سرشماری یا نمونه‌گیری یا شاید هردو[۱]

محمد حسین نجاتیان[۲]

چکیده

متنی که در ذیل می‌آید، مطالبی است که توسط خانم لین بیلارد[۳] رئیس سابق انجمن آمار ایالات متحده در دفاع از کاربرد روش‌های نمونه‌گیری در جریان سرشماری سال ۲۰۰۰ آن کشور ارائه شده است.

هر چند استفاده از روش‌های نمونه‌گیری درزمینه‌های مختلف مربوط به سرشماری مثل عملیات میدانی، ارزیابی و ارتقای کیفیت و... ممکن است مستلزم پذیرش مقدار معینی از ریسک باشد، اما در عین حال، اگر بر حفظ و تداوم روش‌های موجود پافشاری شود، بی‌گمان هیچگونه بهبودی در روش‌ها به وجود نخواهد آمد. به همین دلیل باید با پذیرش حد معقولی از ریسک به استفاده از فنون نمونه‌گیری در زمینه‌های مختلف سرشماری روی آورد.

---

[۱] *این مقاله در بولتن انجمن آمار ایالات متحده آمریکا، شماره‌ی ۲۵، بهار ۱۹۹۹ منتشر شده است.*

[۲] *آمارشناس و کارشناس آمارهای جمعیت.*

[۳] *Lynne Billard*

به ویژه اگر محاسبات اولیه نشان دهد که پذیرش حجم اندکی از خطاهای نمونه‌گیری می‌تواند موجب کاهش حجم بزرگی از خطاهای غیر نمونه‌گیری شود، هرگز نباید در استفاده از این روش‌ها تردیدی نشان داد.

مقدمه

یکی ازچالش‌های عمده که در مورد سرشماری سال ۲۰۰۰ وجود دارد، استفاده از نمونه‌گیری در این سرشماری است. از جمله مطالب قابل بحث در این مورد، باوری است که پاره‌ای از نمایندگان مجلس دارند مبنی بر اینکه در شمارش کامل (اصلاح شده بر پایه خالص کم‌شماری) بیشتر احتمال دارد که معرف بودن نتایج از دست برود تا عدم انجام این اصلاح. پاره‌ای دیگر از نمایندگان بر این باورند که اصلاح نتایج در فرم کم‌شماری‌ها موجب اختصاص دلارهای بیشتری به منطقه انتخابی آنان می‌شود. به همین دلیل بازار شایعات و انتشار مطالب اغواگرانه بسیار گرم شده‌بود.

در این شرایط جای تعجب نیست که ضعف اطلاعات یا حتی تولید اطلاعات نادرست (حداقل از دید علمی) شیوع یابد، بنابراین، نگارنده، در سال ۱۹۹۶به عنوان رئیس وقت انجمن آمار آمریکا گروهی را برای بررسی ادعای کنگره تشکیل داد. ادعایی که طی آن اظهار می‌شد آمارشناسان در پاسخ به این سوال که آیا نمونه‌گیری یک روش علمی متعبر است یا نه، به دو دسته (یا همانگونه که ادعاشده بود، به دو دسته مساوی) تقسیم شده‌اند. گروه مزبور، همانگونه که انتظار می‌رفت، نمونه‌گیری را به عنوان یک روش علمی معتبر، مورد تایید قرار داد. در نتیجه‌ی چالش مزبور، هر روز بیشتر رنگ و بوی سیاسی پیدا کرد و بحث‌ها به جای حمله‌ی مستقیم به نمونه‌گیری، به حوزه‌ی قانون اساسی سوق پیدا کرد[1]. با وجود این، در گزارش رسانه‌ها و نیز در آرای صادره از کنگره اعلام شد که ظاهراً درمورد نمونه‌گیری و برنامه‌های دفتر سرشماری در زمینه‌ی چگونگی استفاده از نمونه‌گیری در سرشماری سال ۲۰۰۰، سوء برداشت‌هایی اساسی وجود دارد.

[1] *علت این پدیده الزام دولت به انجام سرشماری (Census) به موجب قانون اساسی آمریکا است. (مترجم)*

در نتیجه در جولای سال ۱۹۹۸، از نگارنده دعوت شد که همراه با اوژن اریکسون[۱] و رابرت هیل[۲] در یک مصاحبه مطبوعاتی در باشگاه ملی مطبوعات به تشریح و توجیه سرشماری سال ۲۰۰۰ بپردازد. وظیفه‌ی مشخص نگارنده در آن مصاحبه مطبوعاتی، تشریح نمونه‌گیری به عنوان یک ابزار علمی و کاربرد اخص آن در سرشماری سال ۲۰۰۰ بود. مقاله حاضر، متن رسمی مطالبی است که در آن موقعیت ارائه شد. این توجیه، بعداً برای اعضا و کارکنان کنگره نیز تکرار شد.

باید تأکید شود که نمونه‌گیری مولفه اصلی علم آمار است، همچنانکه ستاره‌ها مؤلفه اصلی ستاره‌شناسی هستند. علاوه براین ، انواع برنامه‌های نمونه‌گیری که از طرف دفتر سرشماری ایالات متحده برای سرشماری سال ۲۰۰۰ در نظر گرفته شده است، مدتها مورد بحث و بررسی قرار گرفته و اگر به درستی به کار گرفته شود، از نظر علمی انتخاب مناسبی خواهد بود. این طرح‌ها قبلاً نیز در حوزه‌های بزرگی مورد استفاده قرار گرفته است. اما به هرحال استفاده از روش (Capture-recapture) در سرشماری، امر تازه‌ای است. در زمینه‌های عملیاتی، عده معدودی هستند که در استفاده مفید و موثر از این طرح‌ها در زمینه‌های پیشنهادی، تردید دارند. دل مشغولی‌ها بر محور این سوال دور می‌زند که آیا می‌توان سرانجام، خطاهای اندازه‌گیری را به سطوحی پائین‌تر از خطاهای (همیشه موجود) نمونه‌گیری، کاهش داد یا نه؟ به هرحال، اعضای آکادمی ملی علوم، طرح‌ها و برنامه‌های‌خاصی‌را که دفتر سرشماری برای سرشماری سال ۲۰۰۰ تدارک دیده بود، مورد تایید قرار داده است. اما بدون شک چالش‌ها، همچنان ادامه خواهد داشت.

