

روش‌های جمعیت‌شناختی برای سازمان‌های آماری

روش‌های جمعیت‌شناختی برای سازمان‌های آماری

مایکل هارتمن

مترجمان

محمد شیری

طه نوراللهی

عباس مرادی



پژوهش‌های آمار

فهرست مطالب

۱	مقدمه	.....
۱-۱	جان گرانت	.....
۲-۱	ویلیام پتی	.....
۳-۱	جمعیت‌شناسی چیست؟	.....
۴-۱	توماس رابرت مالتوس و کارل مارکس	.....
۵-۱	سرشماری و ثبت وقایع حیاتی	.....
۶-۱	رشد جمعیت و پیش‌بینی جمعیت جهان	.....
۲	مفاهیم آماری	.....
۱-۲	تصادفی بودن	.....
۲-۲	احتمال	.....
۳-۲	آزمایش‌های تصادفی	.....
۴-۲	مفهوم توزیع آماری	.....
۵-۲	میانگین مقادیر متغیر تصادفی	.....
۶-۲	واریانس متغیر تصادفی	.....
۷-۲	هم‌تغییری و همبستگی	.....
۸-۲	نظریه‌ی احتمال، آزمایش‌های تصادفی و متغیرهای پنهان	.....
۳	میزان	.....
۱-۳	مفهوم میزان	.....
۲-۳	ارتباط میزان و احتمال	.....
۳-۳	واژه‌شناسی و نمادهای استاندارد	.....

- ۳-۴- میزان‌های خام مرگ و میر، موالید و میزان طبیعی رشد.....
- ۳-۵- میزان فرسودگی و طول عمر.....
- ۴ دیاگرام لگزیس.....
- ۴-۱- منشأ دیاگرام لگزیس.....
- ۴-۲- مرگ و میر کودکان و نوزادان.....
- ۵ مرگ و میر.....
- ۵-۱- جدول عمر.....
- ۵-۲- سن.....
- ۵-۳- مواجهه‌ی مرکزی خطر.....
- ۵-۴- میزان مرگ و میر و میزان مرگ مرکزی.....
- ۵-۵- تابع بقاء.....
- ۵-۵- ستون سال‌های عمر جدول عمر.....
- ۵-۷- تعداد نفر-سال‌ها.....
- ۵-۸- امید زندگی بدو تولد.....
- ۵-۹- امید زندگی باقیمانده در سن x
- ۵-۱۰- T_x تابع.....
- ۵-۱۱- جدول عمر جمعیت متوقف.....
- ۵-۱۲- جدول عمر خلاصه.....
- ۵-۱۳- بزرگترین گروه سنی.....
- ۵-۱۴- نمودارهای توابع جدول عمر.....
- ۵-۱۵- تعریف آماری میزان.....
- ۵-۶- واریانس امید زندگی.....
- ۶ جمعیت ثابت.....
- ۶-۱- یک ابتکار نوین.....
- ۶-۲- کاربرد توزیع سنی ثابت.....
- ۶-۳- به کارگیری سرشماری جمعیت (در امیرنشین ابوظبی، سال ۲۰۰۵).....
- ۶-۴- جمعیت ثابت و برآورد غیرمستقیم.....
- ۷ استانداردسازی.....
- ۷-۱- میزان خام مرگ و میر و وابستگی آن به توزیع سنی.....

۲-۷- استانداردسازی میزان‌های مرگ و میر	۲-۷
۸ باروری	۸
۱-۸- میزان خام موالید	۱-۸
۲-۸- میزان باروری ویژه سنی	۲-۸
۳-۸- میزان باروری کل (TFR)	۳-۸
۴-۸- میزان ناخالص تجدید نسل	۴-۸
۵-۸- میزان خالص تجدید نسل	۵-۸
۶-۸- زمان‌بندی باروری نرمال‌شده	۶-۸
۷-۸- میانگین سنی زمان‌بندی باروری	۷-۸
۸-۸- واریانس زمان‌بندی باروری	۸-۸
۹-۸- میزان باروری ویژه سنی فرانسه و سوئد	۹-۸
۱۰-۸- باروری نکاحی، مجرد و کل	۱۰-۸
۱۱-۸- مدل‌های ریاضی باروری	۱۱-۸
۱۲-۸- واریانس میزان باروری کل	۱۲-۸
۱۳-۸- مباحث جمعیتی	۱۳-۸
۹ مهاجرت	۹
۱-۹- مهاجرت داخلی و بین‌المللی	۱-۹
۲-۹- مهاجرت به داخل و خارج سوئد	۲-۹
۳-۹- آمارهای مهاجرت	۳-۹
۱۰ پیش‌بینی‌های جمعیتی	۱۰
۱-۱۰- روش مؤلفه کوهورت	۱-۱۰
۲-۱۰- مثالی از پیش‌بینی جمعیت آرژانتین، سال ۱۹۶۴	۲-۱۰
۳-۱۰- جمعیت میانه‌ی سال	۳-۱۰
۴-۱۰- جمعیت دو فکتو و دو ژور	۴-۱۰
۵-۱۰- پیمایش‌های پس از سرشماری	۵-۱۰
۶-۱۰- منحنی نمایی رشد	۶-۱۰
۱۱ سری‌های زمانی	۱۱
۱-۱۱- فرآیندهای تصادفی	۱-۱۱
۲-۱۱- پیش‌بینی	۲-۱۱

- ۱۱-۳- سری‌های زمانی اتورگرسیو
- ۱۲ مدل‌ها در جمعیت‌شناسی
- ۱۲-۱- مدل بقاء لوجیت براس
- ۱۲-۲- تجزیه به مقدار واحد
- ۱۲-۳- مدل LC
- ۱۲-۴- مدل‌ها، داده و مستندات
- ۱۳ برآوردهای غیرمستقیم جمعیتی
- ۱۳-۱- برآورد مرگ و میر نوزادان و کودکان
- ۱۳-۲- برآورد غیرمستقیم باروری
- ۱۳-۳- کاربرد برآوردهای غیرمستقیم در سرشماری جمعیت (در لائوس، سال ۲۰۰۵)
- ۱۴ رگرسیون لوژستیک
- ۱۴-۱- توزیع لوژستیک
- ۱۴-۲- رگرسیون با متغیرهای مستقل پیوسته
- ۱۵ مشتق‌گیری و انتگرال
- ۱۵-۱- مشتق‌گیری
- ۱۵-۲- انتگرال
- مرجع‌ها

