مجله دانشکده پیراپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران (پیاورد سلامت) دوره ۹ شماره ۱ فروردین و اردیبهشت ۱۳۹٤، ۲۸-۱۷

مقاله مروری

Exergy شاخصی جدید در سنجش عملکرد تحقیقاتی: مروری بر متون

نادیا صنیعی[۱]، دکتر سید جواد قاضی میرسعید[۲]

چکیده

زمینه و هدف: استفاده از شاخص‌های ترمودینامیکی در مطالعات علم‌سنجی با هدف بررسی عملکرد تحقیقاتی، چند سالی است که در مراکز خارج از کشور و در بین صاحب نظران این حرفه مطرح شده است. یکی از این شاخص‌ها اکسرژی است. بنابراین، هدف از این مطالعه معرفی و مروری بر تاریخچه، تعاریف، کاربرد و اهمیت شاخص مورد نظر می‌باشد.

روش بررسی: در این مطالعه به کمک منابع کتابخانه‌ای و جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی و بررسی انواع مقالات، منابع مرتبط با شاخص‌های ترمودینامیکی شناسایی گردید. در طی این بررسی تعداد سی مقاله انگلیسی بازیابی شد که ۲۴ مورد آن به زبان انگلیسی و مرتبط با موضوع مطالعه بودند. در میان منابع فارسی مقاله‌ای یافت نشد که ارتباط موضوعی دقیق با مفهوم مورد نظر داشته باشد، لیکن تنها در دو مقاله به زبان فارسی امکان استفاده از برخی قسمتها مشاهده که به آنها ارجاع داده شد. در مجموع ۲۶ مقاله بازیابی و مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌ها: بررسی متون نشان داد که اکسرژی، شاخصی ترمودینامیکی است که نشاندهنده حداکثر کار مفیدی می‌باشد که یک سیستم بمنظور ایجاد تعادل انجام می‌دهد. این شاخص در ارزیابی کتاب شناختی و استنادات در هر مقاله معادل با سرعت یا کیفیت و هم چنین در ارزیابی عملکرد تحقیقاتی در رتبه‌بندی موسسات تحقیقاتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نقش اکسرژی در ارزیابی عملکرد تحقیقاتی افراد و سازمان‌ها و برتری آن نسبت به شاخص H، به دلیل در نظر گرفتن تمامی مقالات و تمامی استنادات، این شاخص می‌تواند نمود جدیدی از رتبه‌بندی‌ها را ارائه دهد.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های ترمودینامیکی، ارزیابی عملکرد تحقیقاتی، اکسرژی

* نویسنده مسئول :
دکتر سید جواد قاضی میرسعید؛
دانشکده پیراپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران
Email :
Ghazimsj@tums.ac.ir

- دریافت مقاله : آذر ۱۳۹۳ پذیرش مقاله : اسفند ۱۳۹۳

مقدمه

در عصر حاضر پژوهش به عنوان یکی از زیرساخت‌های توسعه و پیشرفت کشورها محسوب می‌شود. پژوهش‌هایی که دارای هدف خاصی هستند از اتلاف منابع، وقت و انرژی جلوگیری می‌کنند.

این پژوهش‌ها اگر به تولید اطلاعات علمی منجر شوند، می‌توانند به عنوان یکی از شاخص‌های رشد و توسعه جوامع تلقی شوند(۱). از طرف دیگر، تولیدات علمی به عنوان آیینه تمام نمای سطح دانش و اطلاعات تخصصی و فنی عمل می‌کنند و در نظام پیچیده تبادلات علمی و فنی و تقسیم دانش تولید شده بین جوامع مختلف، نقش زیربنایی دارند. به سبب این رسالت، انتشار آثار علمی خصوصاً در قالب مقالات، از مهم ترین عواملی است که نهادهای متولی

[۱] کارشناس ارشد کتابداری و اطلاع رسانی پزشکی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
[۲] استادیار گروه آموزشی کتابداری و اطلاع رسانی پزشکی، دانشکده پیراپزشکی، عضو مرکز تحقیقات مدیریت اطلاعات سلامت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

ارزیابی در فرایندهای تحلیلی سطح تولید دانش، آن را مورد استفاده قرار می‌دهند. بنابراین، در مسیر تحول و تطور نظام‌های علمی، دنیای امروز به نقطه‌ای رسیده است که در آن، دانش هر کشور، زبان و ابزار حضور در صحنه‌های بین‌المللی علم است که بدون آن، بعنوان جامعه منزوی تلقی می‌شود؛ به تعبیر دیگر، جامعه‌ای صرفاً شنونده بدون اینکه حرفی برای گفتن داشته باشد(۲).

اهمیت تولیدات علمی و نقش انکارناپذیر آنها در توسعه پایدار به اندازه‌ای است که بسیاری از کشورهای پیشرفته دنیا حجم عظیمی از سرمایه‌های ملی خود را صرف توسعه پژوهش و موسسات تحقیقاتی می‌کنند. علاوه براین، افزایش گرایش عموم به فعالیت‌های علمی که منجر به تولید اطلاعات علمی می‌شوند، نشان از اهمیت اطلاعات علمی در توسعه و پیشرفت کشورها دارند. ایجاد رشته‌ای به نام "علم‌سنجی" در دهه هفتاد میلادی نیز موید همین نکته است(۱). از سویی دیگر، تولیدات علمی نشان‌دهنده توان علمی یک فرد، گروه و یا موسسه تحقیقاتی هستند. از این رو، بررسی آن، موضوع مورد بحث محققان علم‌سنجی در سال‌های اخیر بوده است. پژوهشگران علم‌سنجی و کتاب سنجی از روش‌ها و شاخص‌های مختلف به منظور ارزیابی رشد و باروری علمی استفاده کرده‌اند، شاخص‌های مختلفی نظیر شاخص h، g و پارامتر m جزء شاخص‌های عملکرد تحقیقاتی هستند که به صور مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند(۳).