سرشماری یا نمونه‌گیری

همیشه، پذیرش شرایط موجود- در مقابل تحولات نوین- با آسودگی بیشتری، همراه است. بیشترما، در مقابل هرگونه تغییر، حتی تغییراتی که سرانجام منجر به شرایط بهتر

---

[۱] *Demograher - Statistician*

[۲] *Geogsapher - Statistician*

خواهد شد، سرسختانه مقاومت می‌کنیم. همین مقاومت در مقابل مسایلی که به درستی قابل فهم نیستند نیز وجود دارد، بدون توجه به این نکته که آنچه به ظاهر ساده و آسان می‌نماید مثل شمارش یک به یک افراد یک جامعه- می‌تواند به مراتب پیچیده‌تر از آن باشد که به طور غریزی احساس می‌شود.

عکس‌العمل‌های عمومی در مقابل اخبار مربوط-انجام اولین جراحی‌های قلب توسط کریستین بارنارد، حدود ۳۰ سال پیش احتمالاً هنوز در خاطره‌ها باقی است. جدا از شگفتی‌های غیر قابل انکاری که در رفتار مردم مشاهده می‌شد، پاسخ عمومی به آن منفی بود و انجام جراحی‌های مزبور را تجویز نمی‌کرد. بسیاری از این مخالفت‌ها، از یک ذهنیت قدیمی سرچشمه می‌گرفت. هرچند که به هرحال مخالفت‌های سنجیده‌ای نیز از جانب گروه‌های کوچک علمی مشاهده می‌شد (اما سرانجام معلوم شدکه این مخالفت‌ها نیز بی‌اساس بوده‌است). هنوز هم، معدود افرادی هستند که تداوم این پیشرفت پزشکی را انکار می‌کنند. در مورد مبارزه علیه سرطان نیز سرنوشت مشابهی وجود دارد که می‌تواند به عنوان قیاس پزشکی دیگری مورد توجه قرارگیرد. اما در عین حال امروزه افراد مبتلا به سرطان، آخرین مداواهای پزشکی موجود را می‌طلبند یا در واقع تمنا می‌کنند و هرگز راضی به مداوا شدن با روش‌های مرسوم در ۲۰یا۳۰ سال قبل نیستند چه رسد به مسامحه کاری‌های بی‌خطر صدها سال پیش.

ارتباط این مفاهیم با سرشماری‌های نوین

ایالات متحده آمریکا، از زمانی که اولین سرشماری را انجام داد و طی آن حدود ۴میلیون (۳/۹میلیون) نفر را شمارش کرد، تغییرات بسیاری کرده‌است. امروز تعداد افراد کشور به پیش از ۲۵۰میلیون نفر رسیده و مساحت آن چهار برابر شده است. در سال ۱۷۹۰کشور عمدتاً از یک جامعه روستایی تشکیل می‌شد، ولی امروز غالباً شهری است. عمده‌ترین تحول شاید در زمینه حمل و نقل رخ داده‌باشد. امروز مردم کشور طی چند ساعت هزاران مایل جابجا می‌شوند. بنابراین شمارش ۴میلیون نفر که در زمان سرشماری سال ۱۷۹۰ دشواری‌های خود را داشت، امرروزه کار سهل و ساده‌ای است.

در اولین سرشماری‌ها، ماموران سرشماری برای رسیدن به واحدهای آماری و انجام کار خود، از اسب استفاده می‌کردند. طی دهه‌های بعدی با تغییر شرایط، تحولات بسیاری در جهت دستیابی به صحیح‌ترین اطلاعات رخ داده است. بنابر این، از اسب سوارانی که در اولین سرشماری‌ها به مردم مراجعه می‌کردند، مسیری بسیار طولانی طی شده تا ارتشی بزرگ از زنان خانه‌دار جای آنان را بگیرند. سپس با تبدیل شدن زنان خانه‌دار به نیروی کار مزد و حقوق‌بگیر و کاهش تعداد آنان، مسلماً تعداد اندک زنان خانه‌دار تکافوی نیاز این ارتش بزرگ را نمی‌داد و بنابراین فرم‌های سرشماری به آدرس خانوارها پست شد. در آغاز، این پرسشنامه‌ها به موقع برگشت داده‌می‌شدند. اما در سرشماری سال ۲۰۰۰ برآوردهای مربوط به میزان بازگشت (R.R) پرسشنامه‌های پست شده، حول ۵۵ درصد است. بنابر این، بازهم نیاز به روش‌های جدید، احساس می‌شود. برای سرشماری سال ۲۰۰۰ هم ارسال پستی پرسشنامه و هم برقراری ارتباط تلفنی با پاسخگویان، همراه با یک بسیج تبلیغاتی و جلب مشارکت گروه‌های اجتماعی، طراحی شده است. تا خانوارها را به عودت پرسشنامه‌ها تشویق و ترغیب کنند.

طی این سال‌ها، گونه‌های دیگری از تحول نیز پشت‌سر گذاشته شده است. به عنوان مثال در سال ۱۸۹۰ دستگاه شمارش‌گر Hollerith (نوعی رایانه قدیمی) برای اولین‌بار به خدمت گرفته‌شد و جایگزین روش نامطمئن شمارش دستی پرسشنامه‌ها گردید. اطلاعات مربوط به سن، درآمد، و نژاد افراد درگروه‌های معین همراه با سایر ویژگی‌ها استخراج شد. در سال ۲۰۰۰ برای اولین بار مقدمات لازم برای شمارش افراد دارای نژاد مختلط نه به صورت فردی بلکه در گروه‌بندی‌هایی، تدارک دیده‌شده است. پرسش‌های دیگری نیز اضافه‌شده است که تماماً در جهت پاسخگویی به نیازهای اطلاعاتی درسطح منطقه‌ای و ملی است. روش‌های نوینی برای تهیه فهرست آدرس‌ها و تضمین حداکثر صحت و به‌هنگام بودن آنها، پیش بینی شده است. کاربرد فن‌آوری‌های نوین نظیر اسکنرهای چشمی(Optical scanner) برنامه‌ریزی شده است. با مشاهده‌ی وسعت و دامنه‌ی این تحولات، هیچ‌یک از ما، از انجام سرشماری به همان روش‌های منسوخ شده قدیمی دفاع نمی‌کنیم.

