آموزش مداوم
مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان
دوره ۲۴، دی ۱۴۰۴، ۹۹۴-۹۷۹

شاخص اچ و فراتر از آن: ابزارهای نوین سنجش عملکرد پژوهشگران

مهرنوش سالاری[۱]، محسن رضائیان[۲]

دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۹/۰۱ ارسال مقاله به نویسنده جهت اصلاح: ۱۴۰۴/۰۹/۳۰ دریافت اصلاحیه از نویسنده: ۱۴۰۴/۱۰/۰۶ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۱۰/۰۸

چکیده

ارزیابی عملکرد پژوهشگران تنها با تعداد مقالات کافی نیست و کیفیت و تأثیر علمی آن‌ها معیار اصلی سنجش پژوهشی محسوب می‌شود. شاخص اچ (H-index) یکی از شاخص‌های معتبر علم‌سنجی است که کیفیت مقالات را بر اساس تعداد استنادها اندازه‌گیری می‌کند، اما محدودیت‌هایی مانند نادیده‌گرفتن تعداد نویسندگان، خوداستنادی‌ها و تغییرات زمانی دارد. این مطالعه به بررسی شاخص اچ و شاخص‌های توسعه‌یافته پس از آن می‌پردازد و هدف آن ارائه تصویری جامع از ابزارهای کمی ارزیابی عملکرد پژوهشگران است. برای این منظور، مرور نظام‌مند ادبیات علم‌سنجی انجام شد و شاخص‌های مهم توسعه‌یافته شامل شاخص‌های جی، اچ فردی، اچ سی، اِم، کیو، ایی، کیو سی، کیو اِن، کیو یک، کیو دو، اچ بی، کا، آ، آر و ای آر مورد تحلیل قرار گرفتند. ویژگی‌ها، محدودیت‌ها و کاربردهای هر شاخص بررسی شد تا نقش آن‌ها در رفع محدودیت‌های شاخص اچ روشن شود. نتایج نشان داد هر شاخص توسعه‌یافته بخشی از محدودیت‌های شاخص اچ را پوشش می‌دهد و استفاده ترکیبی از آن‌ها تصویر دقیق‌تر و منصفانه‌تری از عملکرد پژوهشگران ارائه می‌کند. بر اساس این بررسی، ارزیابی جامع و علمی عملکرد پژوهشگران تنها با شاخص اچ ممکن نیست و بهره‌گیری هوشمندانه از شاخص‌های توسعه‌یافته ضروری است. این مطالعه ابزارهای علم‌سنجی موجود و کاربردهای آن‌ها را به صورت نظام‌مند معرفی می‌کند و آگاهی پژوهشگران و مؤسسات را برای انجام ارزیابی دقیق ارتقاء می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: شاخص اچ، علم‌سنجی، شاخص‌های استنادی، خوداستنادی، ارزیابی عملکرد پژوهشگران

ارجاع: سالاری م، رضائیان م. شاخص اچ و فراتر از آن: ابزارهای نوین سنجش عملکرد پژوهشگران. *مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان*، سال ۱۴۰۴، دوره ۲۴، شماره ۱۰، صفحات: ۹۹۴-۹۷۹.

مقدمه

برای محاسبه شاخص علمی یک محقق و یا یک مجله، فقط تعداد مقالات منتشر شده توسط آن محقق و یا آن مجله کافی نیست (۱). اگر چه تعداد مقالات منتشر شده بسیار مهم هستند اما کیفیت این مقالات نقش مهم‌تری نسبت به کمیت آن‌ها دارد (۲). پژوهشگران ممکن است با صرف زمان کمتر، مقالات بیشتر با کیفیت پایین‌تر یا با صرف زمان بیشتر، مقالات کمتر با کیفیت بالاتر تولید کنند (۳). این دو عملکرد متفاوت نشان می‌دهد که شمارش ساده مقالات نمی‌تواند معیار واقعی کیفیت فعالیت علمی باشد (۴). به عنوان مثال در خصوص اینکه تعداد زیاد مقالات همیشه نشان‌دهنده کیفیت بالای علمی نیست، می‌توان به ارزیابی عملکرد پژوهشی یک شیمیدان روسی و یک بیوشیمیست انگلیسی اشاره کرد.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، رفسنجان، ایران
۲- (نویسنده مسئول) استاد گروه آموزشی اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات محیط کار، دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، رفسنجان، ایران، کدپستی: ۷۷۱۸۱۷۵۹۱۱، تلفن: ۳۱۳۱۵۲۴۳-۰۳۴، پست الکترونیکی: moeygmr2@yahoo.co.uk

شواهد نشان می‌دهد که Yuri Struchkov شیمیدان روسی (۱۹۹۵-۱۹۲۶) در طول دوران فعالیت علمی خود، بیش از ۲۰۰۰ مقاله منتشر کرد (۵). در مقابلFrederick Sanger بیوشیمیست انگلیسی (۲۰۱۳-۱۹۱۸) تنها حدود ۱۰۰ مقاله منتشر نمود (۶). با این وجود، مقایسه کیفی آثار این دو دانشمند نشان می‌دهد که Sanger به دلیل تأثیر علمی بالای پژوهش‌های خود، دو بار در سال‌های ۱۹۵۸ و ۱۹۸۰ موفق به دریافت جایزه نوبل شیمی شد (۶، ۵). در حالی که Struchkov نه تنها جایزه علمی معتبری دریافت نکرد، بلکه در سال ۱۹۹۱ نام او در فهرست دریافت‌کنندگان جایزه نوبل قلابی قرار گرفت؛ جایزه‌ای که به پژوهش‌های کم‌اثر تعلق می‌گیرد (۷، ۵). عامل اصلی تمایز علمی Sanger، کیفیت و تأثیرگذاری بالای مقالات او بود که این موضوع در تعداد بالای استنادهای دریافتی آثارش بازتاب یافته است؛ به‌گونه‌ای که تا سال ۲۰۱۶ بیش از ۱۰۰ هزار استناد به مقالات وی ثبت شده است.

از همین رو، شاخص اچ (H-index) یکی از پرکاربردترین و معتبرترین شاخص‌های علم‌سنجی و کتاب‌سنجی در نظر گرفته می‌شود، چرا که کیفیت مقالات یک نفر را بر اساس تعداد استنادهای انجام شده به مقالات وی می‌سنجد (۸). این شاخص به منظور سنجش هم‌زمان کمیت و کیفیت تولیدات علمی یک پژوهشگر به کار برده می‌شود و براساس تعداد مقالاتی تعریف می‌شود که هر کدام حداقل به اندازه مقدار اچ مورد استناد قرار گرفته‌اند (۸). افزون بر کاربرد فردی، شاخص اچ برای ارزیابی عملکرد علمی مجلات نیز قابل محاسبه است و در این سطح، میزان تأثیرگذاری مقالات منتشر شده در یک مجله را براساس الگوی استنادها نشان می‌دهد (۹).

در این مقاله آموزشی، ما ابتدا به بررسی تاریخچه و نحوه محاسبه شاخص اچ (H-index) می‌پردازیم و سپس، به آشنایی با شاخص‌های توسعه‌یافته و مهم معرفی شده پس از آن، از جمله شاخص جی (G-index)، شاخص اچ فردی (HI-index: Individual H-index)، شاخص اچ سی (HC-index: the Contemporary H-index)، شاخص اِم (M-index)، شاخص کیو (Q-index)، شاخص ایی (E-index)، شاخص‌های کیو سی، کیو اِن، کیو یک و کیو دو (Q_C-, Q_N-, Q_1- and Q_2-index)، شاخص اچ بی (h_b-index)، شاخص کا (K-index)، شاخص آ (A-index)، شاخص آر (R-index) و شاخص ای آر (AR-index) خواهیم پرداخت و در نهایت سایر شاخص‌ها و منابع تکمیلی ارائه می‌گردد. هدف از این مطالعه آموزشی شناخت بهتر شاخص اچ و شاخص‌های مکمل و توسعه‌یافتهٔ پس از آن است که هرکدام به‌منظور رفع محدودیت‌هایی معرفی شده‌اند که در گذر زمان پس از پیشنهاد شاخص اچ مشخص شده‌اند.

