REVIEW ARTICLE

Population Attributable Fraction: Concepts, Calculation Methods, and Public Health Applications

Azimeh Chaboki[1]
Ali Ahmadi[2]

[1] MSc Student in Epidemiology, Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran
[2] Professor, Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran

(Received February 15, 2026; Accepted July 21, 2026)

Abstract

Background and purpose: The Population Attributable Fraction (PAF) is a key epidemiological measure that quantifies the proportion of disease burden in a population that could theoretically be prevented if one or more causal risk factors were eliminated. Because PAF incorporates both effect size and exposure prevalence, it is widely used for prioritizing preventive interventions and informing health policy. This study aimed to review and compare methodological approaches for calculating PAF and to examine their conceptual and practical implications for epidemiological research and health system planning.

Materials and methods: A narrative review was conducted by searching national and international databases for articles published between 2000 and 2025 using keywords related to PAF, epidemiology, and methodology. After screening and removing duplicates, 12 studies representing diverse methodological approaches, including Levin's classical formula, multivariable regression models, cohort-based survival models, multilevel logistic models, and indirect standardization, were included in the qualitative synthesis.

Results: The findings indicated that PAF estimates depend more on methodological choices, data structure, statistical modelling, choice of reference level, and causal assumptions than on the magnitude of risk factors alone. While Levin's formula provides a simple and transparent estimate, it cannot adjust for confounding or interactions. Regression-based and advanced modelling approaches allow adjustment for confounders, multivariable PAF estimation, and assessment of population inequalities. Overlapping exposures can substantially inflate PAF estimates, and weighted or low-risk scenario approaches often yield more conservative and realistic estimates.

Conclusion: PAF is not a fixed quantity but depends on the methodological approach used, and its interpretation requires careful consideration of causal assumptions, the type of data available, and the analytic purpose. Transparent reporting of methods and reference levels is essential for producing valid and policy-relevant PAF estimates for health systems.

Keywords: epidemiology, risk, population attributable fraction, prioritization, health system

J Mazandaran Univ Med Sci 2026; 36 (259): 297-308 (Persian).

Corresponding Author: Ali Ahmadi - School of Public Health, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran (E-mail: aliahmadi2007@gmail.com)

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-10]

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره سی و ششم شماره ۲۵۹ مرداد سال ۱۴۰۵ (۳۰۸-۲۹۷)

کسر منتسب جمعیتی: مفاهیم، روش‌های محاسبه و کاربردهای سلامت عمومی

عظیمه چابکی[۱]
علی احمدی[۲]

چکیده

سابقه و هدف: کسر منتسب جمعیتی (PAF) شاخصی کلیدی در اپیدمیولوژی است که نشان می‌دهد چه نسبتی از بار بیماری در یک جمعیت، در صورت حذف یک یا چند عامل خطر با رابطه علّیتی معتبر، قابل پیشگیری است. این شاخص به‌دلیل حساسیت به شیوع مواجهه و اندازه اثر، ابزار مهمی برای اولویت‌بندی مداخلات پیشگیرانه و سیاست‌گذاری سلامت محسوب می‌شود. این مطالعه با هدف مرور و مقایسه روش‌های مختلف محاسبه PAF و تحلیل پیامدهای مفهومی و کاربردی آن در پژوهش‌های اپیدمیولوژیک و برنامه‌ریزی سلامت، انجام پذیرفت.

مواد و روش ها: این پژوهش به‌صورت مرور روایتی انجام شد. جستجو در پایگاه‌های داخلی و بین‌المللی برای مقالات منتشر شده طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ با استفاده از کلید واژه‌های مرتبط با PAF، اپیدمیولوژی و روش‌شناسی صورت گرفت. پس از غربالگری و حذف موارد تکراری، ۱۲ مطالعه که نماینده رویکردهای مختلف محاسبه PAF بودند (از جمله فرمول کلاسیک لوین، مدل‌های رگرسیونی، مدل‌های بقا، روش‌های چند سطحی و استانداردسازی غیرمستقیم) وارد مطالعه شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که PAF علاوه بر اندازه اثر عوامل خطر، به نوع داده، مدل آماری، انتخاب سطح مرجع و مفروضات علیتی نیز وابسته است. فرمول لوین برآوردی سریع و شفاف ارائه می‌دهد، اما توانایی کنترل مخدوش‌کننده‌ها و اینترکشن را ندارد. مدل‌های رگرسیونی و روش‌های پیچیده‌تر امکان تعدیل مخدوش کننده‌ها، تحلیل چند عاملی و بررسی نابرابری‌ها را فراهم می‌کنند. هم‌پوشانی مواجهه‌ها می‌تواند منجر به بیش برآورد شدید شود و استفاده از روش‌های وزندار یا سناریوی کم‌خطر برآوردهای واقع‌بینانه‌تری ارائه می‌دهد.

استنتاج: PAF شاخصی وابسته به چارچوب روش‌شناختی است و تفسیر آن باید با توجه به مفروضات علیتی، نوع داده و هدف تحلیل انجام شود. شفافیت در گزارش روش محاسبه و انتخاب سطح مرجع برای استفاده صحیح از این شاخص در سیاست‌گذاری سلامت ضروری است.

واژه های کلیدی: اپیدمیولوژی، خطر، کسر منتسب جمعیتی، اولویت‌بندی، نظام سلامت

مولف مسئول: علی احمدی- شهرکرد: مرکز تحقیقات مدل سازی در سلامت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد **E-mail:** aliahmadi2007@gmail.com

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد اپیدمیولوژی، گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران

۲.استاد اپیدمیولوژی، گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران

تاریخ دریافت : ۱۴۰۴/۱۱/۲۶ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۱۴۰۴/۱۲/۱۷ تاریخ تصویب : ۱۴۰۵/۴/۳۰

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-10]

مقدمه

کسر منتسب جمعیتی (Population Attributable Fraction; PAF) شاخصی بنیادی در اپیدمیولوژی است که نشان می‌دهد چه نسبتی از بار یک بیماری در جمعیت می‌توانست در صورت حذف یک یا چند عامل خطر با رابطه علّیتی معتبر، پیشگیری شود(۱، ۲). برخلاف خطر نسبی (Relative Risk; RR) که تنها شدت ارتباط میان مواجهه و پیامد را نشان می‌دهد، PAF به شیوع مواجهه در جمعیت هدف نیز حساس است؛ از این رو ابزاری بسیار کارآمد برای اولویت‌بندی مداخلات پیشگیرانه در سطح کلان وتخصیص بهینه منابع سلامت محسوب می‌شود(۳، ۴).