پیش‌گفتار

کتاب حاضر خلاصه‌ای از روش‌های جمعیت‌شناختی مورد استفاده در مراکز آماری است. در این کتاب، روش‌های جمعیتی مقدماتی و پیشرفته همراه با مثال‌های عددی ارائه شده است. فصل اول، با نگاهی بر تاریخچه جمعیت‌شناسی، جمعیت‌شناسی را مطالعه‌ی آمارهای مرگ‌ومیر، باروری و مهاجرت معرفی می‌کند که بدین منظور از سرشماری‌های جمعیت، نظام^۱ وقایع حیاتی، پیمایش‌ها و آمارهای ثبتي ویژه استفاده می‌شود. در فصل دوم، مفاهیم اولیه‌ی آمار همچون احتمال، متغیرهای تصادفی، میانگین، امید ریاضی، واریانس و همبستگی‌های آماری معرفی می‌شود. در فصل سوم، مفهوم حائز اهمیت "میزان"^۲ مورد بحث قرار گرفته است. فصل چهارم نیز به تشریح دیاگرام لگزيس و چگونگی استفاده از آن برای به تصویر کشیدن تغییرات «جمعیت متوقف» پرداخته است. اندازه‌گیری مرگ‌ومیر (جدول عمر) در فصل ۵ مورد بحث قرار می‌گیرد. همچنین، در پشتیبانی از انجام آمارگیری، در این فصل واریانس نمونه‌ای امید زندگی مورد بحث قرار می‌گیرد. افزون بر این، فصل مزبور چگونگی انجام شبیه‌سازی‌های ساده را به‌صورت خلاصه ارائه می‌کند. فصل ۶ و ۷ به ترتیب به بررسی ویژگی‌های جمعیت‌های متوقف و ثابت و استاندارد کردن مرگ‌ومیر اختصاص دارد. در فصل ۸ باروری و تجدید نسل مورد بررسی واقع می‌شود. در این فصل چگونگی تبیین واریانس میزان باروری کل از طریق شبیه‌سازی یا به‌کارگیری تخمین در نمونه‌ی بزرگ‌مقیاس پرداخته می‌شود. فصل ۹ به بحث درباره‌ی آمارهای متداول مهاجرت می‌پردازد. فصل دهم به پیش‌بینی‌های جمعیتی و تشریح تأثیرات ساختاری آن اختصاص دارد. فصل ۱۱ مشتمل بر مقدمه‌ای پایه‌ای است در مورد سری‌های زمانی و پیش‌بینی. فصل ۱۲ مدل‌های جمعیت‌شناختی هم‌چون «مدل بقاء لاجیت براس^۳» و «روش‌های لی کارتر^۴» را مورد

¹ System

² Rate

³ Brass

بحث قرار داده است. تکنیک‌های برآورد غیرمستقیم جمعیتی در فصل ۱۳ تشریح شده است. در فصل ۱۴ رگرسیون لوژستیک و نهایتاً در فصل ۱۵ مشتق‌گیری و انتگرال مطرح می‌شود.

فصل ۱

مقدمه

۱-۱ جان گراونت^۱

اولین مطالعه‌ی علمی جمعیت در انگلستان و طی عصر مرکانتیلیسم انجام شد که به عنوان دکترین اقتصادی قرن هفدهم در اروپا به افزایش ثروت ملی تأکید داشت. ذخایر طلا اساساً به مثابه ثروت ملی تلقی می‌شد. مرکانتیلیسم همچنین معتقد بود که دولت انگلستان بایستی تجارت کالاهای انحصاری، بالاخص فلزات گران‌بها، را حفظ نماید. مرکانتیلیسم مخالف تجارت آزاد بود و برای تضمین رشد پیوسته نیروی کار، بر باروری بالا تأکید داشت.

جان گراونت، بنیان‌گذار مطالعات جمعیتی، در ۲۴ آوریل ۱۶۲۰ به دنیا آمد. او تاجر ثروتمند و پرنفوذی بود. در خاطرات ساموئل پپی^۲، به گراونت اشاره شده است. جان آبری^۳ گراونت را می‌شناخت. وی نویسنده هم عصر گراونت بود که کتاب‌های متعددی را به رشته‌ی تحریر درآورده از جمله شرحی بر کتاب گراونت نوشته است. (Glass in Benjamin, Brass and Glass, 1963, pp. 37-2).

کشورهای اروپایی در طول قرن ۱۶ و ۱۷ با اپیدمی بسیار شایع طاعون مواجه بود که جان صدها هزار انسان را گرفت. همزمان با قرن شانزدهم، تعداد افراد فوت شده در لندن در قالب

^۱ John Graunt

^۲ Samuel Pepy

^۳ John Aubrey

لیست‌هایی جهت اطلاع عامه مردم منتشر می‌شد. این لیست‌ها، گزارش‌های مرگ‌ومیر نام گرفت. گزارش‌های مرگ‌ومیر همراه با لیست غسل تعمید حدود ۵۰۰ هزار تن از فوت‌شدگان در لندن، جزء منابع اصلی تحقیقاتی گرانت به‌شمار می‌رفت.

