

علم‌سنجی: مروری بر مفاهیم، کاربردها و شاخص‌ها

کامران یزدانی^۱، سحرناز نجات^۲، آفرین رحیمی موقر^۳، لیلا قالیچی^۴، ملاحظ خلیلی^۵

^۱ استادیار گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ایران

^۲ دانشیار گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، مرکز بهره‌برداری از دانش سلامت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ایران

^۳ دانشیار روانپزشکی، مرکز ملی مطالعات اعتیاد، پژوهشکده کاهش رفتارهای پرخطر، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ایران

^۴ استادیار مرکز ملی مطالعات اعتیاد، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ایران

^۵ کارشناس ارشد اپیدمیولوژی، گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ایران

نویسنده رابط: ملاحظ خلیلی، نشانی: تهران خیابان قدس، خیابان پورسینا، دانشگاه علوم پزشکی تهران، دانشکده بهداشت، گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، تماس: ۰۱۳۳۳۵۳۵۱۱۶

پست الکترونیک: m.khalili@razi.tums.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۱۳؛ پذیرش: ۹۳/۵/۴

مقدمه و اهداف: در عصر حاضر به دلیل رشد روزافزون دانش و افزایش رقابت در آن، ارزیابی محصولات علمی با استفاده از روش‌های علم‌سنجی، تبدیل به موضوعی بسیار مهم و ضروری شده است. علم‌سنجی به تعبیری ساده، دانش اندازه‌گیری علم است. شاخص‌های علم‌سنجی سه دسته هستند: معیارهای بهره‌وری که بهره‌وری پژوهشگر یا گروه پژوهشی را اندازه‌گیری می‌کند، معیارهای تأثیر که کیفیت (یا عملکرد) مجلات، پژوهشگران یا گروه پژوهشی را می‌سنجد و معیارهای ترکیبی که هدف این دسته از شاخص‌ها خلاصه کردن هر دو معیار بهره‌وری و تأثیر در یک عدد است. مطالعه‌های علم‌سنجی با ارزیابی اولویت‌ها، چشم‌اندازها و ظرفیت‌ها، به سیاست‌گذاران و مدیران دانشگاه‌ها و رؤسای مراکز پژوهشی در تخصیص بودجه، توازن بودجه با هزینه، انتصابات، ارتقای پژوهشگران و مؤسسات کمک نموده و منجر به شناخت بهتر نقاط قوت و ضعف مجموعه‌های تحت پوشش‌شان می‌شود. ضمن این‌که این دانش نوین می‌تواند کمک به ارزیابی و رتبه‌بندی اصولی دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی نماید. از این رو این مقاله، مروری بر مفاهیم علم‌سنجی و کاربردهای آن دارد و به بررسی شاخص‌های علم‌سنجی می‌پردازد.

واژگان کلیدی: علم‌سنجی، شاخص‌های علم‌سنجی، کاربردهای علم‌سنجی

مقدمه

در سال ۱۹۶۹، نالیمف^۲ و مولچنکو^۳ واژه Naukometriya که معادل روسی اصطلاح علم‌سنجی است را ابداع کردند، که به‌طور عمده برای مطالعه مقالات علمی و تکنولوژی استفاده می‌شد. با تأسیس مجله Scientometrics در سال ۱۹۷۸ میلادی در مجارستان توسط تیبور براون^۴، این اصطلاح به‌طور گسترده معرفی شد (۳).

در طی این سال‌ها، تعاریف مختلفی برای علم‌سنجی ارائه شده است. تاگوئه سوتلیف^۵ در سال ۱۹۹۲ میلادی، علم‌سنجی را مطالعه جنبه‌های کمی علم، به عنوان رشته‌های علمی یا فعالیت‌های اقتصادی، تعریف کرده است. وی اعتقاد دارد علم‌سنجی بخشی از جامعه‌شناسی علم^۶ است و در سیاست‌گذاری

ارزیابی محصولات علمی دانشگاه‌ها، گروه‌ها و سازمان‌های پژوهشی موضوع جدیدی نیست و با پیشرفت دانش و تولید روز افزون علم و افزایش رقابت در این زمینه، تبدیل به یکی از موضوع‌های چالش برانگیز و ضرورتی انکارناپذیر شده است (۱). یکی از رایج‌ترین راه‌ها برای ارزیابی محصولات علمی، استفاده از روش‌های علم‌سنجی^۱ است. علم‌سنجی به تعبیری ساده عبارت است از دانش اندازه‌گیری علم که همه روش‌ها و مدل‌های کمی مرتبط با تولید و انتشار دانش و فن‌آوری را شامل می‌شود. علم‌سنجی ارزیابی کمی و مقایسه‌ای در رابطه با پیشرفت دانش بر روی پژوهشگران، گروه‌ها، مؤسسات و کشورها انجام می‌دهد (۱) و با آنالیز جنبه‌های کمی تولیدات علمی و کاربرد این اطلاعات، کمک به درک درستی از ساخت‌کارهای پژوهش‌های علمی می‌کند (۲).

^۲ Nalimov

^۳ Mulchenko

^۴ Tibor Braun

^۵ Tague-Sutcliffe

^۶ Sociology of science

^۱ Scientometrics

اسکولار^۷ نیز به وجود آمدند و اطلاعات جامعی در مورد تعداد مقالات منتشر شده و استنادات به مقالات را ایجاد کردند. بخش عمده شاخص‌های علم‌سنجی، برای بررسی کمیت تولیدات علمی مانند تعداد کل مقالات، تعداد مقالات منتشر شده در یک بازه زمانی، توسعه یافت. برای بررسی تأثیر محصولات علمی منتشر شده نیز تعداد کل استنادات، نسبت استنادات به مقالات و مقالات پراستناد، مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۳). نتیجه‌ی این آنالیزها می‌توانند سیر تحول محصولات علمی را در دوره‌ی طولانی از زمان نشان دهند. هم‌چنین می‌تواند مقایسه‌های کمی در زیرگروه‌ها یا با گروه‌های مختلف در هر جایی از جهان را انجام دهند (۶).

از طرفی، تأسیس پایگاه‌های اطلاعاتی سبب توسعه شاخص‌های جدید و قوی‌تر علم‌سنجی شد (۱۳). یکی از جدیدترین و قوی‌ترین این شاخص‌ها *h index* است. تعداد استنادات و تعداد مقالات در برگیرنده اطلاعات مفیدی هستند. این اطلاعات تعداد مقالات (N_p) منتشر شده در n سال و تعداد استنادات (N_i) به هر مقاله (i) در مجله‌ای که مقاله در آن منتشر شده بود؛ را در بر می‌گیرند. این حجم زیاد اطلاعات با معیارهای مختلف، توسط افراد مختلف مورد ارزیابی قرار می‌گرفت. هیرش^۸ در سال ۲۰۰۵ میلادی، *h-index* را به عنوان روشی ساده و مفید برای توصیف برون‌داد علمی پژوهشگران پیشنهاد داد (۱۴).