مطالعات متعدد نشان داده‌اند که PAF در حوزه‌های مختلف سلامت عمومی، از جمله بیماری‌های مزمن غیرواگیر مانند سرطان، دیابت، زوال عقل و بیماری‌های قلبی– عروقی و هم‌چنین در سوانح، بیماری‌های شغلی و عفونی کاربرد گسترده‌ای دارد(۱۰–۵). علاوه بر این، در مطالعات کوهورت و همچنین تدوین گایدلاین ها و راهنماهای بالینی اولویت دار، توسعه ابزارهای نوین مانند فرمول‌های تعمیم یافته (Generalized Impact Fraction; GIF)، مدل‌سازی دینامیک و رویکردهای علیتی نظیر G-formula افق‌های جدیدی برای محاسبه و تفسیر دقیق‌تر این شاخص فراهم کرده‌اند(۴، ۵، ۱۱). استفاده صحیح و دقیق ازPAF به سیاست‌گذاران سلامت این امکان را می‌دهد که با شناسایی عوامل خطر قابل مداخله با بیش‌ترین تأثیر بالقوه، برنامه‌ریزی مؤثرتری برای کاهش بار بیماری انجام دهند(۱، ۱۰).

در سال‌های اخیر، این شاخص به یکی از ابزارهای اصلی در ارزیابی مقایسه‌ای خطر و برآورد بار بیماری تبدیل شده است(۱۲). در این چارچوب، PAF سهم پیامدهای سلامت قابل انتساب به مواجهه با عوامل خطر را در سطح جمعیت مشخص می‌کند و مبنایی برای تحلیل نابرابری‌ها و طراحی مداخلات مبتنی بر شواهد فراهم می‌سازد(۱۳).

هدف این مطالعه، بررسی و مقایسه رویکردهای روش‌شناختی مختلف در محاسبه کسر منتسب جمعیتی و تحلیل پیامدهای مفهومی و کاربردی آن در مطالعات اپیدمیولوژیک و فراهم نمودن مستند فارسی بوده است. معرفی دقیق این شاخص در ایران می‌تواند زمینه استفاده گسترده‌تر از آن را در اولویت‌بندی عوامل خطر، برنامه‌ریزی مداخلات پیشگیرانه و جلوگیری از هدر رفت منابع نظام سلامت و تدوین راهنماهای بالینی اولویت دار را فراهم کند. در صورت به‌کارگیری صحیح این شاخص، امکان طراحی مداخلات مؤثرتر و کاهش بار بیماری در سطح جمعیت فراهم می‌شود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به‌صورت یک مرور روایتی با هدف تحلیل و مقایسه رویکردهای مختلف محاسبه کسر منتسب جمعیتی انجام شد. برای دستیابی به شواهد معتبر، جستجوی گسترده‌ای در پایگاه‌های داده بین‌المللی شامل PubMed، Scopus، Web of Science و Google Scholar و هم‌چنین پایگاه‌های داخلی نظیر SIDو Magiran انجام گرفت. جستجو برای مقالات منتشر شده در بازه زمانی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ صورت پذیرفت. کلید واژه‌های اصلی مورد استفاده شامل Population Attributable Fraction، Population Attributable Risk، PAF، PAR و Attributable Risk بود که در ترکیب با واژگان مرتبط با جنبه‌های روش‌شناختی و تحلیلی مانند epidemiology، risk assessment، causal inference، regression، methodology calculation و burden of disease به کار رفتند. عملگرهای بولی AND و OR برای ترکیب کلید واژه‌ها استفاده شد تا حساسیت و ویژگی جستجو افزایش یابد.

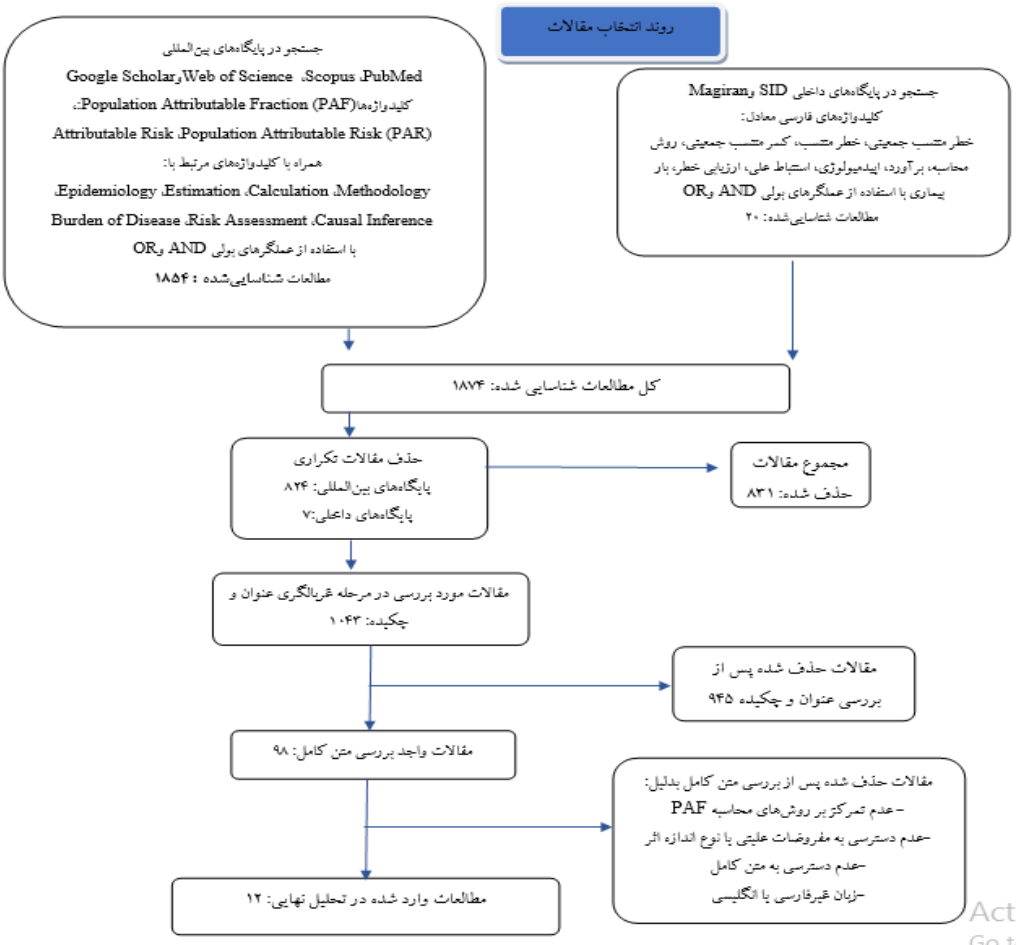
پس از گردآوری نتایج اولیه، مقالات بر اساس عنوان و چکیده غربالگری شدند. معیار ورود شامل مقالاتی بود که به‌طور مستقیم به معرفی، تحلیل یا مقایسه روش‌های محاسبه کسر منتسب جمعیتی پرداخته بودند، مفروضات علیتی یا نوع اندازه اثر را بررسی کرده بودند،