هر یک از این تغییرات بر پایه این شناخت حادث شده است که روش یا روش‌های موجود به دلایلی غیر قابل اجرا شده‌اند. این دلایل غالباً با صحت و/ یا توانایی گردآوری فرمهای تکمیل شده در ارتباط است. هرچند روش‌های جدید نیز می‌توانند با منابع جدیدی از خطا همراه باشد، اما باور براین بوده است که کسب دانش بیشتر در مورد منابع قبلی خطا و نیز با افزایش سودمندی حاصل، قابل جبران خواهد بود. فکر کنید اگر قرار بود امروزه پرسشنامه‌های دریافتی بدون استفاده از ماشین‌های شمارش‌گر Hollerith و اخلاف آن و به صورت دستی شمارش می‌شد، چه مدت وقت و چه منابعی از نیروی انسانی مورد نیاز می‌بود و چه حجم از عدم صحت و دقت به طور اجتناب ناپذیری ایجاد می‌شد. البته ماشین‌های Hollerith نیز خطاهای خاص خود را به وجود می‌آورد- خطای پردازش. در نتیجه، برگزارکنندگان سرشماری‌های مزبور، روشی برای تعیین و مقابله با این‌گونه خطاها اتخاذ کردند. نتیجه‌ی این کنش‌ها، پیشرفت بسیار زیادی بود که در آن زمان درجهان به وجود آمد.

در عین حال‌که پاره‌ای از پیشرفت‌ها معلول اتفاقات تصادفی بوده‌اند، اما بیشتر آن‌ها در نتیجه‌ی پژوهش‌های زیاد و جامع به ثمر نشسته‌اند. مانند پژوهش‌هایی‌که در زمینه جامعه‌شناسی، جغرافیا، جمعیت‌شناسی، علوم رایانه‌ای، آمار، علوم‌سیاسی و اقتصاد و در واقع در هریک از بسیاری رشته‌های علوم که در اجرای سرشماری موثرند، به عمل آمده است. شناخت کم شماری‌ها – وجود آن در هر مورد و نیز ویژگی‌های افتراقی آن (برحسب منطقه و نژاد) – یکی از آن رخدادهای تصادفی است. این پدیده زمانی کشف شد که تعداد مردان ثبت نام کننده برای اعزام به جبهه‌های جنگ جهانی دوم از تعداد مردان شمارش شده در سرشماری در همان زمان، فزونی یافت. بررسی‌های انجام‌شده روشن ساخت که درواقع این موضوع یک پدیده واقعی است و به‌دنبال آن پژوهش‌های بیشتری که در سال‌های اخیر درهمین زمینه به عمل آمد، به ارائه روش‌هایی برای تصحیح ارقام حاصل از سرشماری‌ها و رفع اثر کم‌شماری‌ها و نیز مهم‌تر از همه، اجرای بهتر سرشماری منجر شد.

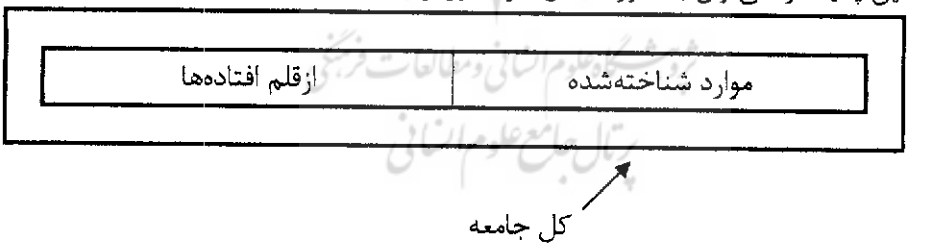
اکنون که سرشماری سال ۲۰۰۰ را پیش رو داریم، در کجای این مسیر تکاملی قرار گرفته‌ایم؟ اجازه دهید فقط یک جنبه از سرشماری را در نظر بگیریم. چگونه می‌توان یک شمارش کامل را صحیح (حتی‌الامکان) توصیف کرد؟

در این سوال دوجزء متمایز وجود دارد. بی‌پاسخ‌ها و موضوعات کم‌شماری شده.

ابتدا، یادآوری می‌شود که ۱۰۰درصد خانوارها، پرسشنامه‌های سرشماری را دریافت می‌دارند. سپس در نقطه‌ای از زمان، تعدادی از خانوارها پرسشنامه‌های تکمیل شده را عودت خواهند داد- که اصطلاحاً آنرا " شمارش آغازین" می‌خوانیم. سپس، در مرحله پی‌گیری، تعداد دیگری از خانوارها، پرسشنامه‌های تکمیل شده را ارسال می‌دارند که البته شامل خانوارهایی که پرسشنامه خود را با تأخیر عودت داده‌اند نیز می‌شود. تعدادی از افراد پرسشنامه‌های خود را به صورت تکراری ارسال می‌دارند. بنابر این به صورت تصویری خواهیم داشت:

شمارش آغازین	شمارش‌به‌دنبال پی‌گیری بی‌پاسخ‌ها	دوباره شماری‌ها	ازقلم افتاده‌ها

این پدیده را می‌توان به صورت ذیل نیز تصورکرد:



در اینجا، تعداد کل موارد شناخته شده، مرکب از تعداد افرادی‌است که پرسشنامه‌های خود را عودت داده‌اند به اضافه‌ی افرادی از بدون پاسخ‌ها که پس از پی‌گیری، پرسشنامه خود را ارسال کرده‌اند، البته پس از تعدیل به خاطر دوباره‌شماری‌ها.