۱- شاخص اچ (H-index)

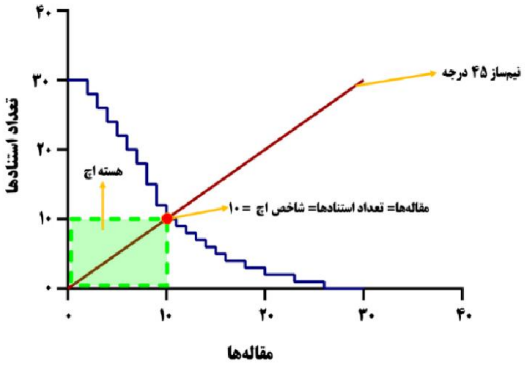
شاخص اچ (H-index) برای اولین‌بار در سال ۲۰۰۵ میلادی و توسط فیزیک‌دان Jorge Hirsch مطرح گردید (۸). هیرش با ابداع این شاخص به دنبال آن بود تا با ارائه یک معیار قابل فهم، کمیت و کیفیت عملکرد پژوهشگران را همزمان مورد بررسی قرار دهد (۱۰).

هدف شاخص: هدف شاخص اچ ارائه معیاری تلفیقی برای سنجش تولیدات علمی است که هم تعداد مقالات منتشرشده و هم میزان تأثیرگذاری آن‌ها از طریق استنادها در نظر گرفته شود (۱۱). این شاخص امکان مقایسه نسبی پژوهشگران یا مجلات را در یک حوزه علمی فراهم می‌کند و جایگاه آن‌ها را در میان هم‌رشته‌ای‌هایشان مشخص می‌نماید (۱۲).

روش محاسبه: برای محاسبه شاخص اچ، ابتدا یک نمودار رسم می‌شود که در محور عمودی مقالات پژوهشگر به ترتیب

CCBY-NC.4.0 DEED

تعداد استنادهای دریافتی از بیشترین به کمترین مرتب می‌شوند و در محور افقی تعداد استنادهای هر مقاله از کمترین تا بیشترین قرار می‌گیرد (۸). سپس یک نیم‌ساز ۴۵ درجه روی نمودار رسم می‌شود و محل برخورد آن با نمودار تعداد مقالات و استنادها شاخص اچ فرد را مشخص می‌کند (۸). همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می شود، اگر محل برخورد در ۱۰ مقاله با ۱۰ استناد باشد، H-index برابر ۱۰ است، یعنی پژوهشگر حداقل ۱۰ مقاله دارد که هرکدام حداقل ۱۰ بار یا بیشتر استناد دریافت کرده‌اند (شکل ۱). هسته اچ شامل مقالاتی است که بین خطوط به هم پیوسته از تعداد مقالات و استنادها و نمودار قرار می‌گیرند و تعدادشان برابر شاخص اچ است و در شکل ۱ با رنگ سبز نشان داده شده است (۱۴، ۱۳). این محاسبه برای مجلات نیز قابل اعمال است؛ به طور مثال، شاخص اچ ۱۵۰ برای یک مجله به این معناست که حداقل ۱۵۰ مقاله منتشر کرده که هر کدام حداقل ۱۵۰ بار مورد استناد قرار گرفته‌اند (۹).



شکل ۱- نحوه محاسبه شاخص اچ

مزیت: شاخص اچ با درنظر گرفتن تعداد استنادها به مقالات، شاخص قابل قبولی را برای سنجش کیفیت فعالیت پژوهشگر یا مجله فراهم می‌آورد (۱۱). امکان مقایسه محققان و مجلات در کیفیت و تأثیرگذاری بیشتر است (۱۲، ۱۵). همچنین این شاخص پژوهشگران و سردبیران را تشویق می‌کند تا مقالات با کیفیت بالاتر منتشر کنند (۱۷، ۱۶).

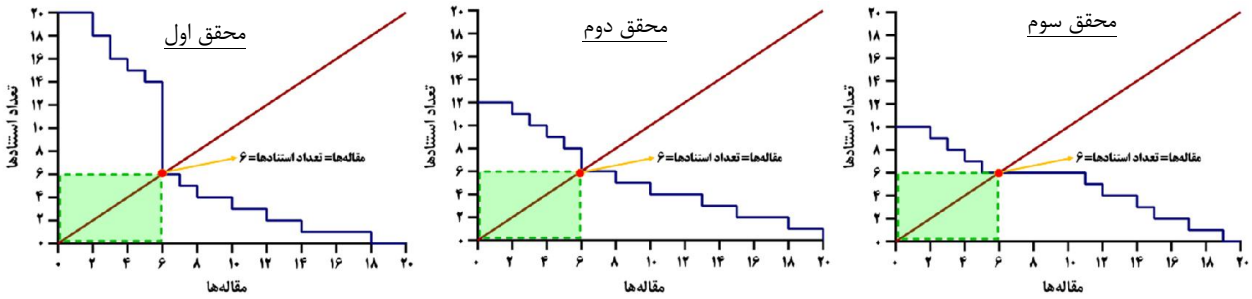
محدودیت: شاخص اچ برای مقایسه پژوهشگران یا مجلات در رشته‌های مختلف مناسب نیست، زیرا میانگین دریافت استنادها در رشته‌ها متفاوت است (۱۸). این شاخص کیفیت استنادها را مشخص نمی‌کند و استناد مثبت یا منفی یکسان شمرده می‌شود و همچنین تأثیر مقالات جدید کم استناد اما بالقوه تأثیرگذار را در نظر نمی‌گیرد. به همین دلیل محققان شاخص‌های تکمیلی متعددی را برای رفع این محدودیت‌ها توسعه داده‌اند.

۲- شاخص‌های توسعه‌یافته پس از شاخص اچ

۲-۱- شاخص جی (G-index)

شاخص جی (G-index) به‌منظور رفع محدودیت شاخص اچ معرفی شد، زیرا H-index به مقالات بسیار پراستناد حساس نیست و مقالات با استناد بالا تأثیری در آن ندارند (۱۹). این شاخص برای ارائه تصویری دقیق‌تر از عملکرد پژوهشگر در مقالات پر استناد طراحی شده است و می‌تواند تفاوت پژوهشگرانی با H-index یکسان را نشان دهد (۱۹). برای مثال، سه محقق را در نظر بگیرید که H-index آن‌ها برابر با شش است، اما محقق اول مقالات اولیه او استناد بالاتری دریافت کرده‌اند، محقق دوم استنادها در حدود H-index هستند و محقق سوم پس از مقاله ششم، مقالاتش استناد بیشتری نسبت به محقق دوم دارند، بااین‌حال H-index هر سه برابر ۶ است (شکل ۲). این در حالی است که شاخص جی محقق اول برابر با ۱۰، محقق دوم برابر با ۸ و محقق سوم برابر با ۷ است.

CCBY-NC.4.0 DEED



شکل ۲- سه محقق با شاخص اچ برابر با شش

هدف شاخص: هدف شاخص جی اندازه‌گیری عملکرد پژوهشگر با تمرکز بر مقالات پراستناد است تا اثر واقعی این مقالات در ارزیابی عملکرد علمی لحاظ شود و پژوهشگرانی که H-index یکسان دارند، از نظر کیفیت و تأثیر مقالات‌شان قابل‌تمایز باشند (۱۹).

روش محاسبه: برای محاسبه G-index، ابتدا مقالات پژوهشگر بر اساس تعداد استنادهای دریافتی به ترتیب نزولی مرتب می‌شوند و از یک تا G شماره‌گذاری می‌شوند. سپس استنادهای هر مقاله به‌صورت تجمعی با استناد مقالات قبلی جمع می‌شود تا زمانی که مجموع استنادها کمتر یا مساوی مربع شماره مقاله نباشد (۲۱، ۲۰). بزرگترین عدد G که این شرط را برآورده کند، به‌عنوان شاخص جی در نظر گرفته می‌شود. به‌عنوان نمونه، اگر استنادهای ۱۰ مقاله برتر یک پژوهشگر به ترتیب ۱۸، ۱۵، ۱۲، ۱۰، ۷، ۵، ۴، ۳، ۲ و ۲ باشد، مجموع تجمعی مقایسه شده با مربع شماره هر ردیف نشان می‌دهد که آخرین موردی که شرط برقرار است، ۸ است و بنابراین شاخص G برابر ۸ خواهد بود (جدول ۱).

