

امرژي

محمد رضا عصارى^{۱*} و سعید رحیمی^۲

^۱ دانشیار دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول، دانشکده مهندسی مکانیک

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، تبدیل انرژی

*مسئول مکاتبات: mr_assari@yahoo.com

چکیده

واژگان کلیدی

امرژي
ارزش انرژی
آگزژی

تاریخچه مقاله

تاریخ دریافت ۱۳۹۷/۰۹/۳۰

تاریخ پذیرش ۱۳۹۸/۰۴/۰۵

امرژي مقدار انرژی است که در تحولات مستقیم و غیر مستقیم برای تولید محصول یا خدمات مصرف می‌شود. امرژي یک اندازه از تفاوت‌های کیفی بین اشکال مختلف انرژی است. امرژي بیان تمام انرژی مورد استفاده در فرآیندهای کاری است که محصول یا خدمات را در واحدهای یک نوع انرژی تولید می‌کند که شناخت این تفاوت‌های کیفیت یک مفهوم کلیدی است. سرمقاله مورد نظر، در ابتدا به تاریخچه‌ای از به وجود آمدن و شکل گیری امرژي بحث شده است. برای درک مفهومی امرژي، تعریفی از امرژي بیان شده که بر پایه‌ای که امرژي بر آن تکیه کرده، مختصر بحث شده است. سپس زبان سیستمی و نموداری امرژي با تعاریف نمادهای آن توضیح داده شده است. همچنین به روش محاسبه نسبت امرژي و فرمول‌های مربوط به آن پرداخته شده است. در ادامه، به تجزیه و تحلیل امرژي از یک دستگاه سوزاندن چوب و ارزیابی میزان دی اکسید کربن از سوزاندن چوب بحث شده است.

۱ مقدمه

بالاتر اندازه‌گیری کرد. مقیاس انرژی از نور خورشید تبدیل شده به ماده گیاهی، زغال سنگ، از زغال سنگ به نفت، برق و از طریق تلاش‌های با کیفیت بالا پردازش اطلاعات کامپیوتر و انسان، کیفیت آن نیز افزایش می‌یابد [۱۰].

در سال ۱۹۷۵، او یک جدول "عوامل کیفیت انرژی"، کیلو کالری انرژی خورشیدی مورد نیاز برای تولید یک کیلو کالری از انرژی با کیفیت بالاتر را معرفی کرد [۱۱]، اولین اشاره به اصل سلسله مراتب انرژی است که بیان می‌کند که "کیفیت انرژی توسط انرژی مورد استفاده در تحولات اندازه‌گیری شده" از یک نوع انرژی به بعد اندازه‌گیری می‌شود. این عوامل کیفیت انرژی بر روی یک سوخت فسیلی قرار گرفت و به نام "معادله کار سوخت فسیلی^۳" نام‌گذاری شد و کیفیت انرژی بر اساس یک استاندارد سوخت فسیلی با معادل ۱ کیلو کالری سوخت فسیلی برابر با ۲۰۰۰ کیلو کالری از نور خورشید است. "نسبت کیفیت انرژی" با ارزیابی مقدار انرژی در فرآیند تبدیل به شکل جدیدی محاسبه شد و سپس برای تبدیل اشکال مختلف انرژی به یک شکل معمول، در این مورد معادل‌های سوخت فسیلی تبدیل شد. معادلات کار سوخت فسیلی با معادلات زغال سنگ^۴ جایگزین شدند و تا سال ۱۹۷۷، سیستم ارزیابی کیفیت بر روی یک پایه خورشیدی قرار گرفت و به معادله خورشیدی^۵ نامیده شد [۱۲].

مبانی نظری و مفهومی روش شناسی امرژي بر پایه نظریه سیستم کلی ترمودینامیکی [۱] و محیط زیست سیستم است [۲]. تکامل این نظریه توسط هوارد ادوم در سی سال اول در حسابداری محیطی [۳] و در جلد ویرایش شده توسط سی.ا.اس.هال^۱ با عنوان بیشترین قدرت [۴] بررسی شده است. در اواخر دهه ۱۹۵۰، ادوم تجزیه و تحلیل جریان انرژی در اکوسیستم‌ها را انجام داد، جایی که انرژی در اشکال مختلف در مقیاس‌های مختلف مشاهده شد [۵، ۶]. تجزیه و تحلیل خود را از جریان انرژی در اکوسیستم‌ها و تفاوت‌های انرژی بالقوه نور خورشید، جریان آب تازه، باد و اقیانوس‌ها باعث شد که او پیشنهاد کند که وقتی دو یا چند منبع مختلف انرژی یک سیستم را وارد می‌کند، آن‌ها نمی‌توانند بدون آن‌ها که آن‌ها را تبدیل به یک معیار مشترک کنند که به دلیل تفاوت‌های آن‌ها در کیفیت انرژی است، اضافه شود. نتیجه آن منجر شد تا مفهوم "انرژی یک نوع" را به عنوان یک نام مشترک با نام "ارزش انرژی" معرفی کند [۷]. او سپس تجزیه و تحلیل را برای مدل تولید غذا در دهه ۱۹۶۰، [۷] و در دهه ۱۹۷۰ به سوخت‌های فسیلی گسترش داد [۸، ۹]. اولین اظهارات رسمی ادوم در مورد آن‌چه که بعداً امرژي نامیده شد، در سال ۱۹۷۳ بود:

- انرژی با کالری، بی یو تی اس^۲، کیلووات ساعت و دیگر واحدهای قابل تعویض اندازه‌گیری می‌شود، اما انرژی دارای مقیاس کیفیتی است که توسط این اقدامات مشخص نشده است. توانایی انجام کار برای انسان بستگی به کیفیت و کمیت انرژی دارد و این مقدار را می‌توان با مقدار انرژی یک درجه کیفیت پایین مورد نیاز برای توسعه درجه

۲ تعریف امرژي

امرژي مقدار آگزژی است که در تحولات مستقیم و غیرمستقیم برای تولید محصول یا خدمات مصرف می‌شود [۱]. امرژي وابسته به مسیری است که

^۱C.A.S.Hall ^۲BUTS ^۳FFWE ^۴CE ^۵SE

- نسبت امرژی سرمایه‌گذاری شده EIR به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$EIR = \frac{Em_S}{Em_R + Em_N} \quad (3)$$

۵ امرژی و امرژی تبدیل پذیر

در برنامه افق ۲۰۲۰ اتحادیه اروپا بسته امرژی آب و هوا بر اساس سه اصل استوار است:

- کاهش انتشار دی اکسید کربن تا ۲۰٪
 - کاهش مصرف امرژی تا ۲۰٪
 - به دست آوردن ۲۰ درصد از امرژی‌های تجدید پذیر به عنوان بخشی از کل مصرف امرژی.
- این بخش یک نمونه از مصرف امرژی را به پیش می‌برد:
- سیاست‌های تشویقی برای بخش سوزاندن چوب (در جایگزینی سوخت‌های فسیلی از طریق شبکه‌های گرمایش یا احتراق) توسعه یافته است. این انگیزه‌ها با کاهش دی اکسید کربن توجیه شده‌اند.

۱.۵ جایگزینی گاز طبیعی برای سوزاندن چوب

ممکن است سوال زیر را در مورد جایگزینی دیگ‌های قدیمی مطرح کنیم: استفاده از سوخت‌های فسیلی غیر متمرکز (یا چندگانه) در مقایسه با تولید متمرکز با استفاده از سوزاندن چوب: آیا فاصله‌ای برای انتقال سوخت چوب وجود دارد؟ اگر پاسخ مثبت است، کدام معیارها این حد را تعریف می‌کنند؟

در این بخش، معیارهای تحلیلی بر اساس هر دو تجزیه و تحلیل امرژی و ارزیابی میزان دی اکسید کربن است. کار اصلی توسط جمالی زغال و همکارانش گزارش شده است [۱۶].

۲.۵ تجزیه و تحلیل یک دستگاہ حرارتی سوزاندن چوب

محدودیت‌های از دستگاہ حرارت دادن چوب در شکل ۳ تعریف شده است. چوب به عنوان یک منبع تجدید پذیر محسوب می‌شود. دیزل به عنوان سوخت برای حمل چوب، خاکستر و کارگران در نظر گرفته می‌شود. به نظر می‌رسد ساخت و ساز دستگاہ حرارتی و شبکه از سیستم اقتصادی بیرون می‌آید (و از طریق هزینه واقعی آن‌ها حساب می‌شود). عملیات کارخانه توسط کسانی که عملیات دستگاہ حرارتی را انجام می‌دهند، انجام می‌شود.

منابع شکل ۲ طبق توضیحات بخش ۵ طبقه‌بندی شده‌اند:

- R_1 امرژی منبع چوب (تجدید پذیر)
- NR_1 دیزل امرژی حمل کارگران، چوب و خاکستر (منابع غیر قابل احیا)؛
- F_1 امرژی برای ارائه خدمات: کار و سرمایه گذاری.

۳.۵ تجزیه و تحلیل امرژی

امرژی سالانه دیگ بخار چوب Em^{ws} به شش منبع تقسیم می‌شود:

فرآیند طی می‌کند، پس تابع حالت نیست. در حقیقت، امرژی یک محصول به مسیری که از آن تولید شده وابسته است. از این رو مشخص می‌شود که ۱ ژول الکتريسيته تولید شده از نفت، با ۱ ژول الکتريسيته که از امرژی باد تولید می‌شود، دارای امرژی متفاوتی است.

۳ نمودارهای سیستمی امرژی

نمودارهای سیستمی امرژی که توسط هوارد دوم گسترش داده شد برای نشان دادن جریان‌های امرژی در بین اجزای سیستمی استفاده می‌شود. در نمودارهای سیستمی دوم نشان می‌دهد که امرژی با کیفیت پایین از سمت چپ وارد سیستم می‌شود و هر چه جریان امرژی به سمت راست نمودار حرکت می‌کند، کیفیت آن در بین حلقه‌های فیدبک موجود در سیستم بیشتر می‌شود. هر یک از این جریان‌ها توسط نماد مشخصی ترسیم می‌شوند که توضیحات مربوط به هر یک از این نمادها در جدول ۱ آمده است. نمودار یک شهر و منطقه حمایتی در شکل ۱ نشان داده شده است [۱۳].

شماتیک جعبه‌ای جهت توصیف سیستم‌های امرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ۹ عنصر اصلی در جدول ۱ ارائه شده است [۱۴].

۴ نسبت امرژی

تجزیه و تحلیل امرژی باعث می‌شود که سه نوع منابع تجدید پذیر R ، غیرقابل تجدید N و جریاناتی که از طریق سیستم اقتصادی S جریان می‌یابند، تشخیص دهد (نگاه کنید به شکل ۲). پنج مقیاس تعریف شده‌اند و هدف آن امکان مقایسه راه حل‌های تولید است.

ویلفارت و همکاران [۱۵] منابع را در جدول ۲ تشریح کرده‌اند.

می‌توانیم به سرعت فکر کنیم که یک مفهوم زیست محیطی در جستجوی تکمیل یک محصول، خوب یا خدمات با کمترین مقدار امرژی واحد امکان پذیر است. بنابراین، دو سیستم با همان فرآیند تولید ممکن است تحولات مختلفی داشته باشد؛ می‌توانیم انتخاب کنیم که $TR_2 > TR_1$. اگر سیستم دوم از منابع تجدیدپذیر بیشتری برای تولید آن استفاده کند، حتی اگر تبدیل آن بیشتر از سیستم اول باشد، سیستم دوم باید حفظ شود.

برای مقایسه دو سیستم، پنج نسبت امرژی اصلی تعریف شده‌اند:

نسبت تولید به عنوان نسبت عملکرد امرژی تعریف شده است:

$$EYR = \frac{Em_p}{Em_s} \quad (1)$$

بیشترین مقدار EYR برای تولید محض با امرژی، خدمات کمتری شکل می‌گیرد:

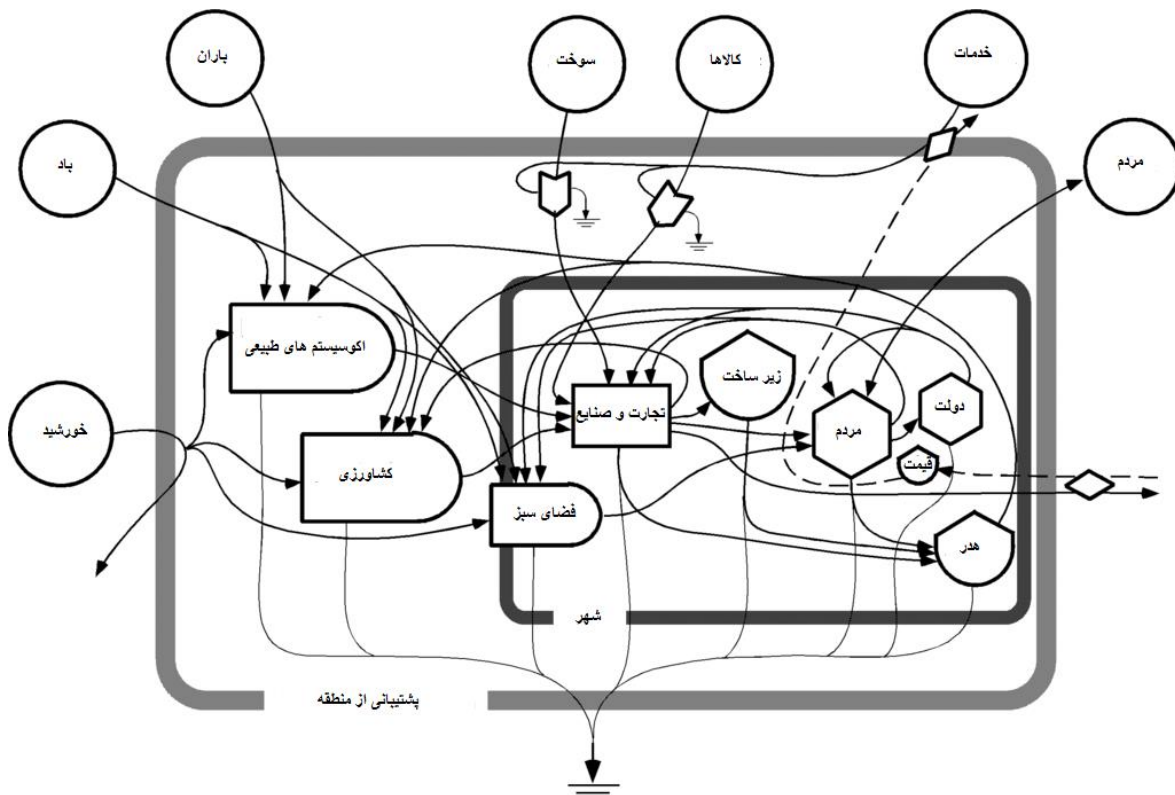
- نسبت امرژی بارگذاری شده به صورت زیر است:

$$ELR = \frac{Em_F + Em_N}{Em_R} \quad (2)$$

مقدار کمتر ELR ، نسبت امرژی قابل توجهی از منابع قابل تجدید محلی نیاز است. برعکس یک مقدار افزایش یافته تبادلات به یک سیستم تولید که اصولاً از منابع غیرقابل تجدید استفاده کرده است و یا از یک سیستم اقتصادی گرفته شده است:

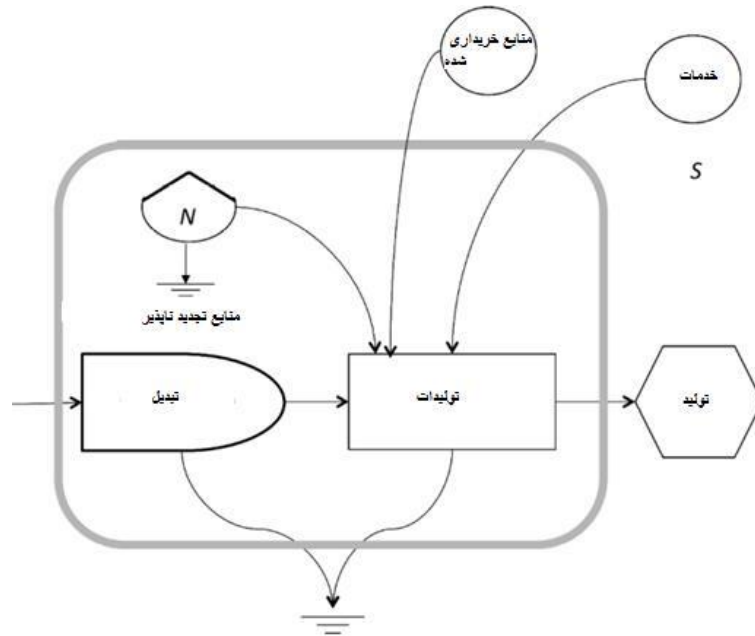
جدول ۱: علائم به کار رفته در نمودار جعبه‌ای [۱۴]

عناصر	نماد	تابع	مثال
اتصال امرزی			کابل، لوله کشی یا دستگاه مشابه
منبع امرزی			انرژی قابل تجدید، نفت و یا منبع دیگر
اسیب زیست محیطی		از دست دادن انرژی	واحد‌های در نظر گرفته شده برای ارتباط با محیط زیست
تبدیل امرزی		مرحله فرایند	ستون تقطیر و نمونه های مشابه
تبدیل امرزی		تولید امرزی	موتور احتراق، مبدل حرارتی
اتصال امرزی			شیر سه گانه
مخزن ذخیره سازی		باتری	معدن، حوزه های گاز طبیعی و دیگر مکان های منبع انرژی
معامله		بلوک نشان دهنده قیمت یک محصول معین	تعامل با سیستم اقتصادی
مصرف کننده			محصول: برق، بیودیزل، خودرو و دیگران



شکل ۱: نمودار سیستم انرژی یک شهر در منطقه حمایت از آن [۱۳]

- امرژی از چوب به عنوان یک سوخت، Em^w .
- امرژی برای حمل چوب، $Em^{tr}(w)$.
- امرژی برای حمل خاکستر، $Em^{tr}(ash)$.
- امرژی برای حمل کارگران، $Em^{tr}(e)$.



شکل ۲: نمودار تولید جهانی

جدول ۲: طبقه‌بندی منابع [۱۵]

علامت گذاری	واحد UEV	توضیحات
مشارکت زیست محیطی (محلی)		
R	seJ/J	خورشید، باد، جزر و مد، و سایر منابع طبیعی
NR	seJ/unit	سوخت فسیلی، مواد معدنی و سوخت های دیگر
تعامل با نظام اقتصادی (خارج از یک سیستم مشخص)		
S	seJ/\$	دستگاه
S	seJ/\$	برق، نیروی کار
		تجهیزات (خوب)
		خدمات
		امرزی ورودی (اصلاح شده به خروجی)
=R+NR+S		

متوسط سالانه دستگاه η^w است.

$$m^w = \frac{Q_{th}}{LHV^w \eta^w} \quad (6)$$

مقدار حرارت کم از چوب با توجه به رطوبت H متفاوت است:

$$LHV^w = LHV^w (\%) \frac{(100 - H)}{100} - 0.02443H \quad (7)$$

امرزی سالانه برای حمل و نقل چوب $Em^{tr}(w)$ بستگی به تعداد سفرهای بازگشت Nb^w بین دستگاه حرارتی و عملیات آغازین، فاصله حمل و نقل چوب D^w ، مصرف واقعی سوخت کامیون Cs^w ، مقدار حرارت موتور دیزل LHV^d و مقدار امرزی واحد موتور دیزل UHV^d دارد. همچنین لازم است که گزارشی از مصرف بدون بار γ^w را در نظر بگیریم زیرا کامیون تنها در هنگام رفتن به کارخانه حرارتی، در حقیقت چوب را حمل می‌کند.

$$Em^{tr}(w) = Nb^w D^w (1 + \gamma^w) Cs^w LHV^d UHV^d \quad (8)$$

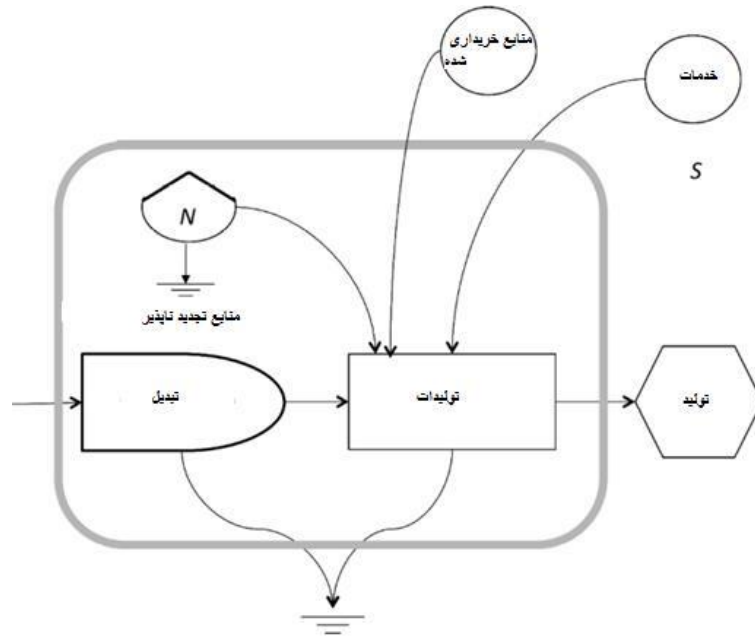
- امرزی مرتبط با عملیات دستگاه حرارتی، $Em(e)$.
 - امرزی سالانه مرتبط با سرمایه گذاری برای ساخت کارخانه حرارتی و سیستم، $Em^w(inv)$.
- این منابع مستقل از یکدیگر هستند:

$$Em^{ws} = Em^w + Em^{tr}(w) + Em^{tr}(ash) + Em^{tr}(e) + Em(e) + Em^w(inv) \quad (4)$$

امرزی سالانه چوب Em^w محصول جرمی سالیانه آن است که ضرب آن با مقدار گرمایی متوسط LHV^w و با مقدار امرزی واحد آن UEV^m ضرب شده است.

$$Em^w = m^w LHV^w UEV^w \quad (5)$$

جرم سالیانه سوزاندن چوب، رابطه بین انرژی تولید شده Q_{th} (تقاضای سیستم برای گرما) و محصولی از مقدار حرارت کم LHV^w و کارایی



شکل ۳: نمودار دستگاه حرارتی سوزاندن چوب

UEV مرتبط با چنین عملیاتی - UEV^{tr} به دست می‌آید.

$$Em(e) = Nb^{tr}UEV^{tr} \quad (13)$$

امرزی ساخت سالانه از هزینه سرمایه گذاری Inv^w و ارزش امرزی واحد یورو $UEV^€$ بدست می‌آید.

$$Em^w(inv) = Inv^wUEV^€ \quad (14)$$

۴.۵ ارزیابی میزان دی اکسید کربن

سوخت چوب به عنوان یک منبع تجدید پذیر محسوب می‌شود. چرخه کربن مرتبط با آن، فرض می‌شود خنثی است. سوزاندن واقعی چوب در کارخانه حرارتی دی اکسید کربن را که توسط درختان جوان گرفته شده است، منتشر می‌کند. ارزیابی سالانه کارخانه حرارتی دی اکسید کربن Co_p^w را از انتشار گازهای مرتبط با حمل و نقل (چوب، خاکستر و کارگران، $Co_p^{tr}(w) + Co_p^{tr}(ash) + Co_p^{tr}(e)$) و انتشارهای جریان مخالف مرتبط با چوب $Co_p^{up}(w)$ محاسبه می‌شود. در حقیقت، حتی اگر سوزاندن چوب به عنوان کربن خنثی در نظر گرفته شود، عملیات جنگل‌داری در طول فرآیند برداشت، دی اکسید کربن را تولید می‌کند و به همین ترتیب "جریان مخالف" چوب سوختی نامیده می‌شود. ارزیابی سالانه سیستم حرارتی دی اکسید کربن سوخت چوب Co_p^w است.

$$Co_p^w = Co_p^{tr}(w) + Co_p^{tr}(ash) + Co_p^{tr}(e) + Co_p^{up}(w) \quad (15)$$

بررسی سالانه دی اکسید کربن مربوط به حمل و نقل چوب بستگی به تعداد سفرهای بازگشت Nb^w ، فاصله D^w ، گزارش فاکتور مصرف بدون بار γ^w ، مصرف سوخت مصرفی ویژه کامیون Cs^w و انتشار موتور دیزل دارد، این عوامل محلی (مرتبط با مصرف) DEF^d (فاکتور انتشار داخلی) و جریان مخالف (مرتبط به زیرساخت کلی) $UFEF^d$ (عامل انتشار سوخت رسانی

تعداد سفرهای برگشت Nb^w بستگی به هر دو تناژ کامیون D^w و مقدار چوب برای حمل و نقل m_w دارد.

$$Nb^w = \frac{m_w}{C^w} \quad (9)$$

امرزی سالانه برای حمل و نقل خاکستر $Em^{tr}(ash)$ به روش مشابهی برای حمل و نقل چوب محاسبه می‌شود. این مربوط به محصول بین تعداد سفرهای بازگشت Nb^{ash} بین کارخانه حرارتی و محل دفن زباله، فاصله D^{ash} ، مصرف واقعی سوخت کامیون Cs^{ash} برای حمل، ارزش موتور دیزل حرارتی و UEV است. یک فاکتور مصرف بدون بار γ^{ash} نیز معرفی شده است. یادآوری: کامیون‌های حمل و نقل چوب و خاکستر ضروری نیست: ظرفیت آن‌ها می‌تواند متفاوت باشد.

امرزی سالانه برای انتقال خاکستر $Em^{tr}(ash)$ به صورت زیر بیان می‌شود:

$$(10)$$

$$Em^{tr}(ash) = Nb^{ash}D^{ash}(1 + \gamma^{ash})Cs^{ash}LHV^dUEV^d$$

ممکن است تعدادی از سفرهای بازگشت از مقدار خاکستر به دست آمده از سهم خاکستر موجود در چوب τ و مقدار تناژ کامیون بدست آید.

$$Nb^{ash} = \tau \frac{m_w}{C^{ash}} \quad (11)$$

امرزی سالانه برای حمل و نقل کارکنان $Em^{tr}(e)$ با برآورد فاصله تجمعی از خانه به کارخانه حرارتی D^e ، مصرف واقعی سوخت خودرو Cs^e ، ارزش حرارت سوخت دیزل و UEV محاسبه می‌شود.

$$Em^{tr}(e) = D^eCs^eLHV^dUEV^d \quad (12)$$

امرزی عملیاتی سالانه برای کارخانه حرارتی از تعداد ساعات جاری Nb^{tr} و

- [9] Odum, Howard T and Odum, Elisabeth C. Energy basis for man and nature. 1976.
- [10] Odum, Howard T. Energy, ecology, and economics. *Ambio*, pp. 220-227, 1973.
- [11] Odum, Howard T. Energy quality and carrying capacity of the earth. *Tropical Ecology*, 16(1):14, 1975.
- [12] Odum, Howard T. Energy analysis, energy quality, and environment. *Energy Analysis of Models of the US*, 1977.
- [13] Odum, Howard T. *Ecological and general systems: an introduction to systems ecology*. Univ. Press of Colorado, 1994.
- [14] Odum, Howard T and Peterson, Nils. Simulation and evaluation with energy systems blocks. *Ecological Modelling*, 93(1-3):155-173, 1996.
- [15] Wilfart, A, Corson, MS, and Aubin, J. La méthode emergy: principes et application en analyse environnementale des systèmes agricoles et de production animale. *Productions Animales*, 25(1):57, 2012.
- [16] Jamali-Zghal, Nadia, Amponsah, Nana Yaw, Lacarriere, Bruno, Le Corre, Olivier, and Feidt, Michel. Carbon footprint and emergy combination for eco-environmental assessment of cleaner heat production. *Journal of cleaner production*, 47:446-456, 2013.

جریان مخالف)، اکسیداسیون موتور دیزل ε و تنظیم رابطه جرم‌های مولکولی $\frac{M_{CO_2}}{M_c}$

$$Co_{\gamma}^{tr}(w) = Nb^w D^w (1 + \gamma^w) \times C_s^w (DEF^d + UFEF^d) \varepsilon \frac{M_{CO_2}}{M_c} \quad (16)$$

ارزیابی سالانه دی اکسید کربن $Co_{\gamma}^{tr}(ash)$ مربوط به انتقال خاکستر مشابه چوب است:

$$Co_{\gamma}^{tr}(ash) = Nb^{ash} D^{ash} (1 + \gamma^w) \times C_s^{ash} (DEF^d + UFEF^d) \varepsilon \frac{M_{CO_2}}{M_c} \quad (17)$$

ارزیابی سالانه دی اکسید کربن $Co_{\gamma}^{tr}(e)$ بستگی به فاصله سفر کارگران، مصرف سوخت مخصوص خودرو، و هر دو فاکتورهای انتشار محلی و جریان مخالف، و همچنین اکسیداسیون و وزن نسبت به جرم‌های مولکولی دارد.

$$Co_{\gamma}^{tr}(e) = D^e C_s^e (DEF^d + UFEF^d) \varepsilon \frac{M_{CO_2}}{M_c} \quad (18)$$

برای نتیجه‌گیری در این بخش، ارزیابی سالانه دی اکسید کربن، $Co_{\gamma}^{up}(w)$ ، مربوط به فعالیت جریان مخالف از کارخانه سوزاندن چوب از جرم سالیانه چوب m^w ، مقدار حرارت کم چوب LHV^w و عوامل انتشار جریان مخالف از چوب $UFEF^w$ ، به صورت زیر است.

$$Co_{\gamma}^{up}(w) = m^w LHV^w UFEF^w \quad (19)$$

مراجع

- [1] Von Bertalanffy, Ludwig. General system theory. *New York*, 41973(1968):40, 1968.
- [2] Odum, Howard T. Systems ecology; an introduction. 1983.
- [3] Odum, Howard T. *Environmental accounting: emergy and environmental decision making*. Wiley, 1996.
- [4] Odum, Howard T. Self-organization and maximum empower. *Maximum power: The ideas and applications of HT Odum*, pp. 311-330, 1995.
- [5] Odum, Howard T and Hoskin, Charles M. Comparative studies on the metabolism of marine waters. *Publications of the Institute of Marine Science, Texas*, 5:16-46, 1958.
- [6] Odum, Howard T and Pigeon, Robert F. A tropical rain forest: a study of irradiation and ecology at el verde, puerto rico. tech. rep., US Atomic Energy Commission, Division of Technical Information, Washington ..., 1970.
- [7] Odum, Howard T. Energetics of world food production. *Problems of World Food Supply. President's Science Advisory Committee Report*, 3:55-94, 1967.
- [8] of Florida. Department of Environmental Engineering Sciences, University and Odum, Howard T. *Net energy analysis of alternatives for the United States*. Department of Environmental Engineering Sciences, University of Florida, 1976.

۶- سوابق شغلی (به ترتیب از آخرین شغل)

مدت اشتغال		نام شهر و محل کار	نام مؤسسه	سمت
تا تاریخ (سال و ماه)	از تاریخ (سال و ماه)			

۷- سابقه عضویت در کانونها، انجمنها، جوامع تخصصی و علمی داخلی و خارجی و هیأت علمی دانشگاهها

	۱
	۲
	۳
	۴

۸- معرفی یک نفر که عضو انجمن مهندسان مکانیک باشد.

شماره عضویت:

نام و نام خانوادگی معرف:

شماره تماس:

آدرس:

۹- کد کمیته‌های تخصصی موردعلاقه، به ترتیب اولویت از چپ به راست در جدول زیر قید شود.

۱	۲	۳	۴	۵
۰۱	Aerospace	۱۳	Management	
۰۲	Applied Mechanics	۱۴	Material	
۰۳	Bio Engineering	۱۵	Metal Forming	
۰۴	Computer Engineering	۱۶	Nuclear Engineering	
۰۵	Design Engineering	۱۷	Ocean Engineering	
۰۶	Dynamic Systems and Control	۱۸	Petroleum	
۰۷	Environnemental Protection	۱۹	Power Plant	
۰۸	Fluids Engineering	۲۰	Pressure Vessels and Piping	
۰۹	Heat Transfer & Air Conditioning	۲۱	Production and Manufacturing	
۱۰	Internal Combustion Engines	۲۲	Rail Transportation	
۱۱	Lubrication	۲۳	Solar Energy and Energy Systems	
۱۲	Specialized Committee of Elevator and Escalator			

۱۰- اینجانبصحت مندرجات ذکر شده در این برگه را تایید می‌کنم و تقاضا دارم به عضویت انجمن مهندسان مکانیک ایران درآیم.

تاریخ:

امضاء

این قسمت توسط انجمن مهندسان مکانیک ایران تکمیل می‌شود.
با عضویت به عنوان عضو موافقت می‌شود.

تاریخ:

امضاء

۱۰ - هرگونه توضیح ضروری برای معرفی بهتر توان مهندسی متقاضی:

لطفاً در هر مورد که محل در نظر گرفته شده در برگه برای ذکر توضیحات کافی نباشد، توضیحات لازم را در اوراق اضافی نوشته و پیوست گردد.

