شاخص‌های مرسوم و جدید در علم سنجی

لیلا کرمی[۱]، میترا پیرحقی[۱] و علی اکبر صبوری*[۳]

چکیده

علم سنجی (Scientometrics) یکی از متداول ترین روش‌های ارزیابی فعالیت های علمی – پژوهشی است. علم سنجی با جنبه‌های مختلفی همچون تولید، اشاعه و استفاده از اطلاعات علمی سر و کار داشته و به محدوده علمی یک رشته خاص تعلق ندارد. بسیاری از پیشگامان این حوزه، هدف از علم سنجی را بررسی فرآیندهای موجود در پژوهش علمی برای مدیریت موثرتر علم معرفی می کنند. در این مقاله، علاوه بر شاخص های مرسوم، به شاخص های جدید علم سنجی می پردازیم. برای ارزیابی دقیق تر فعالیت‌های علمی هر کشور در سطح ملی، بهتر است از شاخص های بومی برای آن کشور استفاده شود. در این مقاله، به شاخص های بومی علم سنجی مانند اجرای ارزشیابی پژوهشی و چهارچوب برتری پژوهشی انگلستان، فاکتور کراون در کشور هلند و امتیاز Z استنادی در کشور سوئد اشاره می‌شود. در ادامه، نظام رتبه بندی لایدن معرفی می‌شود. اطلاعات مورد نیاز برای این رتبه بندی از پایگاه تامسون رویترز دریافت می شود. تفاوت این سیستم رتبه بندی با سیستم‌های دیگر این است که توجه بیشتری به زمینه های تاثیر علمی و همکاری‌ها دارد.

واژگان کلیدی: شاخص‌های مرسوم، شاخص‌های جدید، شاخص i10 (i10-Index)، شاخص پای (π-Index)، تامسون رویترز، اسکوپوس.

* عهده دار مکاتبات، استاد بیوفیزیک، تلفن: ٦٦٩٥٦٩٨٤-٦٦٤٠٩٥١٧ (٩٨٢١+)، دورنگار: ٦٦٤٠٤٦٨٠ (٩٨٢١+).

۱. پژوهشگر پسا دکتری، مرکز تحقیقات بیوشیمی و بیوفیزیک، دانشگاه تهران، نشانی الکترونیکی: karami.leila@ut.ac.ir

۲. مرکز تحقیقات بیوشیمی و بیوفیزیک، دانشگاه تهران، نشانی الکترونیکی: mitra_p.hagh@ut.ac.ir

۳. مرکز تحقیقات بیوشیمی و بیوفیزیک، دانشگاه تهران، نشانی الکترونیکی: saboury@ut.ac.ir

مقدمه

اصطلاح علم سنجی یا «ساینتومتریک» از ترکیب دو واژه «ساینتو» به معنای علم و «متریک» به معنای اندازه‌گیری مشتق شده است. ساده‌ترین تعریفی که می توان برای علم سنجی ارائه داد این است که علم سنجی، علم اندازه گیری و تحلیل علم است. این علم در روسیه شوروی سابق شکل گرفت، زمانی که برای اولین بار دوبوروف (Dobrev) و کارنوا (Carnova) واژه علم سنجی را به کار بردند. اولین تجزیه و تحلیل آماری نوشته های علمی را به کول (Cole)، ایلز(Ealse) و هولم(Hulme) نسبت می دهند که برای اولین بار از مقالات علمی منتشر شده به عنوان ملاکی برای مقایسه تولید علمی کشورهای مختلف استفاده کردند. در همان زمان افرادی نظیر لوتکا (Lotka)، برادفورد (Bradford) و زیف(Zipf) به منظور بررسی توزیع انتشارات برحسب مولفین و نشریات، مدل های نظری ویژه ای ارائه دادند. با وجود فعالیت های بسیار در حوزه این علم، تا سال ۱۹۶۹ میلادی حیطه، اهداف و روش های علم سنجی هنوز مشخص نشده بود. در همان زمان بود که نالیموف (Nalimov) و مولچنکو (Mulchenko) رشته های فرعی علم سنجی و دامنه کار آن را تعیین کردند. انتشار نشریه بین المللی علم سنجی در سال ۱۹۷۸ میلادی به وسیله براون (Braun) گام مهمی در جهت شناخت و توسعه جهانی این علم بود. این نشریه توسط انتشارات الزویر در آمستردام منتشر گردید و آکادمی علوم مجارستان در بوداپست (که یکی از فعال ترین انجمن علمی در این حوزه به شمار می رفت) به طور مداوم مقالاتی در زمینه علم سنجی در آن به چاپ می رساند. این مقالات به همراه مطالبی که نالیموف منتشر می نمود، به پرورش و شکل گیری این علم نوپا کمک فراوانی کرد [۱ و ۲].

هدف از علم سنجی، ارزیابی فعالیت های علمی- تحقیقاتی در هر گرایش علمی و عوامل موثر در رشد آن می‌باشد. علم سنجی می‌تواند عنصری کارآمد و مفید برای مسئولان و برنامه‌ریزان باشد تا مدیریت منابع مالی و انسانی در این راستا با بالاترین کارآیی انجام پذیرد. علم‌سنجی علاوه بر سنجش تحقیقات و تولید مقالات علمی، کمک شایانی در ارزیابی و تعیین معیارهای مدیریتی مانند بودجه و بازده دانشگاه‌ها و مراکز علمی می‌نماید. اساس کار علم سنجی بر بررسی چهار متغیر اصلی شامل مؤلفان، انتشارات علمی، مراجع و ارجاعات استوار است. به منظور تبیین روند تولید علم و بازدهی پژوهش‌های علمی، علم سنجی پس از بررسی این متغیرها، به ارائه ترکیب مناسبی از شاخص‌های مبتنی بر آنها می پردازد.