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-10]

به زبان فارسی یا انگلیسی منتشر شده بودند و متن کامل آن‌ها در دسترس بود. معیارهای خروج شامل مقالات فاقد روش محاسباتی مشخص، گزارش‌های غیرعلمی، نامه به سردبیر، چکیده‌های کنفرانس، مطالعات تکراری و مقالاتی بود که صرفاً به شیوع یا بار بیماری پرداخته بودند بدون آن که روش محاسبه PAF را ارائه کنند. در مرحله بررسی متن کامل، مقالاتی که داده کافی برای تحلیل روش‌شناختی نداشتند نیز کنار گذاشته شدند.

در نهایت، ۱۲ مطالعه که نماینده رویکردهای متفاوت و پرکاربرد در محاسبه کسر منتسب جمعیتی بودند، وارد تحلیل نهایی شدند.

برای ارزیابی کیفیت مطالعات، معیارهایی همچون وضوح روش محاسبه PAF، شفافیت مفروضات علیتی، نوع اندازه اثر مورد استفاده (RR، OR، HR)، نحوه مدیریت هم‌پوشانی مواجهه‌ها، کفایت داده‌ها و میزان کاربرد پذیری روش در تحلیل‌های سیاست محور بررسی شد. این ارزیابی به‌صورت کیفی انجام شد و هدف آن انتخاب مطالعاتی بود که نماینده معتبرترین و متنوع‌ترین رویکردهای محاسباتی باشند (تصویر شماره ۱). اطلاعات استخراج شده از هر مطالعه شامل نوع طراحی پژوهش، روش محاسبه PAF، نوع مدل آماری، نحوه انتخاب سطح مرجع، نوع اندازه اثر، نحوه مدل‌سازی مواجهه‌ها، روش مدیریت هم‌پوشانی عوامل خطر و کاربردهای سیاست‌گذاری بود.



تصویر شماره ۱: فلوچارت فرایند انتخاب مطالعات رویکردهای روش‌شناختی کسر منتسب جمعیتی در مرور روایتی

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-10]

تحلیل داده‌ها به‌صورت کیفی و مقایسه‌ای انجام شد و تمرکز اصلی بر بررسی مفروضات علیتی، حساسیت برآوردها به نوع داده و مدل آماری، تفاوت میان روش‌های ساده و پیچیده، نقاط قوت و محدودیت‌های هر رویکرد و پیامدهای کاربردی آن‌ها در برآورد بار بیماری و اولویت‌بندی مداخلات سلامت بود. با توجه به ماهیت مرور روایتی و عدم استفاده از داده‌های فردی، این مطالعه نیاز به دریافت کد اخلاق در پژوهش نداشت.

یافته‌ها

روش های محاسبه کسر منتسب جمعیتی شامل روش‌های مبتنی بر فرمول کلاسیک لوین، مدل‌های رگرسیونی چند متغیره و استفاده از نسبت شانس تعدیل شده، مدل‌های نیمه‌پارامتریک و مدل‌های بقا در مطالعات کوهورت، مدل‌های لجستیک چند سطحی در مطالعات مقطعی، روش‌های مبتنی بر سناریوی کم‌خطر یا الگوی بهینه، روش‌های وزن دار برای تعدیل هم‌بستگی میان مواجهه‌ها، رویکردهای مبتنی بر احتمال پیش‌بینی شده مانند روش گرینلند درشر در مطالعات مورد شاهدی، و استانداردسازی غیرمستقیم برای مقایسه زیرگروه‌های جمعیتی بودند(۴، ۲۲ – ۱۴).

بررسی ۱۲ مطالعه منتخب و نتایج جدول شماره ۱ نشان داد که برآورد کسر منتسب جمعیتی (PAF) بیش از آن که بازتابی از شدت عوامل خطر باشد، به چارچوب روش‌شناختی، نوع داده، مدل آماری، انتخاب سطح مرجع و مفروضات علیتی وابسته است. تفاوت‌های مشاهده شده میان برآوردها عمدتاً ناشی از انتخاب روش محاسباتی و نحوه مدل‌سازی مواجهه‌ها، نه صرفاً تفاوت در اندازه اثر عوامل خطر، بود.

جدول شماره ۱: ویژگی‌های مطالعات وارد شده در مرور روایتی رویکردهای روش‌شناختی کسر منتسب جمعیتی