در این مورد، اولین مطلب، دستیابی به اندازه درست، شمارش به دنبال پی‌گیری بی‌پاسخ‌ها با استفاده از یک روش با بهره‌وری هزینه‌ای بالا، است. بی‌پاسخ‌ها، برخلاف از قلم افتاده‌ها، معرف افرادی است که پرسشنامه خود را عودت نداده‌اند، اما با صرف وقت و کوشش قابل حصول هستند و بنابر این، قابل سرشماری خواهند بود. در سرشماری سال ۱۹۹۰، حدود یک‌سوم جامعه بی‌پاسخ بودند. متاسفانه، فرایند پی‌گیری بسیار گران است، چرا که برای انجام آن، لازم است پرسشگرانی استخدام شوند و آموزش ببینند.

علاوه بر این انجام فرایند مزبور چندماه به طول می‌انجامد، و نتایج حاصل ازاین فرایند نیز دارای این خاصیت است که صحت در ارقام به دست آمده، به طور فزاینده‌ای کاهش می‌یابد. به عنوان مثال در سرشماری ۱۹۹۰، خطای اندازه‌گیری در مورد پرسشنامه‌های دریافت شده در اثر پی‌گیری‌های انجام شده در ماه مه، ۶/۶درصد و برای ماه اوت – دسامبر برابر ۲۸/۴ درصد برآورد شده بود. به همین دلیل حجم خطای اندازه‌گیری یکی از عوامل مورد توجه است. در نتیجه، این سوال مطرح می‌شود که آیا می‌توان تعداد بی‌پاسخ‌ها را با صحت بیشتری اندازه‌گیری کرد؟

متاسفانه، به هرحال پاره‌ای از افراد سرشماری نشده باقی خواهند ماند. تعداد حقیقی افراد جامعه برابر حاصل جمع تعداد افراد شناسایی شده و تعداد افراد شناخته نشده و در نتیجه، شمارش نشده است. مسلماً اگر تمامی افراد پاسخ‌دهند به طوری که کل افراد جامعه مورد سرشماری قرار گیرند، کم‌شماری وجود نخواهد داشت. [موقتاً فرض می‌شود که تمامی پاسخ‌های دریافتی صحیح است، یعنی خطای اندازه‌گیری وجود ندارد]. اما واقعیت آنست که حتی اگر منابع نامحدود در اختیار باشد و حداکثر کوشش نیز به عمل آید، در جهان امروز، شمارش تمام افراد، عملاً غیر ممکن است. حتی کشورهایی که در طی عملیات میدانی سرشماری قانون منع عبور و مرور را به جامعه تحمیل می‌کنند، آن‌را "ناکارا" یافته‌اند. حتی این روش نیز منجر به پوشش صحیح نخواهد شد، هرچند که از نظر مفهومی باید نتیجه بخش باشد. (اگر به گذشته بازگردیم فقدان آزادی‌ها زمینه‌ساز تحمیل منع عبور و مرور می‌شد). بنا بر این سوال دوم این

است که؛ چگونه می‌توان تعداد افراد از قلم افتاده را تا آنجا که ممکن است به طور صحیح تعیین کرد؟

همان‌گونه که درگذشته، روش‌هایی در زمینه‌ی مطالب بحرانی مربوط به سرشماری‌ها مورد پژوهش قرار گرفته‌است، در حال حاضر نیز روش‌های علمی مناسبی عرضه شده است که امکان می‌دهد اندازه دقیقتری از تعداد بی‌پاسخ‌ها را به دست‌آورد و نیز به بهترین اندازه در مورد از قلم افتاده‌ها، دست یافت. در این مورد، بهترین روش علمی برای دستیابی به این مقادیر، علم آمار به ویژه نمونه‌گیری است.

قبل از پرداختن به مباحث نمونه‌گیری مطروحه در سرشماری سال ۲۰۰۰، پاره‌ای اصول پایه‌ای به صورت گذرا مورد توجه قرار خواهد گرفت. ابتدا به این سوال می‌پردازیم که چرا نمونه؟ و این که نمونه‌گیری چیست؟

چرا نمونه ؟

الف- پاره‌ای از داده‌ها غیر قابل دسترس هستند.

ب - گاهی اوقات جامعه به گونه‌ای است که شمارش کامل افراد جامعه عملی است، اما در عین‌حال:

۱ - فرایند مشاهده خود به خود موجب از بین بردن افراد جامعه خواهد شد. به عنوان مثال در اندازه‌گیری طول عمریا عملکرد اشیایی نظیر فیوزها، کبریت‌ها، حتی‌اگر امکان آزمایش تمامی اعضای جامعه وجود داشته باشد، پس از انجام آزمایش، چیزی برای استفاده یا فروش باقی نخواهد ماند.

۲ - نمونه‌گیری دارای مزایای اقتصادی است مثل مواردی که در آن‌ها زمان و منابع محدود هستند. دراین حالت لازم است بین اطلاعاتی که به‌دست می‌آید وهزینه‌ی مربوط به آن، تعادلی ایجاد شود.

۳ - اندازه‌گیری‌های فردی، دریک تمام شماری ممکن است با دقت کمتری همراه باشد تا در یک نمونه‌گیری، به عنوان مثال، گردآوری اطلاعاتی که پاسخگویان نسبت به آن اطلاعات حساسیت دارند دارای خطاهای اندازه‌گیری بزرگی است که خارج از حد انتظار خواهد بود. برای نشان دادن این پدیده در یک مطالعه بزرگ کلاسیک در مورد اطلاع مربوط سن افراد، (در فیلادلفیا)، وقتی آمارگیران پس از گذشت ۸ تا

۱۰روز به پاسخگویانی که خود با آنها مصاحبه کرده‌بودند مراجعت کردند و مجدداً سن آنان را مورد پرسش قرار دادند، بیش از ۱۰درصد پاسخگویان سن خود را یک‌سال یا بیشتر از آنچه که ۸ تا ۱۰روز قبل اظهار داشته بودند، اعلام می‌کردند. (و وقتی در نوبت دوم پرسشگرانی بجز پرسشگران اولیه مورد استفاده قرار گرفتند تفاوت مزبور به بیش از ۱۷ درصد رسید[1]). انجام مصاحبه و کسب اطلاع در مورد ویژگی‌های اشتغال یا درآمد نیز نوعاً با مقادیر بزرگی از خطاهای اندازه‌گیری همراه است. در عین حال انتظار می‌رود که پاره‌ای ازاین خطاها از طریق آموزش مناسبتر پرسشگران تحت کنترل درآید. ناگفته پیداست که هر قدر تعداد پرسشگران بیشتر باشد خطاهای اندازه‌گیری نیز افزایش خواهد یافت. بنابراین صحیح‌ترین اطلاعات در واقع از طریق انتخاب علمی یک نمونه و استفاده از تعداد کمتری پرسشگر با کیفیت مناسب به‌دست خواهد آمد.