تحلیل استنادی [۳ و ٤] یکی از روش های کتاب سنجی است که به ارزیابی متون علمی براساس شمارش استنادهای تعلق گرفته به متون می پردازد. تحلیل استنادی به خود ارزیابی پژوهشگران کمک می کند و یک محقق با پیگیری استنادها و با پی بردن بر رد یا اثبات ادعاهای خود و دیگران درمورد آثار منتشر شده با پیگیری استنادها می توانند روش های خود را بهبود بخشند.

تحلیل استنادی به عنوان یک معیار بسیار مهم علم سنجی مورد استفاده قرار می گیرد. ابزارهای علم سنجی، نمایه ها یا پایگاه های استنادی هستند که میان کتاب ها و مقالات منتشر شده و مقالاتی که به آنها ارجاع می دهند، پیوند ایجاد می کنند. نمایه های استنادی معتبر بین المللی همچون موسسه تامسون رویترز (ISI)، اسکوپوس و گوگل اسکولار از ابزارهای علم سنجی محسوب می شوند.

علیرغم گذشت حدود چهل سال از مطرح شدن علم سنجی در جهان، آغاز بحث علم‌سنجی در ایران به اواسط دهۀ ۱۳۷۰ باز می‌گردد وآثار متعددی از این حوزه در دهه ۱۳۸۰ منتشر شد. در دهه ۱۳۸۰، اهمیت پرداختن به بحث علم‌سنجی و استفاده از این شیوه برای سنجش میزان تولید مقالات علمی به دلیل افزایش انتشارات علمی و ایجاد پایگاه‌های اطلاعاتی برای سازماندهی و انتشار این منابع، بسیار بیشتر از گذشته شده است. اینک شاهد انتشار روزافزون منابع در حوزه‌های مختلف علمی از یک‌سو و سنجش میزان رشد تولیدات علمی در راستای رشد و توسعه علمی کشور با بهره‌گیری از ابزارهای نوین سنجش علم ـ علم‌سنجی ـ از سوی دیگر هستیم.

در مقالۀ حاضر، به فاکتورها و شاخص های مهم، شامل شاخص های مرسوم و شاخص های جدید در سنجش علم می پردازیم.

شاخص های مرسوم علم سنجی:

ضریب تأثیر نشریات (Journal Impact Factor = JIF):

JIF یا به طور خلاصه تر IF، یکی از شاخص های مرسوم تحلیل استنادی و علم سنجی است که با عناوین دیگری مانند نفوذ نشریات (Journal Influence)، نرخ استناد (Citation Rate) و تأثیر (Impact) نیز شناخته می شود. ضریب تأثیر نخستین بار توسط یوجین گارفیلد (Garfield)، بنیانگذار موسسه اطلاعات علمی ISI (Institute for Scientific Information))، در سال ۱۹۵۵برای مطالعه میزان تأثیرگذاری یک نشریه در رابطه با نشریات دیگر مطرح شد. در سال ۱۹٦۰ میلادی، گارفیلد نمایه استنادی علوم SCI (Science Citation Index) را تهیه کرد [٦ و ٥]. استفاده از اصطلاح ضریب تأثیر برای نخستین بار به منظور کمّی سازی انتشارات نمایه استنادی علوم در سال ۱۹٦۳ صورت گرفت. از کاربردهای SCI می توان به معرفی آثار جدید دانشمندان در هر حوزه علمی، ارزیابی آثار و تالیفات علمی و تعداد ارجاعات و استنادات اشاره کرد [۷].

تا سال ۲۰۰٤ میلادی تنها پایگاه موجود برای پیگیری استنادها و سنجش تولیدات علمی همین نمایه استنادی بود، تا اینکه دسترسی به وبگاه علم (web of science) موسسه اطلاعات علمی تامسون رویترز از طریق وب نیز امکان پذیر شد. در سال های اخیر با گسترش امکانات

وب و سرعت ارتباطات، پایگاه های دیگری نظیر اسکوپوس و گوگل اسکولار با هدف شمارش استنادها و تحلیل استنادی و پیگیری استنادها در محیـط وب به وجـود آمده اند. از دیگر دلایل اسـتفاده از ضریب تأثیر می توان به مدیریت نشـریات (تصمیم گیری در خصوص ورود فهرست مندرجات نشـریات معتبر در فهرست مندرجات جاری [۸] (Current Content)) و ابزاری برای رتبه بندی و ارزیابی دانشگاه ها و دانشمندان کشورهای مختلف اشاره کرد.

ضریب تأثیر نسـبت میان تعداد اسـتنادهای دریافتی به تعداد مقالات انتشار یافته در یک نشریه است. این ضریب، نه برای مقاله یا نویسنده، بلکه برای نشریه محاسبه می‌شود.

$$\text{ضریب تأثیر نشریات} = \frac{\text{تعداداستنادهای داده شده به مقالات انتشار یافته نشریه مورد نظر در یک دوره زمانی}}{\text{تعداد مقالات انتشار یافته نشریه مورد نظر در همان دوره زمانی}}$$

به عنوان مثال، اگر در سال ۲۰۱۳ جمعاً ٤٠ ارجاع به مقاله‌های سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ آن نشـریه صورت گرفته باشد و در آن نشریه در سال ۲۰۱۱ تعداد ۲٦ مقاله و در سال ۲۰۱۲ تعداد ۲٤ مقاله چاپ شده باشد، ضریب ارجاع آن نشریه از تقسیم ٤٠ بر (۲٦+۲٤=٥٠) به دست می‌آید که ۰/۸ اسـت. یعنی در سال ۲۰۱۳، به طور متوسط هر مقاله آن نشریه ۰/۸ مرتبه مورد استناد مقالات دیگر قرار گرفته است. بدین ترتیب، رتبه بندی نشریات بر اساس ضریب تأثیر آن ها صورت می گیرد. یعنی هر چه ضریب تأثیر یک نشریه بیشتر باشد، میزان تأثیرگذاری و استفاده از آن در مرتبه بالاتری قرار می گیرد.