جدول ۱- نحوه محاسبه شاخص جی؛ در این جدول شاخص جی برابر با ۸ است ($۷۴ \geq ۸^۲$).

G	تعداد استناد به هر مقاله	G^2	مجموع تعداد استنادهای مقالات
۱	۱۸	۱	۱۸
۲	۱۵	۴	۱۵+۱۸=۳۳
۳	۱۲	۹	۱۲+۱۵+۱۸=۴۵
۴	۱۰	۱۶	۱۰+۱۲+۱۵+۱۸=۵۵
۵	۷	۲۵	۷+۱۰+۱۲+۱۵+۱۸=۶۲
۶	۵	۳۶	۵+۷+۱۰+۱۲+۱۵+۱۸=۶۷
۷	۴	۴۹	۴+۵+۷+۱۰+۱۲+۱۵+۱۸=۷۱
۸	۳	۶۴	۳+۴+۵+۷+۱۰+۱۲+۱۵+۱۸=۷۴
۹	۲	۸۱	۲+۳+۴+۵+۷+۱۰+۱۲+۱۵+۱۸=۷۶
۱۰	۲	۱۰۰	۲+۲+۳+۴+۵+۷+۱۰+۱۲+۱۵+۱۸=۷۸

مزیت: شاخص جی امکان تمایز پژوهشگرانی با H-index یکسان را فراهم می‌کند و میزان تأثیر واقعی مقالات برتر را نشان می‌دهد. این شاخص پاسخ به این سؤال است که چند مقاله برتر پژوهشگر واقعاً استناد کافی دریافت کرده‌اند تا اثرگذاری واقعی وی را منعکس کنند.

محدودیت: شاخص جی نیز نمی‌تواند کیفیت استنادها را تشخیص دهد و تمرکز بیش از حد بر مقالات پراستناد ممکن است پژوهش‌های نوآورانه کم استناد را کمتر مورد توجه قرار دهد. همچنین برای مقایسه پژوهشگران در رشته‌های مختلف بدون توجه به میانگین استنادها مناسب نیست.

CCBY-NC.4.0 DEED

۲-۲- شاخص اچ فردی (HI-index: Individual H-index)

شاخص اچ فردی (HI-Index: Individual H-index) برای تعدیل تأثیر تعداد بالای نویسندگان در مقالات چند نویسنده‌ای پیشنهاد شد (۲۲). این شاخص برآوردی عادلانه‌تر از سهم واقعی هر پژوهشگر در تولیدات علمی ارائه می‌دهد و به اصلاح اثر مصنوعی افزایش شاخص اچ ناشی از مشارکت در پروژه‌های بزرگ کمک می‌کند (۲۳).

هدف شاخص: هدف شاخص اچ فردی ارائه برآوردی دقیق‌تر و عادلانه از تأثیر فردی پژوهشگر در مقالات مشترک است، به‌طوری که مشارکت در پروژه‌های چند نویسنده‌ای باعث افزایش غیرواقعی شاخص اچ نشود (۲۵، ۲۴).

روش محاسبه: شاخص اچ فردی با تقسیم شاخص اچ استاندارد پژوهشگر بر میانگین تعداد نویسندگان مقالات او به دست می‌آید (۲۵). برای مثال، یک پژوهشگر با شاخص اچ ۵ دارای ۵ مقاله است که تعداد نویسندگان هر مقاله به ترتیب ۱۰، ۴، ۳، ۵ و ۳ نفر است. میانگین تعداد نویسندگان برابر ۵=۵÷۲۵ است. بنابراین شاخص اچ فردی این پژوهشگر برابر ۱=۵÷۵ خواهد بود (جدول ۲).

جدول ۲- مثال فرضی از تعداد نویسندگان مقاله‌های یک نویسنده با شاخص اچ ۵

شماره مقاله	مقاله ۱	مقاله ۲	مقاله ۳	مقاله ۴	مقاله ۵
تعداد نویسندگان	۱۰	۴	۳	۵	۳

مزیت: شاخص اچ فردی سهم واقعی هر پژوهشگر در تولیدات علمی مشترک را نشان می‌دهد و اثر افزایش مصنوعی شاخص اچ ناشی از مشارکت در پروژه‌های چند نویسنده‌ای را کاهش می‌دهد. این شاخص امکان مقایسه عادلانه‌تر بین پژوهشگران را فراهم می‌کند و پژوهشگران با سهم تأثیر فردی بالا را برجسته می‌سازد.

محدودیت: شاخص اچ فردی فرض می‌کند که سهم تمام نویسندگان برابر است و نمی‌تواند نقش واقعی هر نویسنده را در مقاله مشخص کند. همچنین، در رشته‌ها یا پروژه‌هایی که تعداد نویسندگان به طور طبیعی زیاد یا کم است، مقایسه بین پژوهشگران ممکن است دقیق نباشد.

۲-۳- شاخص اچ سی (HC-index: the contemporary H-index)

شاخص اچ سی (HC-index: the contemporary H-index) برای سنجش تأثیر علمی اخیر پژوهشگران معرفی شد و به مقالات جدید وزن بیشتری نسبت به مقالات قدیمی می‌دهد (۲۶). این شاخص امکان مقایسه پژوهشگران در طول زمان و ارزیابی تأثیرگذاری به‌روز آن‌ها را فراهم می‌کند (۲۷، ۲۶).

هدف شاخص: هدف شاخص اچ سی ارائه معیاری برای اندازه‌گیری تأثیر علمی اخیر پژوهشگر است، به‌طوری که مقالات جدیدتر و با کیفیت‌تر، سهم بیشتری در ارزیابی کلی داشته باشند و اثر مقالات قدیمی بر شاخص کاهش یابد (۲۷، ۲۶).

روش محاسبه: برای محاسبه، ابتدا سال انتشار هر مقاله و تعداد استنادهای آن در نظر گرفته می‌شود و امتیاز Sc(i) برای هر مقاله محاسبه می‌گردد (۲۷). سپس مقالات بر اساس Sc(i) از بیشترین به کمترین مرتب می‌شوند و آخرین مقاله‌ای که Sc(i) آن کمتر یا مساوی رتبه آن مقاله باشد، شاخص اچ سی پژوهشگر تعیین می‌کند. به‌عنوان مثال، یک محقق را در نظر بگیرید که ۴ مقاله دارد و براساس سال جاری ۲۰۲۵ سال انتشار مقالات وی در جدول ۳ قرار داده شده است. سپس براساس فرمول مشخص امتیاز Sc(i) آن‌ها محاسبه شد و در نهایت براساس امتیاز Sc(i) در جدول

CCBY-NC.4.0 DEED

دیگری به ترتیب صعودی به نزولی از بالا به پایین قرار داده می‌شوند. سپس آخرین مقاله که Sc(i) آن کمتر یا مساوی رتبه مقاله که قرار دادیم باشد؛ شاخص اچ سی آن پژوهشگر در نظر گرفته می‌شود (جدول ۴).

فرمول محاسبه امتیاز (Sc(i): دراین فرمول γ ضریب وزنی، $Y(now)$ سال حال حاضر، $Y(i)$ سال انتشار مقاله، δ یک ضریب تنظیم که با مقدار ۱، عمر مقاله را در تقسیم استنادات لحاظ می‌کند، $C(i)$ مقالات استناددهنده به مقاله، $Sc(i)$ نیز امتیاز استنادی تعدیل‌شده مقاله i پس از تقسیم بر سن آن و اعمال ضریب است.

$$Sc(i) = \gamma * (Y(now) - Y(i) + 1)^{-\delta} * |C(i)|$$

جدول ۳- سال‌های انتشار مقالات یک محقق

شماره مقاله	سال انتشار	تعداد استنادها
۱	۲۰۲۵	۵
۲	۲۰۲۳	۱۰
۳	۲۰۲۱	۴
۴	۲۰۱۵	۱۰

جدول ٤- نحوه محاسبه شاخص اچ سی؛ در این جدول شاخص اچ سی برابر با ۳ است (۳ ≥ ۳/۶).