ازین رو در محتوای یک سرشماری افراد از قلم افتاده، در طبقه‌بندی فوق در گروه الف قرار می‌گیرند و بی‌پاسخ‌ها اگر محدودیتی در منابع نباشد در بند (۳) از طبقه ب و در صورت محدود بودن منابع در بندهای (۲) و (۳) از طبقه ب قرار می‌گیرند.

نمونه‌گیری چیست؟

نمونه‌گیری فرایند انتخاب افراد از جامعه است به گونه‌ای که اطلاعات کسب شده از نمونه، انعکاس درستی از اطلاعات متناظر در کل جامعه باشد.

فرایند نمونه‌گیری شامل تهیه طرح نمونه‌گیری نیز هست. طرح نمونه‌گیری بسته به ویژگیهای اصلی جامعه مورد مطالعه و نیز نوع اطلاعات مورد نظر برای آمارگیری تغییر می‌کند. دراین مورد امکانات بسیاری وجود دارد.اما درعین حال یک طرح نمونه‌گیری خوب، واجد پاره‌ای ویژگی‌های عمومی خواهد بود. یک جنبه پایه‌ای آن‌است که هر

---

[1] *نگاه کنید به پالمرجی. ال ۱۹۴۳ عوامل مؤثر در تغییر پذیر پاسخگوها در آمارگیری‌ها ژورنال انجمن آمار آمریکا، (۱۴۳، ۳۸-۱۵۲)*

واحد جامعه یک شانس معین برای انتخاب شدن دارد. تعیین حجم نمونه، مسلماً از مؤلفه‌های اساسی و مهم است. در بین سایر عوامل، میزان صحت مورد نظر، حدود تغییرات یا میزان انحراف از مقدار حقیقی(ولی نامعلوم) صفت مورد مطالعه در کل جامعه و نیز معیاری از واریانس آن در جامعه باید مورد توجه قرار گیرد. بنابراین اگر در انتخاب نمونه از یک جامعه، معیارهای مربوط، به یک طرح نمونه‌گیری مناسب رعایت شده‌باشد، آماره‌های محاسبه شده بر پایه نتایج حاصل از نمونه (مثل میانگین‌نمونه‌ای) نیز برآورد مناسبی از آماره متناظر درکل جامعه خواهد بود.

برای روشن شدن مطلب، فرض کنید در یک شرایط معین(که درآن، جامعه مورد مطالعه از نوعی یک‌نواختی منطقی برخودار است)، نمونه‌گیری تصادفی ساده، مناسب‌ترین طرح نمونه‌گیری تشخیص داده شده است. در پیوست شماره۱، فرمول مربوط به محاسبه‌ی حجم نمونه لازم برای برآورد میانگین جامعه ارائه شده است. بر مبنای محاسبات انجام شده که نتایج آن در جداول ضمیمه آمده است، ملاحظه می‌شود. برای آن که مقدار نمونه‌ای در فاصله ۵واحد (β=۵) از مقدار حقیقی جامعه در سطح ۹۵٪ دقت باشد، حجم نمونهn، برحسب حجم جامعه N به شرح ذیل خواهد بود.

حجم جامعهN	۱۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	۵۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰
حجم نمونهn	۱۵/۳	۱۵/۴	۱۵/۴	۱۵/۴(۱۶)

به عبارت دیگر حجم نمونه مورد نیاز برابر ۱۶فرد است. لازم به ذکراست که در مقایسه با جوامع واقعی، جامعه مفروض بسیار کوچک است، باید توجه داشت که علیرغم افزایش شدید و سریع حجم جامعه، حجم نمونه چندان افزایشی ندارد. در عین حال اگر در جامعه‌ای با حجم N=۱۰۰۰۰۰ ، سطح دقت افزایش داده شود، ارقام ذیل برای حجم نمونه n به‌دست خواهدآمد.

دقت	٪۹۵	٪۹۹	٪۹۹/۹
حجم نمونه n	۱۵/۴(۱۶)	۲۶/۵(۲۷)	۳۷/۲(۳۸)

بدین ترتیب، برای نیل به‌دقت ٪۹۹/۹ حجم نمونه مورد نیاز برابر ۳۸ واحد است. [مفهوم دقت ٪۹۹/۹ آن است که اگر ۱۰۰۰نمونه انتخاب شود، در۹۹۹ نمونه آماره محاسبه شده از نمونه در فاصله β واحد از مقدار حقیقی آن در جامعه است و تنها در یک نمونه، خارج از این فاصله خواهد بود. البته، عملاً فقط یک نمونه گرفته می‌شود. مطلوبیت و تمایز فوق‌العاده‌ای‌که این نمونه دارد آن‌است‌که یکی از۹۹۹ نمونه باشد.] این که حجم نمونه به مراتب کوچک‌تر از آن‌است که قبل از انجام محاسبات، انتظار می‌رفت، نه فقط شگفت‌آور و تعجب برانگیز است، بلکه شاید غیرقابل باور هم باشد. بهتر است به دو مثال ذیل توجه شود: اول، یک آشپز که در حال تهیه یک ظرف سوپ است، یک قاشق از آن را می‌چشد تا بداند آیا نیازی به نمک بیشتر دارد یا نه. اگر سوپ داخل ظرف را کاملاً هم زده باشند، فارغ از بزرگی ظرف سوپ، آشپز مطمئن خواهد بود که همان یک قاشق معیار دقیقی از میزان شوری یا بی‌نمکی سوپ به‌دست خواهد داد. دوم، یک مورد کاملاً غیر عادی را نظر بگیرید. فرض کنید در جامعه‌ای که تمامی افراد آن دارای درآمد یکسان هستند، در نظر است مطالعه‌ای درمورد درآمد افراد انجام شود. اگر درآمد فقط یک نفر از جامعه معین شود، بله نمونه‌ای با حجم یک نفر، تمامی اطلاعات مورد نظر در مورد درآمد افراد جامعه مزبور روشن خواهد شد. اما، غالباً بین افراد جامعه، تفاوت‌هایی وجود خواهد داشت، همین تفاوت‌ها ضرورت توجه به واریانس جامعه را در تهیه طرح نمونه‌گیری الزام می‌بخشد.