جان گرانت، در سال ۱۶۶۲ نتایج مطالعه خود را به انجمن سلطنتی^۴ ارائه داد و بلافاصله پذیرفته شد. مطالعه‌ی وی تحت عنوان "مشاهدات سیاسی و طبیعی در گزارشات مرگ‌ومیر" نام گرفت. نوآوری قابل توجهی در تحقیق گرانت وجود داشت (اسمیت و کیفیتز^۵، ۱۹۷۷، ۱۱-۲۱). به رغم ناقص بودن داده‌های او، چندین قاعده‌ی جمعیت‌شناختی را پایه‌ریزی کرد که از آن جمله تولد ۱۰۵ نوزاد پسر به ازای ۱۰۰ نوزاد دختر در هر ۲۰۵ تولد زنده است. گرانت به برآورد جدول عمر نزدیک شده بود که در آن زمان پیشرفت قابل توجهی به حساب می‌آمد. وی سیستمی برای طبقه‌بندی علل مرگ‌ومیر پایه‌ریزی کرد. افزون بر این، روشی برای تصحیح برآوردهای موالید در مواجهه با کم شماری موالید ارائه کرد (به کتاب بنجامین، براس و گلاس، ۱۹۶۳: ص ۶۵ مراجعه شود). جان گرانت در فقر کامل در ۱۸ آوریل ۱۶۷۴ درگذشت.

۱-۲ ویلیام پتی^۶

سر ویلیام پتی (۱۶۲۳-۱۶۸۷) از دوستان صمیمی جان گرانت بود. سابقه‌ی آموزشی وی در حوزه پزشکی ولیکن تلاش‌های علمی و تحقیقاتی او در حوزه دیگری متمرکز بود. گرانت به عنوان پدر مطالعات جمعیتی و پتی به عنوان بنیان‌گذار علم سیاست لقب گرفتند. در بین مطالعات علمی وی می‌توان به "رساله‌هایی در زمینه مالیات‌ها و اعانه‌ها" و چندین مقاله پیشگامانه اشاره کرد. او بخش قابل ملاحظه‌ای از تمرکز خود را به اصلاح آموزش معطوف نمود. وی به عنوان یک پیمایشگر، چندین نقشه از انگلستان و ایرلند را ترسیم کرد. در سال ۱۶۵۰ با کمک جان گرانت استاد موسیقی در دانشکده گرشام^۷ شد.

اصطلاح "حساب سیاسی" را پتی برای نخستین بار در مطالعات اقتصادی و جمعیت مطرح کرد. او از پرطرفدارترین حامیان مرکانتیلیسم بود. این مفهوم تا سال ۱۸۵۵ تداوم داشت و پس از آن گیلارد فرانسوی مفهوم دموگرافی را معرفی کرد (دانکن و هاسر، ۱۹۷۲: ۱۵۸). پتی پیشنهاد داد که هر کشور بایستی دارای دفاتر آماری باشد تا با تکیه بر داده‌ها و اطلاعات امکان نظارت برای دولت فراهم شود. اگرچه سرآغاز جمعیت‌شناسی منتسب به انگلستان قرن ۱۷ است، ولیکن

^۴ Royal Society

^۵ Smith and Keyfitz

^۶ William Petty

^۷ Gresham College

سوئد اولین کشوری بود که جمع‌آوری نظام‌مند داده‌های جمعیتی را به اجرا درآورد. این اقدام با صدور یک فرمان سلطنتی در سال ۱۷۴۸ تحکیم شد. اقدامی که منجر به پایه‌گذاری اداره‌ی آمار در شهر استکهلم در سال ۱۷۴۹ گردید.

دوراند^۸ (بوگ، ۱۹۶۹: ۹) درباره مطالعات پتی چنین اظهارنظر می‌کند:

« نکته‌ی قابل تأمل آن است که چه تعداد از سوالاتی که پتی طرح کرده بود، هنوز هم برای جمعیت‌شناسان و آماردانان امروزی، به ویژه در زمینه مطالعه مسائل مربوط به کشورهای کم توسعه یافته، مطرح است. افزون بر این، مطالعات او، بر پیش‌بینی‌های جمعیتی، اقتصاد شهری، ساختار جمعیت، نیروی کار، بیکاری پنهان، اشتغال و اندازه‌گیری درآمد ملی تمرکز داشت.»

هم پتی و هم گرانت به ایده‌های زمان خودشان واکنش نشان دادند: در اولین مرحله، عقاید مستحکم مرکانتیلیسم بود که بر مسئولیت دولت در زمینه ظرفیت تولید ثروت تأکید می‌کرد. در گام بعدی تجربه‌گرایان قرار داشتند که چشم‌انداز جدیدی را مطرح کردند حاکی از اینکه علم بایستی مبتنی بر مشاهدات باشد. اکتشافات گالیله (۱۵۶۴-۱۶۴۲) پایه‌های علم جدید را در شهر پیزای ایتالیا بنیان نهاد. گالیله به عنوان پدر نجوم و فیزیک تجربی شناخته شد. گالیله در ابتدا نشان داد که اشیاء سبک و سنگین سرعت جاذبه یکسانی دارند (صرف‌نظر از فشار هوا، اشیاء سنگین و سبک با سرعت یکسانی بر زمین فرود می‌آید). تلاش‌های علمی او شامل کشف ۴ قمر بزرگ ژوپیتر، که به نام اقمار گالیله‌ای در کارنامه‌ی افتخاراتش ثبت شد، و مشاهده و تحلیل لکه‌های خورشیدی بود. اکتشافات گالیله، مشوق اسحاق نیوتن (۱۶۴۳-۱۷۲۸) در بنیان‌گذاری قوانین بنیادی فیزیک بود. اسحاق نیوتن و ویلهلم فن لایبنتز (۱۶۴۶-۱۷۱۶) ریاضیات نوین قرن ۱۷ (حساب دیفرانسیل و انتگرال) را ابداع کردند. افزون بر این، همچنان که دیدیم، بنیان علوم اجتماعی نیز در قرن ۱۷ ریخته شد.