این شاخص، توجه ویژه‌ای به خود جلب کرد و نویسندگان بسیاری نیز تلاش برای توسعه این شاخص و برطرف کردن ضعف‌های اصلی آن کردند (۱۳). شاخص‌های مهمی مثل *g index*، *A index*، *R index*، *hg index* از جمله شاخص‌هایی هستند که در راستای برطرف کردن ضعف‌های شاخص *h* معرفی شدند.

هم‌گام با روند رو به رشد تولیدات علمی در حوزه علوم پزشکی، سنجش و ارزیابی تولیدات علمی دانشگاه‌های علوم پزشکی و مراکز پژوهشی وابسته با استفاده از شاخص‌های معتبر علم‌سنجی ضروری به نظر می‌رسد. در ایران، ارزیابی فعالیت‌های پژوهشی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی علوم پزشکی از سال ۱۳۷۹ به طور سالیانه زیر نظر معاونت تحقیقات و فناوری وزارت بهداشت صورت گرفته است. تولید دانش که بخش عمده آن انتشار مقالات است؛

کاربرد دارد. ضمن این‌که با کتاب‌سنجی تا حدی هم‌پوشانی دارد (۳). ون ران^۱ در سال ۱۹۹۷ میلادی، پژوهش‌های علم‌سنجی را مطالعات کمی در علم و تکنولوژی عنوان نمود (۴). در سال ۲۰۰۱ میلادی، ویلسون^۲ عنوان کرد که علم‌سنجی همه جنبه‌های کمی علم و ارتباطات در علم را در بر می‌گیرد (۳).

استفاده از شاخص‌های علم‌سنجی برای ارزیابی پژوهش، در دهه‌ی ۶۰ و ۷۰ قرن بیستم، ابتدا در آمریکا و سپس در کشورهای مختلف اروپایی شروع به پیدایش کرد (۵). در سال ۱۹۶۱ میلادی، یوجین گارفیلد^۳ شاخص استناد علمی (SCI)^۴ را بنا نهاد (۲ و ۵-۶). این شاخص، نقطه عطفی برای پژوهشگران و مدیران در سراسر جهان بود، چون این شاخص در مطالعه‌هایی که در حیطه‌ی توسعه علم صورت می‌گیرد، به عنوان ابزاری برای ارزیابی کمی فعالیت‌های پژوهشی پذیرفته شد (۲).

با گذشت زمان علم‌سنجی به عنوان ابزاری مهم برای ارزیابی فعالیت‌های پژوهشی و برون‌دادهای علمی جایگاه مطلوبی کسب کرده است (۷) و در حال تبدیل شدن به ابزاری قدرتمند در سیاست علم^۵ می‌باشد (۸).

امروزه علم‌سنجی در توصیف، تبیین و پیش‌بینی وضعیت علمی پژوهشگران، گروه‌های آموزشی و پژوهشی، دانشگاه‌ها، سازمان‌ها و کشورها در عرصه‌های گوناگون ملی، بین‌المللی کاربردهای فراوان یافته است. هم‌چنین برای ارزیابی و رتبه‌بندی سازمان‌های پژوهشی و دانشگاه‌ها نیز شاخص‌های علم‌سنجی مورد استفاده قرار می‌گیرند (۹-۱۱) علاوه بر این علم‌سنجی از طریق ارزیابی اولویت‌ها، چشم‌اندازها و ظرفیت‌ها، در تخصیص بودجه، توازن بودجه با هزینه و ارتقای مؤسسات دارای نقش مهمی است (۸). هم‌چنین این مطالعه‌ها شواهد مهمی از نتایج و اثرات برنامه‌های پژوهشی برای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان فراهم می‌آورند (۶، ۱۲).

در این راستا برای انجام مطالعه‌های علم‌سنجی مقیاس‌ها و تکنیک‌های زیادی ارایه شد (۶، ۱۳). ضمن این‌که پایگاه‌های اطلاعاتی علمی مانند ISI Web of Science، اسکوپوس^۶ و گوگل

^۱ Van Raan^۲ Wilson^۳ Eugen Garfield^۴ Science Citation Index; SCI^۵ Science Policy^۶ Scopus^۷ Google scholar^۸ Hirsch

● **معیارهای بهره‌وری^۲**: که بهره‌وری پژوهشگر و/یا گروه پژوهشی را اندازه‌گیری می‌کند، شامل تعداد مقالات، تعداد مقاله نسبت به سابقه پژوهشی، نسبت تعداد مقاله به تعداد پژوهشگر، تعداد انتشارات در مجلات برتر و سایر شاخص‌هایی که در این دسته قرار می‌گیرند.

● **معیارهای تأثیر^۳**: این معیارها کیفیت (عملکرد) مجلات، پژوهشگران یا گروه پژوهشی را می‌سنجد، شامل تعداد استنادات، نسبت تعداد استنادات به تعداد سال‌هایی که از انتشار مقاله می‌گذرد، نسبت تعداد استنادات به تعداد مقالات می‌باشد.

● **معیارهای ترکیبی^۴**: هدف این شاخص‌ها خلاصه کردن هر دو معیار بهره‌وری و تأثیر در یک عدد است که می‌توان به نسبت استنادات به مقالات، h index، h quotient، m index، g index و شاخص h فردی^۵ اشاره کرد (۱۹،۲۰).

شاخص‌های پرکاربرد در حیطه علم‌سنجی

۱. **تعداد مقالات (N_p) و تعداد استنادات ($N_{c,tot}$):** انتشار مقالات در مجلات علمی، ویژگی اصلی کار علمی محسوب می‌شود و شمارش این انتشارات، برای تعیین حجم برون‌دادهای پژوهشی، شاخص بسیار مفیدی است (۶). این شاخص بهره‌وری^۶ پژوهشگر یا گروه‌های پژوهشی را می‌سنجد (۲۰، ۱۴) و به طور گسترده در ارزشیابی‌ها استفاده می‌شود، اما شمار مقالات در مورد کیفیت برون‌دادهای اطلاعاتی نمی‌دهد (۶)، و اهمیت یا تأثیر مقالات را مورد سنجش قرار نمی‌دهد (۱۴).

در حالی که شمارش تعداد انتشارات، برون‌داد را اندازه‌گیری می‌کند، شمارش استنادات یک گام فراتر رفته و برای سنجش تأثیر مقالات، مجلات، پژوهشگران در مجامع علمی استفاده می‌شود (۶، ۲۱). تعداد بیشتر استنادها، نشان‌گر برجسته‌تر بودن مقاله است (۲۰)، اما از آن‌جا که ممکن است تعدادی از مقالات، استنادات بیشتری دریافت کنند، منجر به بزرگ شدن تعداد کل استنادات می‌شوند، ضمن این‌که یافتن تعداد کل استنادات دشوار است (۱۴).