نویسنده (سال)	کشور	نوع مطالعه	عامل(های) خطر	پیامد مورد بررسی	روش برآورد PAF	مهم‌ترین یافته
Hanley (2001)	کانادا	مقاله روش‌شناختی (۲۱)	مواجهه‌های چندسطحی	—	مقایسه رویکردهای Levin و Miettinen	مبانی مفهومی و نحوه صحیح برآورد PAF در مواجهه‌های چندسطحی را تبیین کرد.
Choi (2010)	آمریکا	مطالعه روش‌شناختی (۱۶)	مواجهه‌های چندسطحی	مرگ منتسب	مقایسه روش‌های Allison و Mokdad و ارائه روش اصلاح‌شده	روش اصلاح شده، سادگی محاسبات را با انعطاف‌پذیری بیش‌تر ترکیب کرد.
Huxley و همکاران (2011)	آمریکا	مطالعه کوهورت مبتنی بر جمعیت (۲۳)	فشارخون، BMI، دیابت، سیگار و بیماری قلبی	بروز فیبریلاسیون دهلیزی	PAF مبتنی بر HR	بیش از نیمی از موارد فیبریلاسیون دهلیزی به عوامل خطر قابل اصلاح منتسب بود.
Khosravi Shadmani و همکاران (2013)	ایران	مطالعه مقطعی مبتنی بر داده‌های ثبت پلیس (۱۵)	سرعت و سبقت غیرمجاز	مرگ و مصدومیت ناشی از تصادفات جاده‌ای	مبتنی بر OR تعدیل‌شده	سرعت غیرمجاز بیش‌ترین سهم را در مرگ و مصدومیت ناشی از تصادفات داشت.
Rodriguez و همکاران (2015)	آمریکا	مطالعه کوهورت مبتنی بر جمعیت (۲۵)	پرفشاری خون، دیابت، چاقی و سیگار	بروز فیبریلاسیون دهلیزی	استانداردسازی غیرمستقیم	پرفشاری خون بیش‌ترین سهم را در بروز فیبریلاسیون دهلیزی داشت.
Lin و همکاران (2017)	چین، غنا، هند، مکزیک، روسیه و آفریقای جنوبی	مطالعه مقطعی (۲)	مواجهه طولانی‌مدت با $PM_{2.5}$	سکته مغزی	روش مبتنی بر OR تعدیل شده	حدود ۷ درصد موارد سکته مغزی به مواجهه با $PM_{2.5}$ بالاتر از حد توصیه شده WHO منتسب بود.
Ahangari و همکاران (2019)	ایران	مطالعه مبتنی بر داده‌های ثانویه (۱۴)	پرفشاری خون	مرگ ناشی از بیماری ایسکمیک قلب، سکته مغزی و مرگ از همه علل	برآورد مستقیم بر اساس شیوع مواجهه و HR	پرفشاری خون سهم قابل توجهی در مرگ‌های قلبی‌عروقی، به‌ویژه سکته مغزی، داشت.
Wang و همکاران (2020)	آمریکا	مطالعه روش‌شناختی (۱۷)	ناامیدی و افسردگی	افکار خودکشی	روش نیمه‌پارامتریک مبتنی بر B-spline	روش پیشنهادی نسبت به روش‌های متداول دقت بیش‌تری در برآورد PAF نشان داد.
Kim و همکاران (2020)	آمریکا	مطالعه روش‌شناختی با کاربرد در داده‌های کوهورت (۲۰)	عوامل سبک زندگی	سرطان کولورکتال	مقایسه رویکردهای Literature-based و Low-risk	دو رویکرد برآوردهای مشابهی ارائه کردند، اما نتایج به انتخاب عوامل خطر و مقادیر RR حساس بود.
Sinha و همکاران (2021)	آمریکا	مطالعه کوهورت آینده‌نگر تجمیع‌شده (۱۸)	چاقی، پرفشاری خون، دیابت، سیگار و هیپرلیپیدمی	بروز نارسایی قلبی	روش Laaksonen با در نظر گرفتن خطرات رقابتی	پرفشاری خون و چاقی بیش‌ترین سهم را در بروز نارسایی قلبی داشتند.
Arafat و همکاران (2021)	بنگلادش	مطالعه مورد-شاهدی (۲۴)	اختلالات روان‌پزشکی، افسردگی، رویدادهای استرس‌زا و سایر عوامل اجتماعی	خودکشی	روش Greenland–Drescher	رویدادهای استرس‌زای زندگی بیش‌ترین سهم را در خودکشی داشتند.
O'Connell و همکاران (2022)	کانادا	مطالعه روش‌شناختی (۲۶)	کم‌تحرکی (از طریق میانجی‌ها)	سکته مغزی	Pathway-specific PAF (PS-PAF)	روش PS-PAF امکان برآورد سهم هر مسیر علی را به‌صورت مجزا فراهم کرد.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-10]

در مطالعات مبتنی بر ارزیابی مقایسه‌ای خطر، استفاده از فرمول کلاسیک لوین امکان برآورد مستقیم سهم قابل پیشگیری یک عامل خطر را فراهم می‌کند. این فرمول بر پایه شیوع مواجهه (Pe) و خطر نسبی (RR) تعریف می‌شود (فرمول شماره ۱).

$$PAF = \frac{P_e(RR-1)}{P_e(RR-1)+1}$$

فرمول شماره ۱

با وجود سادگی و شفافیت، این روش به‌شدت به شیوع مواجهه و انتقال‌پذیری خطر نسبی از جمعیت‌های مرجع وابسته است و توانایی کنترل مخدوش‌کننده‌ها و تعاملات را ندارد(۱۴). بنابراین، در شرایطی که عوامل خطر هم‌پوشانی دارند یا ساختار جمعیت پیچیده است، این روش می‌تواند منجر به بیش‌برآورد قابل توجه شود.

در مطالعاتی که از مدل‌های رگرسیونی چند متغیره استفاده کرده‌اند، نسبت شانس تعدیل‌شده (Adjusted OR) یا خطر نسبی تعدیل شده برای محاسبه PAF به‌کار رفته است. این رویکرد امکان برآورد خطر منتسب جمعیتی چند عاملی را فراهم می‌کند و نشان می‌دهد که جمع ساده کسرهای منتسب منفرد می‌تواند بار واقعی بیماری را بیش برآورد کند، زیرا هم‌پوشانی مواجهه‌ها نادیده گرفته می‌شود(۱۵). برای رفع این مشکل، برخی مطالعات از فرمول‌های ترکیبی استفاده کرده‌اند (فرمول شماره ۲).

$$PAF_{joint} = 1 - \prod (1 - \mathrm{PAFi})$$

فرمول شماره ۲

فرمول شماره ۲، سهم تجمعی پیامد منتسب به هم‌زمانی مواجهه‌ها را نشان می‌دهد و در شرایطی که عوامل خطر با یکدیگر تعامل دارند، برآورد دقیق‌تری ارائه می‌دهد(۱۶، ۱۷).

در مطالعات کوهورت مبتنی بر مدل‌های بقا، کسر منتسب جمعیتی به‌صورت وابسته به زمان تعریف شده و بر اساس نرخ خطر علت اختصاصی یا بروز تجمعی در حضور ریسک‌های رقابتی محاسبه می‌شود. در این چارچوب، دو بیان ریاضی رایج، فرمول شماره ۳ و فرمول شماره ۴، می‌باشد.

فرمول شماره ۳

$$PAF = \frac{CIF_{cf}(t) - CIF_{obs}(t)}{CIF_{obs}(t)}$$

فرمول شماره ۴

$$PAF = \frac{\lambda^{cf}(t) - \lambda^{obs}(t)}{\lambda^{obs}(t)}$$

فرمول شماره ۳، بر شدت آنی وقوع رویداد و فرمول شماره ۴، بر احتمال تجمعی تجربه پیامد تمرکز دارد. در نظر گرفتن ریسک‌های رقابتی معمولاً منجر به کاهش برآورد PAF نسبت به تحلیل‌های ساده می‌شود(۱۸، ۲۳).