۱-۳ جمعیت‌شناسی چیست؟

معمولاً کسی معنی فیزیک و یا شیمی را توضیح نمی‌دهد زیرا ما از مسائل مربوط به علوم طبیعی درک کافی داریم. اما جمعیت‌شناسی چندین حوزه‌ی علمی در هم تنیده را در بر می‌گیرد. از این رو، شناخت حوزه‌های مطالعاتی آن از اهمیت بسزایی برخوردار است. دانکن و هاسر^۹ (۱۹۷۲، ۲) چنین نوشته‌اند:

^۸ Durand

^۹ Duncan and Hauser

«جمعیت‌شناسی به مطالعه‌ی اندازه، توزیع جغرافیایی، ترکیب و تغییرات جمعیت می‌پردازد. مؤلفه‌های تغییرات جمعیت شامل موالید، مرگ‌ومیر، حرکات مکانی (مهاجرت) و تحرکات اجتماعی (تغییر موقعیت) هستند. سه ویژگی این تعریف نیاز به توضیح بیشتری دارد. اول این که نادیده گرفتن کیفیت جمعیت با هدف پیشگیری از انجام ملاحظات هنجاری تعمدی بوده است. ترکیب جمعیت نه تنها تغییرات مربوط به ویژگی‌های جمعیت همچون سن، جنس، وضعیت تأهل و امثال آن را مورد توجه قرار می‌دهد بلکه کیفیت سلامت، استعداد روانی و مهارت‌های اکتسابی را نیز در بر می‌گیرد. دوم این که، تحرک اجتماعی به طور صریح در تعریف آمده است زیرا ترکیب جمعیت از طریق انتقال افراد از یک موقعیت به موقعیت دیگر، به عنوان مثال انتقال از وضعیت مجرد به تأهل، تغییر می‌کند، زاد و ولد، مرگ‌ومیر و مهاجرت نیز به همان صورت موجب تغییر در ترکیب جمعیت می‌شود. سوم این که منظور از عبارت "حرکات مکانی" مهاجرت است زیرا مهاجرت شامل تغییر مکان بین فضاها تعریف شده قراردادی است و شامل همه تغییرات مکانی نمی‌گردد».

در گذشته، منابع اساسی برای مطالعات جمعیتی، سرشماری و ثبت حیاتی بوده است. پس از جنگ جهانی دوم، پیمایش‌های نمونه‌ای در تأمین داده‌های مورد نیاز مطالعات جمعیتی موفقیت آمیز بود. امروزه حجم قابل ملاحظه‌ای از داده‌های جمعیتی مفید از پیمایش‌ها استخراج می‌شود.

۱-۴- توماس رابرت مالتوس^{۱۰} و کارل مارکس^{۱۱}

کشیش توماس رابرت مالتوس (۱۷۶۶-۱۸۳۴) که به خاطر نظریه‌اش شهرت یافت، تأثیر جمعیت را در تأمین معیشت مردم بیشتر از ظرفیت زمین می‌دانست. در رساله‌ی معروف خود با عنوان "مقاله‌ای درباره اصل جمعیت" که در سال ۱۷۹۸ منتشر شد، چنین استدلال کرد که مواد غذایی با تضاد حسابی رشد می‌کند در حالی که جمعیت با تضاد هندسی در حال رشد است. نظر مالتوس مبین این بود که قحطی، اپیدمی طاعون و فقر و تنگدستی، مانع پیشی گرفتن جمعیت انسانی از منابع مورد نیاز خود می‌شود و جمعیت رشد خود را تا زمانی ادامه خواهند داد که منابع برای تأمین نیازشان کافی باشد.

مالتوس طرفدار پیشگیری اخلاقی (محدودیت موالید) از طریق به تعویق انداختن ازدواج بود. اگرچه، گاهی اوقات، نظراتش کارایی کمتری داشته است ولی همواره تمایل قابل ملاحظه‌ای برای توجه به آن‌ها وجود داشته است. پس از جنگ دوم جهانی، بحث‌های جمعیتی با محوریت

¹⁰ Thomas Robert Malthus

¹¹ Karl Marx

"رشد بسیار شدید جمعیت" در کشورهای در حال توسعه، از دیدگاه‌های مالتوس الهام گرفت. در مقابل، کارل مارکس شدیداً مخالف دیدگاه مالتوس بود. دیدگاه اصلی کمونیسم این بود که قانون طبیعی برای جمعیت وجود نداشته و فقر ناشی از توزیع ناعادلانه ثروت و منابع اساسی است. سووی^{۱۲}، جمعیت‌شناس فرانسوی، نوشتارهای بسیاری پیرامون نظریات عمومی جمعیت در سطح وسیع ارائه کرده است. نامبرده اصطلاح "جهان سوم" را ابداع کرد. در سال‌های اخیر، امکان مواجه شدن جمعیت جهان در سال‌های آتی با کمبود منابع محیط زیست، از مسائلی است که توجه شدیدی را به خود جلب کرده است.

۵-۱ سرشماری و ثبت وقایع حیاتی

پیش از این، سرشماری‌ها منبع اساسی اطلاعات مطالعات جمعیتی به شمار می‌رفت. در نتیجه، بخش عمده‌ای از روش‌های جمعیت‌شناختی به منظور استفاده از اطلاعات سرشماری طراحی شده بود. اگرچه در کشورهای اسکاندیناوی، ثبت مداوم جمعیت و پایگاه‌های داده جمعیت‌شناختی جایگزین سرشماری‌ها شده است ولی در سراسر دنیا، همچنان سرشماری جمعیت و سیستم ثبت وقایع حیاتی (که بواسطه پیمایش‌ها پشتیبانی می‌شوند)، دو منبع اساسی برای مطالعات جمعیتی به شمار می‌رود. در اغلب کشورهای جهان، ثبت وقایع حیاتی ناقص بوده و سرشماری نیز با مسائلی همچون کم شماری مواجه بوده است. از این رو، اغلب روش‌های استاندارد جمعیت‌شناختی رایج در کشورهای توسعه یافته، در اکثر کشورهای جهان قابل استفاده نیست. در طول دهه ۱۹۶۰ ویلیام براس، جمعیت‌شناس انگلیسی (۱۹۲۱-۱۹۹۹) و همکارانش روش‌های برآوردی را به منظور استفاده از داده‌های ناقص و محدود جمعیت‌شناختی ابداع کردند. این روش‌ها تحت عنوان روش‌های برآورد غیر مستقیم مطرح شد.