رتبه مقاله	Sc(i)	Sc(i)≤ رتبه
۱	۲۰	(۱ ≥ ۲۰) شرط برقرار است
۲	۱۳/۳	(۲ ≥ ۱۳/۳) شرط برقرار است
۳	۳/۶	(۳ ≥ ۳/۶) شرط برقرار است
۴	۳/۲	(۴ ≥ ۳/۶) شرط برقرار نیست

مزیت: شاخص اچ سی وزن بیشتری به مقالات جدید می‌دهد و بنابراین توانایی تشخیص پژوهشگران فعال و با تأثیر علمی اخیر را دارد. این شاخص امکان مقایسه به‌روز پژوهشگران را فراهم می‌کند و اثر مقالات قدیمی در شاخص‌های علم‌سنجی کاهش می‌یابد.

محدودیت: شاخص اچ سی ممکن است ارزش مقالات با تأثیر طولانی‌مدت را کمتر نشان دهد و در رشته‌هایی که سرعت تولید علم متفاوت است، مقایسه دقیق بین پژوهشگران مشکل باشد.

۴-۲- شاخص اِم (M-index)

شاخص اِم (M-index) برای ارزیابی بهره‌وری علمی سالانه پژوهشگران معرفی شد و با در نظر گرفتن طول دوره فعالیت علمی، امکان مقایسه منصفانه بین پژوهشگران با سابقه کاری متفاوت را فراهم می‌کند (۲۸، ۸).

هدف شاخص: هدف شاخص اِم ارائه معیاری برای سنجش میانگین بهره‌وری علمی سالانه پژوهشگر است، به‌طوری که پژوهشگران با سابقه کاری کوتاه‌تر نیز بتوانند به صورت عادلانه با پژوهشگران با سابقه طولانی مقایسه شوند (۸).

روش محاسبه: برای محاسبه شاخص اِم، شاخص اچ را تقسیم بر عدد n می‌کنند و عدد n در برگیرنده سال‌هایی است که از نخستین مقاله منتشر شده فرد، می‌گذرد (۸). برای مثال محقق الف دارای شاخص اچ ۴۰ است و محقق ب دارای شاخص اچ ۳۰ است. اولین مقاله محقق الف در سال ۲۰۰۵ بوده است ولی اولین مقاله محقق ب در سال ۲۰۱۵ بوده است. شاخص اِم محقق الف برابر با ۲ و شاخص اِم محقق ب برابر با ۳ است. یعنی محقق ب با وجود اینکه ۱۰ سال دیرتر از محقق الف اولین مقاله خود را منتشر کرده است اما بهره‌وری پژوهشی آن بالاتر است و محقق ب سالانه ۳ واحد افزایش شاخص اچ داشته است (جدول ۵). از همین رو، در محاسبه این شاخص تعداد سال‌هایی که فرد به امر چاپ انتشار مقالات علمی مشغول است نیز مورد محاسبه قرار می گیرد.

CCBY-NC.4.0 DEED

جدول ۵- نحوه محاسبه شاخص اِم دو محقق

محقق	شاخص اچ	سال انتشار اولین مقاله	شاخص اِم
الف	۴۰	۲۰۰۵	$\text{اِم} = \frac{۴۰}{۲۰۲۵ - ۲۰۰۵} = ۲$
ب	۳۰	۲۰۱۵	$\text{اِم} = \frac{۳۰}{۲۰۲۵ - ۲۰۱۵} = ۳$

مزیت: شاخص اِم امکان مقایسه عادلانه بین پژوهشگران با طول دوره فعالیت علمی متفاوت را فراهم می‌کند و به ارزیابی بهره‌وری واقعی سالانه پژوهشگر می‌پردازد.

محدودیت: این شاخص تنها بهره‌وری سالانه را اندازه‌گیری می‌کند و کیفیت و تأثیر مقالات بر اساس استنادها را به طور مستقیم در نظر نمی‌گیرد، بنابراین ممکن است پژوهشگران با تعداد مقالات زیاد ولی با تأثیر کم، نتایج بالایی داشته باشند.

۵-۲- شاخص کیو (Q-index)

شاخص کیو (Q-index) برای شناسایی و اندازه‌گیری اثر خوداستنادی‌های هدفمند پژوهشگران بر شاخص اچ معرفی شد و امکان تشخیص رفتارهای بالقوه غیرمنصفانه در دستکاری شاخص اچ را فراهم می‌کند (۳۰، ۲۹).

هدف شاخص: هدف شاخص کیو، تشخیص پژوهشگرانی است که با استفاده از خوداستنادی‌های استراتژیک سعی در افزایش مصنوعی شاخص اچ خود دارند و ارزیابی عادلانه‌تری از تأثیر واقعی مقالات ارائه می‌دهد (۳۰، ۲۹).

روش محاسبه: ابتدا شاخص اچ محقق مشخص می‌شود. سپس به هر خوداستنادی در مقالاتی که تعداد استنادهایشان کمتر یا برابر با شاخص اچ است، امتیاز تعلق می‌گیرد و هرچه مقاله به مرز اچ نزدیک‌تر باشد، امتیاز بالاتری دریافت می‌کند. در نهایت مجموع امتیازها بر تعداد کل مقالات تقسیم می‌شود تا مقدار نهایی شاخص کیو به دست آید (۲۹). برای مثال، محقق دارای سه مقاله با تعداد استناد ۱۰، ۵ و ۲، شاخص اچ برابر ۲ است و اگر دو خوداستنادی داشته باشد، استناد به مقاله دوم که نزدیک به مرز اچ است امتیاز ۱ و استناد به مقاله سوم امتیاز ۰/۵ دریافت می‌کند. مجموع امتیازها تقسیم بر تعداد مقالات شاخص کیو را برابر ۰/۵ به دست می‌دهد.

مزیت: شاخص کیو امکان شناسایی و ارزیابی اثر خوداستنادی‌های هدفمند را فراهم می‌کند و می‌تواند معیار دقیق‌تری برای بررسی کیفیت واقعی فعالیت پژوهشی باشد.

محدودیت: این شاخص تنها به خوداستنادی‌ها توجه دارد و تأثیر کلی سایر مقالات و استنادهای طبیعی را اندازه‌گیری نمی‌کند، بنابراین نمی‌تواند به‌تنهایی معیار کامل کیفیت پژوهشگر باشد.

۶-۲- شاخص ایی (E-index)

به‌عنوان مکمل شاخص اچ معرفی شده و هدف آن اندازه‌گیری و نمایش استنادهایی است که در محاسبه شاخص اچ لحاظ نشده‌اند (۳۱). پژوهش‌ها نشان می‌دهند که در بهترین حالت تنها حدود نیمی از استنادهای یک محقق در شاخص اچ منعکس می‌شوند (۳۲).

هدف شاخص: هدف شاخص ایی، ارائه تصویری کامل‌تر از تأثیر مقالات یک پژوهشگر با در نظر گرفتن استنادهای مازاد بر هسته اچ است تا در مقایسه پژوهشگران با شاخص اچ مشابه، تفاوت در تأثیر واقعی مقالات مشخص شود (۳۳-۳۱).