در مطالعات مقطعی مبتنی بر مدل‌های لجستیک چند سطحی، از ضرایب تعدیل شده مدل برای محاسبه PAFاستفاده شده است. در این رویکرد، کسر منتسب جمعیتی بر اساس توزیع جمعیت در سطوح مختلف مواجهه و نسبت شانس متناظر با هر سطح محاسبه می‌شود (فرمول شماره ۵).

فرمول شماره ۵

$$PAF = \frac{\int P_x[OR_x - 1]d_x}{\int P_x[OR_x - 1]d_x + 1}$$

در فرمول شماره ۵، ((P(x) توزیع جمعیت و ((x OR) نسبت شانس متناظر با سطح مواجهه است. این روش امکان ترجمه اندازه اثر آماری به شاخصی سیاست محور را فراهم می‌کند، هر چند برآوردها به انتخاب سطح مرجع و مفروضات ضد واقعی وابسته‌اند(۱۹).

در مواجهه‌های چند سطحی یا هم‌بسته، استفاده نادرست از فرمول لوین می‌تواند به بیش برآورد شدید منجر شود. برای رفع این مشکل، برخی مطالعات روش‌های جایگزینی مانند گروه کم‌خطر یا سناریوی بهینه را پیشنهاد کرده‌اند(۲۰، ۲۱). در این رویکرد، کسر منتسب جمعیتی بر اساس مقایسه بروز بیماری در جمعیت عمومی با بروز در گروه دارای پروفایل خطر بهینه محاسبه می‌شود (فرمول شماره ۶).

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-10]

فرمول شماره ۶

$$PAF = \frac{I_{population} - I_{low\ risk}}{I_{population}}$$

روش نسبت به هم‌بستگی عوامل خطر حساسیت کم‌تری دارد و معمولاً برآورد محافظه‌کارانه‌تری ارائه می‌دهد.

در مطالعاتی که از روش‌های وزن دار برای تعدیل هم‌بستگی میان عوامل خطر استفاده کرده‌اند، وزن‌ها بر اساس تحلیل مؤلفه‌های اصلی (Communality) تعیین شده‌اند (فرمول شماره ۷).

$$PAF_{combined} = 1 - \prod(1 - W_i * PAF_i)$$

فرمول شماره ۷

در فرمول شماره ۷ ($W_j = 1 - communality_j$) وزن تعدیل شده برای هر عامل خطر است(۴). این رویکرد نشان می‌دهد که برآوردهای غیر وزن‌دار ممکن است سهم قابل پیشگیری بیماری را بیش برآورد کنند.

در مطالعات مورد–شاهدی، روش‌های مبتنی بر احتمال پیش‌بینی شده مانند رویکرد گرینلند–درشر امکان برآورد PAF تعدیل شده را فراهم می‌کنند. در این روش، PAF بر اساس تفاوت میان احتمال پیش‌بینی شده پیامد در وضعیت مشاهده شده و سناریوی حذف فرضی مواجهه محاسبه می‌شود (فرمول شماره ۸).

فرمول شماره ۸

$$PAF = \frac{\sum A_{i=1}^{n}}{\sum A_{i=1}^{I}}$$

این روش نشان می‌دهد که حتی مواجهه‌های با شیوع پایین، اما اندازه اثر بزرگ می‌توانند سهم قابل توجهی در بار جمعیتی پیامد داشته باشند(۲۲، ۲۴).

در نهایت، روش استانداردسازی غیرمستقیم امکان مقایسه سهم عوامل خطر بین زیرگروه‌های جمعیتی را فراهم می‌کند، هر چند کنترل هم‌زمان مخدوش کننده‌ها در آن محدود است. در این روش، کسر منتسب جمعیتی بر اساس نسبت مواجهه در میان موارد و نسبت بروز استاندارد شده محاسبه می‌شود(۲۵). خلاصه‌ای از ویژگی‌ها، مفروضات و ملاحظات روش‌شناختی این رویکرد در جدول شماره ۲، ارائه شده است.

جدول شماره ۲: مقایسه ویژگی‌های روش‌های برآورد کسر منتسب جمعیتی (PAF)

روش برآوردPAF	طراحی مطالعه مناسب	مفروضات کلیدی	مزایا	ملاحظات روش‌شناختی
روش مبتنی بر شیوع مواجهه و RR/HR (Levin-type)	کوهورت، مطالعات مبتنی بر جمعیت	رابطه علی بین مواجهه و پیامد، برآورد معتبر RR/HRو شیوع مواجهه	ساده، شناخته شده، تفسیر آسان و کاربرد گسترده	در حضور مخدوش‌کننده‌گی یا مواجهه‌های چند سطحی نیازمند تعدیل مناسب یا روش‌های پیشرفته‌تر است.
روش‌های مبتنی بر رگرسیون (OR-based PAF)	مطالعات مقطعی و مورد-شاهدی	مدل رگرسیونی به‌درستی مشخص شده باشد و اثر مواجهه به‌طور مناسب تعدیل شده باشد.	امکان تعدیل هم‌زمان عوامل مخدوش‌کننده و برآوردPAF از مدل‌های چند متغیره	تفسیر نتایج به اعتبار مدل رگرسیونی وابسته است و در پیامدهای شایع باید در تفسیر OR احتیاط شود.
روش Greenland–Drescher	مطالعات مورد-شاهدی و تحلیل‌های مبتنی بر رگرسیون لجستیک	مدل لجستیک صحیح و برآورد معتبر OR تعدیل شده	برآورد PAF تعدیل‌شده در حضور عوامل مخدوش‌کننده و مناسب برای داده‌های مورد-شاهدی	مانند سایر روش‌های مبتنی بر رگرسیون، به مشخصات صحیح مدل آماری وابسته است.
روش Laaksonen استانداردسازی غیرمستقیم (Indirect standardization)	مطالعات کوهورت آینده‌نگر	وجود داده‌های پیگیری و برآورد معتبرRR/HR	مناسب برای داده‌های کوهورت و امکان لحاظ خطرات رقابتی	نیازمند اطلاعات زمان وقوع رویداد و داده‌های پیگیری است.
روش‌های توسعه یافته کلاسیک (Allison / Modified Mokdad / Miettinen)	مطالعات کوهورت و مقایسه بین زیرگروه‌های جمعیتی	انتخاب مناسب متغیرهای استانداردسازی و جمعیت مرجع	امکان مقایسه بار بیماری بین گروه‌های مختلف جمعیتی	نتایج به نحوه استانداردسازی و انتخاب جمعیت مرجع وابسته است.
روش نیمه‌پارامتریک (Monotone B-spline)	مطالعات روش‌شناختی و داده‌های دارای روابط غیرخطی	مشخص بودن مناسب مدل نیمه‌پارامتریک	انعطاف‌پذیری بیش‌تر نسبت به روش کلاسیکLevin ، به‌ویژه در مواجهه‌های چند سطحی	نسبت به روش‌های کلاسیک از نظر محاسبات و تفسیر پیچیده‌تر هستند.
(PS-PAF) Pathway-Specific PAF	مطالعات علی و تحلیل میانجی گری	برقرار بودن مفروضات استنباط علی و مدل‌سازی صحیح روابط میانجی	مدل‌سازی انعطاف‌پذیر روابط غیرخطی و کاهش اریب برآورد	اجرای آن نسبت به روش‌های کلاسیک پیچیده‌تر بوده و به انتخاب مناسب مدل وابسته است.
رویکردهای Literature-based و Low-risk	مطالعات بار بیماری و مطالعات کوهورت	اعتبار برآوردهای RR و تعریف مناسب گروه مرجع کم‌خطر	امکان برآورد سهم هر مسیر علی در ایجاد پیامد	نیازمند مفروضات علی قوی‌تر نسبت به PAF کلاسیک است و تفسیر آن به چارچوب علی مورد استفاده وابسته است.
			مناسب برای برآورد بار قابل انتساب در سطح جمعیت و ارزیابی سناریوهای پیشگیری	نتایج به انتخاب عوامل خطر، مقادیر RR و تعریف گروه مرجع حساس است.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-10]