سرشماری‌ها چندین هدف را دنبال می‌کنند: پارلمان بریتانیا در اولین دوره سرشماری انگلستان و یلز (سال ۱۸۰۱)، دو هدف را مورد توجه قرار داد: یکی تعیین تعداد جمعیت، خانواده و مسکن و به دست آوردن شاخصی برای مشاغلی که افراد در آن فعالیت دارند و دیگری به دست آوردن اطلاعاتی است که در غیاب داده‌های سرشماری محلی قبلی، بتواند چشم اندازی را در پاسخ به این سوال ایجاد کند که آیا جمعیت در حال رشد بوده است یا در حال کاهش. اهمیت رشد جمعیت همواره یکی از دلایل مهم برای انجام سرشماری بوده و هنوز هم است. کشور سوئد اولین سرشماری خود را در سال ۱۷۴۹ و دانمارک در سال ۱۷۶۹ انجام داد. ایالات متحده آمریکا

¹².Sauvy

نیز در سال ۱۷۹۰ و فرانسه در سال ۱۸۷۶ اولین سرشماری خود را به انجام رسانید. امپراتوری روسیه تزاری اولین و تنها سرشماری خود را در سال ۱۸۹۷ اجرا کرد.

۱-۶ رشد جمعیت جهان و چشم‌اندازهای آن

در طول قرن ۲۰ جمعیت جهان به ارقام بسیار بزرگی رسید که هرگز قبلاً تجربه نکرده بود. در سال ۱۹۰۰ جمعیت جهان کمتر از ۲ میلیارد نفر بود. در سال ۱۹۵۰ جمعیت جهان تقریباً به ۲/۶ میلیارد نزدیک شد. در سال ۲۰۱۰، جمعیت جهان ۶/۸ میلیارد و در سال ۲۰۵۰، ۹ میلیارد برآورد شده است. بنابراین، شواهد تاریخی حاکی از این است که جمعیت هیچ کدام از کشورهای جهان در طول دوره‌ها افزایش پیوسته‌ای نداشته و دیر یا زود رشد جمعیت‌شان محدود شده است. چنین تغییراتی در رشد جمعیت در اغلب موارد مشاهده شده است.

افزایش جمعیت جهان با افزایش پیوسته نسبت جمعیت سالخورده همراه بوده است. در سال ۱۹۵۰ جمعیت ۶۵ سال و بالاتر، ۵ درصد از جمعیت جهان را تشکیل می‌دهد. حال آنکه برآوردها نشان می‌دهد سهم این گروه در سال ۲۰۵۰ به ۱۵ درصد خواهد رسید. در سال ۱۹۵۰، درصد افراد ۶۵ سال و بالاتر در اروپا تقریباً ۸ درصد بوده است که برآوردها حاکی از افزایش این میزان به ۳۰ درصد در سال ۲۰۵۰ است. همچنین در کنار این تغییرات، امید زندگی بالاخص در کشورهای صنعتی، افزایش یافته است. امید زندگی در ایالات متحده آمریکا و اغلب کشورهای اروپایی از دهه‌ی ۱۹۵۰ تاکنون تقریباً ۱۵ سال افزایش یافته است. با این وجود، افزایش طول عمر در برخی کشورها، بالاخص کشورهای آفریقایی، نسبتاً کم بوده است (دلیل عمده سوء تغذیه و اپیدمی اچ آی وی /ایدز بوده است). ویژگی مهم و جهانی جمعیت‌شناختی در دهه‌ی گذشته کاهش باروری است. کاهش باروری عمده‌ترین علت افزایش سهم جمعیت سالخورده به شمار می‌رود. افزون بر این، نیروی کار جهانی به طور قطع در آینده از سنین بالاتری برخوردار خواهند بود زیرا اغلب افراد پس از سن بازنشستگی کار خواهند کرد.

فصل ۲

مفاهیم آماری

۱-۲ تصادفی بودن

جمعیت‌شناسی مطالعه‌ی آماری مرگ‌ومیر، باروری، وضعیت زناشویی و مهاجرت است (تعریف ارائه شده توسط دانکن و هاوسر)، بنابراین، لازمی انجام مطالعات جمعیت‌شناختی، آشنایی با مفاهیم آماری و روش‌های آماری خواهد بود. یکی از مفاهیم اساسی «تصادفی بودن» است. کرامر (۱۹۴۵، ۱۳۸-۱۳۹) مفهوم را چنین توضیح می‌دهد:

«به نظر می‌رسد ارائه‌ی تعریفی دقیق از مفهوم تصادفی بودن امکان‌پذیر نیست. تشخیص این مفهوم با تکیه بر مثال‌های متفاوت قابل فهم است. اگر یک سکه چندین بار به سرعت در هوا بچرخد، در صورتی که شرایط آزمایش از همه جهات یکسان باشد، امکان پیش‌بینی رو یا پشت بودن سکه فراهم نیست. اگر در اولین پرتاب، رو بیاید و سعی شود حالت پرتاب بعدی مشابه حالت اول باشد، اطمینانی از تکرار حالت رو در پرتاب سکه وجود ندارد. حتی اگر ماشین پرتاب سکه ساخته شود که مبتنی بر قانون‌مندی عمل کند، احتمالاً موفق به پیش‌بینی پرتاب‌های منحصر به فرد نخواهد شد. در مقابل، نتیجه آزمایش در یک موقعیت غیر قابل کنترل همواره از یک نمونه به نمونه دیگر در حال تغییر خواهد بود. اگر دیدگاه قطعیت مورد پذیرش باشد، بایستی نتایج پرتاب سکه با توجه به شرایط اولیه پرتاب سکه (شرایط خارجی هم‌چون فشار هوا و ویژگی‌های فیزیکی میز، که ثابت در نظر گرفته شده است) تعیین شود. از این‌رو، از لحاظ نظری

ارائه‌ی یک پیش‌بینی دقیق با فرض شناخت شرایط اولیه فراهم خواهد بود و نتایج دلخواه با تعیین شرایط مطلوب اولیه میسر می‌شود. بازتاب لحظه‌ای نشان خواهد داد که حتی تغییرات کوچک در شرایط اولیه پرتاب تأثیرات فاحشی در نتیجه ایجاد می‌کند. در عمل، شرایط ابتدایی آزمایش هرگز شناخته شده نبوده و تنها بر تخمین‌های معینی استوار است. به طور مشابه، زمانی که تلاش در جهت ایجاد شرایط اولیه یکسان و یکنواخت در پرتاب‌های متوالی صورت پذیرد، هرگز نمی‌توان مانع تغییرات کوچک شد و اندازه‌ی این تغییرات به دقت مکانیزم کارگرفته شده در پرتاب‌ها وابسته است. در کنار محدودیت‌های تعیین شده بوسیله دقت تخمین‌ها، همواره مکانی با شرایط اولیه متفاوت وجود دارد که منجر به نتایج یکسانی در پرتاب سکه می‌شود بنابراین پیش‌بینی دقیق هیچ‌گاه امکان‌پذیر نیست».