CCBY-NC.4.0 DEED

روش محاسبه: برای محاسبه شاخص ایی یک محقق، ابتدا شاخص اچ آن محقق باید تعیین شود. پس از آن تعداد استنادهای مقاله‌ی موجود در هسته اچ با هم جمع می‌شوند، تا مقدار d^2 محاسبه شود؛ در نهایت با کم کردن توان دوم شاخص اچ از d^2، مقدار توان دوم شاخص ایی به‌دست می‌آید که با گرفتن ریشه‌ی دوم آن شاخص ایی محقق محاسبه می‌شود. برای مثال، اگر محققی شاخص اچ برابر ۶ داشته باشد (یعنی ۶ مقاله با حداقل ۶ استناد)، و مجموع استنادهای آن ۶ مقاله ۸۴ باشد، شاخص اچ به توان دو می‌رسد (۳۶=۶^۲) و از مجموع تعداد استناد ها یا همان d^2 کم می‌شود (۴۸=۳۶-۸۴) و سپس جذر آن به عنوان شاخص ایی محاسبه می‌گردد ($\sqrt{۴۸} = ۶/۹۳$). عدد ۶/۹۳ نشان‌دهنده حجم قابل‌توجهی از استنادهای مازاد است و زمانی که دو محقق شاخص اچ یکسان دارند، شاخص ایی بالاتر بیانگر تأثیر کیفی قوی‌تر و توجه بیشتر به مقالات اصلی آن پژوهشگر است.

مزیت: شاخص ایی امکان تشخیص تفاوت تأثیر واقعی مقالات بین پژوهشگرانی با شاخص اچ یکسان را فراهم می‌کند و توجه بیشتری به مقالات اصلی و پراستناد پژوهشگر دارد.

محدودیت: این شاخص تنها بر استنادهای هسته اچ تمرکز دارد و استنادهای مقالات خارج از هسته را در نظر نمی‌گیرد، بنابراین تصویری کامل از کل فعالیت پژوهشی ارائه نمی‌دهد.

۷-۲- شاخص‌های کیو سی، کیو اِن، کیو یک و کیو دو (Q_C-, Q_N-, Q_1- and Q_2-index)

جهت ارزیابی کیفیت و جایگاه عملکرد علمی پژوهشگر نسبت به استانداردهای نخبگان جهانی معرفی شده‌اند (۳۴). این شاخص‌ها امکان مقایسه عملکرد پژوهشگر با معیارهای تعیین‌شده برای دو درصد برتر دانشمندان جهان را فراهم می‌کنند و درک دقیق‌تری از جایگاه پژوهشگر در سطح بین‌المللی ارائه می‌دهند.

روش محاسبه: برای محاسبه چهار شاخص Q_C، Q_N، Q_1 و Q_2، ابتدا شاخص اچ پژوهشگر با شاخص اچ مورد انتظار او مقایسه می‌شود. شاخص اچ مورد انتظار دو مقدار دارد: یکی بر اساس تعداد مقالات (H_N) و دیگری بر اساس تعداد استنادها (H_C)، که نشان می‌دهند اگر پژوهشگر در میان دو درصد برتر جهان باشد، شاخص اچ او چه مقداری باید داشته باشد.

شاخص Q_C با تقسیم شاخص اچ واقعی بر شاخص اچ مورد انتظار بر اساس استنادها (H_C) محاسبه می‌شود تا کیفیت پژوهش نسبت به استنادهای مورد انتظار مشخص شود (۳۴).

شاخص Q_N با تقسیم شاخص اچ واقعی بر شاخص اچ مورد انتظار بر اساس تعداد مقالات (H_N) به دست می‌آید تا کیفیت پژوهش نسبت به تعداد مقالات مورد انتظار سنجیده شود (۳۴).

شاخص Q_1 با تقسیم Q_N بر Q_C محاسبه می‌شود و نشان‌دهنده کیفیت پویا و تغییرات عملکرد پژوهشگر نسبت به استاندارد جهانی است (۳۴).

شاخص Q_2 با گرفتن میانگین هندسی Q_N و Q_C محاسبه می‌شود تا یک ارزیابی جامع و متعادل از کیفیت کلی پژوهشگر ارائه گردد (۳۴).

مزیت: این شاخص‌ها امکان ارزیابی دقیق کیفیت علمی پژوهشگر نسبت به استانداردهای جهانی و شناسایی جایگاه او در میان نخبگان را فراهم می‌کنند و ابزار مناسبی برای مقایسه بین‌المللی هستند (۳۴).

محدودیت: روش محاسبه چند مرحله‌ای و پیچیده است و ارائه مثال‌های عددی گسترده دشوار می‌باشد؛ همچنین نیازمند دسترسی به داده‌های جامع جهانی است که در همه حوزه‌ها به آسانی در دسترس نیست (۳۴).

CCBY-NC.4.0 DEED

۸-۲- شاخص اچ بی (h_b-index)

به منظور رفع محدودیت‌های شاخص اچ معرفی شده است، چرا که شاخص اچ به تنهایی نمی‌تواند تفاوت میان پژوهشگرانی با مجموع استنادهای متفاوت ولی شاخص اچ یکسان را نشان دهد (۳۵). این شاخص با در نظر گرفتن استنادهای اضافی خارج از هسته اچ، تأثیر واقعی کل استنادها را بر ارزیابی پژوهشگر نشان می‌دهد و امکان تمایز بین پژوهشگرانی با شاخص اچ یکسان اما مجموع استنادهای متفاوت را فراهم می‌کند (۳۵).

هدف شاخص: هدف اصلی شاخص اچ بی، اصلاح محدودیت‌های شاخص اچ و در نظر گرفتن استنادهای مقالاتی است که پیش یا پس از هسته اچ قرار دارند، تا اثر واقعی استنادها در سنجش عملکرد پژوهشگر لحاظ شود (۳۵).

روش محاسبه: ابتدا مجموع استنادهای اضافی (e) از تفریق مجموع کل استنادها از مجذور شاخص اچ (H^2) به دست می‌آید. سپس با جمع ریشه دوم e با شاخص اچ، مقدار h_b-index محاسبه می‌شود. به عنوان مثال دو محقق فرضی با سه مقاله را در نظر بگیرید. محقق اول با مجموع ۵۳ استناد، با سه مقاله با تعداد استناد ۵۰، ۲ و ۱ و محقق دوم با مجموع ۵ استناد، با سه مقاله با استناد ۲، ۲ و ۱ هستند. بنابراین شاخص اچ هر دو محقق برابر با ۲ است. تعداد استنادهای اضافی محقق اول برابر است با $۴۹=۲^۲-۵۳$ و تعداد استنادهای اضافی برای محقق دوم برابر است با $۱=۲^۲-۵$. شاخص اچ بی محقق اول برابر است با $۳=۱+\sqrt{۱}۲$ و شاخص اچ بی محقق دوم برابر است با $۹=۲+\sqrt{۴۹}$.

مزیت: این شاخص به پژوهشگرانی با H-index یکسان ولی مجموع استنادهای متفاوت امکان تمایز می‌دهد و بازتاب دقیق‌تری از اثرگذاری واقعی مقالات آن‌ها ارائه می‌کند (۳۵).

محدودیت: محاسبه شاخص اچ بی نیازمند اطلاعات دقیق از مجموع استنادهای مقالات است و نسبت به شاخص اچ سنتی پیچیده‌تر است و کاربرد مستقیم و سریع را محدود می‌کند (۳۵).

۹-۲- شاخص کا (K-index)

شاخص کا (K-index) به منظور رفع محدودیت‌های شاخص اچ توسعه یافته است، از جمله محدودیت‌هایی مانند نادیده گرفتن استنادهای کم و زیاد، اثر خوداستنادی، نادیده گرفتن تعداد نویسندگان مقالات و کند بودن تغییر شاخص در طول زمان (۳۶، ۳۷). این شاخص با تمرکز بر استنادهای مستقل، سهم واقعی پژوهشگر از استنادها را محاسبه می‌کند و اثر سوءگیری‌های ناشی از خوداستنادی و تعداد زیاد هم‌نویسندگان را حذف می‌نماید (۳۸).

هدف شاخص: هدف اصلی شاخص کا ارائه ارزیابی دقیق‌تر و عادلانه‌تر از تأثیر علمی پژوهشگر با در نظر گرفتن سهم واقعی او از استنادها و کاهش اثر خوداستنادی و تعداد بالای هم‌نویسندگان است (۳۸-۳۶).