۲. **نسبت استنادات به مقالات (نسبت $N_{c,tot}$ به N_p):** این شاخص امکان مقایسه سازمان‌ها و پژوهشگران با سوابق پژوهشی مختلف را فراهم می‌کند، اما از آن‌جایی که یافتن کل استنادات

از مهم‌ترین محورهای این ارزیابی محسوب می‌شود (۱۵). براساس اهداف این ارزشیابی، محصولات علمی تنها با شاخص‌های تعداد مقالات و تعداد استنادات مورد بررسی قرار می‌گیرند و شاخص‌های نوین و مهم علم‌سنجی برای ارزیابی و رتبه‌بندی آن‌ها مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

از طرفی در کشورمان عمده مطالعه‌های علم‌سنجی صورت گرفته در حوزه علوم پزشکی، به بررسی تولیدات علمی و روند رشد آن در دانشگاه‌ها، گروه‌های علمی و پژوهشی و هم‌چنین مجلات حوزه علوم پزشکی پرداخته‌اند که در آن‌ها به‌طور عمده از شاخص‌های کمی و کیفی علم‌سنجی هم‌چون تعداد مقالات، روند رشد مقالات، تعداد استنادات، خوداستنادی، تعداد نویسندگان برتر، تعداد مقالات منتشر شده در مجلات برتر استفاده شده است. در پاره‌ای از موارد نیز h index مورد استفاده قرار گرفت. شاخص‌های علم‌سنجی نوینی که در راستای h index ارایه شده است، در مطالعه‌های صورت گرفته شده در ایران مورد استفاده قرار نگرفته است (۱۸-۱۶).

از این رو، هدف از این مقاله مروری، معرفی علم‌سنجی و کاربردهای آن است. ضمن این‌که تعدادی از شاخص‌های پرکاربردی که در این زمینه وجود دارد؛ نیز معرفی می‌شود تا سیاست‌گذاران، مدیران و پژوهشگران در حیطه علوم پزشکی با اهمیت، کاربردهای علم‌سنجی و هم‌چنین شاخص‌های نوین و کارآمد این علم آشنا شده و در ارزیابی‌ها و مطالعات خود روی محصولات علمی دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی و پژوهشگران و هم‌چنین رتبه‌بندی آن‌ها ترکیبی از شاخص‌ها علم‌سنجی استفاده نمایند.

با توجه به این‌که در سال‌های اخیر، شاخص‌های علم‌سنجی متعددی معرفی شده است، جستجوی علمی گسترده‌ای روی این شاخص‌های نوین و کاربرد آن‌ها در پایگاه‌های اطلاعاتی گوگل اسکولار، اسکوپوس و ISI Web of Science صورت گرفت که به معرفی تعدادی از شاخص‌های مهم علم‌سنجی خواهیم پرداخت.

دسته‌بندی شاخص‌های علم‌سنجی

شاخص‌های علم‌سنجی به شکل‌های مختلف دسته‌بندی شدند، یکی از این دسته‌بندی‌ها توسط فرانچسچت^۱ در سال ۲۰۰۹ میلادی ارایه شد. وی معیارهای علم‌سنجی مورد استفاده برای بررسی عملکرد علمی پژوهشگران و مؤسسات را به شرح زیر طبقه‌بندی کرد (۱۹):

^۲ Productivity Metrics

^۳ Impact Metrics

^۴ Hybrid Metrics

^۵ Individual H-Index

^۶ Productivity

^۱ Franceschet

از دیگر ضعف‌های آن می‌توان به از دست دادن اطلاعات و دقت پایین آن اشاره نمود که اولی مربوط به این است که علاوه بر h^2 استاندارد برای مقالات در هسته h ^۲، استنادهای اضافی در نظر گرفته نمی‌شوند. از این رو معمول است که گروهی از پژوهشگران امتیاز h مشابه داشته باشند (۲۷)، ضمن این‌که این شاخص به طور کامل وابسته به کل تعداد مقالات (N_p) نیست، چون می‌تواند به وسیله کل تعداد استنادات و مقالات پراستناد، تقویت شود (۲۸). ضمن این‌که مقادیر h index نسبت به حیطه‌ی پژوهشی بسیار حساس است (۲۹).

۵. **g-index**: در سال ۲۰۰۶ میلادی، اگه^۳، g index را برای بهبود شاخص h هیرش، برای سنجش استنادهای مجموعه‌ای از مقالات معرفی کرد و این‌گونه تعریف نمود «شاخص g یک محقق عبارت است از g تعداد از مقالات وی که مجموع استنادات به مقالات کوچکتر مساوی g ، تقریباً مساوی g^2 باشد» (۲۵) g index مانند h index، تنها مقالات با حداقل کیفیت را می‌شمرد. g index بالاتر به معنای مقالات بهتر است. برخلاف h index، g index با افزایش تعداد استنادات بیش از حد آستانه، افزایش می‌یابد (۲۶).

چگونگی محاسبه شاخص g بدین صورت است که ابتدا تمام مقالات را با توجه به تعداد استنادات نزولی مرتب کرده و سپس استنادات را با هم جمع کرده تا جایی که مقاله g ام، g^2 استناد داشته باشد. در این شاخص بر خلاف شاخص h ، به مقالاتی که بیشتر مورد استناد قرار می‌گیرند وزن بیشتری داده می‌شود. شاخص g ، مانند شاخص h ، شاخص ساده‌ای است، که از دو جزء مقالات و استنادات تشکیل شده است (۲۵). g -index نه تنها مقالات بالاتر از آستانه کیفیت را مورد شمارش قرار می‌دهد، بلکه به مقالات با کیفیت‌تر وزن بیشتری می‌دهد (۲۶). ضعف اصلی این شاخص این است که می‌تواند تحت تأثیر مقالات بسیار موفق و پر استناد قرار گیرد (۳۰).

۶. **hg-index**: این شاخص توسط آلونسو^۴ و همکاران معرفی شد که شاخصی تلفیقی براساس هر دو شاخص h و g است، که باعث می‌شود مزایای این دو شاخص را بالا برده و معایب‌شان را به حداقل برساند. شاخص hg براساس میانگین هندسی شاخص‌های h و g محاسبه می‌شود:

دشوار است، محاسبه این شاخص نیز دشوار می‌شود. ضمن این‌که سبب تعدیل بهره‌وری پایین و بالا می‌شود (۱۴).

۳. **ضریب تأثیر**^۱: این شاخص نخستین بار به وسیله دکتر یوجین گارفیلد در دهه ۱۹۶۰ میلادی به مؤسسه اطلاعات علمی (ISI) آمریکا ارایه شد. شاخصی کمی است که برای ارزیابی، مقایسه و رتبه‌بندی نشریات علمی در رشته‌های مختلف در سطح ملی یا بین‌المللی، به کار گرفته می‌شود. این شاخص نشان‌دهنده فراوانی استنادهایی است که در طول یک دوره زمانی مشخص به مقالات چاپ شده در یک نشریه داده می‌شود، که از تقسیم تعداد استنادات در سال جاری بر مقالات منتشر شده در همان مجله در طی ۲ سال اخیر، محاسبه می‌شود (۲۲). ضریب تأثیر منعکس‌کننده وضعیت مجلات است، فرض این نکته که تمامی مقالات موجود در یک مجله از کیفیت مشابهی برخوردار هستند؛ بسیار اشتباه است. ضمن این‌که خود استنادی از سوی نویسندگان مقاله‌ها و سردبیران مجله، بر افزایش ضریب تأثیر مجله مؤثر است (۲۳).