واریانس، به اشکال مختلف ظهور می‌یابد. یک دریاچه را در نظر بگیرید که درآن فقط دو نوع ماهی، کوچک و بزرگ وجود دارد. یعنی پاره‌ای از آنها بسیار کوچک و

پاره‌ای دیگر بسیار بزرگ. فرض کنید یک نمونه باحجم ۳ماهی از این دریاچه گرفته شود، اگر اتفاقاً هر۳ ماهی از نوع بزرگ یا از نوع کوچک باشد، متوسط وزن ماهی‌های نمونه به هیچ‌وجه منعکس کننده متوسط وزن ماهی‌های دریاچه نخواهد بود. دراین حالت، یک طرح نمونه‌گیری بهتر، طرحی است که درآن ماهی‌ها به دو طبقه، تقسیم و از هرطبقه تعدادی ماهی نمونه انتخاب شود. یاآن که، به جای ماهی‌های کوچک و بزرگ، ممکن است دردریاچه، ماهی‌های سفید و راه‌راه وجود داشته باشد، دراین حالت می‌توان ماهی‌ها را برحسب رنگ طبقه‌بندی کرد. به طور کلی، طبقات متعدد و متفاوتی وجود دارد و بخشی از طرح نمونه‌گیری انتخاب طبقه‌بندی مناسب است.

یک طرح نمونه‌گیری تصادفی ساده، در واقع ساده‌ترین طرح نمونه‌گیری است. اما طرح‌هایی که برای سرشماری طراحی شده یا در سرشماری مورد استفاده قرار گرفته است، بسیار پیچیده‌تر است. با وجود این، اصول و مبانی پایه‌ای همان‌است که عنوان شد. به طور کلی، اینگونه طرح‌های پیچیده‌تر، دارای سودمندی بیشتری است تا طرح‌های تصادفی ساده.

در فرایند سرشماری، طرح‌های طبقه‌بندی می‌تواند برای برآورد تعداد بی‌پاسخ‌ها، مورد استفاده قرار گیرد تا نیازی به جستجو برای یافتن هریک از این واحدها نباشد و به‌جای این کار پرسشگران به تعداد اندکی از خانوارهای بی‌پاسخ مراجعه کنند. این فرایند، چون به تعداد کمتری پرسش‌گر نیاز دارد، بهره‌بروری بیشتری دارد واز آنجا که در مدت‌زمانی‌کمتر و سریعتر به انجام می‌رسد، موجب کاهش خطای اندازه‌گیری نیز خواهد شد. درطرح‌های سرشماری، طبقه‌بندی‌ها معطوف به تغییرات منطقه‌ای یا محلی، یا سن و نژاد خواهد بود.

کم‌شماری

اندازه‌گیری کم شماری را می‌توان از طریق طرح های نمونه‌گیری به روش سنتی (Caplure-recaplure) یا(C.R) به موثرترین صورت، برآورد کرد. ساده‌ترین شکل این گونه طرح‌ها در پیوست شماره ۲عرضه شده است. به این منظور، قبل از اجرای سرشماری یک نمونه انتخاب می شود (برای تضمین استقلال آماری آن). پس از اجرای

سرشماری وقتی رقم c_1 مربوط به اطلاع حاصل از سرشماری بدست آمد، می توان از طریق مقابله ی یافته‌های سرشماری با داده‌های حاصل از نمونه گیری به رقم α رسید که معرف افرادی است که هم در سرشماری و هم در نمونه‌گیری ثبت شده اند. براساس این اطلاع، تعداد کل واحدها، شامل واحدهای شمارش شده و واحدهای از قلم افتاده قابل محاسبه خواهد بود . بدین ترتیب برآوردی از واحدهای قلم افتاده بدست خواهد آمد. توجه به این نکته هم خالی از لطف نیست که در این روش، اقلام دیگری نیز قابل برآورد است. یکی از این اقلام، تعداد واحدهایی است که در سرشماری از قلم افتاده ولی در نمونه‌گیری ثبت شده‌اند، و اطلاع دیگر مربوط به تعداد واحدهایی است که هم در سرشماری و هم در نمونه گیری از قلم افتاده اند.

البته، در عمل، برنامه‌های سرشماری، ضرورتاً، پیچیده‌تر خواهد بود. اما در عین حال اصول و مبانی نظری آن، تغییری نخواهد داشت. بنابراین، به عنوان مثال، ترکیب روش (C.R) با طرح‌های مبتنی بر طبقه‌بندی، امکان می دهد که اینگونه اقلام برای هر طبقه و در نتیجه برای کل کشور، محاسبه شود.

اشاره به نکته دیگری نیز ضروری است. فرض کنید که یافته‌های سرشماری و نیز نتایج حاصل از طرحهای نمونه‌گیری (C.R) در دست باشد. به طوری که گذشت اطلاعات مربوط به پاره‌ای از افراد (α) هم در سرشماری و هم در نمونه‌گیری ثبت شده است. در نتیجه، این امکان وجود دارد که دو مجموعه از اطلاعات با یکدیگر مقایسه شده و معلوم شود که آیا ویژگی‌های ثبت شده در دو منبع یکسان است یا نه. مسلماً پاره‌ای از آن‌ها یکسان و پاره‌ای دیگر متفاوت خواهند بود. در مواردی که اطلاعات ثبت شده در دو منبع برای یک واحد معین یکسان نیست، پرسش‌گران می‌توانند با مراجعه مجدّد، نسبت به رفع تناقض اقدام کنند. به این ترتیب، اطلاعات نمونه‌ای مزبور، علاوه بر استفاده‌ای که در برآورد کم شماری مربوط به سرشماری دارند، می‌توانند در مورد کنترل کیفیت اطلاعات سرشماری نیز مورد استفاده قرار گیرند. توجه به این نکته نیز لازم است که هرگز فرض نمی‌شود که یافته‌های نمونه‌گیری بهتر از نتایج سرشمای است. تنها فرضی که لازم است وجود استقلال دو منبع است.