ضریب تأثیر رشته (Discipline Impact Factor = DIF):

DIF در سـال ۱۹۷۸ توسـط هیرسـت (Hirst) و به منظور مطالعه اهمیت نشریات کلیدی در یک رشته علمی معرفی شد [۹]. این روش برای شناسـایی تعداد اندکی از نشریات که ضریب تأثیر بالایی در یک رشته دارند، مورد استفاده قرار می گیرد.

روش محاسـبه DIFمشابه محاسبه ضریب تأثیر نشریات است با این تفاوت که DIF تعداد دفعاتی که به یک مقاله در یک نشـریه کلیدی، در یک رشـته خاص استناد می شود، را درنظر می گیرد. در این روش نیز یک دوره دو سـاله در نظر گرفته می شـود. DIF به صورت زیر محاسبه می شـود: ابتدا مجموعه ای از نشریات که به رشته مورد نظر مرتبط هسـتند، انتخاب می شوند. حداقل یک یا دو نشریه وجود دارد که اهمیت آنها در رشته مورد نظر کاملاً مشخص است. این مجموعه از نشریات به عنوان مجموعه استناد، C، نامیده می شوند. برای هر نشریه j که توسط یکی از نشریات مجموعه C استناد می شود، DIF با استفاده از فرمول زیر محاسبه می شود:

$$DIF = n_c/n_s$$

nc تعداد ارجاعات نشریه J توسط نشریات مجموعه C در بازه زمانی tc و ns تعداد موارد قابل استنادِ منتشر شده توسط نشریه J در بازه زمانی ts می باشد. انتخاب بازه های زمانی tc و ts اختیاری است.

شاخص فوری (Immediacy Index):

این شـاخص به منظور تعیین سـرعت استناد مقالات یک نشریه و با روشی شبیه ضریب تأثیر نشریات محاسبه می شود:

$$\text{شاخص فوری} = \frac{\text{تعداد استنادهای دریافتی در سال X به مقالات انتشار یافته در سال X}}{\text{مقالات انتشار یافته در سال X}}$$

به عنوان مثال، اگر تعداد ۱٥۰ استناد به مقالات یک نشریه صورت گرفته باشـد و تعداد مقالات منتشـره در همان سال ۳۰ مقاله باشد، شاخص فوری این نشریه برابر ٥ می شود. شاخص فوری از شاخص های ویژه استناد است که نشریه گزارش های استنادی نشریات (Journal JCR Citation Report) بـه طور منظم آن را منتشـر می کند. از آنجاکه برخی از شـرایط فنی نظیر تأخیر در انتشـار، فراوانی انتشار، سرعت فهرسـت کردن و ... بر اهمیت و ارزش این شـاخص اثر می گذارند، اهمیت آن به طور معناداری از ضریب تأثیر نشریات کمتر است.

نیـم عمـر متـون یـا قاعـده کهنگـی متـون (Literature Obsolescence):

شـاخص نیم عمر، نقش زمان را در بهره وری از اطلاعات روشن می کند. با استفاده از این شاخص می توان نشان داد که آیا با گذشت زمان از میزان سودمندی مقالات و کتاب ها کم می شود یا خیر. با درکِ علم فیزیک هسـته ای، منظور از نیم عمر متون علمی مدت زمانی است که در خلال آن نیمی از متون اسـتنادکننده به متون علمی مورد استناد در حوزه‌های علمی مورد نظر منتشر شده است. به عبارت دیگر، نیم عمر عبارت است از مدت زمانی که در طول آن نصف ارجاعات یک نشریه منتشر شده اند. مطالعات نشان می دهد که نیمی از ازجاعات (استنادها) مقالات تازه چاپ شده در دو سال اخیر، به نوشته های همان سال باز می گردد [۱۰].

بعد از مدت ده یا پانزده سال (بسته به موضوع) مقالات رشته های مختلف، سـودمندی خود را به عنوان منبع مورد استناد از دست می‌دهند. علومی که بیشتر جنبه نظری دارند)مانند ریاضیات) دارای نیم عمر طولانی و

علومی که به مباحث نوین، روزآمدی و فناوری وابستگی دارند مانند پزشکی دارای نیم عمر کوتاهی هستند [۱۲ و ۱۱].

Cited half life:

تعداد سال هایی که به همراه سال جاری، ۵۰٪ درصد از کل ارجاعات سایر نشریات به مقالات یک نشریه در سال جاری را نشان می دهد. به عنوان مثال، در ۲۰۱۳ JCR، Cited half life برای نشریه Annual Review of Physiology برابر ۱۰ بوده است. این عدد بیانگر آن است که ۵۰٪ تمام مقالاتی که در سال ۲۰۱۳ به مقالات این نشریه ارجاع داده اند، در سالهای ۲۰۰٤ تا ۲۰۱۳ منتشر شده اند [۱۳].

Citing half life:

تعداد سال هایی که به همراه سال جاری، ۵۰٪ درصد از کل ارجاعات یک نشریه به مقالات سایر نشریات در سال جاری را نشان می دهد. به عنوان مثال، در ۲۰۰۳ JCR، Citing half life برای نشریه Foof Biotechnology برابر ۹ بوده است. این عدد بیانگر آن است که ۵۰٪ تمام مقالاتی که در سال ۲۰۰۳ در این نشریه به آنها ارجاع شده است، در سال های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۳ منتشر شده اند [۱٤]. برخلاف پارامتر cited half life، هر چه citing half life کوچکتر باشد، اهمیت بیشتری دارد.