۴. **h-index**: این شاخص برای ارزیابی کیفیت و نفوذ تولیدهای علمی یک محقق ایجاد شده است. از زمانی که این شاخص معرفی شد، مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته است (۲۴). عدد h از ترکیب داده‌های انتشارات و استنادات ایجاد شد (۲۵) و این‌گونه تعریف می‌شود: «در صورتی شاخص دانشمندی h است که h تا از N_p مقاله‌اش حداقل h استناد داشته باشد و بقیه مقالات ($h - N_p$) هر یک $h \leq$ استناد داشته باشند» (۱۴).

این شاخص، مزیت‌های فراوانی از جمله ترکیبی بودن، سادگی محاسبه، دریافت سریع معنی آن را دارد (۲۴). هیرش می‌گوید که دو فردی که h index مشابه دارند، حتی اگر کل تعداد استنادات و کل تعداد مقالات آن‌ها متفاوت باشد، تأثیر علمی کلی آن‌ها مشابه است. برای هر فرد، انتظار می‌رود که عدد h ، به طور خطی افزایش یابد (۱۴). محاسبه این شاخص برای سازمان‌های پژوهشی نیز پیشنهاد شده است (۲۶).

از معایب h index، می‌توان به حساس نبودن آن نسبت به مقالاتی که مورد استناد قرار نگرفته‌اند یا تعداد استنادات آن‌ها کم است، هم‌چنین زمانی که یک یا چندین مقاله پر استناد می‌باشد، اشاره نمود. حتی اگر تعداد استنادهای مقاله‌ای ۲-۳ برابر یا حتی بیشتر شود، متعاقب آن h -index تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد (۲۵). در واقع h -index، از استنادهای بیش‌تر از h چشم‌پوشی می‌کند (۲۶).

^۱ h-core
^۲ Egghe
^۴ Alonso

^۱ Impact Factor

$$AR = \left| \sum_{j=1}^h \frac{c_{it_j}}{a_j} \right|$$

جین پیشنهاد کرد که h-index به همراه R index و AR index شاخص‌های بسیار مفیدی برای ارزیابی عملکرد علمی پژوهشگران هستند. ضمن این که دو شاخص R و AR نیز هم‌چون g index تحت تأثیر مقالات پراستناد قرار می‌گیرند (۳۱).

۹. e-index: ژانگ^۲ در سال ۲۰۰۹ میلادی عنوان کرد که برای ارزیابی عملکرد علمی پژوهشگران، با استفاده از استنادات پایگاه‌های اطلاعاتی بزرگ، از شاخص h استفاده می‌شود، اگرچه این شاخص مؤثر و ساده است، اما برای مقایسه محصولات علمی پژوهشگران مختلف با یکدیگر محدودیت‌ها و ضعف‌هایی دارد. از ضعف‌های آن می‌توان به از دست دادن اطلاعات و دقت پایین آن اشاره نمود، که اولی مربوط به این است که علاوه بر h² استناد برای مقالات در h-core، استنادات اضافی در نظر گرفته نمی‌شوند. ضمن این که گفته می‌شود h-index رزولوشن پایینی دارد، چون مقادیر h-index، اعداد طبیعی است که نسبت به اعداد حقیقی قدرت پایین‌تری دارد، هم‌چنین مقادیر این شاخص طیف باریکی دارد، به عنوان مثال در تمام رشته‌ها افرادی با h-index بالای ۱۰۰ نادر هستند و از این رو تشابه h-index بین نویسندگان کاملاً متداول است (۲۷).

برای رفع این دو ضعف h-index، ژانگ در سال ۲۰۰۹ میلادی، e-index را معرفی نمود، که می‌تواند شاخص‌های مازاد را دربرگیرد و مکمل h-index باشد. به‌طوری که e² علاوه بر h² استناد برای مقالات هسته h، نماینده استنادات مازاد^۴ نیز می‌باشد. برای ارزیابی پژوهشگرانی که به‌طور بالایی استناد یافته‌اند و/یا برای مقایسه دقیق محصولات علمی گروهی از پژوهشگران که شاخص h یکسانی دارند، شاخص e، مکملی برای شاخص h است (۲۷).

e-index این‌گونه تعریف می‌شود: استنادات مازاد دریافت شده توسط همه مقالات در هسته h، که با e² نشان داده می‌شود.

$$e^2 = \sum_{j=1}^h (cit_j - h) = \sum_{j=1}^h cit_j - h^2$$

در این فرمول cit_j استنادات دریافت شده به‌وسیله jth مقاله و e² استنادات مازاد را نشان می‌دهد (۲۷)؛

$$hg = \sqrt{h \times g}$$

بدیهی است که $hg - h \leq g - hg$ و $h \leq hg \leq g$ می‌باشد. مقدار شاخص hg به مقدار h، نسبت به g نزدیک‌تر است (۳۰). فرانسجینی اعتقاد دارد با توجه به این که شاخص‌های h و g هر دو جزء شاخص‌های ترتیبی^۱ هستند که فاصله بین آن‌ها برابر هم نیست، پس محاسبه شاخص hg جایز نیست (۱).

۷. A-index: این شاخص که توسط جین ارایه شد، مکمل g index است و در راستای این واقعیت است که h index، دقیقاً تمام استنادات مقالات هسته h را در بر نمی‌گیرد. این شاخص به سادگی به عنوان متوسط تعداد استنادهای دریافت شده در هسته h تعریف می‌شود. برای محاسبه این شاخص مقالات بر حسب تعداد استنادات (cit_j) به‌طور نزولی مرتب می‌شوند و با فرمول $A = \frac{1}{h} \sum_{j=1}^h cit_j$ محاسبه می‌شود. مقدار A index، مقدار h است. تقسیم مجموع استنادات هسته h به شاخص h، می‌تواند منجر می‌شود که نویسنده‌ای با شاخص h بالاتر، نسبت به نویسنده‌ای که شاخص h کم‌تری دارد، A index کم‌تری داشته باشد (۳۱).

۸. R- and AR-indices: براساس شاخص h و هم‌چنین برای رفع مشکل A index، جین^۲ و همکاران شاخص‌های R و AR را معرفی کردند. شاخص R تراکم استنادهای هسته h را اندازه می‌گیرد، در حالی که AR یک گام فراتر بر می‌دارد و سن انتشارات را نیز در محاسبه وارد می‌کند، در واقع برای محاسبه شاخص AR، علاوه بر داده‌های لازم برای محاسبه h-index، سن انتشارات در هسته h نیاز است (۳۱).