نظر نهایی

مردان و زنانی که در تاریخ ماندگار می‌شوند، افرادی هستند که تغییرات و تحولات را با آغوش باز می‌پذیرند و در واقع از آن حمایت و پشتیبانی می‌کنند. تحولاتی که منجر به پیشرفت به سوی آینده‌ای بهتر خواهد شد. و بر عکس پاره‌ای از شخصیت‌های تاریخی نیز به خاطر مخالفت با این‌گونه پیشرفت‌ها چهره‌ای نامطلوب و ناپسند دارند، مثل افرادی که دانش جدید عصر خود مبنی بر گرد بودن زمین را بر نمی‌تابیدند و بر مسطح بودن زمین که عقیده رایج عصر آنان بود، پای می‌فشردند.

ما می‌توانیم و باید به این واقعیت ببالیم که دفتر سرشماری و کارکنان آن، با شناخت نمونه‌گیری به عنوان یک روش علمی معتبر، جزو گروهی به شمار می‌آیند که گردبودن زمین را باور داشتند و با بینه علمی مسطح بودن آنرا رد کردند. اگر به مثال مربوط به بیماری سرطان باز گردیم، بیماران در خواست دارند که با بهترین مداوای پزشکی که علم می‌تواند پیشنهاد کند، مورد معالجه قرار گیرند. با همین قیاس، دفتر سرشماری نیز درجستجوی بهترین‌هایی است که به نظر می‌رسد روش‌های نوین علمی می‌توانند ارائه کند. همان‌گونه که ما آگاهی داریم سرطان هنوز به طور کامل مهار نشده است، هیچ فرد معتبری نیز ادعا نمی‌کند که روش‌های مورد استفاده در سرشماری‌ها به کمال خود رسیده‌اند. پژوهش‌ها، همچنان ادامه دارند تا بهترین روش‌ها را برای اجرای هر چه دقیقتر و هر چه موثرتر سرشماریها بیابند. در عین حال، دفتر سرشمای به اهمیت استفاده از روش‌های علمی روز آمد، بجای روش‌های مربوط به دهه‌های قبل، به خوبی واقف است و ما باید از این بابت سپاسگزار باشیم.

پیوست شماره ۱:

نمونه‌گیری تصادفی ساده

فرض کنید برآورد یک میانگین مجهول در یک جامعه نظیر متوسط مصرف روزانه آب یک شهر، مورد نظر باشد. تعداد کل افراد جامعه معین و برابر N است (مثلاً ۱۰،۰۰۰نفر). همچنین فرض کنید اطلاعات موجود ازگذشته حاکی است که ۹۵ درصد

مصرف آب افراد این جامعه در فاصله ۲۰ واحدی از میانگین کلی جامعه است (یعنی سنجه پراکندگی آن $\sigma=10$ یا $\sigma^2=100$ است).

علاوه براین، فرض کنید که در نظر است برآورد مزبور دارای دامنه تغییرات β واحد در حول میانگین حقیقی جامعه و میزان دقت α٪ باشد (که در ادبیات آمار با علامت z_α نشان داده می‌شود) در این شرایط، تعداد نمونه n برای حصول به شرایط فوق عبارت خواهد بود از:

$$n=\frac{N\sigma^2}{(N-1)\beta^2/z_\alpha^2+\sigma^2}$$

جداول ۱و۲، نتیجه محاسبات مربوط تعداد نمونه n را برحسب مقادیر مختلف N با فرض اینکه برآورد میانگین مورد نظر در فاصله β واحد از مقدار حقیقی میانگین جامعه قرار داشته باشد (مثلاً$\beta=5$) و دقت ۹۵٪ نشان می‌دهد. (برای دقت ۹۵درصد، $z_\alpha=1/96$ و برای دقت ۹۹درصد، $z_\alpha=2/576$). جداول ۳و۴، نتایج محاسبات مشابهی را برای $\beta=2$ به دست می‌دهد.

جدول ۱- تعداد نمونه n با $\beta=5$ با دقت ۹۵درصد

حجم جامعه N	۱۰۰۰۰	۱۵۰۰۰	۲۰۰۰۰	۵۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰
حجم نمونه n	۱۵/۳	۱۵/۴	۱۵/۴	۱۵/۴	۱۵/۴

جدول ۲- برآورد تعداد نمونه با $\beta=5$ با دقت ۹۹درصد

حجم جامعه N	۱۰۰۰۰	۱۵۰۰۰	۲۰۰۰۰	۵۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰
حجم نمونه n	۲۶/۵	۲۶/۵	۲۶/۵	۲۶/۵	۲۶/۵

جدول ۳- برآورد تعداد نمونه n با ۲=β با دقت ۹۵درصد

حجم جامعه N	۱۰۰۰۰	۱۵۰۰۰	۲۰۰۰۰	۵۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰
حجم نمونه n	۹۱/۱	۹۵/۴	۹۵/۶	۹۵/۹	۹۵/۹

جدول ۴- برآورد تعداد نمونه n با ۲=β با دقت ۹۹درصد

حجم جامعه N	۱۰۰۰۰	۱۵۰۰۰	۲۰۰۰۰	۵۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰
حجم نمونه n	۱۶۳/۲	۱۶۴/۱	۱۶۴/۵	۱۶۵/۳	۱۶۵/۶

پیوست۲

محاسبه کم‌شماری‌ها

فرض کنید در نظر است تعداد پرندگان در یک منطقه معین(N) اندازه‌گیری شود. بررسی‌های انجام شده، منجر به انتخاب طرح مرسوم به (C.R) گردیده است. در اجرای این روش، فرض کنید که ابتدا ۲۰۰ پرنده (نمونه) مورد بررسی قرارگرفته، علامت‌گزاری و رها سازی شده‌اند. سپس یک نمونه مستقل ۱۰۰عضوی از پرندگان مورد بررسی قرارگرفته‌است. مقایسه دو نمونه نشان داده‌است که از بین ۱۰۰ پرنده نمونه دوّم، ۸۰ پرنده دارای علامت و ۲۰پرنده فاقد علامت بوده‌اند، یعنی ۸۰ درصد از پرندگان گرفته شده در مرحله دوم در بررسی اولی نیز وجود داشته‌اند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