اگر موقعیتی تصادفی باشد، امکان پیش‌بینی دقیق وجود ندارد. وقایع جمعیت‌شناختی به سختی قابل پیش‌بینی هستند. طبیعتاً انتظار می‌رود تا به دنبال ازدواج، مولید اتفاق بیفتد ولیکن نمی‌توان یقین داشت که یک زوج حتماً فرزند خواهند داشت. حتی اگر فرزند نیز داشته باشند، چگونگی گذران زندگی آنان و دیگر شرایط را نمی‌توان از قبل پیش‌بینی کرد.

۲-۲ احتمال

تصور کنید یک سکه چندین بار به هوا پرتاب شود. همواره پیشامد این پرتاب‌ها، پشت یا رو خواهد بود. اگرچه امکان پیش‌بینی قطعی نتیجه پرتاب سکه غیرممکن است، اما به یقین می‌توان گفت که در پرتاب‌های بیشمار سکه، نیمی از نتیجه پرتاب‌ها رو و نیمی نیز پشت خواهد بود. در حقیقت شواهد تجربی حاکی از این است که اگر ۱ میلیون بار سکه پرتاب شود احتمال رو آمدن سکه برابر با حاصل فرمول $P = \frac{f}{N}$ خواهد بود که f بیانگر تعداد رو آمدن در پرتاب سکه‌هاست. در عمل، همین نتیجه در پرتاب دو میلیون بار سکه به دست می‌آید (در هر دو مورد انتظار می‌رود که $P = 0.5$ باشد).

به عبارت دیگر، اگر N تعداد دفعات پرتاب سکه باشد و f تعداد رو آمدن سکه، حاصل نسبت $P = \frac{f}{N}$ با افزایش تعداد دفعات پرتاب ثابت خواهد بود. این مهم را فرض ثابت احتمال رو آمدن سکه در پرتاب آن می‌نامند. به عبارت بهتر، این فرض اگرچه با شواهد تجربی صد در صد تایید نمی‌شود ولیکن مبنای پایایی فراوانی‌های نسبی خواهد بود.

یک سکه سالم که در پرتاب با احتمال یکسان پشت یا رو می‌آید، سکه متقارن خوانده می‌شود. چنین سکه‌ای در واقعیت وجود ندارد. با این وجود، در دنیای واقعی

سکه‌هایی وجود دارند که تقریباً متقارن هستند. برای تعیین این‌که سکه‌ای متناسب است یا خیر، می‌توان تصور نمود که برای هر سکه یک P نسبت داده می‌شود که عدد P بین صفر و یک قرار دارد ($0 \leq P \leq 1$) و از لحاظ نظری احتمال رو آمدن در هر پرتاب است. در واقع، احتمال، یک مفهوم انتزاعی و غیر قابل مشاهده است. مقدار احتمال به صورت دقیق محاسبه نمی‌شود. در واقع فراوانی نسبی از تکرارها تقریبی از احتمال را ارائه خواهد داد.

اگر طبیعت اصل احتمال را تأیید نکند، محاسبه‌ی احتمال در یک تمرین ریاضی خلاصه خواهد شد. نکته‌ی کلی این است که در طبیعت، اغلب پدیده‌ها مفهوم احتمال را تأیید می‌کنند و در احتمال بی‌نظمی وجود ندارد.

برای مثال، جدول ۱-۲ تعداد موالید دختر و پسر طی سال‌های ۱۹۲۷ تا ۱۹۳۲ در کشور لهستان را نشان می‌دهد که نشانگر برابری تقریبی نسبت جنسی موالید پسر و دختر است. بنابراین می‌توان گفت تقریباً احتمال موالید دختر و پسر در لهستان به طور متناظر، ۰٫۴۸ و ۰٫۵۲ خواهد بود. نسبت جنسی در بدو تولد برای کشورهای دیگر و در دوره‌های متفاوت یکسان است. پایایی نسبت جنسی در تولد نمونه‌ای از قانونمندی جمعیت‌شناختی است. جان گرانث چنین قوانینی را با تکیه بر داده‌های کلیسا در لندن در اوایل قرن ۱۷ مشاهده کرد.

جدول ۱-۲: تعداد موالید دختر و پسر کشور لهستان ۱۹۲۷-۱۹۳۲

سال	پسرها	دخترها	هر دو جنس	نسبت	
				پسرها	دخترها
۱۹۲۷	۴۹۶۵۴۴	۴۶۲۱۸۹	۹۵۸۷۳۳	۰٫۵۱۸	۰٫۴۸۲
۱۹۲۸	۵۱۳۶۵۴	۴۷۷۳۳۹	۹۹۰۹۹۳	۰٫۵۱۸	۰٫۴۸۲
۱۹۲۹	۵۱۴۷۶۵	۴۷۹۳۳۶	۹۹۴۱۰۱	۰٫۵۱۸	۰٫۴۸۲
۱۹۳۰	۵۲۸۰۷۲	۴۹۴۷۳۹	۱۰۲۲۸۱۱	۰٫۵۱۶	۰٫۴۸۴
۱۹۳۱	۴۹۶۹۸۶	۴۶۷۵۸۷	۹۶۴۵۷۳	۰٫۵۱۵	۰٫۴۸۵
۱۹۳۲	۴۸۲۴۳۱	۴۵۲۲۳۲	۹۳۴۶۶۳	۰٫۵۱۶	۰٫۴۸۴

منبع: فیش، ۱۹۶۳، صفحه‌ی ۴.