شاخص های جدید علم سنجی:

شاخص هیرش (H-Index): این شاخص در سال ۲۰۰۵ توسط هیرش (Hirsch) برای سنجش برونداد علمی- پژوهشی پژوهشگران به صورت انفرادی ارائه شد [۱۵]. شاخص H به لحاظ سادگی، سهولت کاربرد و داشتن مزایای متعدد نسبت به سایر روش ها بیشتر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. برای پاسخ به این سؤال که هر یک از پژوهشگران به تنهایی چه نقشی در گسترش حوزه های مختلف علوم دارند، می توان از این شاخص استفاده کرد. شاخص H تنها مقالاتی را شامل می شود که تعداد استناد به هر یک از آن ها برابر H و یا بیشتر از آن باشد. شاخص H یک پژوهشگر، شامل H تعداد از مقالات اوست که به هر کدام از آن ها حداقل H بار استناد شده باشد. به عنوان مثال، اگر یک نویسنده ۱۰ مقاله داشته باشد که به هر یک از آن ها حداقل ۱۰ بار استناد شده باشد، شاخص H آن نویسنده برابر ۱۰ خواهد بود. اگر تعداد مقالات نویسنده بیشتر از ۱۰ اما تعداد استنادها کمتر از ۱۰ باشد، در شاخص H وی تأثیری نخواهد داشت. بالاتر بودن شاخص H برای یک نویسنده، نشانگر توان علمی و تأثیرگذاری آن پژوهشگر بر پیشرفت علم می باشد. اندازه گیری دقیق شاخص H به جامعیت پایگاه اطلاعاتی مورد جستجو بستگی دارد .به طوری که شاخص H به دست آمده از پایگاه های مختلف اسکوپوس، گوگل اسکولار و وبگاه علم موسسه تامسون رویترز یکسان نیست. معتبرترین و مهمترین منبع برای به دست آوردن شاخص H پایگاه اطلاعاتیِ وبگاه علم موسسه تامسون رویترز است . این پایگاه امکان اندازه گیریِ خودکار این شاخص را نیز فراهم آورده است. شاخص H علاوه بر مقایسه نویسندگان، برای مقایسه مؤسسات، دانشگاه ها و حتی کشورها نیز استفاده می شود، اما بایستی برای چنین مقایسه هایی به عوامل گوناگون اثرگذار بر این مقیاس توجه کرد.

شاخص اِم (M-Index):

شاخص هیریش هر پژوهشگر به طول مدت فعالیت پژوهشی وی بستگی دارد. زیرا با گذشت زمان، تعداد مقالات و استنادها به آن افزایش می یابد. به همین جهت، برای مقایسه پژوهشگران در مراحل مختلف دوره فعالیت آنها، شاخص M معرفی شد [۱٦]. این پارامتر در نتیجه تقسیم شاخص هیریش هر پژوهشگر بر سن علمی وی به دست می آید. منظور از سن علمی، شمار سال هایی است که از زمان انتشار اولین مقاله او می گذرد.

شاخص جی (G-Index):

این شاخص در سال ۲۰۰٦ توسط لئو اِگه (Egghe) برای اندازه گیری کمی برونداد علمی پژوهشگران پیشنهاد شد [۱۷]. یکی از مهمترین ایرادهای شاخص H این است که هر چند در امتیازدهی به مجموعه فعالیت های علمی یک فرد، نشریه، دانشگاه و کشور، کم استناد بودن یک مقاله بر رتبه آن تأثیری ندارد، اما به همان نسبت هم این شاخص به مقاله های پراستناد بی اعتناست و این قبیل مقالات بر شاخص H پژوهشگر تأثیر قابل توجهی ندارد. اِگه برای اصلاح و بهبود شاخص H، شاخص جی را پیشنهاد نمود. شاخص جی با استفاده از مجذور تعداد مقالات و مقایسه آن با مجموع استنادها در محاسبات، در واقع مقاله های پراستناد یک پژوهشگر را برجسته تر می نماید. شاخص جی بالاترین تعداد (g) مقالات است که g۲ بار یا بیشتر به آن استناد شده باشد. این شاخص سعی دارد تا از تأثیر مقاله های کم استناد بر نتیجه گیری بکاهد و یکی از نواقص شاخص H را برطرف نماید.

شاخص وای (Y-Index):

شاخص وای برای ارزیابی سهم انتشارات نویسندگان، موسسات و کشورها بکار می رود. این شاخص به تعداد انتشارات نویسنده اول (corresponding author publications, RP) و انتشارات نویسنده مسئول (first author publications, FP) مربوط می شود. شاخص وای شامل دو پارامتر است: عملکرد انتشار، j، که به کمیت انتشار مربوط می شود و شخصیت انتشار، ، که نسبت انتشارات نویسنده مسئول به انتشارات نویسنده اول را مشخص می کند [۱۹و۱۸]. پارامترهای j و h به صورت زیر تعریف می شوند:

$$J = \sqrt{FP^2 + RP^2}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{RP}{FP}\right)$$

مقادیر مختلف نشـانگر نسبت های مختلف RP به FP است. وقتی تعداد انتشارات نویسنده اول و انتشارات نویسنده مسئول یکسان باشد، شـاخص وای بر روی خطـی با زاویه ٤٥ درجه قـرار می گیرد. بنابر این، برابر ٤٥ درجه و یا ٠/٧٨٥٤ رادیان است. کوچکتر از ٠/٧٨٥٤ و بزرگتر از ٠/٧٨٥٤ به ترتیب به مقادیر FP و RP بزرگتر مربوط می شود. وقتی ، j با تعداد انتشارات نویسنده اول برابر است، و وقتی ، j با تعداد انتشارات نویسنده مسئول برابر است.