روش محاسبه: ابتدا برای هر مقاله تنها استنادهای مستقل در نظر گرفته می‌شوند، یعنی استنادهایی که هیچ هم‌نویسنده مشترک بین مقاله استناد دهنده و استناد گیرنده ندارد. سپس این تعداد بر تعداد نویسندگان مقاله تقسیم می‌شود تا سهم واقعی پژوهشگر از آن استناد مشخص گردد. در نهایت، مجموع سهم استنادی همه مقالات محقق محاسبه شده و ریشه دوم آن به عنوان شاخص کا گزارش می‌شود (۳۸).

CCBY-NC.4.0 DEED

مزیت: شاخص کا به صورت پیوسته افزایش می‌یابد، اثر خوداستنادی و تعداد زیاد هم‌نویسندگان را کاهش می‌دهد و نمایی دقیق‌تر از عملکرد علمی پژوهشگر را ارائه می‌کند (۳۸).

محدودیت: روش محاسبه پیچیده و چندمرحله‌ای است و نیاز به داده‌های دقیق درباره استنادهای مستقل و تعداد نویسندگان دارد که استفاده سریع و ساده از آن را دشوار می‌سازد (۳۸).

۱۰-۲- شاخص آ (A-index)

برای اندازه‌گیری میانگین شدت استنادهای دریافتی مقالات هسته‌ی اچ یک پژوهشگر معرفی شده است تا عمق تأثیرگذاری این مقالات را نشان دهد (۳۹، ۱۳). این شاخص میانگین تعداد استنادهای مقالاتی را محاسبه می‌کند که در هسته‌ی اچ پژوهشگر قرار دارند و بنابراین میزان تأثیر واقعی مقالات اصلی او را مشخص می‌سازد (۱۴، ۱۳).

هدف شاخص: هدف شاخص آ، تعیین میانگین استناد مقالات هسته اچ پژوهشگر است تا نشان دهد که مقالات اصلی او به طور میانگین چقدر پراستناد و تأثیرگذار هستند (۳۹، ۱۳).

روش محاسبه: برای محاسبه شاخص آ، تمام استنادهای مقالات هسته‌ی اچ را جمع کرده و سپس مجموع را بر تعداد مقالات هسته اچ که در واقع همان شاخص اچ است، تقسیم می‌کنند (۱۴). به عنوان مثال پژوهشگری در هسته اچ وی ۴ مقاله با استناد های ۱۰، ۹، ۵ و ۴ قرار دارند. مجموع این استنادها که برابر است با ۲۸ را اگر بر تعداد مقالات هسته اچ که همان شاخص اچ فرد است یعنی ۴ تقسیم کنیم شاخص آ آن شخص برابر با ۷ می‌شود.

مزیت: شاخص آ عمق تأثیرگذاری مقالات اصلی پژوهشگر را به صورت میانگین نمایش می‌دهد و امکان مقایسه پژوهشگرانی با هسته اچ مشابه را از نظر کیفیت مقالات فراهم می‌آورد (۱۴، ۱۳).

محدودیت: اگر پژوهشگری شاخص اچ بالاتری داشته باشد، تقسیم مجموع استنادها بر شاخص اچ ممکن است شاخص آ کمتری نسبت به پژوهشگری با هسته اچ کوچک‌تر ایجاد کند، بنابراین این شاخص گاهی تصویر نادرستی از اثر واقعی پژوهشگر ارائه می‌دهد (۱۴).

۱۱-۲- شاخص آر (R-index)

برای سنجش قدرت تأثیرگذاری مقالات اصلی و هسته‌ی اچ یک پژوهشگر معرفی شده است (۳۹). این شاخص مکمل شاخص آ محسوب می‌شود و تأثیر واقعی مقالات پراستناد پژوهشگر را به شکل متفاوتی اندازه‌گیری می‌کند (۳۹).

هدف شاخص: هدف شاخص آر، اندازه‌گیری قدرت تأثیرگذاری مقالات اصلی پژوهشگر با تمرکز بر کل استنادهای دریافتی هسته اچ است تا تصویری دقیق‌تر از اثر علمی ارائه دهد (۳۹).

روش محاسبه: این شاخص با جمع زدن تمام استنادهایی که مقالات تشکیل‌دهنده‌ی شاخص اچ یا هسته‌ی اچ دریافت کرده‌اند و سپس گرفتن ریشه‌ی دوم (جذر) از آن مجموع، محاسبه می‌شود (۳۹). به عنوان مثال پژوهشگری که در هسته اچ وی ۴ مقاله با استنادهای ۱۰، ۹، ۵ و ۴ قرار دارند. مجموع این استنادها که برابر است با ۲۸ را اگر از آن جذر بگیریم شاخص آر محاسبه می‌شود به عبارتی شاخص آر در این مثال ($\sqrt{۲۸} = ۵/۲۹$) است.

CCBY-NC.4.0 DEED

مزیت: شاخص آر شدت و قدرت واقعی تأثیرگذاری مقالات هسته اچ را بهتر از شاخص آ نشان می‌دهد و تفاوت بین پژوهشگران با هسته اچ یکسان اما با استنادهای متفاوت را مشخص می‌کند (۳۹).

محدودیت: این شاخص نیز مانند شاخص آ تنها بر مقالات هسته اچ تمرکز دارد و مقالات خارج از هسته اچ و تأثیرات بلندمدت آن‌ها را در نظر نمی‌گیرد، بنابراین تصویری کامل از تمام فعالیت‌های پژوهشگر ارائه نمی‌دهد (۳۹).

۱۲-۲- شاخص اِی آر (AR-index)

به‌عنوان مکمل شاخص اچ معرفی شده و هدف آن رفع محدودیت‌های شاخص اچ در بررسی تأثیر علمی در طول زمان است (۴۰، ۳۹). این شاخص به جای تمرکز صرف بر تعداد مقالات با حداقل استناد، بر میزان تأثیر سالانه مقالات هسته اچ تمرکز دارد و پویایی فعالیت پژوهشگر را در طول زمان نشان می‌دهد.

هدف شاخص: هدف شاخص اِی آر، ارائه تصویری پویا و زمان‌مند از تأثیر علمی پژوهشگر و رفع محدودیت‌های شاخص اچ است تا تغییرات در تأثیر مقالات هسته اچ در طول زمان لحاظ شود (۴۰، ۳۹).

روش محاسبه: برای محاسبه شاخص اِی آر، ابتدا تعداد استنادهای هر مقاله هسته اچ بر سن آن مقاله تقسیم می‌شود (۴۰). به عنوان مثال جدول ۶، اگر چهار مقاله دارای استنادهای ۱۰، ۹، ۵ و ۴ باشند و سن آن‌ها به ترتیب ۳، ۲، ۴ و ۵ سال باشد، حاصل تقسیم‌ها به ترتیب برابر ۳/۳۳، ۴/۵، ۱/۲۵ و ۰/۸ می‌شود. سپس این مقادیر با هم جمع می‌شوند که مجموع آن‌ها ۹/۸۸ خواهد بود. در نهایت، با گرفتن ریشه دوم این مجموع، شاخص اِی آر محاسبه می‌شود که در این مثال برابر با ۳/۱۴ است.

جدول ٦- نحوه محاسبه مجموع تعداد استنادها تقسیم بر سن مقاله در محاسبه شاخص اِی آر

شماره مقاله	تعداد استنادها	سن مقاله	تعداد استنادها تقسیم بر سن مقاله
۱	۱۰	۳	۳/۳۳
۲	۹	۲	۴/۵
۳	۵	۴	۱/۲۵
۴	۴	۵	۰/۸
مجموع تعداد استنادها تقسیم بر سن مقاله			۹/۸۸

مزیت: شاخص اِی آر پویا و زمان‌مند است و می‌تواند افزایش یا کاهش یابد، بنابراین تصویری دقیق‌تر از به‌روز بودن و پویایی تأثیر علمی پژوهشگر ارائه می‌دهد (۴۰، ۳۹).