در کنار این شاخص‌ها، شاخص‌های ترمودینامیکی به منظور بررسی عملکرد تحقیقاتی پدیده‌ای نو هستند. این شاخص‌ها نمود تازه‌ای از عملکرد تحقیقاتی را نمایان می‌سازند. مهم‌ترین موضوع در این حوزه، بحث انرژی است که به عنوان مجموع انرژی‌های مقالات در نظر گرفته می‌شود. یک سیستم کلی ترمودینامیک دارای یک انرژی کلی(E) است که می‌تواند به شکل‌های مختلف(شیمیایی، الکتریکی، مکانیکی، گرمایی و غیره) وجود داشته باشد، اما اگر این سیستم ایزوله شده باشد و هیچ انرژی مبادله نکند، تنها یک قسمت از انرژی می‌تواند به کار تبدیل شود که Exergy یا X است. قانون دوم ترمودینامیک بیان می‌کند در هر انتقال و تبدیل انرژی در یک سیستم ایزوله، کیفیت انرژی یا کار بالقوه کاهش می‌یابد، به دلیل اینکه قسمتی از انرژی سیستم به انرژی بی‌نظم آن تبدیل می‌شود(۴). بر این اساس، سه شاخص ترمودینامیکی انرژی، آنتروپی و اکسرژی (EEE یا Energy، Entropy و Exergy) به تازگی وارد عرصه کتاب سنجی و علم سنجی شده‌اند که در میان آنها، اکسرژی از اهمیت بیشتری برخوردار است، زیرا عملکرد تحقیقاتی را بر اساس مجموع مقالات و مجموع استنادات یک فرد، گروه و یا یک موسسه تحقیقاتی محاسبه می‌کند(۵). بنابراین هدف از این مطالعه معرفی و مروری بر تاریخچه، تعاریف، کاربرد و اهمیت شاخص مورد نظر می‌باشد.

روش بررسی

این مقاله از نوع مروری است که به کمک مطالعات کتابخانه‌ای و جستجوی ساده و پیشرفته در متون خارجی و پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر همچون Science Direct، Springer، کتابخانه Britanica و Google scholar، منابع مرتبط با شاخص‌های ترمودینامیکی شناسایی شد. در طی این بررسی، سی مقاله انگلیسی بازیابی شد که ۲۴ مقاله مرتبط با این مطالعه بودند. با توجه به جدید بودن مفهوم اکسرژی و دیگر شاخص‌های مرتبط ترمودینامیکی، در میان منابع فارسی مقاله‌ای مرتبط با این مفهوم یافت نشد و

از میان مطالعات بسیاری که در خصوص تولیدات علمی در داخل کشور انجام شده است، تنها دو مقاله مورد استفاده قرار گرفت. بررسی متون چاپی نیز نشان از عدم وجود مطالعه‌ای مرتبط داشت. تمامی این جستجوها بدون محدودیت تاریخی تا سال ۲۰۱۴ در مورد مقالات فارسی و انگلیسی انجام گرفتند.

یافته‌ها

ریشه اکسرژی به ترمودینامیک کلاسیک در سال ۱۸۲۴ باز می‌گردد. Karnot بیان کرد، کاری که یک موتور گرمایی انجام می‌دهد در درجه حرارت‌های مختلف بین دو مخزن گرم و سرد نسبی است. این بیان ساده، سی سال بعد و به دنبال تلاش‌های Klapeyron، Rankine و Thamson به بیان قانون دوم ترمودینامیک کلوسیوس منجر شد. Sciubba و Wall در کنفرانسی که در سال ۱۹۵۳ برگزار شد، exergy را به عنوان توانایی کار فنی و به عنوان کار بیرونی به دلیل پیشوند ex ، انرژی [از کلمه یونانی با پیشوند en (εν) و ergon εpeov] را به عنوان کار درونی سیستم معرفی کرد. در حقیقت، تعریف مدرن اکسرژی از گفته Gibbs نشات گرفته است. او اکسرژی را به عنوان کار آزادانه یا عملکرد قابل دسترس تعریف کرد. انرژی به شکل‌های مختلفی در طبیعت ظاهر می‌شود که مطابق با آن، اکسرژی هم دارای شکل‌های مختلفی است. Baehr در سال ۱۹۶۲ تعریف دیگری را از اکسرژی مطرح کرد که به طور گسترده‌ای در کاربردهای تبدیل انرژی مورد استفاده قرار گرفت که اکسرژی به عنوان قسمتی از انرژی که به طور کامل قابل تبدیل به دیگر شکل‌های انرژی است، تعریف شد. اما، تعریف جدید اکسرژی به این صورت است: حداکثر کار مفیدی که باعث رسیدن سیستم به تعادل ترمودینامیکی با محیط از طریق فرآیندهایی که این سیستم با محیط مورد نظر انجام می‌دهد. اگرچه ممکن است مقادیر خاصی از پارامترهای ترمودینامیکی وجود داشته باشند که سیستم را در تعادل با محیط قرار دهند. در تبدیل انرژی از درجه حرارت بالا به درجه حرارت پایین مقدار اکسرژی کاهش می‌یابد. برای سیستم بسته‌ای که هیچ گونه انرژی مبادله نمی‌کند اکسرژی قابل تعریف نیست. اگر سیستم وارد وضعیت‌های مختلفی شود مقدار اکسرژی نیز متفاوت می‌شود(۶).

در تعریفی دیگر، اکسرژی برای یک سیستم خاص به معنای حداکثر کاری است که یک سیستم برای رسیدن به حالت تعادل مرتبط با رفتار سیستم و طول مدت زمان مطالعه محقق، انجام می‌دهد. اکسرژی می‌تواند به عنوان یک شاخص کیفی عملکرد جهانی برای مدل‌های ترمودینامیکی و سلامت اکوسیستم به کار رود(۷). به بیان دیگر، اکسرژی اصطلاحی شبیه به انرژی و در حقیقت، انرژی قابل دسترس مفید خارجی نسبت به مجموع انرژی داخلی سیستم است(۸).

در طی سال‌های اخیر، پارامترهای جدیدی تحت عنوان شاخص‌های ترمودینامیکی وارد عرصه‌های کتاب سنجی و علم سنجی شده‌اند. این نوع مطالعات از سال ۲۰۱۰ آغاز شده‌اند(۹) و یکی از پژوهش‌های مرتبط به منظور سنجش عملکرد تحقیقاتی در سال ۲۰۱۲ در مورد رتبه‌بندی موسسات تحقیقاتی برتر هند توسط Nishy و همکاران انجام شده است(۵).

در طی دو سال اخیر Prathap مطالعات جدیدی را با کمک شاخص اکسرژی انجام داده است، از جمله استفاده از این شاخص در ارزیابی کتابشناختی پژوهش‌های حوزه بادهای موسمی(۱۰)، نقش همکاری علمی بین‌المللی کشورهای هند و چین در مجله Nature(۱۱)، ارزیابی کتابشناختی پژوهش‌های

علوم اعصاب در کشور هند(۱۲)، کاربرد منابع الکترونیکی و میزان تولید مقالات پژوهشی(۱۳) و در نهایت ارزیابی عملکرد تحقیقاتی موسسات تحقیقاتی فن آوری هند بر اساس اطلاعات کتاب شناختی استخراج شده از Scopus و Web of Science و مقایسه آنها با موسسات تحقیقاتی مشابه جهان است(۱۴).

از طرف دیگر، Prathap به مقایسه جالبی بین تکامل ترمودینامیکی و سیستم کتاب سنجی پرداخت که به عنوان فرآیند جمع آوری مقالات و استنادات مربوط به یک محقق یا یک گروه یا هر نوع اجتماع بزرگ‌تر قلمداد می‌شود و به ارزیابی پیشرفت کتاب سنجی یک محقق کمک می‌کند(۱۵). به منظور انجام مقایسه ترمودینامیکی برای رسیدن به نتیجه منطقی، باید مبحث انرژی را توضیح داد. کلمات کمیت و کیفیت نیاز به تامل بیشتری دارند و می‌توان با استفاده از مفهوم انرژی جنبشی(دینامیک) آن را استنباط کرد. در این میان، Leibniz یک اصطلاح شبیه به انرژی را معرفی می‌کند($e=mv^2$) که جرم m با سرعت v حرکت می‌کند. در بحث بالا m عبارت است از مقدار عددی و v اصطلاح بردار و mv اصطلاح مقدار حرکت(Momentum). از آنجایی که مقدار حرکت نتیجه دو اصطلاح کمیت و شبیه به کیفیت است، می‌توان واژه جدید کواسیتی(Qusity) را مطرح کرد. بنابراین، انرژی می‌تواند به آسانی از رابطه v×mv بدست آید. در حقیقت، کمیت انرژی جنبشی با استفاده از جرم، و کیفیت آن با سرعت بیان می‌شود و اصطلاح کواسیتی مربوط به انرژی جنبشی، مقدار حرکت(mv) است. با توجه به مطالب گفته شده در بالا، می‌توان بیان کرد:

انرژی= (کیفیت)×(کمیت×کیفیت)= (کیفیت)×(کواسیتی)

اما، در مبحث کتاب سنجی، مقالات به عنوان واحد جرم(واحد کمیت) و استنادات در هر مقاله معادل با سرعت یا اصطلاح کیفیت در نظر گرفته می‌شوند. کواسیتی و اصطلاحات انرژی/اکسرژی بر این اساس محاسبه می‌شوند. در نتیجه، E و X شاخص‌های تلاش یا عملکرد هستند، اما C نمی‌تواند چنین نقشی را ایفا کند(۱۶). اکسرژی شاخص کمی ارزیابی عملکرد تحقیقاتی افراد، گروه‌ها، و یا سازمان‌هاست(۵).

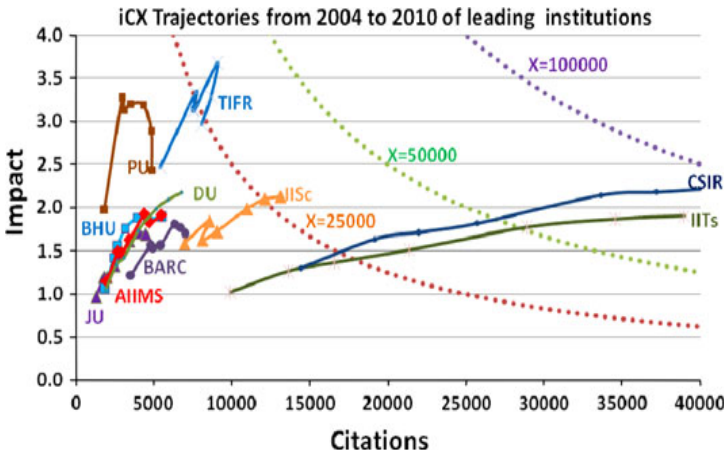
جدول ۱: مقایسه بین مکانیک، مهندسی برق و کتاب سنجی به منظور تعریف انرژی/اکسرژی

مقایسه	کیفیت	کمیت	کواسیتی	انرژی/اکسرژی
مکانیک	سرعت (v)	جرم (m)	مقدار حرکت (mv)	انرژی $E=mv^2$
مهندسی برق	جریان (i)	مقاومت (R)	ولتاژ $V=iR$	برق $W=iV=i^2R=V^2/R$
علم سنجی	تاثیر $i=C/P$	مقالات (P)	استنادات $C=iP$	انرژی/اکسرژی $X=iC=i^2P=C^2/P$

جدول ۱ مقایسه انرژی/ اکسرژی را میان مکانیک، مهندسی برق و علم‌سنجی نشان می‌دهد. بنابراین با توجه به بیان Prathap که در مقاله خود به مقیاس‌های عددی جدیدی در حوزه کتاب سنجی(EEE یا Energy، Entropy و Exergy) برای داده‌های برگرفته از جدول Van Raan(۲۰۰۶) اشاره کرده بود، اکسرژی مهم‌ترین آنها است که برای ارزیابی عملکرد تحقیقاتی محققان به کار می‌رود(۱۵).

Leydesdorff و Opthof به نقل از Prathap بیان کردند، زمانی که اطلاعات کامل کتاب سنجی در

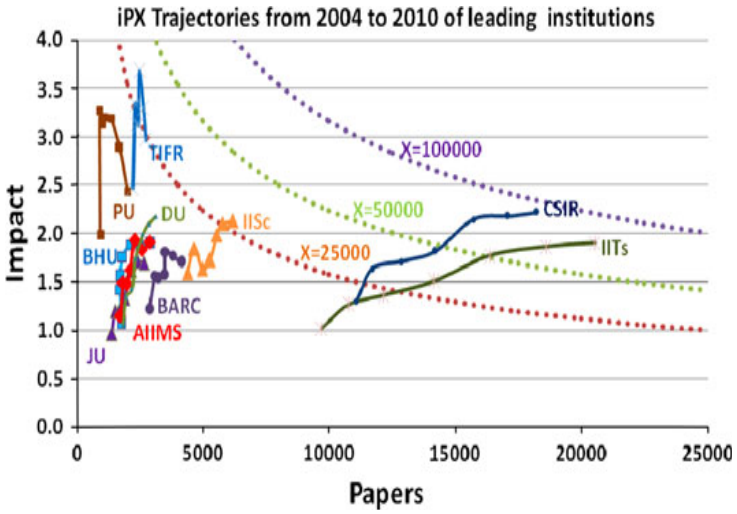
دسترس نباشد و تنها C و P برای هر مجموعه در دسترس باشد، می‌توان عملکرد تحقیقاتی را با شاخص عددی اکسرژی $x=C^2/P=i^2P=iC$ توصیف کرد. چنین امری زمانی اتفاق می‌افتد که مجموعه داده‌ها بزرگ باشد و ارتباط قابل توجهی بین exergy و H-index وجود داشته باشد(۱۷). نکته مهم این است که انرژی و اکسرژی به صورت دو بعدی نشان داده می‌شوند. بررسی‌ها نشان داده است که استفاده از اکسرژی به منظور رتبه‌بندی موسسات علمی و ارزیابی عملکرد تحقیقاتی و همچنین ارائه نمودارهای دو بعدی iCX و iPX از آنها برای اولین بار به موسسه تحقیقات علمی و صنعتی SCIR و به سال ۲۰۱۲ در هند باز می‌گردد(۵). می‌توان با استفاده از i و P یا i و C این نمودارهای دو بعدی را بر اساس دوره زمانی به دو شیوه ترسیم کرد: شیوه iCX : با توجه به نمودار ۱، اکسرژی با استفاده از فرمول X=iC بدست می آید و بر محور افقی، کواسیتی(استناد) و بر محور عمودی، کیفیت نشان داده می‌شود(۵و۲) و شاخص C نیز معرف تعداد کل استنادات به کل مقالات است که از جمع تعداد استناد به هر مقاله به دست می‌آید و هم چنین شیوه Ipx که با توجه به نمودار ۲، اکسرژی از فرمول $X=i^2P$ بدست می‌آید. در این شیوه P بر محور افقی نشانه کمیت، و i بر محور عمودی، کیفیت است(۱۸).



نمودار ۱: نمودار iCX (رابطه میان کیفیت(i)، کمیت(C)، و اکسرژی(X))

نمودار ۱ مبتنی بر مطالعه انجام شده توسط Nishy و همکاران در سال ۲۰۱۲ می‌باشد که ده موسسه تحقیقاتی برجسته هند را بر اساس شاخص اکسرژی رتبه بندی کرده است و جهت نمایش قابل قبول‌تر از این رتبه بندی، از دو نگاشت ipx و icx استفاده کرده‌اند. نگاشت ipx رابطه میان کیفیت(i)،کمیت یا تعداد کل مقالات(p) و اکسرژی یا شاخص عملکرد تحقیقاتی(x) را نشان می‌دهد و icx گویای رابطه میان کیفیت، کمیت یا تعداد کل استنادات(C) و اکسرژی یا شاخص عملکرد تحقیقاتی ده موسسه تحقیقاتی مورد نظر می باشد. این نمودار میزان بالای استنادات را برای CSIR و بالا بودن کیفیت TIFR و بهترین عملکرد تحقیقاتی را برای CSIR نشان می‌دهد(۵).

در نـمـودار ۲، IITS بیشـتریـن تعـداد مقـاله و TIFR بیشترین کیـفیت و CSIR بـهتریـن عملکـرد تحقیقاتی یا بیشترین میزان اکسرژی را دارد، چون اکسرژی ترکیبی از کمیت و کیفیت است.



نمودار ۲: نمودار iPX(رابطه میان کیفیت(i)، کمیت(P)، و اکسرژی(X))

تاثیر عامل‌های تاثیر دو و پنج ساله و تاثیر مقالات(AI= Article Impact) نماینده کیفیت هستند(۳). از طرف دیگر، Prathap بیان کرد که شاخص اکسرژی، دومین شاخص یکپارچه عملکرد است(۲۰و۱۹و۱۵). وی خاطر نشان کرد که اکسرژی واحدهایی از H^3 است(۹). یعنی:

$H\sim P^{1/3}(C/P)^{2/3}=(C^2/P)^{1/3}=X^{1/3}$

اکسرژی دارای رابطه نسبی با H-index است. اکسرژی و خویشاوند جدید آن $p=X^{1/3}$، یعنی شاخص H ساختگی(Mock H-index) که مـی‌تواند H-index را توسعه دهد یا جانشین آن شود، برای مجموعه‌های بزرگ داده‌ها به کار می‌روند. این دو نیز جزء شاخص‌های عملکرد هستند(۴). از این رو، می‌توان با ارائه مثال‌هایی به درک بهتر مفاهیم ترمودینامیکی انرژی، اکسرژی و آنتروپی کمک کرد. بر این اساس، اگر در یک دوره انتشاراتی، فردی P=1 مقاله را با C=c استناد منتشر کند، انرژی آن مقاله به صورت زیر است:

$e=C^2/P=(c^2/1)=c^2$

حال اگر شخص دومی دو مقاله داشته باشد که هر کدام c استناد دریافت کرده باشند، مجموع انرژی‌ها این گونه است(۲۱):

$E=c^2+c^2=2c^2$

در این صورت، انرژی مجموع مقالات با X نشان داده می‌شود. با در نظر گرفتن C^2/P، C=2c، P=2 و $X=2c^2$، یک مورد کامل ترمودینامیکی ایجاد می‌شود، چون E=X است. در این حالت، اگر c=1 باشد، H-index برابر با ۱؛ و اگر c=2 باشد مقدار آن ۲ و اگر c>۳ در این حالت باز همان ۲ خواهد بود(۲۲). در یک نمونه ناقص ترمودینامیکی اگر دو مقاله باشد، یعنی P=2 و هرکدام به ترتیب c_1,c_2 استناد داشته باشند، در این صورت انرژی هر کدام:

$e_1=(c_1)^2$

و

$e_2=(c_2)^2$

و مجموع انرژی:

$E=(c_1)^2+(c_2)^2$

مجموع اکسرژی که نیاز به مجموع استنادات C=c1+c2 و مجموع مقالات P=2 دارد به صورت زیر است:

$X=(c_1+c_2)^2/2$

به جز موردی که $c_1=c_2$ است، مجموع انرژی همیشه بزرگتر از مجموع اکسرژی خواهد بود. به این اختلاف آنتروپی گفته می‌شود که به این صورت است:

$S=E-X$

در یک مورد کامل ترمودینامیکی دیگر، اگر نویسنده‌ای P=n و هر کدام c استناد را دریافت کرده باشند، انرژی هر مقاله $e=c^2$ و مجموع انرژی $E=nc^2$ انرژی مجموع مقالات که اکسرژی کل است و C=nc و P=n به صورت زیر است:

$X=(nc)^2/n=nc^2$

و E=X که یک مورد کامل ترمودینامیکی است که در آن آنتروپی صفر می‌شود. در این حالت p-index به این صورت است:

$p=X^{1/3}=n^{1/3}c^{1/3}$

بر اساس توضیحات بالا می‌توان گفت که H-index به این بستگی دارد که n بزرگتر یا کوچکتر از c باشد. اگر n≤c باشد، در این حالت، h=n می‌شود و اگر n≥c باشد در این صورت h=c است. ابتدا H-index بر حسب تعداد مقالات منتشر شده زمانی که n=h=c بود، محدود می‌شد که در این صورت H در مقدار محدود h=c باقی می‌ماند. در صورتی که n=h=p=c باشد، در این حالت، $E=X=p^3$ خواهد بود. مجموع انرژی توزیع شده در همه حالت‌ها این است که مقالات p دارای p^2 واحد از هر انرژی کتاب سنجی است. از طرف دیگر p-index از C/P گرفته شده است و دارای ویژگی‌های شبیه به انرژی است که اکسرژی نامیده می‌شود که انرژی تحقق پذیر است و ترمودینامیک مدرن آن را معرفی کرده است. تعاریف اصطلاحات آنتروپی و اکسرژی از تلاش برای کمی کردن کیفیت یا کار بالقوه انرژی در روشن ساختن قانون دوم ترمودینامیک گرفته شده‌اند(۲۱).

مدل Glanzel که برای H-index ارائه شد بر اساس اصطلاح شبیه به انرژی یعنی اکسرژی است که هم اندازه یا استناد و هم تاثیر را با هم ترکیب می‌کند، به عبارتی، امکان تکمیل تثلیث اصطلاحات شبیه به انرژی را فرآهم می‌سازد: انرژی، اکسرژی، و آنتروپی. در این میان، آنتروپی برای اینکه وارد واحدهای انرژی شود به موجودیتی به نام درجه حرارت نیاز دارد. T_R نشان دهنده دمای محیط اطراف سیستم است. تنها قسمتی از انرژی سیستم یعنی اکسرژی به کار تبدیل می‌شود و بقیه انرژی سیستم که $T_R . S$ بی نظم یا غیر قابل استفاده می ماند(۲۲و۴):

$E= X+T_R . S$

در حوزه کتاب سنجی، بی نظمی با رابطه S=E-X نشان داده می‌شود. در وضعیت کامل ترمودینامیکی، زمانی که انرژی و اکسرژی کل برابر می‌شوند، آنتروپی صفر است(۲۲). محققانی که دارای انرژی یکسان یا به عبارتی iso-energetic هستند به این معنا نیست که عملکرد یکسانی دارند. از سوی دیگر، داشتن مقدار اکسرژی یکسان به عنوان iso-exergitic تعبیر می‌شود. در این حالت، داشتن انرژی و اکسرژی یکسان افراد یا سازمان‌ها یعنی از نظر عملکرد یکسان هستند(۴).

بر اساس مطالب گفته شده در بالا، مجموع مقالات و استنادات یک محقق یک سیستم غیر ایزوله

است. هر استناد جدید به مقاله‌ای در آن مجموعه یا هر مقاله جدید دیگر باعث می‌شود مقدار انرژی E افزایش یابد. در حقیقت، جمع آوری استنادات نوعی فرآهم آوری انرژی از محیط افراد برای سیستم است. بعد از این انتقال، انرژی سیستم به وضعیت جدیدی از تعادل می‌رسد و شاخص‌های EEE به این صورت تغییر می‌یابند: E تنها افزایش می‌یابد، X ممکن است کاهش یا افزایش یابد و S ممکن است کاهش یا افزایش یابد. افزوده شدن یک مقاله جدید بدون استناد مقدار E را تغییر نمی‌دهد. مقدار X در این حالت کاهش و در نتیجه مقدار S افزایش پیدا می‌کند. اما اگر مقاله‌ای با استناد جدید اضافه شود در این حالت مقدار بی‌نظمی افزایش می‌یابد. چنین امری از نظر ترمودینامیکی در مورد سیستم‌های ایزوله(خود به خودی و برگشت ناپذیر) که قبل از رسیدن به حالت تعادل اتفاق می افتند، مطرح است. اما سیستم‌های کتاب سنجی غیر ایزوله هستند و این نشانه عدم شباهت بین سیستم‌های کتاب سنجی و ترمودینامیکی است. در صورت وضعیت تکامل ترمودینامیکی، با اضافه شدن یک مقاله جدید دارای تعداد یکسان استنادات، آنتروپی کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، اگر مقاله جدیدی بدون استناد اضافه شود در این حالت مقدار اکسرژی کاهش می‌یابد، چون C تغییر نکرده و P افزایش یافته است. سیستم‌های کتاب سنجی همیشه مقدار انرژی را افزایش می‌دهند. تکامل ترمودینامیکی به ندرت در سیستم‌های کتاب سنجی اتفاق می‌افتد و اکثراً از این حالت دور می‌شوند(۴).

بحث

در حوزه کتاب سنجی و علم سنجی شاخص‌های بسیاری وجود دارند که در طی سال‌های اخیر به میزان زیادی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. Prathap در سال ۲۰۱۲ در مقاله خود با عنوان "ارزیابی شاخص‌های عملکرد مجلات" بیان کرد که قبلاً مجلات بر اساس عامل تاثیر رتبه‌بندی می‌شدند. C_i، P، و C شاخص‌های اصلی کتاب سنجی و h و g و p شاخص‌های عملکرد هستند، چون کمیت و کیفیت را در یک عدد ادغام می‌کنند و i نماینده کیفیت است(۳). شاخص هرش هر محقق عبارت است از H تعداد از Np تعداد از مقالات وی که به هر کدام حداقل H بار استناد شده باشد و بقیه مقالات او(Np-h) کمتر از این مقدار استناد را به خود اختصاص داده باشد. این شاخص، علاوه بر اندازه‌گیری تولیدات علمی، میزان تأثیر علمی افراد را نیز مشخص می‌کند. شاخص هرش نتیجه تعادل بین تعداد انتشارات و تعداد استنادات به ازای هر مقاله است. این شاخص در واقع محققان تأثیر گذار را از آنهایی که صرفاً تعداد زیادی مقاله با تعداد استنادات منتشر می‌کنند، متمایز می‌نماید. شاخص g، گونه تعدیل‌یافته شاخص هرش است. در این شاخص، بر خلاف شاخص هرش، به مقالاتی که بیشتر مورد استناد قرار می‌گیرند، اهمیت بیشتری داده می شود. شاخص g، عبارت است از بیشترین تعداد مقالات که در مجموع دارای دو g استناد یا بیشتر هستند(۲۳).

از سوی دیگر هیچ شاخص کاملی برای ارزیابی کیفیت مجلات وجود ندارد. علت این امر به دلیل افراط در شاخص‌های موجود است. مثل عامل تاثیر، شاخص تاثیر یکپارچه، وغیره؛ چون دقیقاً مشخص نیست این شاخص‌ها به کمیت می‌پردازند یا کیفیت. در این میان، P شاخص کمیت و شاخص عملکرد توان صفر است. اهمیت این شاخص قبل از به وجود آمدن پایگاه‌های استنادی دوچندان بود. همانطور که Josef Stalin بیان کرده بود "کمیت همیشه کیفیت را با خود دارد". بعد از آن که پایگاه‌های استنادی همچون Web of Science، Googl Scholar و

Scopus و دیگر پایگاه‌های استنادی مانند Icrosoft Academic Search به وجود آمدند، کیفیت نیز مورد توجه قرار گرفت. تعداد استنادات هر مقاله به عنوان کیفیت آن مقاله مورد توجه قرار گرفت. نماینده کیفیت در این سطح i=C/P است(۲۵و۲۴). اگر i نماینده کیفیت و P نماینده کمیت باشد، C=iP به عنوان شاخص یکپارچه توان یک عملکرد و اکسرژی شاخص توان دوم عملکرد شناخته می‌شوند(۳).

ازطرف دیگر، Antonakis و Lalive شاخص جدیدی باعنوان IQP یا Index of Quality and Productivity را معرفی و عملکرد آن را با شاخص H بر اساس مقالات نمایه شده درISI web of knowledge مقایسه کردند. در مورد این شاخص می‌توان گفت که موفقیت علمی محقق به ارتباط کیفیت و کمیت بستگی دارد. این شاخص تاثیر یک محقق را به همراه دو بعد کیفیت(همان استناد) و کمیت(تعداد مقالات) اندازه می‌گیرد. این دو محقق، کیفیت را برای مجموع استنادات(C) و کمیت را برای مجموع مقالات(P) تخمین زدند که عبارتی غیر بدیهی و پیچیده برای IQP بدست آوردند. اما، هر دوی H-index و p-index بسیار مفیدند چون هم کمیت و هم کیفیت یک اثر علمی را در یک عدد ارائه می‌دهند. اما H-index شاخص مفید عملکرد تحقیقاتی نیست و می‌توان بین مولفان از نظر کیفیت(i) و عملکردشان (X) تمایز قائل شد(۱۲).

بر اساس گفته Prathap در میان این شاخص‌ها، می‌توان اکسرژی را یک اصطلاح شبیه به انرژی دانست. مفاهیم اکسرژی و آنتروپی در حوزه‌های دیگر مثل تئوری اطلاعات، اکولوژی و آمار و زمینه‌های دیگر که نیاز است تا کمیت و کیفیت اندازه‌گیری شود، مطرح می‌شوند. کتاب سنجی هم یکی از این حوزه‌هاست. در این حوزه هم کمیت، یعنی تعداد مقالات منتشر شده و هم کیفیت که تاثیر است در نظر گرفته می‌شود. از نظر کتاب سنجی، انرژی دانش کامل از ساختار درونی است، اینکه دارای چه تعداد C و P است و اکسرژی به عنوان اطلاعات قابل دسترس خارجی بیان می‌گردد(۲۱). از این رو، اکسرژی تنها مقیاس عددی عملکرد محقق است، هرچند خیلی دقیق نیست، اما هیچ کدام از C، P، وC/P و حتی H-index این قابلیت را ندارند(۲۶). یکی از اجزای مهم اکسرژی اصطلاح Quasity با پیشوند Quasi و به همراه ty است که بعضی از ویژگی‌های کمیت و کیفیت را دارد(۱۹).

این اصطلاح کواسیتی برای تکمیل تثلیث کمیت- کیفیت- کواسیتی معرفی می‌شود و سپس از نظر ریاضی و متافیزیکی منجر به تثلیث دیگری از اصطلاحات شبیه به انرژی خواهد شد که به این صورت بیان می‌شود:

کواسیتی = کمیت×کیفیت

انرژی یا اکسرژی= کیفیت× کواسیتی

کمیت=P

و همچنین:

کیفیت(i) = C/P

از این رو، اکسرژی شاخص عملکرد تحقیقاتی است که نگاشت جدیدی از رتبه‌بندی‌ها را ارائه می‌دهد(۲۰).

نتیجه گیری

در میان شاخص‌های متنوعی همچون H، g، و P که بازتابنده رخداد پیشرفت‌های علم‌سنجی و کتاب سنجی هستند، در روزگار اخیر، شاخص‌های ترمودینامیکی با ماهیت خاص خود این پیشرفت‌ها را دو چندان نموده‌اند و سنجش علم را جذاب‌تر

ساخته‌اند. هر کدام از شاخص‌های عددی انرژی، اکسرژی و آنتروپی ویژگی‌های خاصی دارند که ارزیابی تولید علم را با رویکردی خاص فراهم می‌سازند. در میان این سه شاخص، اکسرژی از اهمیت بیشتری برخوردار است، چون ارزیاب عملکرد تحقیقاتی است و این توانایی را نسبت به دیگر شاخص‌های سنجش عملکرد تحقیقاتی مذکور در سطور پیشین برجسته‌تر می‌سازد، زیرا مجموع مقالات و مجموع استنادات را به شمار می‌آورد و کمیت و کیفیت را در کنار یکدیگر قرار می‌دهد و در نهایت عددی را بدست می‌آورد که نماینده عملکرد برتر یک فرد، گروه و یا یک نهاد می‌باشد. اکسرژی ناتوانایی شاخص‌های دیگر را نیز پوشش می‌دهد. از این رو، اکسرژی حداکثر کار مورد نیاز برای رسیدن به تعادل است کـه بتـوانـد آنتـروپـی را کاهـش دهـد، بتـواند انگیزاننده تولید بهتـر علمـی و بـه دنبـال آن افزایـش Quasity یعنی استناد باشد، چون با افزایش استناد است که اکسرژی افزایش می‌یابد. بدین ترتیب، می‌توان اظهار داشت اکسرژی تنها شاخص عملکرد تحقیقاتی است که کمیت(تعداد کل مقالات و استنادات) و کیفیت(تاثیر) را در هم ادغام می‌کند.

تشکر و قدردانی

این مقاله ماخوذ از پایان نامه "بررسی جایگاه علمی مراکز تحقیقاتی غدد درون‌ریز، دیابت و متابولیسم دانشگاه‌های علوم پزشکی کشور بر اساس تولیدات علمی نمایه شده در پایگاه‌های اطلاعاتی منتخب با استفاده از روش Exergy" است. بنابراین شایسته است از تمامی کسانی که به نوعی در دستیابی به منابع اطلاعاتی ما را در انجام این مهم یاری فرمودند تشکر و قدردانی گردد.

منابع

1. Bazrafshan A & Mostafavi E. Scientometrics analysis of 36 years of science production of Pasteur Institute of Iran in SCIE. Health Administration 2011; 14(45): 7-10[Article in Persian].

2. Abdekhoda M, Ghazi Mirsaeed J & Noruzi AR. Survey of Iranian medical scientific productions based on documents indexed of Iran's scientific journals in selected databases in during of 2005-2009. Payavard Salamat 2010; 4(1-2): 18-30[Article in Persian].

3. Prathap G. Evaluating journal performance metrics. Scientometrics 2012; 92(2): 403-8.

4. Franceschini F & Maisano D. On the analogy between the evolution of thermodynamic and bibliometric systems: A breakthrough or just a bubble? Scientometrics 2011; 89(1): 315-27.

5. Nishy P, Panwar Y, Prasad S, Mandal GK & Prathap G. An impact-citations-exergy (iCX) trajectory analysis of leading research institutions in India. Scientometrics 2012; 91(1): 245-51.

6. Sciubba E & Wall G. A brief commented history of exergy from the beginnings to 2004. Thermodynamics 2007; 10(4): 187-92.

7. Chen B, Chen GQ & Yang ZF. Exergy-based resource accounting for China. Ecological Modelling 2006; 196(3-4): 313-28.

8. Prathap G. Qualifying scholarly impact using an iCX (impact-Citations-Exergy) analysis. DESIDOC Journal of Library and Information Technology 2011; 31(5): 382-6.

9. Prathap G. Is there a place for a mock h-index? Scientometrics 2010; 84(1): 153-65.

10. Prathap G. A bibliometric evaluation of research on the Monsoon. DESIDOC Journal of Library & Information Technology 2014; 34(3): 191-6.

11. Prathap G. Papers from India and China in nature: The role of international scientific collaboration. Current Science 2013; 105(4): 431-2.

12. Prathap G. Where do Indian neuroscientists publish their best research? Current Science 2013; 105(6): 747-8.

13. Prathap G. E-resources usage and research productivity. Annals of Library and Information Studies (ALIS) 2013; 60(1): 64-5.

14. Prathap G. Benchmarking research performance of the IITs using Web of Science and Scopus bibliometric databases. Current Science 2013; 105(8):1134-8.

15. Prathap G. A comment to the papers by Opthof and Leydesdorff, Scientometrics, 88, 1011-1016, 2011 and Waltman et al., 88, 1017-1022, 2011. Scientometrics 2012; 90(2): 737-43.

16. Prathap G. Energy indicators and percentile ranking normalization. Scientometrics 2012; 91(3): 997-1003.

17. Leydesdorff L & Opthof T. A rejoinder on energy versus impact indicators. Scientometrics 2012; 90(2): 745-8.

18. Van Noordan R. Cities: Building the best cities for science. Nature 2010; 467(1): 906-8.

19. Prathap G. Quasity, when quantity has a quality all of its own-toward a theory of performance. Scientometrics 2011; 88(2): 555-62.

20. Prathap G. The quality-quantity-quasity and energy- exergy- entropy exegesis of expected value calculation of citation performance. Scientometrics 2012; 91(1): 269-75.

21. Prathap G. The energy- exergy- entropy (or EEE) sequences in bibliometric assessment. Scientometrics 2011; 87(3): 515-24.

22. Prathap G. A thermodynamic explanation for the Glanzel- Schubert model for the index. Journal of American Society for Information Science and Thechnology 2011; 62(5): 992-4.

23. Gorji HA, Rusta Azad L, Hasanzadeh HM, Asghari L, Atlasi R, Shokrane F, et al. Ranking of Iran University of Medical Sciences and health services' (IUMS) faculties using h-index, g-index, and m parameter; (up to the end of 2008). Health Administration 2010; 13(42): 17-24[Article in Persian].

24. Abbas AM. Analysis of generalized impact factor and indices of journals. Journal of Information Processing Systems 2011; 7(2): 341-54.

25. Abbas AM. Bounds and inequalities relating h-index, g-index, e-index and generalized impact factor: An improvement over existing models. Plos One 2012; 7(4): 33699.

26. Prathap G. Scientometric performance indicators and bounds and inequalities. 2011. Available at: http://www.academia.edu/2696484/Scientometric_performance_indicators_and_bounds_and_inequalities. 2012.

Thermodynamic Indicator Of Exergy In Measuring Of Research Performance: A Review Article

Sanee Nadia[1](MSc.) - Ghazi Mirsaeid Seyed Javad[2](Ph.D)

1 Master of Sciences in Medical Library & Information Science, School of Allied Medicine, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2 Assistant Professor, Medical Llibrary & Information Science Department, School of Allied Medicine, Health Information Management Research Center, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Abstract

Received : Dec 2014
Accepted : Mar 2015

Background and Aim: Thermodynamic indicators are considered in scientometrics studies to survey research performance as the Exergy that is most important ones. Therefore, this article is aimed to introduce, review, definition, application and importance of Exergy.

Materials and Methods: This study is a review article that determined by using related literatures with thermodynamic indicators of scientometrics by library research, and simple and advanced searches of English papers on valid websites. 30 English papers were retrieved and 24 articles related to this study were selected; but among Persian literatures, no related papers were found.

Results: Exergy is a thermodynamic measure which reperesenting a maximum useful work that a system can perform in order to create balance. This indicator is applicable in bibliometrics and as an indicator of research performance for ranking of research institutions.

Conclusion: According to the role of exergy in assessing the research performance of individuals and organizations, and its advantage over H-index, due to consideration of all the articles and all the citations, this indicator can offer new reperesentation of rankings.

Key words: Thermodynamic Indicators, Research Performance, Assessment, Exergy

* **Corresponding Author:**
Ghazi Mirsaeid SJ;
E -mail:
Ghazimsj@tums.ac.ir