با گرفتن ریشه دوم مجموع استنادها، هسته h، R index محاسبه می‌شود:

$$AR = \left| \sum_{j=1}^h \frac{cit_j}{a_j} \right|$$

که در واقع $R = \sqrt{A \cdot h}$ است (که منظور از A، A index است) و $h \leq R$ می‌باشد. اگر a_j نشان‌دهنده‌ی سن مقاله j باشد، جین و همکاران R index وابسته به سن را معرفی نمودند که با AR نشان داده می‌شود:

^۲ Zhang
^۴ Excess citations

^۱ Ordinal
^۲ Jin

استناد دریافت نموده باشد، تعریف می‌شود (۳۳).

کاهش تعداد مقالات در نمونه مورد نظر و کاهش زمان لازم برای بررسی نویسندگان از نظر تشابهات اسمی و وجود اسمی مختلف، مزیت این شاخص نسبت به h-index می‌باشد. قابل مقایسه نبودن شاخص‌های پژوهشگرانی که در رشته‌های مختلف فعالیت می‌کنند و در سنین متفاوت هستند، بهبود یافتن شاخص با خود استنادی و استنادات متقابل و انتشار مقالات مروری، از معایب آن می‌باشد (۳۳).

ت (hsingle): امتیاز h یک تک مقاله یا شاهکار یک گروه پژوهشی است. hsingle، نماینده مقالات پراستناد گروه پژوهشی است. این شاخص به عنوان h-index مجموعه مقالات استناد دهنده به یک تک مقاله تعریف می‌شود. به عبارت دیگر، h مقاله استناد دهنده به مقاله مورد نظر، نباید کم‌تر از h استناد دریافت کند (۱).

ت (Ch-index): برای ارزیابی محصولات پژوهشی منتشرشده، آجیفروک^۵ و ولفرام^۶ شاخص Ch که مشابه با شاخص h است، را ارائه نمودند. این شاخص روش متفاوتی برای ارزیابی اثر^۷ و پراکندگی^۸ محصولات علمی انتشار یافته توسط پژوهشگران در جامعه علمی است. شاخص Ch به عنوان عددی برای گروهی از انتشارات علمی تعریف می‌شود که Ch مقاله، حداقل به‌وسیله Ch استناد دهنده مختلف مورد استناد واقع شده است، در حالی که بقیه مقالات به‌وسیله بیشتر از Ch استناد دهنده مختلف مورد استناد قرار نمی‌گیرند (۱،۳۴). Ch-index یک نویسنده یا مرکز، مقدار Ch ای است که در رابطه با Ch مین مقاله‌ای که حداقل Ch استناد دهنده مختلف دارد (۳۵).

تفاوت اساسی این شاخص با h کلاسیک این است که به جای تعداد استنادهای دریافت شده، Ch بر مبنای پراکندگی انتشارات یک نویسنده بر پایه استناد دهندگان مختلف است. این شاخص هم خود استنادی و هم استنادات مکرر توسط یک استناد دهنده^۹ دهنده^۹ را تحت کنترل در می‌آورد (۳۴).

محاسبه Ch-index، نسبت به h index بسیار دشوارتر است. علاوه بر دانستن تعداد استنادات دریافت شده توسط هر مقاله، نیاز به دانستن نام هر استناد دهنده نیز می‌باشد. براساس تعریف

$$d^2 = \sum_{j=1}^h cit_j \quad d^2 = h^2 + e^2$$

که:

$$e = \sqrt{d^2 - h^2}$$

۱۰. شاخص تأثیر^۱: شاخصی مکمل با h index است که توسط مولیناری^۲ ارائه شد. روشی جالب برای مقایسه محصولات علمی گروه‌های بزرگ (مراکز تحقیقاتی، آزمایشگاه‌ها، دانشگاه‌ها یا مجلات) است. شاخص تأثیر با تقسیم h بر فاکتوری (m) از تعداد مقالات منتشرشده (σ)، محاسبه می‌شود.

$$i = h / \sigma^m$$

این فرمول تعداد مقالات با تأثیر بالای سازمان را در رابطه با همه مقالات منتشر شده در همان سازمان نشان می‌دهد (۳۲). مولیناری، ۰/۴ را به عنوان توان یا (m) master curve در نظر گرفت. این منحنی رابطه بین تعداد انتشارات و h-index را نشان می‌دهد، در واقع نشان دهنده روند رشد استنادات و index h در رابطه با تعداد مقالات است (۱۱،۳۲).

۱۱. سایر شاخص‌های مبتنی بر h: در ادامه به اختصار به سایر شاخص‌هایی که در راستای اهداف شاخص h و برای برطرف کردن ضعف‌های آن معرفی شدند اشاره می‌شود:

الف) hgroup: یا امتیاز h گروه پژوهشی، به مقدار h یک گروه پژوهشی در رابطه با انتشاراتش گفته می‌شود. طبق تعریف امتیاز h گروه پژوهشی hgroup است اگر انتشارات گروه پژوهشگران، هر یک حداقل hgroup استناد داشته باشد و سایر انتشاراتش hgroup ≤ استناد داشته باشند. hgroup تأثیر گروه پژوهشی و تأثیر کلی انتشارات هر گروه بر جامعه علمی را نشان می‌دهد (۱).

ب) (h2) h index پی در پی گروه^۳: اندازه تولید کننده‌ترین بخش پژوهشگران در هر گروه پژوهشی می‌باشد. یک گروه پژوهشی امتیاز h2 دارد اگر h2 عضو با h index حداقل h2 داشته باشد (۱).

پ) (2) index h: این شاخص در سال ۲۰۰۶ میلادی توسط کسمولوسکی^۴ مطرح شد. شاخص (2) h نویسنده، به عنوان بالاترین مقداری که (۲) h مقاله پر استنادش حداقل [h (2)]^۲

^۵ Ajiferuke

^۶ Wolfram

^۷ Impact

^۸ Diffusion

^۹ Recurrent Citers

^۱ Impact index

^۲ Molinari

^۳ Group's Successive H-Index

^۴ Kosmulski

لازم است تا برای پژوهشگران مفید باشد (۲۸).

در صورتی موضوع یا ترکیب خاصی مقدار h-b را دارد، که حداقل h-b مقاله در ارتباط با این موضوع ارائه شده که به هر یک حداقل h-b بار استناد شده است. از آنجا که برخی موضوعها قدمت بیش تری نسبت به برخی دیگر دارند؛ بنک شاخص h-b را بر تعداد سالهایی که در مورد آن موضوع یا ترکیب، مقاله‌هایی منتشر شده تقسیم کرد. این تقسیم شاخص h-b به عددی مانند m، نتیجه را طبیعی می‌کند که اهمیت یک موضوع خاص را نشان می‌دهد و این که چه تعدادی از پژوهشگران در حال حضور روی آن کار می‌کنند. عدد m، از تقسیم تعداد سالهایی که از انتشار نخستین مقاله در یک عنوان علمی می‌گذرد؛ بر h محاسبه می‌شود (۲۸).

$$m \sim \frac{h}{n}, \quad h \sim mn$$

ح (h-index): تعداد استنادهایی که یک مقاله دریافت می‌کند، می‌تواند تحت تأثیر تعداد نویسندگان آن باشد و از طرفی مقادیر h-index بسیار نسبت به حیطه پژوهشی حساس هست. برای حل این مشکل باتیستا^۱ و همکاران در سال ۲۰۰۶ میلادی، h-index را معرفی کردند. h_i index نشانگر تعداد مقالاتی است که یک نویسنده در طی دوره کاری خود به تنهایی نوشته است، به شرطی که حداقل h_i استناد داشته باشد (۲۹).

برای محاسبه تأثیر نویسندگان همراه، مقدار شاخص h بر میانگین تعداد پژوهشگران در h مقاله طبق فرمول زیر تقسیم می‌شود. منطبق این فرایند این است که متوسط بهره‌وری افراد مؤثر سنجیده شود.

$$\langle N_a \rangle = N^{(T)}_a / h$$

که $N^{(T)}_a$ کل تعداد نویسندگان در h مقاله مورد نظر است (۲۹).

$$h_i = h / \langle N_a \rangle = h^2 / N_a^{(T)}$$

خ (m-quotient): یکی از راه‌های مقایسه پژوهشگران با سوابق کاری مختلف، تقسیم h index بر تعداد سال‌های فعالیت پژوهشی است. هیرش در سال ۲۰۰۵ میلادی، شاخص M-quotient را پیشنهاد کرد که از تقسیم h-index بر تعداد سالهایی که از نخستین انتشار علمی پژوهشگر می‌گذرد به دست می‌آید (۱۹،۳۶).
د) Contemporary h-index (hc): index h وزن داده شده به

Ch-index، وقتی یک نویسنده بیشتر از ۱ بار به یک مقاله استناد دهد، در محاسبه Ch-index او تنها یک بار شمرده خواهد شد. برای محاسبه آن مقالات با توجه به تعداد استناددهندگان به طور نزولی رتبه‌بندی خواهند شد (۳۴).

محاسبه شاخص Ch نسبت به h بسیار پیچیده می‌باشد. این شاخص توسط موتورهای جستجوی بزرگ (Web of Science)، اسکوپوس و گوگل اسکولار) به طور خودکار محاسبه می‌شود؛ همچنین به دلیل دشواری محاسبه آن، نرم‌افزار ad hoc برای محاسبه آن طراحی شده است که محاسبه خودکار شاخص Ch را انجام می‌دهد. این نرم‌افزار قادر به جستجو در پایگاه اطلاعاتی گوگل اسکولار، یکی از محبوب‌ترین موتورهای جستجو در آنالیزهای کتاب‌سنجی، است (۳۴).

ج) Hirsch spectrum (h-spectrum): فرانسچینی^۱ و مایسانو^۲ در سال ۲۰۰۹ میلادی این شاخص را معرفی کردند که برای آنالیز شهرت آکادمیک مجلات علمی استفاده می‌شود و ابزار جدیدی بر مبنای Hirsch (h) index می‌باشد (۲۹). H spectrum متوسط بهره‌وری، تغییر بهره‌وری و تأثیر اعضای یک گروه پژوهشی را نشان می‌دهد (۱). این شاخص نشان دهنده توزیع h-indexهای مرتبط با نویسندگان یک مجله خاص، در یک فاصله زمانی خاص است. اصطلاح طیف^۳ منشأ گرفته از این حقیقت است که توزیع h index، تصویری از جمعیت نویسندگان مجله، در دوره زمانی مورد نظر فراهم می‌کند (۲۴).

این شاخص روش متفاوتی برای ارزیابی و مقایسه اعتبار و شهرت یک مجله (چه در Thomson Scientific ایندکس شده باشد، چه نشده باشد) نشان می‌دهد. h-spectrum امکان مقایسه میان مجلات در زمینه‌های علمی مشابه، تعریف کردن مشخصات یک نویسنده شاخص در یک مجله خاص را فراهم می‌کند و شاخص وجهه و اعتبار و تأثیر یک مجله در جامعه علمی است (۲۴).

چ) h-b index: این شاخص در سال ۲۰۰۶ میلادی، توسط بنک^۴ مطرح شد که به کمک آن می‌توان موضوع‌های برجسته و در دست تحقیق را مشخص ساخت. وی در توجیه نیاز به چنین شاخصی اظهار می‌دارد که تعیین موضوعات مورد علاقه و در دست بررسی، در دنیای پر حجم و وسیع اطلاعات، نیاز به بررسی و جستجوی فراوان در انواع منابع اطلاعاتی دارد و وسیله‌ای ساده

^۱ Franceschini

^۲ Maisano

^۳ Spectrum

^۴ Bank

در مطالعه‌های علم‌سنجی که در سال‌های اخیر در سطح جهان صورت گرفته است، عمدتاً از معیارهای کمی و کیفی علم‌سنجی هم‌چون تعداد مقالات، تعداد استنادات، نسبت استنادات به مقالات (۳۸) استفاده می‌شود. هم‌چنین h index نیز به طور گسترده برای سنجش تأثیر علمی محصولات علمی سازمان‌ها و پژوهشگران مورد استفاده قرار می‌گیرد. شاخص‌های متعددی نیز برای توسعه این شاخص و برطرف کردن ضعف‌های اصلی آن ارایه شدند که در مطالعه‌های علم‌سنجی این شاخص‌ها به عنوان مکمل h index مورد استفاده قرار می‌گیرند. از پرکاربردترین این شاخص‌ها می‌توان به g index، e index، A index، R index و AR index اشاره کرد. این در حالی است که در بیش‌تر مطالعه‌های علم‌سنجی صورت گرفته در حوزه سلامت در ایران از شاخص‌های کمی و کیفی علم‌سنجی استفاده شده است و در پاره‌ای موارد شاخص‌های ترکیبی هم‌چون h index نویسنده‌گان و گروه‌های پژوهشی مورد مطالعه، محاسبه شده است، اما از سایر شاخص‌های نوین و کارآمد علم‌سنجی برای ارزیابی عملکرد علمی دانشگاه‌های علوم پزشکی، گروه‌های پژوهشی و علمی و پژوهشگران استفاده نشده است. در ارزشیابی مراکز تحقیقات و دانشگاه‌های علوم پزشکی کشور که توسط وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی صورت می‌گیرد نیز محصولات علمی تنها با دو شاخص تعداد مقاله‌ها و استنادهای مورد مطالعه قرار می‌گیرند.