بحث

یافته‌های این مرور نشان می‌دهد که کسر منتسب جمعیتی (PAF) شاخصی وابسته به چارچوب روش‌شناختی است و مقادیر گزارش شده بیش از آن که بازتاب دهنده شدت واقعی عوامل خطر باشند، تحت تأثیر نوع طراحی مطالعه، نوع اندازه اثر، مدل آماری و مفروضات علیتی قرار دارند(۲۰، ۲۱). این موضوع تأکید می‌کند که PAF یک کمیت ثابت و جهان شمول نیست، بلکه سازه‌ای وابسته به زمینه و روش محاسبه است و تفسیر آن باید با دقت و احتیاط انجام شود.

روش‌های مبتنی بر فرمول کلاسیک لوین به دلیل سادگی و نیاز حداقلی به داده‌های فرد محور، برای برآوردهای کلان جمعیتی مناسب هستند، با این حال، وابستگی آن‌ها به مفروضات علیتی قوی و ناتوانی در کنترل مخدوش کننده‌ها می‌تواند منجر به بیش‌برآورد شود(۱۴، ۲۱). این محدودیت‌ها در شرایطی که عوامل خطر هم‌پوشانی دارند یا ساختار جمعیت ناهمگن است، اهمیت بیش‌تری پیدا می‌کند.

در مقابل، رویکردهای مبتنی بر مدل‌های رگرسیونی امکان تعدیل برای مخدوش کننده‌ها و ادغام چندین عامل‌خطر در برآورد PAF را فراهم می‌کنند و برآوردهای واقع‌بینانه‌تری ارائه می‌دهند. با این حال، نتایج این مدل‌ها به انتخاب متغیرهای کنترلی و نحوه مشخص‌سازی مدل وابسته است و در صورت مشخص‌سازی نادرست، خطر بروز تورش وجود دارد(۱۵، ۲۰، ۲۴).

یکی از چالش‌های اساسی در برآورد کسر منتسب، هم‌پوشانی عوامل خطر است. جمع ساده خطرهای منتسب منفرد می‌تواند بار واقعی قابل پیشگیری را بیش‌برآورد کند، به‌ویژه در مواجهه‌های رفتاری که معمولاً به‌صورت خوشه‌ای رخ می‌دهند(۱۵، ۲۶). از آنجا که PAF به توزیع مشترک عوامل خطر در جمعیت وابسته است، وجود مواجهه‌های هم‌پوشان و همبسته می‌تواند بر برآورد و تفسیر آن اثر بگذارد؛ به‌گونه‌ای که PAFهای اختصاصی برای عوامل خطر مختلف لزوماً قابل جمع نبوده و ممکن است از PAF مشترک فراتر روند (۲۷). در همین راستا، نتایج زیرکوهورت COPD در مطالعه پرشین شهرکرد نیز ناهمگنی الگوهای مواجهه و هم‌وقوعی قابل‌توجه عوامل خطر رفتاری و بالینی را نشان داد که ضرورت تفسیر محتاطانه‌PAF های اختصاصی را تقویت می‌کند (۲۸).

در مطالعات کوهورت، در نظر گرفتن ریسک‌های رقابتی و ابعاد زمانی می‌تواند منجر به کاهش برآورد کسر منتسب نسبت به تحلیل‌های ساده شود و تصویری دقیق‌تر از سهم عوامل خطر ارائه دهد(۱۷، ۲۳، ۲۶). این یافته نشان می‌دهد که انتخاب نوع داده و مدل آماری تأثیر قابل توجهی بر برآورد نهایی دارد.

تفاوت در مقادیر کسر منتسب میان زیرگروه‌های جمعیتی الزاماً بازتاب تفاوت‌های زیستی نیست و می‌تواند ناشی از تفاوت در شیوع مواجهه، ساختار جمعیتی یا الگوهای رفتاری باشد(۲۴). زیرا این شاخص علاوه بر اندازه اثر، به شیوع مواجهه و ویژگی‌های جمعیت نیز وابسته است. برای مثال، Xuو همکاران گزارش کردند که PAF کبد چرب برای دیابت نوع ۲ در مردان ۳۰–۴۰ سال و زنان ≤۶۰ سال بیشترین مقدار را داشت که احتمالاً بازتاب تفاوت در الگوهای مواجهه و ساختار جمعیت این گروه‌ها است، نه صرفاً تفاوت‌های زیستی (۲۹).