۳-۲ آزمایش های تصادفی

آزمایش تصادفی آزمایشی است که به دفعات زیاد و تحت شرایط یکسان انجام می شود. بنابراین، پرتاب کردن تاس و مشاهده ی پیامدهای آن یک آزمایش تصادفی است. البته ممکن است که در نقد این موضوع چنین استدلال شود که هیچ چیزی در دنیا وجود ندارد که در شرایط واقعی مشابه، تکرار شود. به عنوان مثال دومین باری که تاس پرتاب می شود، ترکیب مولکولی و سایر ویژگی های فیزیکی اش تغییر می یابد و به همین دلیل مکانیزم های احتمالی پیامد پرتاب تاس نیز تغییر خواهد کرد. اما این تغییرات آنقدر کوچک بوده که حتی از اندازه گیری عددی و نهایتاً بیان اهمیت عملی آن طفره رفته اند. خلاصه این که تعاریف ریاضی انتزاعی هستند و انسان در عالم واقعیت با تخمین ها مواجه است. چیزی که مورد توجه ماست نه دقت مطلق (که هرگز قابل دستیابی نیست) بلکه دقت کافی است که معمولاً از نقطه نظر عملی دست یافتنی است. پنهان (۲۰۰۵) این موضوع را با جزئیات بیشتر بررسی می کند.

تحقق یک آزمایش تصادفی (همچون پرتاب سکه)، آزمون نامیده می شود. و پیامد آزمایش تصادفی یا آزمون، تحت عنوان پیشامد مطرح می گردد. به عبارت دیگر، نوعی از آزمایش تصادفی E که منجر به پیشامدهای فردی $(e_1, e_2, e_3, \dots, e_n)$ می شود پیشامدهای ساده نام دارد.

۴-۲ مفهوم توزیع آماری

فرض کنید E یک آزمایش تصادفی با پیشامدهای $(e_1, e_2, e_3, \dots, e_n)$ باشد. P_k احتمال وقوع پیشامد e_k است $(k=1, 2, \dots, n)$ زمانی که E اتفاق افتاده است. در این صورت می گوئیم $(p_1, p_2, \dots, p_n)$ توزیع احتمال E است. احتمالات P_k ویژگی های مشترکی دارند که عبارت است از:

$$0 \leq P_k \leq 1$$

$$\sum_{k=1}^n P_k = 1$$

برای مثال، آزمایش تصادفی پرتاب تاس، ممکن است اعداد ۱ تا ۶ را نشان دهد. در اینجا اعداد ۱ تا ۶ پیشامدهای تصادفی هستند. اگر تاس متقارن باشد و در صورتی که هر پیشامد P_k احتمال برابری با دیگری داشته باشد در آن صورت، احتمال هر پیشامد برابر است با: $P_k =$

$1/6$ زمانی که تاس پرتاب می‌شود پیشامدهای مشخص ۱ تا ۶ اتفاق خواهد افتاد و در نتیجه، مجموع احتمال این پیشامدها برابر با ۱ خواهد بود.

متغیر تصادفی چیست؟ اگر X ، تعداد موقعیت های ناشی از پرتاب تاس باشد، به خاطر این که متغیر X مقادیرش را به صورت تصادفی تعیین می‌کند، X متغیر تصادفی است. از این رو، می‌توان نوشت $P\{X = K\} = 1/6$ در صورتی که $k=1, 2, \dots, 6$. زمانی که پیشامدها همدیگر را تحت تأثیر قرار نمی‌دهند، پیشامدها مستقل از همدیگرند. برای مثال زمانی که یک تاس و سکه پرتاب می‌گردد پیامدهای متناظر مستقل از همدیگرند. زمانی که سخن از مشاهدات مستقل $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ به میان می‌آید بدین معنی است که مقادیر هر کدام از مشاهدات بر مقادیر دیگر تأثیر نمی‌گذارد. برای مثال اگر هر مشاهده به مشاهده قبلی وابسته باشد در این صورت مقادیر وابسته اند.

۵-۲ مقدار میانگین متغیر تصادفی

مقدار میانگین متغیر تصادفی گسسته X با مقادیر $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ و توزیع احتمال $(p_1, p_2, \dots, p_n)$ عبارت است از:

$$E(X) = \mu = \sum_{k=1}^n x_k p_k$$

برای مثال X ، اگر تعداد پیشامدها در آزمایش پرتاب تاس به عنوان متغیر تصادفی فرض شود، در صورتی که همه پیشامدها $(1, 2, \dots, 6)$ برابر باشند، میانگین x برابر است با

$$E(xX) = \mu = \sum_{k=1}^6 k \frac{1}{6} = 3.5$$

این مفهوم به امید یا انتظار ریاضی نیز تعریف می‌شود. به عنوان مثال، اگر یک سکه ۷۳۷ بار به هوا پرتاب شود، تعداد رو آمدن‌ها چقدر است؟ انتظار داریم $369 \cong 737 * 0.5$. اما این اعداد شاید در واقعیت رخ ندهند. مثلاً شما در پرتاب تاس هیچگاه به عدد ۳.۵ نخواهید رسید. برای درک بهتر مفهوم بایستی واریانس متغیر تصادفی را تعریف کنیم.

۶-۲ واریانس متغیر تصادفی

واریانس متغیر تصادفی گسسته X با مقادیر $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ و توزیع احتمال $(p_1, p_2, \dots, p_n)$ عبارت است از:

$$Var(Xx) = \sigma^2 = E(X - \mu)^2 = \sum_{k=1}^n (x_k - \mu)^2 P_k$$

واریانس متغیر تصادفی، امید ریاضی مجذور انحراف از میانگین و جذر واریانس انحراف استاندارد است که به شرح زیر است:

$$sd(X) = \sigma = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_k - \mu)^2 p_k}$$

برای مشاهدات $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ، برآورد میانگین توزیع به روش زیر به دست می‌آید:

$$\hat{\mu} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k$$

واریانس این توزیع نیز مطابق فرمول زیر است:

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (x_k - \hat{\mu})^2$$

شکل دیگری از برآورد واریانس به شکل زیر است. شایان ذکر است که در نمونه‌های بزرگتر دو روش مذکور نتایج مشابهی دارند.