محدودیت: این شاخص تنها بر مقالات هسته اچ تمرکز دارد و مقالات خارج از هسته و تأثیرات غیرمستقیم آن‌ها لحاظ نمی‌شوند، همچنین محاسبه آن نیازمند داده دقیق از سال انتشار مقالات است (۴۰، ۳۹).

۳- سایر شاخص‌ها و منابع تکمیلی

افزون بر شاخص‌های مورد بررسی در این مقاله، شاخص‌های متعددی در ادبیات علم‌سنجی پیشنهاد شده‌اند که هر یک با هدف رفع محدودیت‌های شاخص‌های پایه و ارائه تصویری دقیق‌تر از عملکرد پژوهشی توسعه یافته‌اند. از جمله این شاخص‌ها، شاخص دبلیو (W-index) با تمرکز بر مقالات بسیار پراستناد، توانایی پژوهشگر در تولید آثار با تأثیر علمی بالا را می‌سنجد و نسبت به شاخص اچ حساسیت بیشتری به استنادهای زیاد دارد (۴۱)،

CCBY-NC.4.0 DEED

شاخص‌های آلفای اچ (Hα-index) و آلفای جی (Gα-index) با وارد کردن یک پارامتر کنترلی، امکان ایجاد تعادل دلخواه میان کمیت تولیدات علمی و کیفیت آن‌ها (تعداد استنادها) را فراهم می‌کنند و در نتیجه انعطاف‌پذیری شاخص‌های اچ و جی را افزایش می‌دهند (۴۲)، شاخص اچ دو (h(2)-Index) نسخه‌ای سخت‌گیرانه‌تر از شاخص اچ است که تنها مقالات بسیار پراستناد را لحاظ می‌کند و برای شناسایی پژوهشگران نخبه با آثار شاخص مناسب‌تر است (۴۳)، شاخص اِف (F-index) با تمرکز بر استنادهای هم‌تراز، تلاش می‌کند نفوذ واقعی علمی پژوهشگر را بدون تأثیرگذاری بیش‌ازحد چند مقاله بسیار پراستناد نشان دهد (۴۴)، شاخص اچ جی (HG-index) با ترکیب شاخص‌های اچ و جی، نقاط قوت هر دو شاخص را پوشش داده و ارزیابی متوازن‌تری از عملکرد علمی ارائه می‌دهد (۴۵). همچنین شاخص اچ نرمال‌شده (Normalized H-index) با نرمال‌سازی استنادها بر اساس ویژگی‌های رشته‌ای و بازه زمانی، امکان مقایسه منصفانه‌تر پژوهشگران در حوزه‌ها و دوره‌های مختلف را فراهم می‌کند (۴۶) و در نهایت، شاخص اچ وزنی نویسنده (Author-weighted H-Index) با اختصاص وزن به مقالات بر اساس سهم نویسندگی، سعی دارد مشارکت واقعی هر پژوهشگر را در تولید آثار علمی منعکس کند (۴۷). علاقه‌مندان به مطالعه عمیق‌تر شاخص‌های علم‌سنجی می‌توانند به کتاب «راهنمای شاخص‌های کتاب‌سنجی: ابزارهای کمی برای مطالعه و ارزیابی پژوهش» نیز مراجعه کنند (۴۸).

نتیجه‌گیری

ارزیابی کیفیت علمی پژوهشگران اهمیت بالایی دارد و شاخص اچ با وجود سادگی و قابلیت فهم سریع، به دلیل محدودیت‌هایی مانند عدم در نظر گرفتن تغییرات زمانی، اثر خوداستنادی‌ها و تعداد نویسندگان مقالات، به تنهایی تصویر کاملی از تأثیر علمی ارائه نمی‌دهد. بررسی‌های این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده صرف از یک شاخص کافی نیست و برای ارزیابی دقیق عملکرد پژوهشگران، شناخت و کاربرد مجموعه‌ای از شاخص‌های علم‌سنجی ضروری است. به همین منظور شاخص‌های تخصصی‌تر مانند G-index برای تمرکز بر مقالات پراستناد، HI-index برای تعدیل اثر مشارکت نویسندگان متعدد، M-index برای سنجش بهره‌وری زمانی و شاخص‌های پویا مانند HC-index توسعه یافته‌اند. در نتیجه، برای تضمین ارزیابی منصفانه و جامع عملکرد پژوهشگران، لازم است جامعه علمی از رویکرد تک‌بعدی صرف شاخص اچ فراتر رفته و با استفاده ترکیبی و هوشمندانه از این شاخص‌های توسعه‌یافته، تأثیر پژوهشی محققان در تمام ابعاد عملکردی به شکل کامل و دقیق مورد سنجش قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از داوران محترم مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان به جهت بازخوانی دقیق و راهنمایی‌های سودمندشان صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

تعارض در منافع: این پژوهش تعارض منافعی ندارد.

حامی مالی: پژوهش حاضر فاقد هرگونه حمایت مالی بوده است.

ملاحظات اخلاقی (کد اخلاق): این مطالعه از نوع آموزشی است.

مشارکت نویسندگان

- **طراحی ایده:** محسن رضائیان
- **روش کار:** محسن رضائیان
- **جمع‌آوری داده‌ها:** مهرنوش سالاری
- **تجزیه‌وتحلیل داده‌ها:** مهرنوش سالاری
- **نظارت:** محسن رضائیان
- **مدیریت پروژه:** محسن رضائیان
- **نگارش – پیشنویس اصلی:** محسن رضائیان، مهرنوش سالاری
- **نگارش – بررسی و ویرایش:** محسن رضائیان، مهرنوش سالاری

CCBY-NC.4.0 DEED

References

1. Panaretos J, Malesios C. Assessing a Researcher's Scientific Productivity and Scholarly Impact. A Guide to the Scientific Career: Virtues, Communication, Research and Academic Writing. 2019: 69-79.
2. Erstad BL. Recommendations for Assessing the Quality of Clinical Faculty Members' Journal Publications. *Am J Pharm Educ* 2023; 87(11): 100575.
3. Michalska-Smith MJ, Allesina S. And, not or: Quality, quantity in scientific publishing. PLoS One. 2017; 12(6): e0178074.
4. Schmoch U, Schubert T, Jansen D, Heidler R, Von Görtz R. How to use indicators to measure scientific performance: a balanced approach. *Research Evaluation* 2010; 19(1): 2-18.
5. Salthammer T. Quality or quantity? Historic and current trends in scientific publishing. Wiley Online Library; 2016. p. 347-9.
6. Rezaeian M. Quality of the Articles or Quantity of the Articles? *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences* 2020; 18(11): 1081-2.
7. Halford BA. 2020 Ig Nobel Prizes. *Chemical & Engineering News* 2020; 98: 40-.
8. Hirsch JE. An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National academy of Sciences* 2005; 102(46): 16569-72.
9. Thomaz PG, Assad RS, Moreira LFP. Using the impact factor and H index to assess researchers and publications. *Arquivos Brasileiros De Cardiologia* 2011; 96: 90-3.
10. Morrison PJ. The Hirsch Index and measuring the quality of scientific papers. *The Ulster Medical Journal* 2008; 77(1): 1.
11. Singh HP. Alternative research bibliometrics: It's about quality and not quantity. Shoulder Elbow. 2022; 14(2): 121-2.
12. Dias LA. Relative h-index to compare the scientific performance of researchers. *Genet Mol Res* 2012; 11(2): 1738-40.
13. Burrell QL. On the h-index, the size of the Hirsch core and Jin's A-index. *Journal of Informetrics* 2007; 1(2): 170-7.
14. Jin B. h-index: an evaluation indicator proposed by scientist. Science Focus. 2006; 1(1): 8-9.
15. Harzing A-W. Reflections on the h-index. *Business & Leadership* 2012; 1(9): 101-6.
16. Gray R, Hassanein E, Thompson DR. Journal editors and their h-index. *J Adv Nurs* 2017; 73(9): 2031-4.
17. Mesgarpour B, Kabiri P, Vasei M, Nasiri I, Aminpour F, Bamdadi F. Attitudes of Academic Members of Iranian Medical Universities towards Factors that Increase h-index and Paper Citations. *Hakim Journal* 2011; 14(3): 130-6.