برای جلوگیری از ایجاد شکاف بین کمیت و کیفیت تولیدات علمی، در مطالعه‌های علم‌سنجی باید به شاخص‌های کمی علم‌سنجی که کمیت محصولات علمی را سنجیده و شاخص‌های کیفی که کیفیت برون‌داد علمی را مورد بررسی قرار می‌دهد، توجه یکسان نمود و از شاخص‌های ترکیبی هم‌چون h index و شاخص‌های مبتنی بر h که تأثیر و اهمیت عملکرد علمی پژوهشگران و سازمان‌ها را نشان می‌دهد و ضعف‌های شاخص‌های کمی و کیفی را نیز ندارد (۱۶)، برای ارزیابی عملکرد علمی سازمان‌ها، مؤسسه‌ها و دانشگاه‌های علوم پزشکی استفاده نمود.

از آن جایی که مطالعه‌های علم‌سنجی، برای بررسی کیفیت و تأثیر انتشارات علمی، برای پژوهشگران و سازمان‌ها بسیار مهم می‌باشد و از نتایج آن اغلب برای تصمیم‌گیری در مورد بودجه، انتصاب‌ها، و ارتقای پژوهشگران و سازمان‌ها استفاده می‌شود (۲۰). پیشنهاد می‌شود برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران در سطوح ملی و دانشگاهی توجه بیش‌تری به این مطالعه‌ها و نتایج حاصل از

سن^۱ است که به مقالاتی که اخیراً منتشر شده وزن بیش‌تری می‌دهد. استنادها به مقالاتی که در k سال قبل منتشر شده‌اند، با وزن $4/(k+1)$ داده می‌شوند (۱۹).

w -index (ذ) و^۲ در سال ۲۰۰۸ میلادی، w -index را به عنوان روشی ساده و مفید برای بررسی جامع تأثیر فعالیت علمی پژوهشگران، به‌ویژه مقاله‌های ممتاز، پیشنهاد کرد. w -index این‌گونه تعریف می‌شود: اگر همه مقاله‌های پژوهشگر بر اساس تعداد استنادات به طور نزولی رتبه‌بندی شود، w -index بالاترین تعداد مقالاتی است که هر کدام w و/یا بیش‌تر استناد داشته باشند و مقاله‌ها در رتبه‌های $w+1, w+2, \dots$ بیش از $(W+1)$ استناد نباید داشته باشند. پس w -index می‌تواند این‌گونه تعریف شود: اگر w تا از مقالات یک پژوهشگر هر کدام حداقل w استناد داشته باشد و سایر مقالات کم‌تر از $(W+1)$ استناد داشته باشند، w -index آن پژوهشگر W است (۳۷).

در حالی که w -index بسیار شبیه به h index است و شاخص h را بهبود می‌دهد، با دقت بیش‌تری نسبت به شاخص h ، تأثیر مقالات برتر نویسنده را نشان می‌دهد. w -index ساده و واضح بوده به طوری که به سادگی می‌تواند فهمیده شود و مورد پسند قرار بگیرد. این شاخص نیز به استنادها وابسته است و مشکلات بالقوه مربوط به استناد از جمله تأخیر در استناد یافتن، تفاوت پایگاه‌های اطلاعاتی، تأثیر نویسندگان هم‌نام وجود دارد (۳۷).

نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر تولیدهای علمی در حوزه علوم پزشکی رشد چشم‌گیری داشت، بنابراین توجه به دانش علم‌سنجی اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. از طرفی علم‌سنجی رویکرد جدیدی نسبت به متون علمی ایجاد کرده و در هر رشته‌ای قابل استفاده است. شناخت تولیدهای علمی پژوهشگران و اعضای هیأت علمی، دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی و تعیین شاخص‌های علم‌سنجی، به مدیران دانشگاه‌ها و رؤسای مراکز پژوهشی در شناخت بهتر نقاط قوت و ضعف مجموعه‌های تحت پوشش آن‌ها کمک نموده و منجر به هدایت صحیح آن‌ها در راستای اهداف کلان ملی و دانشگاهی می‌شود. هم‌چنین با ایجاد فضای رقابتی مثبت و سازنده می‌تواند به توسعه علم و فن‌آوری در کشور کمک کند.

^۱ Age-Weighted H-Index

^۲ Wu

همچنین باید یادآور شد اگرچه استفاده از مجموعه‌ای از شاخص‌های نوین علم‌سنجی مناسب‌تر و کارآمدتر است، اما استفاده از تعداد زیاد آن‌ها می‌تواند گیج‌کننده باشد، به‌ویژه زمانی که شاخص‌ها به شدت باهم همبستگی دارند (۳۴). در نتیجه عدم توجه مناسب به نتایج علم‌سنجی و کم‌اهمیت تلقی کردن آن‌ها، ممکن است عواقب سوء داشته باشد، از این رو توجه دقیق به جزئیات و روش آن‌ها، برای تولید نتایج کاربردی و قوی لازم است.

آن نمایند و با فراهم آوردن دسترسی به پایگاه‌های اطلاعاتی بزرگ همچون ISI Web of Science و اسکوپوس زمینه را برای انجام مطالعه‌های علم‌سنجی فراهم آورند. همچنین به پژوهشگرانی که در حیطه‌ی علم‌سنجی فعالیت می‌کنند؛ پیشنهاد می‌شود در مطالعه‌های بعدی خود در کنار استفاده از معیارهای بهره‌وری و تأثیر علم‌سنجی، از معیارهای ترکیبی نیز استفاده کرده تا کیفیت و نفوذ تولیدات علمی پژوهشگران، دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی و گروه‌های علمی با دقت بیش‌تر مورد ارزیابی قرار دهند.

منابع

1. Franceschini F, Maisano D. Criticism on the hg-index. *Scientometrics*. 2011; 86: 339-46.
2. Repanovici A, editor Measuring the visibility of the Universities' scientific production using scientometric methods. The 6th WSEAS/IASME International Conference on Educational Technologies, (EDUTE'10); 2010: Advanced Educational Technologies.
3. Hood WW, Wilson CS. The literature of bibliometrics, scientometrics, and informetrics. *Scientometrics*. 2001; 52: 291-314.
4. Van Raan AFJ. *Scientometrics: state-of-the-art*. *Scientometrics*. 1997; 38: 205-18.
5. Leydesdorff L. Evaluation of research and evolution of science indicators. *Current science*. 2005; 89: 1510-7.
6. Hicks D. *Bibliometrics as a Tool for Research Evaluation*. 2012.
7. Biglu MH, editor *Scientometric study of patent literature in medicine*. Fourth International Conference on Webometrics, Informetrics and Scientometrics & Ninth COLLNET Meeting; 2008; Berlin.
8. Ivancheva L. *Scientometrics Today: A Methodological Overview*. *Collnet Journal of Scientometrics and Information Management*. 2008; 2: 47-56.
9. Molinari A, Molinari J-F. Mathematical aspects of a new criterion for ranking scientific institutions based on the h-index. *Scientometrics*. 2008; 75: 339-56.
10. Van Raan AF. Fatal attraction: Conceptual and methodological problems in the ranking of universities by bibliometric methods. *Scientometrics*. 2005; 62: 133-43.
11. Molinari JF, Molinari A. A new methodology for ranking scientific institutions. *Scientometrics*. 2008; 75: 163-74.
12. Hicks D, Melkers J. *Bibliometrics as a tool for research evaluation*. 2013. In: *Handbook on the Theory and Practice of Program Evaluation* [Internet]. Edward Elgar. In A. N. Link & N. S. Vonortas. [323-49]. Available from: http://works.bepress.com/diana_hicks/31.
13. Alonso S, Cabrerizo FJ, Herrera-Viedma E, Herrera F. h-Index: A review focused in its variants, computation and standardization for different scientific fields. *Journal of Informetrics*. 2009; 3: 273-89.
14. Hirsch JE. An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2005; 102: 16569.
15. Aminpour F. The Contribution of Academic Journals to the University Scientific Productivity. *Journal of Isfahan Medical School*. 2011; 29: 367-75.
16. Mobasheri M, Moradi M, Rafie S, Sharifi A. Scientific output of Shahrekord University of Medical Sciences (Iran) in ISI database from 1993 to the end of 2011 according to scientometric indicators. *Journal of Shahrekord University of Medical Sciences*. 2013; 14: 115-23.
17. Ebadifar A, Vatan GK, Valaee N, Dastjerdi EV. Evaluation h index and the relevant factors in Shahid Beheshti dental school faculty members in 1390. *Research in Medicine*. 2013; 36: 78-82.
18. Habibzadeh F, Yadollahie M. Read the Articles; Don't Count Them. *Arch Iran Med*. 2009; 3-12: 302.
19. Franceschet M. A cluster analysis of scholar and journal bibliometric indicators. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. 2009; 60: 1950-64.
20. Durieux V, Gevenois PA. *Bibliometric Indicators: Quality Measurements of Scientific Publication 1*. *Radiology*. 2010; 255: 342.
21. Kulkarni AV, Aziz B, Shams I, Busse JW. Comparisons of citations in Web of Science, Scopus, and Google Scholar for articles published in general medical journals. *JAMA: the journal of the American Medical Association*. 2009; 302: 1092-6.
22. The thomson reuters impact factor thomson reuters. Derived from: [http://thomsonreuters.com/products_services/science/free/essays/impact_factor/\[2012/28/07\]](http://thomsonreuters.com/products_services/science/free/essays/impact_factor/[2012/28/07]).
23. Garfield E. The history and meaning of the journal impact factor. *JAMA: the journal of the American Medical Association*. 2006; 295: 90-3.
24. Franceschini F, Maisano D. The Hirsch spectrum: A novel tool for analyzing scientific journals. *Journal of Informetrics*. 2010; 4: 64-73.
25. Egghe L. Theory and practise of the g-index. *Scientometrics*. 2006; 69: 131-52.
26. Tol RSJ. A rational, successive $i > g </i>$ -index applied to economics departments in Ireland. *Journal of Informetrics*. 2008; 2: 149-55.
27. Zhang CT. The e-index, complementing the h-index for excess citations. *PLoS One*. 2009; 4: e5429.
28. Banks MG. An extension of the Hirsch index: Indexing scientific topics and compounds. *Scientometrics*. 2006; 69: 161-8.
29. Batista PD, Campiteli MG, Kinouchi O. Is it possible to compare researchers with different scientific interests? *Scientometrics*. 2006; 68: 179-89.
30. Alonso S, Cabrerizo FJ, Herrera-Viedma E, Herrera F. hg-index: A new index to characterize the scientific output of researchers based on the h-and g-indices. *Scientometrics*. 2010; 82: 391-400.
31. Jin B, Liang L, Rousseau R, Egghe L. The R-and AR-indices: Complementing the h-index. *Chinese science bulletin*. 2007; 52: 855-63.
32. Hendrix D. An analysis of bibliometric indicators, National

- Institutes of Health funding, and faculty size at Association of American Medical Colleges medical schools, 1997–2007. *Journal of the Medical Library Association: JMLA*. 2008; 96: 324.
33. Kosmulski M. A new Hirsch-type index saves time and works equally well as the original h-index. *ISSI newsletter*. 2006; 2: 4-6.
 34. Franceschini F, Maisano D, Perotti A, Proto A. Analysis of the ch-index: an indicator to evaluate the diffusion of scientific research output by citers. *Scientometrics*. 2010; 85: 203-17.
 35. Ajiferuke I, Lu K, Wolfram D. A comparison of citer and citationbased measure outcomes for multiple disciplines. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. 2010; 61: 2086-96.
 36. Bornmann L, Mutz R, Daniel HD. Are there better indices for evaluation purposes than the h index? A comparison of nine different variants of the h index using data from biomedicine. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. 2008; 59: 830-7.
 37. Wu Q. The w-index: A significant improvement of the h-index. *Arxiv preprint arXiv:08054650*. 2008.
 38. Van Raan AF. Comparison of the Hirsch-index with standard bibliometric indicators and with peer judgment for 147 chemistry research groups. *Scientometrics*. 2006; 67: 491-502.

Scientometrics: Review of Concepts, Applications, and Indicators

Yazdani K¹, Nedjat S², Rahimi-Movaghar A³, Ghalichee L⁴, Khalili M⁵

1- Assistant Professor Of Epidemiology, Department Of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2- Associate Professor of Epidemiology, Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Knowledge Utilization Research Center, Tehran University Of Medical Sciences, Tehran, Iran

3- Associate Professor Of Psychiatry, Iranian National Center for Addiction Studies (INCAS), Iranian Institute for Reduction of High-Risk Behaviors, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

4- Associate Professor, Iranian National Center for Addiction Studies (INCAS), Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

5- MSc, Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences Tehran, Iran

Corresponding author: Khalili M, malahat.khalili@gmail.com

Background and Objectives: In the current age, due to the increasing growth of knowledge and competition therein, evaluation of scientific products by means of scientometric methods has become a very important and necessary subject. Scientometrics, in simple words, is the science of measuring the knowledge. Scientometric indices are divided into three categories: productivity metrics that measure the productivity of the researchers or research groups, impact metrics that assess the quality (or performance) of journals, researchers, or research groups, and hybrid metrics that are used to summarize both productivity and effect metrics in one index. Scientometric studies help policy makers and managers of universities and heads of research centers in allocating budget, creating a balance between the budget and costs, making appointments, and promoting the researchers and institutes, and results in better recognition of weaknesses and strengths of their affiliated groups by evaluation of priorities, perspectives, and capacities. Meanwhile, this new knowledge can help with systematic evaluation and ranking of universities and research centers. This paper provides a review on scientometric concepts and its applications and discussed scientometric indices.

Keywords: Scientometrics, Scientometrics indicators, Applications of scientometric