		نمونه‌گیری دوم		جمع
		مشاهده شده در نمونه اول	مشاهده نشده در نمونه اول	
نمونه‌گیری اول	علامت‌گذاری‌شده	۸۰	۱۲۰	۲۰۰
	علامت‌گذاری‌نشده	۲۰	۳۰	۵۰
	جمع	۱۰۰	۱۵۰	

براساس همین اطلاعات- اگر به درستی گردآوری شده باشد. می‌توان برآوردی از کل تعداد پرندگان به دست داد. کافی است فرض شود که میزان پوشش در آمارگیری اول نیز ۸۰ درصد است و به عبارت دیگر نمونه اول برابر ۸۰ درصد کل پرندگان است.

یعنی $N \times \frac{۸۰}{۱۰۰} = ۲۰۰$

و بنابر این $N = \frac{۱۰۰}{۸۰} \times ۲۰۰ = ۲۵۰$

از ۲۵۰پرنده موجود در منطقه، در واقع ۸۰ پرنده در هر دو نمونه‌گیری مشاهده شده‌اند، ۱۲۰پرنده فقط در نوبت اول مشاهده و در نوبت دوم مشاهده نشده‌اند ۲۰پرنده فقط‌در نوبت‌دوم مشاهده شده و در نوبت اول به نمونه اصابت نکرده‌اند. بنابر این جمعاً ۲۲۰ پرنده (۲۲۰=۲۰۰+۲۰=۱۲۰+۱۰۰) مورد بررسی قرارگرفته است و ۳۰ پرنده (۳۰=۲۲۰-۲۵۰) در هیچ‌یک از دو نوبت، مورد مطالعه قرار نگرفته است. توجه این نکته نیز لازم است که

$N=۲۵۰=(۲۰۰\times۱۰۰)/۸۰$ و نیز $۳۰=۲۰\times \frac{۱۲۰}{۸۰}$

در مورد سرشماری، دور اول کسب اطلاع در واقع در حین عملیات میدانی سرشماری و مراجعه به خانوارها، انجام‌خواهد شد. و مثلاً C_1 مشاهده متناظر با پرندگان علامت‌گزاری شده در نوبت اول است. صرفاً به خاطر ادامه بررسی، فرض کنید این رقم C_1 برابر باشد با تعداد افرادی که پرسشنامه خود را تکمیل و عودت داده‌اند، به اضافه‌ی تمامی افرادی که در آغاز جزو بی‌پاسخ‌ها بوده‌اند ولی سپس پرسشنامه خود را تکمیل و ارسال داشته‌اند(با استفاده یا بدون استفاده از روش‌های نمونه‌گیری) درمرحله بعد، یک نمونه باحجم S_1 انتخاب می‌شود؛ که متناظر با دور دوم علامت‌گزاری درمثال پرندگان فوق خواهد بود. تعداد مواردی ازاین دو منبع‌که مقابله و بریکدیگر منطبق شده‌اند،

برابر α فرض می‌شود. یعنی در واقع α تعداد افرادی از جامعه‌آماری است که هم در سرشماری و هم در نمونه‌گیری بعدی ثبت شده‌اند. همچنین $C= S_1-\alpha$ تعداد افرادی است که در نمونه شمرده شده ولی در سرشماری پوشش داده نشده‌اند. و همین طور d تعداد افرادی است که در هیچ‌یک از دو منبع مشاهده نشده‌اند. بنابراین، متناظر با آنچه در مثال پرندگان مشاهده شد، جدول ذیل به دست خواهد آمد:

		نمونه‌گیری		جمع
		به‌حساب آمده	به‌حساب نیامده	
سرشماری	به‌حساب آمده	α	b	C_1
	به‌حساب نیامده	C	d	C_2
	جمع	S_1	S_2	$N=?$

تعداد کل افراد یاحجم جامعه (N) برابر خواهد بود با : $N=\alpha+b+c+d$ در این رابطه اجزا $(\alpha+b+c)$ معنوم است. چرا که α وb از اطلاعات مربوط به سرشماری و C از اطلاعات مربوط به نمونه‌گیری به دست آمده است. ولی می‌توان d را نیز به صورت $d=\frac{b\times c}{\alpha}$ برآورد کرد. پس ازانجام عملیات جبری لازم، نتیجه ذیل به‌دست خواهد آمد:

$$N=\frac{(\alpha+b)\times(\alpha+c)}{\alpha}=\frac{c_1\times s_1}{\alpha}$$

مفهوم این رابطه به شرح ذیل است:

$$N=\frac{\text{(رقم حاصل از نمونه‌گیری)(رقم حاصل از سرشماری)}}{\text{تعداد حالات مقابله شده}}$$

مبانی نظری نمونه‌گیری به روش (C.R)، ابتدا در سال‌های ۱۸۰۰ و به منظور برآورد حجم جوامع متعلق به حیات وحش ابداع شد. یکی از فرضیات اصلی این روش آمارگیری آن‌است که هر فرد آماری (پرنده، حیوان و ...) دارای احتمال مساوی برای انتخاب شدن است. مطالعات نشان داده است که کم‌شماری در سرشماریها بسته به منطقه، نژاد و سطح درآمد، به طور برجسته و قابل توجهی تغییر می‌کند، بنابر این، اگر فقط یک طرح (CR) ساده به اجرا درآید، ضرورتاً فرض مزبور محقق نخواهد شد. همین امر، استفاده از یک طرح (CR) ولی به شکل طبقه‌بندی شده را ضرورت می‌بخشد تا یکسانی داخل هر طبقه حاصل شود. البته تلطیف‌های دیگری نیز وجود دارد، ولی هیچ‌یک از آنها با مبانی و اصول مطرح شده در این‌جا، ناسازگاری ندارند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی