تلاش بر بهینه‌سازی و ارائه راهکاری جهت افزایش کارایی در زیرشاخه‌های مختلف صنایع بوده است. با توجه به گستردگی تحقیقات انجام‌شده در زمینه انرژی و اکسرژی در کشورهای آسیائی و همینطور اهمیت انتقال و تولید انرژی و اکسرژی در ایران و کشورهای منطقه مقالات در این بخش را به دو قسمت مقالات در زمینه کشورهای مرکز و شرق آسیا و خاورمیانه تقسیم‌شده است:

۲-۳- مطالعات و محاسبه اکسرژی در شرق و مرکز آسیا

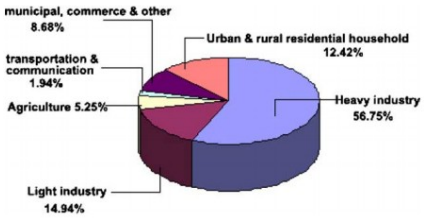
[1] Buhler
[2] Kennedy
[3] Toronto
[4] Peel
[5] York
[6] Halton
[7] Durham
[8] Motasemi
[9] Orego

از اولین تحقیقات انجام‌شده می‌توان به تحقیق وال اشاره کرد. وی به بررسی انرژی و انتقال اکسرژی در کشور ژاپن [۱۵] پرداخت و بامطالعه در زمینه شاخه‌های مختلف انرژی در کشور به محاسبه انرژی و قابلیت تولید کار بین سالهای ۱۹۶۰-۱۹۸۶ پرداخت. در این تحقیق به این نکته اشاره‌شده است که در سال ۱۹۸۵ از ۱۸ اگزا ژول انرژی تولیدی تنها ٪۲۱ آن به کار مفید تبدیل می‌شود. همچنین با بررسی منابع طبیعی و صنایع کشور ژاپن قابلیت تولید کار در بخش‌های مختلف را بررسی کرد.



شکل ۷ تبدیل اکسرژی در کشور ژاپن [۱۵]

در سال ۲۰۰۳ لو[1] و ما[2] [۱۶]به مطالعه در زمینه مصرف انرژی و تولید آلاینده دی اکسید کربن در چین پرداختند. در این تحقیق چین به عنوان یکی از بزرگ‌ترین کشورهای تولید انرژی مطرح‌شده است و با توجه به مطالعات و پیش بینی‌های انجام شده تا سال ۲۰۲۰ کشور چین حدود ٪۱۷ از آلاینده‌های جهان را تولید می‌کند. همچنین بخش حمل‌ونقل و ارتباطات حدود ٪۲ از مصارف انرژی این کشور را پوشش میدهد.



شکل ۸ سکتورهای مختلف در تحقیق لو و ما [۱۶]

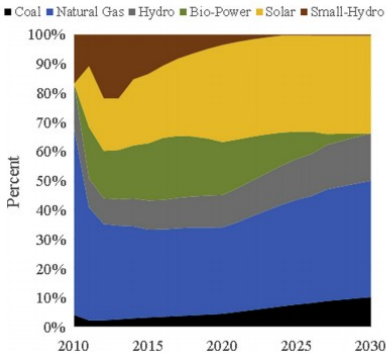
علاوه بر تحقیقات بیان شده تحقیقاتی مشابه با بررسی اکسرژی در سکتورهای مختلف انجام‌شده اند. در این تحقیقات نیز تمرکز بر ارائه راهکاریی جهت کاهش مصرف انرژی و بالا بردن راندمان و کارایی مصرف انرژی بوده است[۱۷-۲۰].

در تحقیق انجام‌شده توسط جی[3] و چن[4][۲۱] به مطالعه در مورد بخش حمل‌ونقل و محاسبه اکسرژی به وسیله قانون دوم ترمودینامیک پرداخته‌شده است. از این تحقیق ذکرشده است اکسرژی در سال ۲۰۰۰، ۳/۳ برابر ۱۹۷۸ است. همچنین سهم مصرف سوخت در زمینه حمل‌ونقل ٪۳۰،۵ از مصرف سوخت در کشور را شامل می‌شود. همچنین مصرف سوخت در حمل‌ونقل جاده‌ای، ریلی، هوایی و دریایی بررسی‌شده است. در تحقیق دیگری ستار[5] و همکاران[۲۲]به مطالعه در زمینه حمل‌ونقل جاده‌ای در کشور مالزی پرداختند. در این تحقیق به رشد مصرف سوخت طی سالهای اخیر اشاره‌شده است و حمل‌ونقل در این کشور با کشورهای ترکیه و نروژ مقایسه شده است.

[1] Lu
[2] Ma
[3] Ji
[4] Chen
[5] Sattar

سالهای ۱۹۷۸ تا ۲۰۰۴ جی[6] و همکاران[۲۳] به بررسی اتلاف انرژی و اکسرژی در حمل‌ونقل چین پرداختند. در این تحقیق علاوه بر محاسبه اکسرژی و مطالعه در زمینه بررسی سهم هر شهر در تولید اکسرژی و مصرف انرژی به بررسی آلاینده‌ها پرداخته‌شده است.

شاه‌محمدی[7] و همکاران[۲۴] نیز سهم حمل‌ونقل جاده‌ای و ترافیک در کشور مالزی را بررسی کردند. مطالعه انجام‌شده بین سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۲۰ انجام‌شده است.

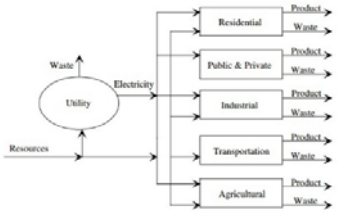


شکل۹ مصرف انرژی در دهه های مختلف[۲۴]

تحقیقات مشابه دیگری نیز در زمینه بررسی اقتصادی و محاسبه اکسرژی درکشورهای مختلف پرداخته‌شده است. تمرکز این تحقیقات بر محاسبه اکسرژی و همینطور مطالعه در مورد کاهش مصرف سوخت و کاهش حجم تولید آلاینده‌ها بوده است[۲۲, ۲۵].

۲-۴- مطالعات و محاسبه اکسرژی در خاورمیانه

در سال ۲۰۰۵و ۲۰۰۴ در سه تحقیق جداگانه دینسر[8] و همکاران[۲۶-۲۸] به تحقیق در زمینه اکسرژی و انرژی در کشور عربستان پرداختند.در اولین تحقیق تاثیر منبع الکتریسیته بر بخش‌های مسکن،شرکت‌های عمومی و خصوصی،صنعت،حمل‌ونقل و کشاورزی کشور عربستان بررسی‌شده است.همچنین جهت محاسبت اکسرژی در هر بخش فرمول هایی ارائه‌شده است.نهایتا کارایی هر سکتور به دست آمده و گزارش شده است.



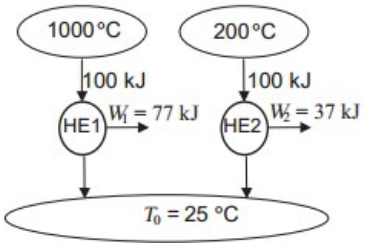
شکل۱۰ سیستم مورد مطالعه در تحقیق دینسر و همکاران [۲۷]

در تحقیق دوم دینسر و همکاران[۲۸] به بررسی و مطالعه در سکتور حمل‌ونقل کشور عربستان پرداختند.در این تحقیق انرژی و اکسرژی بین سالهای ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۱ مطالعه و بررسی‌شده است و اکسرژی در هر بخش محاسبه‌شده است.همچنین مصرف انرژی سه بخش حمل‌ونقل هوایی، دریایی و جاده‌ای محاسبه و مقایسه شده است.داده‌ها نشان دهنده این واقعیت است

[6] Ji
[7] Shah mohamadi
[8] Dincer

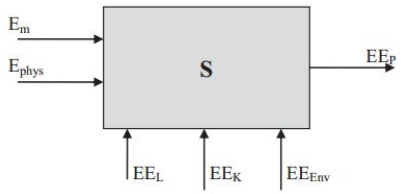
که باگذشت زمان حمل‌ونقل جاده‌ای در عربستان سهم بیشتر و پر رنگتری از مصرف سوخت را دارا است.

در سال ۲۰۰۴ دینسر و همکاران [۲۷]تحقیقات خود را بامطالعه درزمینه بخش خصوصی و عمومی در کشور عربستان ادامه دادند و اتلاف اکسرژی و بازگشت ناپذیری‌ها را در این بخش موردمطالعه قراردادند.در این تحقیق علاوه بر سکتورهای معرفی‌شده به تحقیق در مورد مصرف انرژی در زیرشاخه‌هایی همچون ادارات دولتی،خیابان‌ها،مساجد و مرکز خیریه نیز پرداخته‌شده است و داده‌ها طی ۱۲ سال از ساله ۱۹۹۰ موردمطالعه و بررسی قرارگرفته‌اند.



شکل۱۱ تولید کار و اکسرژی [۲۷]

اوزن[1] و همکاران[۲۹] به بررسی ترافیک و انرژی در حمل‌ونقل جاده‌ای در کشور ترکیه پرداختند.در این تحقیق تمرکز بر مصرف انرژی در جاده‌های روستای کشور ترکیه بوده است.همچنین ظرفیت تولید کار و اکسرژی بین سال‌های ۱۹۷۹تا ۲۰۰۹ بررسی‌شده است.ازجمله نتایج حاصل‌شده می‌توان به افزایش مصرف سوخت در چند سال اخیر اشاره کرد. سکین و همکاران [۳۰] در تحقیقی دیگر به بررسی و آنالیز اکسرژی در ترکیه پرداختند و بیان کردند که اکسرژی گاز مایع،دیزل و دیگر سوخت‌ها را بررسی کردند و میزان تولید آلاینده‌ها به ازای هر تن مصرف سوخت را بیان کردند.



شکل .Error! No text of specified style in document**۱** جریان انرژی در تحقیق سکین و همکاران [۳۰]

در سال ۲۰۱۱ سنایی[2] و همکاران [۳۱] به بررسی اکسرژی در سکتورهای مختلف ایران پرداختند.همچنین کارایی خروجی در بخش‌های مختلف صنعتی در ایران را بررسی کردند.در این تحقیق اتلاف انرژی در هر صنعت به‌صورت خاص بررسی‌شده است کارایی نیز در هر صنعت بر اساس مصرف سوخت و الکتریسیته به‌دست‌آمده است. در تحقیق انجام‌شده توسط سرابی[3] [۳۲] سهم بخش حمل‌ونقل در کشور ایران حدود ۲۸٪ اعلام‌شده است. همچنین گازوئیل بیشترین سهم را در مصرف سوخت کشور در بخش حمل‌ونقل داراست.همچنین مصرف سوخت بین سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۷ بیان شده است و تحقیقات حاکی از این است که مصرف سوخت تا ۵,۵ برابر افزایش یافته است. محمدی۴ [۳۳] به بررسی و تحلیل انرژی و اکسرژی در حمل‌ونقل ایران پرداخت.در این تحقیق فاکتورهای انرژی و اکسرژی برای سوخت‌های گاز مایع ، گازوئیل،گاز طبیعی،سوخت دیزل و کروسان پرداخته‌شده است.میزان اکسرژی بین سال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۱ بررسی‌شده است.

علاوه بر مطالعات بیان‌شده نیز تحقیقات مشابهی به بررسی و تحلیل اکسرژی و انرژی در سکتورهای مختلف کشورها و به خصوص حمل‌ونقل در کشورهای مختلف پرداخته اند[۳۴, ۳۵].

رضوانی[5][۳۶] بامطالعه درزمینه مصرف سوخت‌های فسیلی استفاده از خودروهای برقی را به‌عنوان راهکاری جهت کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و کاهش تولید آلاینده‌ها معرفی کرد.ارج رودی[6] و همکاران [۳۷] به سهم حمل‌ونقل جاده‌ای در جابجایی کالا و مسافر در مقایسه با سایر شیوه‌های حمل‌ونقل، بیش از ۹۰٪ اشاره‌شده است. بدین منظور ابتدا متغیرهایی که بر امنیت سرمایه‌گذاری در ایران تأثیر دارند شناسایی و استخراج شدند و مدل‌های اقتصادسنجی رشد اقتصادی بخش حمل‌ونقل جاده‌ای کشور، با استفاده از متغیرهای اثرگذار بر رشد اقتصادی مانند امنیت سرمایه‌گذاری در کنار عوامل تولید سنتی نیروی کار سرمایه‌گذاری مورد برازش قرارگرفته و مدل متفاوتی از رشد اقتصادی ارائه‌شده است. نتایج به‌دست‌آمده با تئوری‌های اقتصادی سازگار بوده و از معنی‌داری آماری برخوردارند. در سال‌های اخیر با توجه به روند رشد جمعیت و صنعتی شدن جوامع، حمل‌ونقل و جابجایی مسافر و بار نیز افزایش یافته است. این افزایش جابجایی مطمئناً نیازمند افزایش زیرساخت‌ها و هزینه‌ها می‌باشد که درصورتی‌که درست پیش بینی و برنامه‌ریزی نشود منجر به مشکلات و هزینه‌های بسیار زیادی برای جوامع می‌شود. کی منش و همکاران با استفاده از مدل جابجایی به‌عنوان مبنایی برای رشد جهانی سفر که توسط آژانس جهانی انرژی ارائه‌شده است، میزان رشد زیرساخت‌های حمل‌ونقل زمینی و حفظ و نگهداری آن‌ها تا سال ۲۰۵۰ و نیز هزینه‌های مرتبط با ساخت و نگهداری زیرساخت‌های حمل نقل پیش بینی کردند. احمدپور[7] [۳۸] نیز به بررسی بهینه‌سازی سیستم بازیافت انرژی و کاهش اتلاف اکسرژی پرداخت و بامطالعه در مورد واحد اسیدسولفوریک یکی از مجتمع‌های پتروشیمی کشور، با استفاده از ابزارهای تکنولوژی پینچ و تحلیل جریان اکسرژی پیشنهادشده است. اصلاح شبکه مبدل‌ها باعث شد، با ۱۹٪ افزایش در سطح تبادل حرارت، اتلاف اکسرژی ۳۳٪ کاهش یافته و امکان تولید ۸۰۵۴ کیلووات برق فراهم گردد. تولید این میزان توان الکتریکی با استفاده از بازیافت حرارت‌های واکنش تولید تری اکسید گوگرد، موجب شد تا از انتشار بیش از ۱۴۶۲۵ تن ترکیبات کربن و ۸۴ تن اکسیدهای ازت در سال جلوگیری شود. مقایسه ارزش انرژی الکتریکی تولیدشده با میزان سرمایه لازم برای اصلاح شبکه مبدل‌های حرارتی نشان می‌دهد که سرمایه موردنیاز برای اجرای طرح، در طول ۲/۴۵ سال بازمی‌گردد و پس‌ازآن هرسال تقریباً ۱/۴۵۰ میلیون دلار صرفه‌جویی برای مجتمع به همراه خواهد داشت. همچنین تحقیقاتی مشابه[۳۷, ۳۹-۴۱]،در جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی و محاسبه و تحلیل اکسرژی در ایران انجام‌شده است.تمرکز این مقالات بر جایگزینی سوخت و انرژی پاک و همینطور محاسبه کارایی در مصرف انرژی بوده است.

۳- مراجع

[1] Ozan
[2] Sanaei
[3] Sarabi
[4] mohammadi
[5] Rezvani
[6] Arj Roudi
[7] Ahmad pour

[1] G. Wall, Exergy conversion in the Swedish society, Resources and Energy, Vol. 9, No. 1, pp. 55-73, 6//, 1987.
[2] M. E. Beesley, D. A. Hensher, Private tollroads in urban areas, Transportation, Vol. 16, No. 4, pp. 329-341, 1989.
[3] M. Rosen, Evaluation of energy utilization efficiency in Canada using energy and exergy analyses, Energy, Vol. 17, No. 4, pp. 339-350, 1992.
[4] G. Wall, E. Sciubba, V. Naso, Exergy use in the Italian society, Energy, Vol. 19, No. 12, pp. 1267-1274, 12//, 1994.
[5] I. S. Ertesvåg, M. Mielnik, Exergy analysis of the Norwegian society, Energy, Vol. 25, No. 10, pp. 957-973, 2000.
[6] R. U. Ayres, L. W. Ayres, B. Warr, Exergy, power and work in the US economy, 1900–1998, Energy, Vol. 28, No. 3, pp. 219-273, 2003.
[7] F. Bühler, T.-V. Nguyen, B. Elmegaard, Energy and exergy analyses of the Danish industry sector, Applied Energy, 2016.
[8] J. T. Szargut, Anthropogenic and natural exergy losses (exergy balance of the Earth's surface and atmosphere), Energy, Vol. 28, No. 11, pp. 1047-1054, 2003.
[9] K. Tsekouras, N. Chatzistamoulou, K. Kounetas, D. C. Broadstock, Spillovers, path dependence and the productive performance of European transportation sectors in the presence of technology heterogeneity, Technological Forecasting and Social Change, Vol. 102, pp. 261-274, 2016.
[10] G. de Rus, M. Romero, Private financing of roads and optimal pricing: Is it possible to get both?, The Annals of Regional Science, Vol. 38, No. 3, pp. 485-497, 2004.
[11] C. A. Kennedy, A comparison of the sustainability of public and private transportation systems: Study of the Greater Toronto Area, Transportation, Vol. 29, No. 4, pp. 459-493, 2002.
[12] F. Motasemi, M. T. Afzal, A. A. Salema, M. Moghavvemi, M. Shekarchian, F. Zarifi, R. Mohsin, Energy and exergy utilization efficiencies and emission performance of Canadian transportation sector, 1990–2035, Energy, Vol. 64, pp. 355-366, 2014.
[13] D. Flórez-Orrego, J. A. da Silva, H. Velásquez, S. de Oliveira, Renewable and non-renewable exergy costs and CO 2 emissions in the production of fuels for Brazilian transportation sector, Energy, Vol. 88, pp. 18-36, 2015.
[14] D. Flórez-Orrego, J. A. Silva, S. de Oliveira Jr, Exergy and environmental comparison of the end use of vehicle fuels: The Brazilian case, Energy Conversion and Management, Vol. 100, pp. 220-231, 2015.
[15] G. Wall, Exergy conversion in the Japanese society, Energy, Vol. 15, No. 5, pp. 435-444, 5//, 1990.
[16] W. Lu, Y. Ma, Image of energy consumption of well off society in China, Energy Conversion and Management, Vol. 45, No. 9, pp. 1357-1367, 2004.
[17] M. Hasan, W. Muzammil, T. M. I. Mahlia, A. Jannifar, I. Hasanuddin, A review on the pattern of electricity generation and emission in Indonesia from 1987 to 2009, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 16, No. 5, pp. 3206-3219, 2012.
[18] M. Shekarchian, M. Moghavvemi, T. Mahlia, A. Mazandarani, A review on the pattern of electricity generation and emission in Malaysia from 1976 to 2008, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 15, No. 6, pp. 2629-2642, 2011.
[19] A. Finenko, L. Cheah, Temporal CO 2 emissions associated with electricity generation: Case study of Singapore, Energy Policy, Vol. 93, pp. 70-79, 2016.
[20] Z. Liu, C.-X. Qin, Y.-J. Zhang, The energy-environment efficiency of road and railway sectors in China: Evidence from the provincial level, Ecological Indicators, Vol. 69, pp. 559-570, 2016.
[21] X. Ji, G. Chen, Exergy analysis of energy utilization in the transportation sector in China, Energy Policy, Vol. 34, No. 14, pp. 1709-1719, 2006.
[22] R. Saidur, M. Sattar, H. Masjuki, S. Ahmed, U. Hashim, An estimation of the energy and exergy efficiencies for the energy resources consumption in the transportation sector in Malaysia, Energy Policy, Vol. 35, No. 8, pp. 4018-4026, 2007.
[23] X. Ji, G. Chen, B. Chen, M. Jiang, Exergy-based assessment for waste gas emissions from Chinese transportation, Energy Policy, Vol. 37, No. 6, pp. 2231-2240, 2009.
[24] M. S. Shahmohammadi, R. M. Yusuff, S. Keyhanian, H. Shakouri, A decision support system for evaluating effects of Feed-in Tariff mechanism: Dynamic modeling of Malaysia's electricity generation mix, Applied Energy, Vol. 146, pp. 217-229, 2015.
[25] F. Meng, G. Liu, Z. Yang, M. Casazza, S. Cui, S. Ulgiati, Energy efficiency of urban transportation system in Xiamen, China. An integrated approach, Applied Energy, 2016.
[26] I. Dincer, M. M. Hussain, I. Al-Zaharnah, Energy and exergy utilization in transportation sector of Saudi Arabia, Applied Thermal Engineering, Vol. 24, No. 4, pp. 525-538, 3//, 2004.
[27] I. Dincer, M. M. Hussain, I. Al-Zaharnah, Energy and exergy use in public and private sector of Saudi Arabia, Energy Policy, Vol. 32, No. 14, pp. 1615-1624, 9//, 2004.
[28] I. Dincer, M. M. Hussain, I. Al-Zaharnah, Energy and exergy utilization in agricultural sector of Saudi Arabia, Energy Policy, Vol. 33, No. 11, pp. 1461-1467, 7//, 2005.
[29] C. Ozan, S. Haldenbilen, H. Ceylan, Estimating emissions on vehicular traffic based on projected energy and transport demand on rural roads: Policies for reducing air pollutant emissions and energy consumption, Energy Policy, Vol. 39, No. 5, pp. 2542-2549, 5//, 2011.
[30] C. Seckin, E. Sciubba, A. R. Bayulken, Extended exergy analysis of Turkish transportation sector, Journal of Cleaner Production, Vol. 47, pp. 422-436, 5//, 2013.
[31] S. M. Sanaei, T. Furubayashi, T. Nakata, Assessment of energy utilization in Iran's industrial sector using energy and exergy analysis method, Applied Thermal Engineering, Vol. 36, pp. 472-481, 4//, 2012.
[32] E. R. Sarabi, An analysis to energy consumption rate in road transportation sector of Iran and introduction policies of fuel consumption management in recent years, Procedia Engineering, Vol. 21, pp. 989-996, 2011.
[33] Z. M. Mohamadi, Evaluating energy and exergy efficiencies in transportation sector of Iran, Indian Journal of Science and Technology, Vol. 8, No. 11, 2015.
[34] K. Amirnekooei, M. M. Ardehali, A. Sadri, Integrated resource planning for Iran: Development of reference energy system, forecast, and long-term energy-environment plan, Energy, Vol. 46, No. 1, pp. 374-385, 10//, 2012.
[35] F. Zarifi, T. M. I. Mahlia, F. Motasemi, M. Shekarchian, M. Moghavvemi, Current and future energy and exergy efficiencies in the Iran's transportation sector, Energy Conversion and Management, Vol. 74, pp. 24-34, 10//, 2013.
[36] S. rezvani, effects of hybrid vehicles on new international achievement of electricity and computers, 2015. (In persian)
[37] S. E. A. A. Tasbihi, S. Mousavi, Modeling the impact of investment security and economic growth of the country's road transport sector, International Conference on Transportation and Traffic Engineering, 2015. (In persian)
[38] A. Ahmadpour, Study about optimizing recovery system, Process Engineering Scientific Conference, 2015(In persian).
[39] d. N. D. Keymanesh, the. Ganji, , Estimate the necessary infrastructural capacity road and rail and related expenses 2050, International Conference on Transportation and Traffic Engineering, 2015(In persian).
[40] H. F. F. Zadeh, politics in urban transport development considerations with emphasis Berkeley city,, International Conference on Transportation and Traffic Engineering, 2015(In persian).

[41] c. R. A. Nosrati, a comparison between urban light rail, Metro and Monorail, the National Conference on Architecture, Engineering and Physical Development, 2015(In persian).