ارزش متیو (Mathew-Value):

یکی از شـاخص های جدید علم سـنجی اسـت که توسـط مویج (Mooij) در سـال٢٠٠٦ معرفی شد [٢٠]. در حقیقت، این شاخص، شکل اصلاح شده ضریب تأثیر است که آن را در یک دوره پنج ساله و در موضوعی خاص محاسبه می کند. نحوه محاسبه آن تقسیم تعداد استنادها به مقاله های یک نشـریه در یک دوره پنج ساله بر تعداد مقاله‌های همان نشریه در همان دوره زمانی است که عدد حاصل را با همین نسبت ها در کل حوزه مورد پژوهش اندازه گیری می نماید. اگر تعداد اسـتنادها به کل مقالات یک نشریه در یک دوره پنج ساله،W ؛ تعداد کل مقالات این نشـریه در همین دوره پنج سـاله، X؛ تعداد استنادها به مقالات آن نشریه در یک حوزه موضوعی خاص، Y؛ و تعداد کل مقالات این حوزه را Z بنامیم، ارزش متیو به صورت زیر خواهد بود:

$$M = \frac{W / X}{Y / Z}$$

به عنوان مثال، اگر تعداد استنادها به کل مقالات یک نشریه در سال های ٢٠٠٥ تا ٢٠١٠، ٥٣٤٠٠ ؛ تعداد کل مقالات این نشـریه در همین دوره پنج ساله، ١٦٨٠؛ تعداد استنادها به مقالات آن نشریه در حوزه بیوفیزیک، ١٨٥٠٠؛ و تعـداد کل مقالات این حوزه برابر ٤٧٠ باشـد، ارزش متیو مساوی ٠/٨ می شود.

شاخص پای (π-Index):

روش های محاسـبات شاخص ها بطور معمول از داده های مرتبط با تمام مقالات استفاده می کنند. این در حالی است که پیشرفت علمی را می توان به انتشارات با استناد بالا نسبت داد. بنابراین، شاخص جدیدی به نام شـاخص پای برای ارزیابی مقایسه ای دانشمندان فعال در زمینه های علمی مشابه پیشنهاد شد [٢١]. این شاخص در سال ٢٠٠٩ توسط وینکلر (Vinkler) ارائه شد. تعداد مقالات نشریه در مجموعه منتخبی از مقالات با اسـتنادهای بالا (Pπ)، به صورت ریشـه دوم کل مقالات تعریف می شـود ($P\pi = \sqrt{Pt}$). شـاخص پای برابر است با صدمین استناد، C(Pπ) به بالاترین ریشه دوم (Pπ) کل مقالات نشریه (Pt) که بر حسب کاهش تعداد استنادها مرتّب شده اند:

$$\pi\text{-index} \quad 0.01\ C(P\pi)$$

جدول ١ مثالی اسـت که به خوبی نحوه محاسبه شاخص پای را برای یکی از دانشـمندان برجسـته در حوزه فیزیک (E. Witten) را نشان می دهد [٢٢].

جدول ١- پارامترهای مربوط به شاخص پای برای یکی از دانشمندان برجسته (E. Witten) در حوزه فیزیک

P_t	$\sqrt{P_t} = P_\pi$	C_t	$(C/P)_t$	$(C/P)_\pi$ $C(p_\pi)$	π-index
254	16	56884	224	1288/8	20621 206

P_t: تعداد کل مقالات

C_t: تعداد کل استنادها

$(C/P)_t = C_t/P_t$: نرخ یا سرعت استناد کل مقالات

$(C/P)_\pi = C(P_\pi)/P_\pi$: نرخ یا سرعت استناد مقالات در مجموعه منتخب

$\sqrt{P}$: تعداد مقالات در مجموعه منتخب

$C(P_\pi)$: تعداد استنادها به مقالات در مجموعه منتخب

$\pi\text{-index} = 0.01\ C(P_\pi)$

شاخص i١٠ (Index-i١٠): این شاخص بیانگر تعداد مقالات منتشر شـده از یک نویسـنده اسـت که به هر کدام از آن ها حداقل ١٠ بار استناد شده باشد. این شاخص در سال ٢٠١١ در پایگاه اطلاعاتی گوگل اسکولار ارائه شده و مورد استفاده قرار گرفت [٢٣].

شاخص های بومی و خاص

وجود برخی نواقص و محدودیت ها در شـاخص های ارائه شـده در بالا، موجب شـده تا بعضی از کشورهای پیشرفته، به منظور ارزیابی و سنجش علم، پژوهش و فناوری در کشور خود بر اساس شرایط خاص خود، سیاست های خاص و هدفمندی را اعمال کرده و شاخص های خاصی را تدوین نمایند. در ادامه به اختصار به برخی از این موارد اشاره می شود:

اجرای ارزشیابی پژوهشی انگلستان (Research Assessment Exercise, RAE):

این شاخص در سال های ١٩٨٦، ١٩٨٩، ١٩٩٢، ١٩٩٦ و ٢٠٠١ ،تقریباً هر ٤ سال یک بار، به عنوان معیاری برای ارزشیابی پژوهشی در انگلستان

مورد استفاده قرار می گرفت. آخرین داده ها در این مورد در سال ۲۰۰۸ منتشر شد. از مهمترین مؤلفه های ارزشیابی آن، انتشارات دانشگاه ها و بروندادهای پژوهشی استادان (به ویژه مقالات) دانشگاه ها است. در سال ۲۰۱٤، شاخص چهارچوب برتری پژوهشی (Research Excellence Framework, REF) جایگزین RAE شد.

چهارچوب برتری پژوهشی انگلستان (REF): پس از جایگزینی REF بجای RAE، از این شاخص برای ارزیابی تحقیقات انجام شده در سال های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۳ استفاده شد. نتایج این بررسی در سال ۲۰۱٤ منتشر شد. فعالیت های پژوهشی مورد بررسی، بر اساس معیارهای زیر رتبه بندی می شوند:

٤ ستاره: پژوهش های پیشرو در جهان (★★★★).