ضمن پذیرش کامل مفاد اساسنامه انجمن مهندسان مکانیک ایران صحت مندرجات اظهار شده در این برگه را تأیید نموده، تقاضای عضویت در انجمن را دارد.

امضاء و مهر متقاضی:

تاریخ:

این قسمت توسط گروه پذیرش تکمیل می‌گردد.

با عضویت بر طبق آیین‌نامه پذیرش به عنوان عضو حقوقی انجمن موافقت می‌گردد.

مهر و امضاء گروه پذیرش:

تاریخ:

ملاحظات:



انجمن مهندسان مکانیک ایران

مدارک لازم برای درخواست و یا تمدید عضویت در انجمن مهندسان مکانیک ایران



انجمن مهندسان مکانیک ایران

عضویت حقیقی

عضویت اصلی
این عضویت شامل مهندسان (در سطح کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترا) در گرایش‌های مهندسی مکانیک می‌شود. متخصصان رشته‌های دیگر مهندسی نیز می‌توانند با تکمیل مدارک مورد نیاز عضو وابسته انجمن مهندسان مکانیک ایران شوند.
مدارک لازم عبارتند از:

۱. تکمیل فرم درخواست عضویت حقیقی
۲. دو قطعه عکس ۳×۴
۳. رونوشت آخرین مدرک تحصیلی برای مهندسان
۴. اصل فیش بانکی برای حق عضویت سالانه

عضویت دانشجویی

این عضویت شامل دانشجویان مهندسی مکانیک در دوره کاردانی و کارشناسی شاغل تحصیل در دانشگاه‌ها می‌شود.
مدارک لازم عبارتند از:

۱. تکمیل فرم درخواست عضویت حقیقی
۲. دو قطعه عکس ۳×۴
۳. گواهی اشتغال به تحصیل یا فتوکپی کارت دانشجویی که در آن تاریخ اعتبار کارت درج شده باشد.
۴. اصل فیش بانکی برای حق عضویت سالانه

تمدید عضویت حقیقی/دانشجویی

مدارک لازم جهت تمدید عضویت:

۱. اصل یا کپی کارت عضویت انجمن
۲. یک قطعه عکس
۳. رونوشت آخرین مدرک تحصیلی (برای فارغ‌التحصیلان کارشناسی به بالا)
۴. کپی کارت دانشجویی که اعتبار آن مشخص باشد. (فقط برای دانشجویان کارشناسی و کاردانی)
۵. اصل فیش بانکی پرداخت حق عضویت

عضویت حقوقی

این عضویت شامل دانشگاه‌ها، موسسات دولتی و غیر دولتی، کارخانه‌ها، شرکت‌ها و ... می‌شود.
مدارک لازم عبارتند از:

۱. تکمیل فرم درخواست عضویت حقوقی
۲. تکمیل فرم درخواست عضویت حقیقی برای سه نفر از اعضای شرکت
۳. نامه درخواست شرکت به انجمن مبنی بر درخواست عضویت حقوقی و معرفی سه عضو حقیقی*
۴. کپی اساسنامه شرکت
۵. کپی آخرین روزنامه رسمی تغییرات شرکت
۶. کپی روزنامه رسمی ثبت شرکت
۷. سه قطعه عکس از هر یک از سه نفر از اعضای شرکت
۸. رونوشت مدرک تحصیلی هر سه عضو حقیقی
۹. اصل فیش بانکی حق عضویت ۲ ساله

تمدید عضویت حقوقی

۱. فیش پرداخت حق عضویت حقوقی
۲. ارسال مدارک تمدید عضویت حقیقی برای ۳ نفر عضو معرفی شده از سوی شرکت
۳. اصل لوح عضویت

* (معرفی ۳ نفر از اعضاء شرکت به عنوان عضو حقیقی به صورت اختیاری می‌باشد).

حق عضویت‌های حقوقی سالانه انجمن

نوع عضویت	مبلغ
اعضاء حقوقی عادی سالانه	۲۰/۰۰۰/۰۰۰ ریال
اعضاء حقوقی ممتاز سالانه	۵۰/۰۰۰/۰۰۰ ریال

لطفاً وجوده مربوطه را به حساب زیر واریز فرمایید.
شماره حساب انجمن:
۱۹۸۸۴۰۹۶۳ بانک تجارت شعبه سپهبد قرنی
کد ۲۰۱ به نام انجمن مهندسان مکانیک ایران
شماره شتاب انجمن:
۵۸۵۹۸۳۷۰۰۰۱۸۴۰۶۵ (بانک تجارت)
به نام انجمن مهندسان مکانیک ایران

حق عضویت‌های حقیقی سالانه انجمن

نوع عضویت	مبلغ
عضویت سالانه اصلی	۵۰۰/۰۰۰ ریال
دانشجویان تحصیلات تکمیلی که عضو اصلی می‌باشند.	۲۵۰/۰۰۰ ریال
عضویت سالانه دانشجویی	۲۰۰/۰۰۰ ریال