CCBY-NC.4.0 DEED

18. Light R, Gullickson A, Harrison JA. Inequality in measuring scholarly success: Variation in the h-index within and between disciplines. *PLoS One* 2025; 20(1): e0316913.

19. Manjareeka M. Evaluation of researchers: H-Index or G-Index which is better? *Journal of Integrative Medicine and Research* 2023; 1(1): 34-6.

20. Egghe L. Theory and practise of the g-index. *Scientometrics* 2006; 69(1): 52-131.

21. Masic I, Begic E. Scientometric Dilemma: Is H-index Adequate for Scientific Validity of Academic's Work? *Acta Inform Med* 2016; 24(4): 228-32.

22. Sommer V, Wohlrabe K. Citations, journal ranking and multiple authorships reconsidered: evidence from almost one million articles. *Applied Economics Letters* 2017; 24(11): 809-14.

23. Abramo G, D'Angelo CA. The relationship between the number of authors of a publication, its citations and the impact factor of the publishing journal: Evidence from Italy. *Journal of informetrics* 2015; 9(4): 746-61.

24. Navon D. The hi index: A proposed new metric of individual scientific output. *Cybermetrics* 2009; 13.

25. Batista PD, Campiteli MG, Kinouchi O, Martinez AS. Is it possible to compare researchers with different scientific interests? *Scientometrics* 2006; 68(1):179-89.

26. Khan NR, Thompson CJ, Taylor DR, Gabrick KS, Choudhri AF, Boop FR, et al. Part II: Should the h-index be modified? An analysis of the m-quotient, contemporary h-index, authorship value, and impact factor. *World Neurosurg* 2013; 80(6): 766-74.

27. Sidiropoulos A, Katsaros D, Manolopoulos Y. Generalized Hirsch h-index for disclosing latent facts in citation networks. *Scientometrics* 2007; 72(2): 253-80.

28. Atwan Y, Charron BP, Sidhu S, Cavanagh J, Degen R. Publication Productivity Among Academic Orthopaedic Surgeons in Canada. *Cureus* 2020; 12(6): e8441.

29. Bartneck C, Kokkelmans S. Detecting h-index manipulation through self-citation analysis. *Scientometrics* 2011; 87(1): 85-98.

30. Mallick S, Vashistha R, Vashistha B. Promoting research: why, how, indices h-index, m-index, etc. Translational Radiation Oncology: Elsevier; 2023. p. 657-8.

31. Bornmann L. Do we need the e-index in addition to the h-index and its variants? *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 2011; 62(7):1433-4.

32. Zhang C-T. The e-index, complementing the h-index for excess citations. *PloS one* 2009; 4(5): e5429.

33. Dodson MV. Citation analysis: Maintenance of h-index and use of e-index. *Biochem Biophys Res Commun* 2009; 387(4): 625-6.

34. Mao H, Chen J. Quality Research Follows the Power Law. *Journal of Scientometric Research* 2023; 12(3): 570-6.

35. Brown OR. The h(b)-index, a modified h-index designed to more fairly assess author achievement. *Redox Rep* 2012; 17(4): 176-8.

CCBY-NC.4.0 DEED

36. Gianoli E, Molina□Montenegro MA. Insights into the relationship between the h□index and self□citations. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 2009; 60(6): 1283-5.

37. Kiselev AR. Modification of h-index in the context of the author"s contribution to writing of the article. *Russian Open Medical Journal* 2016; 5(4):408-.

38. Kaptay G. The k-index is introduced to replace the h-index to evaluate better the scientific excellence of individuals. *Heliyon* 2020; 6(7).

39. Jin B, Liang L, Rousseau R, Egghe L. The R-and AR-indices: Complementing the h-index. *Chinese Science Bulletin* 2007; 52(6): 855-63.

40. Jin B. The AR-index: complementing the h-index. ISSI newsletter. 2007; 3(1):6.

41. Wu Q. The w□index: A measure to assess scientific impact by focusing on widely cited papers. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 2010; 61(3): 609-14.

42. van Eck NJ, Waltman L. Generalizing the h-and g-indices. *Journal of Informetrics* 2008; 2(4): 263-71.

43. Kosmulski M. A new Hirsch-type index saves time and works equally well as the original h-index. *ISSI newsletter* 2006; 2(3): 4-6.

44. Katsaros D, Akritidis L, Bozanis P. The f index: Quantifying the impact of coterminal citations on scientists' ranking. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 2009; 60(5): 1051-6.

45. 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(2): 391-400.

46. Radicchi F, Fortunato S, Castellano C. Universality of citation distributions: Toward an objective measure of scientific impact. Proceedings of the National *Academy of Sciences* 2008; 105(45): 17268-72.

47. Abbas AM. Weighted indices for evaluating the quality of research with multiple authorship. *Scientometrics* 2011; 88(1): 107-31.

48. Todeschini R, Baccini A. Handbook of bibliometric indicators: Quantitative tools for studying and evaluating research: John Wiley & Sons; 2016.

CCBY-NC.4.0 DEED

The H-Index and Beyond: New Tools for Evaluating Researcher Performance

Mehrnoosh Salari[1], Mohsen Rezaeian[2]

Received: 22/11/25 Sent for Revision: 21/12/25 Received Revised Manuscript: 27/12/25 Accepted: 29/12/25

Evaluating researchers' performance based solely on publication counts is not sufficient. The quality and scientific impact of those publications are the primary criteria for research assessment. The H-Index is one of the well-established bibliometric indicators that measures the quality of publications based on citation counts, but it has limitations such as ignoring the number of co-authors, self-citations, and temporal changes. This study examines the H-Index and the indicators developed after it with the aim of providing a comprehensive overview of quantitative tools for evaluating researcher performance. To achieve this goal, a systematic review of the bibliometric literature was conducted. Key derived metrics were analyzed, including the G-Index, Individual H-Index, HC-Index, M-Index, Q-Index, E-Index, Q_C-Index, Q_N-Index, Q_1-Index, Q_2-Index, h_b-Index, K-Index, A-Index, R-Index, and AR-Index. The characteristics, limitations, and applications of each metric were examined to clarify how they address the shortcomings of the H-Index. The results show that each derived indicator addresses some of the limitations of the H-Index. Using these metrics together provides a more accurate and fairer picture of researchers' performance. Based on this review, a comprehensive and scientifically sound evaluation of researchers cannot rely on the H-Index alone. Intelligent use of derived metrics is essential. This study introduces existing bibliometric tools and their applications in a systematic manner and enhances the awareness of researchers and institutions for more precise assessment.

Keywords: H-index, Scientometrics, Citation indices, Self-citations, Researcher performance evaluation

Funding: This study did not have any funds.

Conflict of interest: None declared.

Ethical considerations: Not applicable.

Authors' contributions:

- Conceptualization: Mohsen Rezaeian

- Methodology: Mohsen Rezaeian

- Data collection: Mehrnoosh Salari

- Formal analysis: Mehrnoosh Salari

- Supervision: Mohsen Rezaeian

- Project administration: Mohsen Rezaeian

- Writing – original draft: Mohsen Rezaeian, Mehrnoosh Salari

- Writing – review & editing: Mohsen Rezaeian, Mehrnoosh Salari

Citation: Salari M, Rezaeian M. The H-Index and Beyond: New Tools for Evaluating Researcher Performance. *J Rafsanjan Univ Med Sci* 2026; 24 (10): 979-94. [Farsi]

1- MSc Student in Epidemiology, School of Health, Rafsanjan University of Medical Sciences, Rafsanjan, Iran

2- Prof., Dept. of Epidemiology and Biostatistics, School of Health, Occupational Environment Research Center, Rafsanjan University of Medical Sciences, Rafsanjan, Iran, ORCID: 0000-0003-3070-0166

(Corresponding Author) Tel: (034) 31315243, E-mail: moeygmr2@yahoo.co.uk

CCBY-NC.4.0 DEED