۳ ستاره: پژوهش هایی که در سطح بین المللی از نظر ابتکار و اهمیت در سطح بسیار عالی قرار دارند (★★★).

۲ ستاره: پژوهش هایی که در سطح بین المللی از نظر ابتکار و اهمیت به رسمیت شناخته می شوند (★★).

۱ ستاره: پژوهش هایی که در سطح ملی از نظر ابتکار و اهمیت به رسمیت شناخته می شوند (★).

بدون ستاره: پژوهش‌هایی که استانداردهای لازم، برای اینکه در سطح ملی به رسمیت شناخته شوند، را ندارند.

فاکتور کراون (Crown Factor) در هلند:

موسسه مطالعات علم و فناوری دانشگاه لیدن هلند از این شاخص برای ارزیابی بروندادهای موسسات پژوهشی، دانشگاه ها و پژوهشگران استفاده می کند. شاخص کراون پس از شمارش تعداد استنادها، آنها را در هر رشته و گروه تفکیک و پس از نرمال سازی بین گروه ها و مقایسه آن با میانگین های بدست آمده در جهان، نتایج دقیقتری به دست می‌دهد. در این شاخص، تعداد استنادها به مقالات یک حوزه موضوعی خاص، در یک دوره زمانی معین و در بین نوع خاصی از انتشارات مانند مقالات نشریات یا مقالات کنفرانس ها محاسبه و با میانگین استناد به همان نوع انتشارات در همان حوزه و در همان دوره زمانی مقایسه می گردد. فاکتور کراون به صورت شاخص CPP/FCSm (Citation Per Publication/mean Field Citation Score) نیز مشخص می شود:

$$CPP / FCm = \frac{\sum_{t=1}^{n} c_t / n}{\sum_{t=1}^{n} \theta_t / n} = \frac{\sum_{t=1}^{n} c_t}{\sum_{t=1}^{n} \theta_t}$$

در این رابطه، n تعداد مقالات منتشر شده، ci تعداد استنادها به مقاله i ام و ei تعداد استنادهای مورد انتظار به مقاله i ام می باشد [۲٤ و ۲۵]. به عبارت دیگر، ei برابر است با متوسط تعداد استنادهای تمام مقالات منتشر شده در همان زمینه و همان سالی که مقاله i ام منتشر می شود.

امتیاز Z استنادی (Citation Z Scores) در سوئد: بر مبنای شاخص کراون است و امکان ارزشیابی و مقایسه بر اساس دوره زمانی، موضوع و نوع مقالات در آن وجود دارد. از دقت بالایی نسبت به سایر شاخص‌ها برخوردار می باشد [۲٦].

ضرورت وجود شاخص های بومی برای سنجش علم کشور

ازآنجاکه محققان ایرانی در عرصه بین المللی در رشته های مختلف در حال فعالیت و رقابت هستند، بطور قطعی برای ارزیابی در سطح بین المللی، بایستی از شاخص های بین المللی مانند ضریب تأثیر، شاخص هیرش، شاخص جی و ... استفاده کرد. امر مسلم آن است که بدون درنظر گرفتن این شاخص‌ها، نمی توانیم جایگاه خود را در عرصه بین المللی بدانیم و برای ماندن در دور رقابت تلاش کنیم. اما با توجه به وجود برخی نواقص در بعضی از شاخص های کلی علم سنجی، بهتر است برای ارزیابی دقیق تر فعالیت های علمی کشورمان در سطح ملی، از شاخص های ملی و بومی استفاده شود. در این راستا توجه به منابع انسانی، منابع مالی و مدارک علمی ضروری به نظر می رسد.

نظام رتبه بندی لایدن

در اینجا قصد داریم یکی از نظام های رتبه بندی که کمتر به آن پرداخته شده را معرفی نماییم. رتبه بندی لایدن هلند (Centrum voor Wetenschap en Technologie Studies, CWTS) برگرفته از نتایج تحقیقاتی است که پژوهشگران دانشگاه لایدن هلند در ارتباط با رتبه بندی های دانشگاه های مختلف دنیا انجام می دهند. این رتبه بندی هر ساله منتشر شده و یکی از معتبرترین رتبه بندی‌های حال حاضر در خصوص رتبه بندی دانشگاه های مختلف دنیا است. مرکز مطالعات دانشگاه علم و فناوری لایدن، فعالیت خود را از سال ۲۰۰۷ در زمینه ارزیابی عملکرد علمی دانشگاه‌های جهان آغاز نموده است و بر اساس نشریات نمایه شده در وبگاه علم موسسه تامسون رویترز (حوزه علوم، علوم اجتماعی، علوم انسانی و هنر) فعالیت می‌کند. این موسسه اطلاعات مورد نیاز خود را از موسسه تامسون رویترز دریافت کرده و نام ۷۵۰ دانشگاه برتر دنیا را که دارای بیشترین خروجی انتشارات علمی در وبگاه علم هستند، اعلام می نماید. تفاوت حائز اهمیت این سیستم رتبه بندی با سیستم های دیگر این است که توجه بیشتری به جنبه های تاثیر علمی و همکاری ها دارد. شاخص‌های اصلی این نظام رتبه بندی به دو دسته کلی شاخص‌های تاثیر و همکاری‌های علمی تقسیم می‌شوند:

شاخص های تاثیر (Impact Indicators):

رتبه بندی لایدن شاخص های زیر را برای تاثیر علمی یک دانشگاه

ارائه می دهد:

- P(top 1%) و PP(top 1%):

تعداد و نسبت انتشارات یک دانشگاه در مقایسه با انتشارات دیگر در همان رشته و در همان سال که جز ۱٪ انتشاراتی که بیشترین ارجاعات را گرفته‌اند، باشند.