رویکردهای نوین مانند PAF مسیر ویژه (Pathway-specific PAF) امکان تفکیک سهم مسیرهای علی مختلف را فراهم می‌کنند، هر چند این روش‌ها به صحت مدل علی و نبود مخدوش‌کننده‌های اندازه‌گیری نشده وابسته‌اند(۲۶).

همچنین، در مطالعات کوهورت که اندازه‌های اثر مختلفی مانند میزان بروز، شیوع، نسبت شانس، خطر نسبی یا نسبت خطر گزارش می‌شود، می‌توان با استفاده از فرمول‌های ارائه شده در این مقاله، کسرهای منتسب را محاسبه کرد(۱۸، ۲۵، ۳۰).

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-10]

به‌طور کلی، هیچ روش واحدی برای برآورد کسر منتسب جمعیتی در تمامی شرایط برتری ندارد. انتخاب رویکرد مناسب باید بر اساس هدف مطالعه، نوع داده‌های در دسترس، ساختار مواجهه‌ها و سطح کاربرد انجام شود. گزارش شفاف مفروضات، نوع مدل، سطح مرجع و روش محاسبه برای تفسیر صحیح و مقایسه‌پذیری نتایج ضروری است(۲۰، ۲۱). در نهایت، PAF باید نه یک عدد ثابت، بلکه بازتابی از تعامل میان شیوع مواجهه، اندازه اثر، ساختار جمعیتی و نحوه مدل‌سازی آماری تلقی شود. شفافیت در گزارش و پرهیز از تفسیر ساده انگارانه شرط استفاده مسئولانه از این شاخص در پژوهش و سیاست‌گذاری سلامت است.

یافته‌های این مرور نشان داد که کسر منتسب جمعیتی تنها زمانی می‌تواند به‌عنوان شاخصی معتبر برای اولویت‌بندی مداخلات سلامت مورد استفاده قرار گیرد که انتخاب روش محاسبه آن با دقت و بر اساس ماهیت داده‌ها، ساختار مواجهه‌ها و مفروضات علیتی انجام شود. تفاوت چشمگیر میان برآوردهای حاصل از روش‌های ساده و مدل‌های پیچیده‌تر نشان می‌دهد که PAF یک مقدار ثابت نیست، بلکه بازتابی از نحوه مدل‌سازی، کیفیت داده‌ها و میزان هم‌پوشانی عوامل خطر است. در شرایطی که مواجهه‌ها چند عاملی، هم‌بسته یا خوشه‌ای هستند، استفاده از روش‌های ساده مانند فرمول لوین می‌تواند منجر به برآوردهای گمراه کننده شود و لازم است از مدل‌های تعدیل شده، روش‌های مبتنی بر احتمال پیش‌بینی‌شده یا رویکردهای وزندار بهره گرفته شود.

از سوی دیگر، شواهد حاصل از مطالعات مبتنی بر داده‌های واقعی از جمله کوهورت پرشین شهرکرد نشان می‌دهد که ناهمگنی جمعیت، الگوهای رفتاری پیچیده، گذار اپیدمیولوژیک در بیماری های مزمن و افزایش هم ابتلایی بیماری های غیرواگیر و هم‌پوشانی عوامل خطر نقش تعیین‌کننده‌ای در برآورد دقیق PAF دارند. بنابراین، استفاده مسئولانه از این شاخص مستلزم گزارش شفاف مفروضات، سطح مرجع، نوع مدل و محدودیت‌های روش‌شناختی است. به‌کارگیری صحیح PAFمی‌تواند به سیاست‌گذاران کمک کند تا عوامل خطر قابل مداخله با بیش‌ترین تأثیر بالقوه را شناسایی کرده و با طراحی مداخلات هدفمند، زمینه کاهش بار بیماری و بهبود کارایی نظام سلامت را فراهم سازند.

کسر منتسب جمعیتی (Population Attributable Fraction; PAF) ابزاری ارزشمند برای برآورد سهم عوامل خطر قابل مداخله در بار بیماری‌ها است، اما اعتبار و تفسیر آن به انتخاب روش محاسبه و مفروضات به‌کار رفته وابسته است. این مرور نشان می‌دهد که انتخاب رویکرد مناسب باید بر اساس طراحی مطالعه، نوع داده‌ها و ساختار مواجهه‌ها انجام شود و گزارش شفاف روش‌شناسی، پیش نیاز استفاده صحیح از این شاخص در پژوهش و تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر شواهد است. به عنوان مثال با توجه به ماهیت چندبعدی و هم‌پوشان عوامل اجتماعی تعیین‌کننده سلامت، علاوه بر برآورد سهم این عوامل در بار بیماری‌ها، انتخاب روش مناسب محاسبه PAF ، کنترل هم‌پوشانی مواجهه‌ها و گزارش شفاف مفروضات روش‌شناختی، به‌عنوان بخشی جدایی‌ناپذیر از تحلیل‌های اپیدمیولوژیک و مبنایی برای سیاست‌گذاری مبتنی بر شواهد مورد توجه قرار گیرد و در مجموع، روش‌های مبتنی بر مدل‌های رگرسیونی و رویکردهای مبتنی بر PAF متوسط در مواجهه با عوامل خطر هم‌پوشان، برآوردهای معتبرتر و قابل‌تفسیرتری نسبت به روش کلاسیک لوین ارائه می‌کنند.

References

1- Dragioti E, Radua J, Solmi M, Arango C, Oliver D, Cortese S, etal. Global population attributable fraction of potentially modifiable risk factors for mental disorders: a meta-umbrella systematic review. Mol

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-10]

Psychiatry 2022;27(8):3510-3519 PMID: 35484237.

2- Lin CK, Chen ST. Estimation and application of population attributable fraction in ecological studies. Environ Health 2019;18(1):52 PMID: 31196209.

3- Flegal KM, Panagiotou OA, Graubard BI. Estimating population attributable fractions to quantify the health burden of obesity. Ann Epidemiol 2015;25(3):201-207 PMID: 25511307.

4- Welberry HJ, Tisdell CC, Huque MH, Jorm LR. Have We Been Underestimating Modifiable Dementia Risk? An Alternative Approach for Calculating the Combined Population Attributable Fraction for Modifiable Dementia Risk Factors. Am J Epidemiol 2023;192(10):1763-1771 PMID: 37326043.

5- Wu Y, Kim H, Wang K, Song M, Wang M, Tamimi R, etal. Influence of analytic methods, data sources, and repeated measurements on the population attributable fraction of lifestyle risk factors. Eur J Epidemiol 2023;38(7):717-728 PMID: 37280503.