- P(top 10%) و PP(top 10%):

تعداد و نسبت انتشارات یک دانشگاه در مقایسه با انتشارات دیگر در همان رشته و در همان سال که جز ۱۰٪ انتشاراتی که بیشترین ارجاعات را گرفته اند، باشند.

- P(top 50%) و PP(top 50%):

تعداد و نسبت انتشارات یک دانشگاه در مقایسه با انتشارات دیگر در همان رشته و در همان سال که جز ۵۰٪ انتشاراتی که بیشترین ارجاعات را گرفته اند، باشند.

- میانگین امتیاز استناد (Mean Citation Score, MCS) یا کل امتیاز استناد (Total Citation Score, TCS): متوسط و کل تعداد استنادها به انتشارات یک دانشگاه.

- میانگین نرمالیزه امتیاز استناد (Mean Normalized Citation Score, MNCS) یا کل نرمالیزه امتیاز استناد (Total Normalized Citation Score, TNCS): متوسط و کل تعداد استنادها به انتشارات یک دانشگاه که بر اساس رشته و سال انتشار نرمالیزه شده است.

شاخص های همکاری (Collaboration Indicators): رتبه بندی لایدن شاخص های همکاری عملی زیر را برای رتبه بندی دانشگاه ها استفاده می کند:

- P(collab) و PP(collab): تعداد و نسبت انتشارات یک دانشگاه که با همکاری یک یا چند سازمان یا دانشگاه دیگر نوشته شده اند.

- P(int collab) و PP(int collab): تعداد و نسبت انتشارات یک دانشگاه که با همکاری یک یا چند کشور دیگر نوشته شده اند.

- P(industry) و PP(industry): تعداد و نسبت انتشارات یک دانشگاه که با همکاری یک یا چند بخش صنعتی نوشته شده اند.

- P(<۱۰۰ km) و PP(<۱۰۰km): تعداد و نسبت انتشارات یک دانشگاه که با همکاری در فاصله جغرافیایی کمتر از ۱۰۰ کیلومتر نوشته شده اند. فاصله جغرافیایی همکاری (Geographical collaboration distance) یک مقاله برابر است با بیشترین فاصله جغرافیایی بین دو آدرس ذکر شده در فهرست آدرس های مقاله.

- P(<۵۰۰۰ km) و PP(<۵۰۰۰km): تعداد و نسبت انتشارات دانشگاه با همکاری در فاصله جغرافیایی بیشتر از ۵۰۰۰ کیلومتر.

علاوه بر دسته بندی فوق، دسته بندی دیگری در نظام لایدن وجود دارد، که بر اساس آن به جز شاخص خروجی یا تعداد انتشارات (P)، تمامی شاخص های موجود در طبقه بندی لایدن؛ بر دو نوع تقسیم بندی می‌شوند: وابسته به اندازه و مستقل از اندازه. شاخص های وابسته به اندازه از طریق شمارش تعداد خالص انتشارات یک دانشگاه که ویژگی خاصی دارد، بدست می آیند؛ در مقابل، شاخص های مستقل از اندازه از طریق محاسبه نسبت انتشارات یک دانشگاه با ویژگی خاص، بدست می آیند.

برای انجام رتبه بندی در هر سال، اطلاعات مرتبط با هر دانشگاه در یک دوره چهار ساله تحلیل شده که این دوره چهار ساله به دو سال قبل از تاریخ رتبه بندی باز می گردد. برای مثال، برای رتبه بندی سال ۲۰۱۵ اطلاعات مدارک منتشر شده در برترین نشریات بین المللی برای سال های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳ مورد بررسی قرار گرفته اند. به طور کلی و در اغلب موارد، لایدن در ۵ حوزه علمی (علوم سلامت و پزشکی، علوم زیستی و علوم زمین، علوم ریاضیات و کامپیوتر، علوم فیزیک و مهندسی، علوم انسانی و اجتماعی) رتبه بندی را انجام می دهد.

نتیجه‌گیری

اهمیت علم سنجی و ارزیابی فعالیت های علمی در دنیای امروز ما را بر آن داشت تا به بررسی شاخص-های مرسوم، جدید و بومی علم سنجی بپردازیم. پس از معرفی ضریب تأثیر توسط گارفیلد، بسیاری معتقد بودند که ضریب تأثیر نمی تواند تأثیر واقعی نشریات را نشان دهد؛ چرا که برخی از نشریات کم حجم تر بوده و تعداد مقالات کمتری را در طول سال منتشر می کنند. درباره ابعاد مثبت و منفی ضریب تأثیر نشریات و روش محاسبه آن نقدهای بسیاری صورت گرفته است. اما همان طور که گارفیلد می گوید "ضریب تأثیر ابزار کاملی برای سنجش کیفیت یک مقاله نیست، ولی در حال حاضر، مورد بهتری وجود ندارد و مهمتر اینکه این ابزار هم اکنون در دست ماست". نواقص و محدودیت های شاخص های مرسوم به خصوص ضریب تاثیر منجر به ارائه و معرفی شاخص های جدید علم سنجی مانند شاخص های H, G, Y و ارزش متیو و... گردید. نکته حائز اهمیت در این است که این شاخص‌ها بیشتر از لحاظ کیفی به ارزیابی مقالات و نشریات علمی می پردازند. برای ارزیابی دقیق تر فعالیت های علمی در هر کشور و بخصوص کشورمان، بهتر است با توجه شرایط آموزشی و پژوهشی حاکم بر آن، از شاخص‌های بومی برای آن کشور استفاده شود. در این راستا توجه به منابع انسانی، منابع مالی و مدارک علمی ضروری به نظر می رسد. در برخی از کشورهای اروپایی، شاخص های بومی مانند اجرای ارزشیابی پژوهشی انگلستان، چهارچوب برتری پژوهشی انگلستان، فاکتور کراون در هلند و امتیاز Z استنادی در سوئد ارائه و مورد استفاده قرار می‌گیرد.

وب سایت های بازدید شده در این مقاله:

(1) http://www.rae.ac.uk/

(2) http://www.ref.ac.uk/

(3)http://www.leidenranking.com/methodology/indicators

منابع و مأخذ

[۱]. نوروزی چاکلی، عبدالرضا (۱۳۹۰). "آشنایی با علم سنجی (مبانی، مفاهیم، روابط و ریشـــه‌ها)". تهران:سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه ها (سمت)، مرکز تحقیق و توسعه علوم انسانی، دانشگاه شاهد، مرکز چاپ و انتشارات.

[۲]. امین‌پور، فرزانه (۱۳۸٦). "مقدمه‌ای بر علم‌سنجی". اصفهان: دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی و درمانی اصفهان.

[۳]. عصاره، فریده (۱۳۷۷). "تحلیل اســـتنادی". فصلنامه کتاب، شماره ۳٦-۳۵، ص ٤۸-۳٤.

[٤]. عبدالمجیـــد، امیر حســـین (۱۳۸٦). "تحلیل اســـتنادی: تعاریف و کاربردها". فصلنامه علوم و فناوری اطلاعات، دوره ۲۲، شماره ۳، ص ۸۸-۷۳.

[5]. Garfield, E. (1955)."Citation Indexes for Science; a New Dimension in Documentation", Science, Vol. 122, No. 3159. PP. 105-111.

[6]. Garfield, E. (2005)."The Agony and the Ecstasy: the History and Managing of the Journal Impact Factor", International Congress on Peer Review and Biomedical Publication Chicago: Sept. 16.

[۷]. صبوری، علی اکبر (۱۳۸۲). "کاربرد فاکتور تأثیر نشـــریه در درجه بندی نشریات ISI". فصلنامه رهیافت، شماره ۳۰، ص ۷۸-۷۲.

[8]. Garfield, E. (1998). "Long-Term vs. Short-Term Journal Impact: Dose It Matter?", The Scientist, Vol. 12, No. 3.

[9]. Hirst, G. (1978). "Discipline impact factors: A method for determining core journal lists" , Journal of the American Society for Information Science", Vol. 29, Issue 4, PP. 171–172.

[۱۰]. تیمورخانی، افســـانه (۱۳۸۱). "تحلیل استنادی مقالات تألیفی". فصلنامه کتاب، مطالعات ملی کتابداری و سازمان اطلاعات، شماره ۵۱، ص ۳۲-٤۰.

[۱۱] داورپنـــاه، محمدرضا (۱۳۸٦). "چالش‌های علم ســـنجی درعلوم انسانی". فصلنامه مطالعات تربیتی و روانشناسی، شماره ۲، ص ۱۲۵-۱٤٦.

[۱۲]. عمرانی، سید ابراهیم (۱۳۸٦). "شاخص های جدید علم سنجی و مقایسه پایگاه های وبگاه علوم". اسکوپوس و گوگل اسکولار، فصلنامه رهیافت، شماره ۳۹، ص ٤۷-۵۵.

[13]. 2013 Journal Citation Reports® Science Edition (Thomson Reuters, 2013).

[14]. 2003 Journal Citation Reports® Science Edition (Thomson Reuters, 2003).

[15].Hirsch, J.E. (2005)."An Index to Quantify an Individuals Scientific Output", Proceedings of the National Academy of Science of the U.S.A. Vol. 102, No. 46, PP 16569-16572.

[16].Egghe, L. (2006). "How to improve the h-index." The Scientist, Vol. 20, No. 3, PP. 315-321.

[17].Egghe, L. (2006). "Theory and practice of the g-index", Scientometrics, Vol. 69, No. 1, PP. 131-152.

[18]. Yuh-Shan Ho. (2012). "Top-cited Articles in Chemical Engineering in Science Citation Index Expanded: A Bibliometric Analysis", Chinese Journal of Chemical Engineering, Vol. 20, No. 3, PP. 478-488.

[19]. Hui-Zhen Fu, Yuh-Shan Ho. (2014)."Top cited articles in adsorption research using Y-index", Research Evaluation, Vol. 23, PP. 12–20.

[20]. Mooij, H. (2006). "Bibliomerics as a Means to Measure Research Performance." IFLA's General Conference and Council, Seoul (South Korea), 25 Aug.

[21]. Vinkler, P. (2009). "The π-index: a new indicator for assessing scientific impact", Journal of Information Science, Vol. 35, No. 5, PP. 602–612.

[22]. Vinkler, P. (2010). "The Evaluation of Research by Scientometric Indicators", Chandos publishing, Oxford, UK.

[23]. Google Scholar Blog."Google Scholar Citations Open To All", Google, 16 November 2011, retrieved 24 November 2011.

[24] .Waltman. L. (2011). "Towards a new crown indicator: an empirical analysis", Scientometrics, Vol. 87, Pages 467–481.

[25] Van, R. (2005). "Comparison of the Hirsch-Index with Standard Bibliometric Indicators and with Peer Judgment for 147 Chemistry Research Groups." Stockholm: Centre for Science and Technology Studies. Liden University (CWTS), Nov. 29.

[26]. Lundberg, J. (2006). "Bibliometrics as a Research Assessment Tool: Impact Beyond the Impact Factor." Thesis for Doctoral Degree (Ph.D.). Medical Management Centre. Dept. of Learning, Informatics, Management and Ethics. Karolinska Institute, Stockholm (Sweden).