6- Liao SF, Yang HI, Lee MH, Chen CJ, Lee WC. Fifteen-year population attributable fractions and causal pies of risk factors for newly developed hepatocellular carcinomas in 11,801 men in Taiwan. PLoS One 2012;7(4):e34779.

7- Hong Y, Sung S, Lim W, Moon S, Ko KP, Lee JE, etal. Estimation of Population Attributable Fraction by Hormone and Reproductive Factors on Female Cancer in the Republic of Korea, 2015 to 2030. Cancer Res Treat 2025;57(3):649-658.

8- De Matteis S, Consonni D, Bertazzi PA. Exposure to occupational carcinogens and lung cancer risk. Evolution of epidemiological estimates of attributable fraction. Acta Biomed 2008;79 Suppl 1:34-42 PMID: 18924308.

9- Brooks-Pollock E, Danon L. Defining the population attributable fraction for infectious diseases. Int J Epidemiol 2017;46(3):976-982 PMID: 28472445.

10- Dubberke ER, Olsen MA, Stwalley D, Kelly CP, Gerding DN, Young Xu Y, etal. Identification of Medicare Recipients at Highest Risk for Clostridium difficile Infection in the US by Population Attributable Risk Analysis. PLoS One 2016;11(2):e0146822.

11- Saatchi M, Mansournia MA, Khalili D, Daroudi R, Yazdani K. Estimation of Generalized Impact Fraction and Population Attributable Fraction of Hypertension Based on JNC-IV and 2017 ACC/AHA Guidelines for Cardiovascular Diseases Using Parametric G-Formula: Tehran Lipid and Glucose Study (TLGS). Risk Manag Healthc Policy 2020;13:1015-1028 PMID: 32848484.

12- Mansournia MA, Altman DG. Population attributable fraction. BMJ 2018;360:k757 PMID: 29472187.

13- Plass D, Hilderink H, Lehtomäki H, Øverland S, Eikemo TA, Lai T, etal. Estimating risk factor attributable burden - challenges and potential solutions when using the comparative risk assessment methodology. Arch Public Health 2022;80(1):148 PMID: 35624479.

14- Ahangari T, Masudi S, Salarilak S. Mortality Attributable To High Blood Pressure for Cardiovascular Diseases in the West Azerbaijan Province 25–64 Years Old

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-10]

Population. Med J Tabriz Uni Med Sciences Health Services 2019;40(6):7-13.

15- Khosravi Shadmani F, Soori H, Karmi M, Zayeri F, Mehmandar M. Estimating of Population Attributable Fraction of Unauthorized Speeding and Overtaking on Rural Roads of Iran. Iran J Epidemiol 2013;8(4):9-14.

16- Choi BC. Population attributable fraction: comparison of two mathematical procedures to estimate the annual attributable number of deaths. Epidemiol Perspect Innov 2010;7(1):8 PMID: 20807422.

17- Wang W, Small DS, Harhay MO. Semiparametric estimation of the attributable fraction when there are interactions under monotonicity constraints. BMC Med Res Methodol 2020;20(1):236 PMID: 32957931.

18- Sinha A, Ning H, Carnethon MR, Allen NB, Wilkins JT, Lloyd-Jones DM, etal. Race- and Sex-Specific Population Attributable Fractions of Incident Heart Failure: A Population-Based Cohort Study From the Lifetime Risk Pooling Project. Circ Heart Fail 2021;14(4):e008113 PMID: 33761754.

19- Lin H, Guo Y, Di Q, Zheng Y, Kowal P, Xiao J, etal. Ambient PM(2.5) and Stroke: Effect Modifiers and Population Attributable Risk in Six Low- and Middle-Income Countries. Stroke 2017;48(5):1191-1197 PMID: 28386038.

20- Kim H, Wang K, Song M, Giovannucci EL. A comparison of methods in estimating population attributable risk for colorectal cancer in the United States. Int J Cancer 2021;148(12):2947-2953 PMID: 33527363.

21- Hanley JA. A heuristic approach to the formulas for population attributable fraction. J Epidemiol Community Health 2001;55(7):508-514 PMID: 11413183.

22- Suzuki E, Yamamoto E. Errors in the calculation of the population attributable fraction. Epidemiology 2024;35(4):469-472 PMID: 38629983.

23- Huxley RR, Lopez FL, Folsom AR, Agarwal SK, Loehr LR, Soliman EZ, etal. Absolute and attributable risks of atrial fibrillation in relation to optimal and borderline risk factors: the Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) study. Circulation 2011;123(14):1501-1508 PMID: 21444879.

24- Arafat SMY, Khan MAS, Knipe D, Khan MM. Population attributable fractions of clinical and social risk factors for suicide in Bangladesh: Finding from a case-control psychological autopsy study. Brain Behav 2021;11(12):e2409 PMID: 34758201.

25- Rodriguez CJ, Soliman EZ, Alonso A, Swett K, Okin PM, Goff DC Jr, etal. Atrial fibrillation incidence and risk factors in relation to race-ethnicity and the population attributable fraction of atrial fibrillation risk factors: the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. Ann Epidemiol 2015;25(2):71-76, 76.e1 PMID: 25523897.

26- O'Connell MM, Ferguson JP. Pathway-specific population attributable fractions. Int J Epidemiol 2022;51(6):1957-1969 PMID: 35536313.

27- Zarean E, Looha MA, Amini P, Ahmadi A, Dugué PA. Sleep characteristics of middle-aged adults with non-alcoholic fatty liver disease: findings from the Shahrekord PERSIAN cohort study. BMC Public Health 2023;23(1):312 PMID: 36774488.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-10]

28- Kiani FZ, Ahmadi A. The prevalence of metabolic syndrome, scoring, and comparison in people with and without COPD: evidence from shahrekord PERSIAN cohort study. Metab Syndr Relat Disord 2022;20(4):224-233 PMID: 35180365.

29- Kiani FZ, Ahmadi A. Prevalence of different comorbidities in chronic obstructive pulmonary disease among Shahrekord PERSIAN cohort study in southwest Iran. Sci Rep 2021;11(1):1548 PMID: 33452286.

30- Folsom AR, Yamagishi K, Hozawa A, Chambless LE ; Atherosclerosis Risk in Communities Study Investigators. Absolute and attributable risks of heart failure incidence in relation to optimal risk factors. Circ Heart Fail 2009;2(1):11-17 PMID: 19808310.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-10]