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (x_k - \hat{\mu})^2$$

۷-۲ کوواریانس و همبستگی

متغیرهای X و Y متغیرهای تصادفی با میانگین m_X و m_Y است. کوواریانس X و Y برابر با معادله‌ی زیر است:

$$Cov(X, Y) = E[(X - m_X)(Y - m_Y)]$$

از تعریف فوق می‌توان دریافت که هرگاه مقادیر X و مقادیر متناظر متغیر Y هر دو بالاتر از میانگینشان باشند و یا در مقابل، پایین‌تر از میانگینشان قرار بگیرند، کوواریانس مثبت است. حال آنکه کوواریانس منفی حاکی از آن است که مقادیر متناظر متغیر Y تمایل دارند تا زمانی که مقادیر متغیر X بالاتر از مقدار میانگین شان است، پایین‌تر از میانگین باشند. و برعکس، مقادیر متغیر X تمایل دارند تا زمانی که مقادیر متناظر متغیر Y بالاتر از مقدار میانگینشان است، پایین‌تر از میانگین باشند.

کوواریانس متغیرهای استاندارد X و Y شاخص مناسبی است که به منظور استاندارد کردن متغیر تصادفی بایستی مقادیر هر متغیر را از میانگین خود کم کرده و بر انحراف استاندارد آن متغیر تقسیم کرد. فرمول ریاضی متغیر استاندارد به شکل زیر است:

$$u = \frac{(X - m_{XX})}{\sigma_{XX}}$$

$$v = \frac{(Y - m_{YY})}{\sigma_{YY}}$$

همبستگی متغیر X و Y برابر است با:

$$p(X, Y) = E \left[\frac{(X - m_{XX})(Y - m_Y)}{\sigma_{XX}\sigma_Y} \right] = E(uv)$$

شاخص ضریب همبستگی در دامنه ی بین مقادیر ۱ و -۱ تغییر می کند. در مشاهدات جفتی

$(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ ضریب همبستگی به روش زیر برآورد می شود:

$$r(X, y) = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{m}_X)(y_i - \hat{m}_Y)}{\hat{\sigma}_X \hat{\sigma}_Y}$$

جدول ۲-۲، ده مشاهده فرضی را برای متغیرهای تصادفی X و Y نشان می دهد. میانگین های برآورد شده عبارتند از $\hat{m}_X = 5.57$ و $\hat{m}_Y = 6.91$. همچنین حاصلضرب $(x_i - \hat{m}_X)(y_i - \hat{m}_Y)$ نیز محاسبه شده است. حاصل جمع این حاصل ضرب ها بر تعداد مشاهدات تقسیم گردیده است. یعنی:

$$\frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} (x_i - 5.57)(y_i - 6.91) = 8.58$$

انحراف معیار استاندارد برآورد شده عبارتست از $\hat{\sigma}_X = 2.854$ و $\hat{\sigma}_Y = 3.516$

با استفاده از رابطه ی بالا ضریب همبستگی بین متغیرهای X و Y محاسبه شد یعنی $r = 0.85$ در واقع، میانگین، واریانس و موارد مشابه به صورت دستی محاسبه نمی شوند. محاسبه این امور به یکپنج های نرم افزارهای آماری موکول می شود. با این اوصاف، یادگیری روند محاسبات این مفاهیم به صورت دستی به درک مفاهیم و مکانیسم آن کمک بیشتری می کند و در حقیقت آموزنده تر از محاسبات نرم افزاری است.

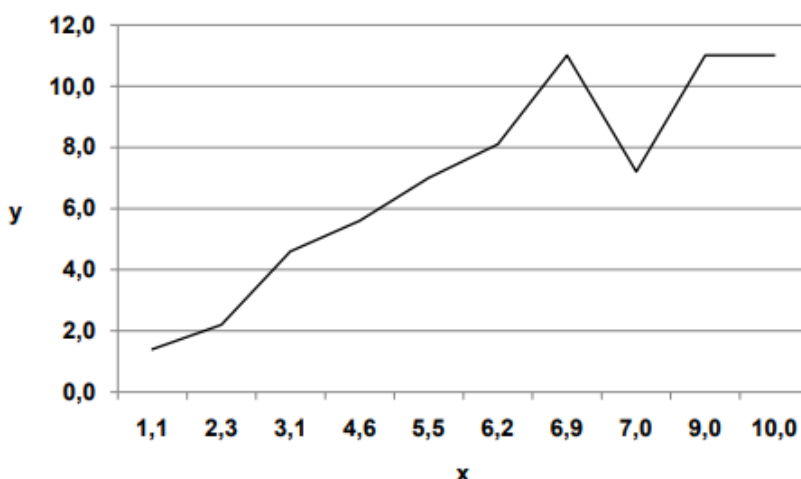
برنارد شاو (هالد، ۱۹۶۲، صفحه ۲۱) در باره ی ضریب همبستگی چنین می نویسد:

"بسیار آسان است که اثبات کنیم پوشیدن کلاه بلند و داشتن چتر، زندگی را طولانی تر، سینه را سپرتر و انسان را از بیماری مصون نگه می دارد! آمار نشان می دهد که گروهی که از این ملزومات استفاده می کنند، طول عمر بیشتری نسبت به کسانی که رویای داشتن چنین وسایلی را دارند خواهند داشت. این تفاوت مهم به چتر و کلاه بلند بر نمی گردد. دلیل اصلی آن این است که افرادی که چنین ملزوماتی دارند، معمولاً دارای ثروت بیشتر و تغذیه ی مناسب تری نیز خواهند بود. این مساله درمورد داشتن ساعت طلا و یا عضو باشگاه پال مال بودن نیز صادق است."

جدول ۲-۲ محاسبه‌ی کواریانس و ضریب همبستگی

i	x_i	y_i	$(x_i - 5.57)(Y_i - 6.91)$
1	1.1	1.4	24.63
2	2.3	2.2	15.402
3	3.1	4.6	5.706
4	4.6	5.6	1.271
5	5.5	7	-0.006
6	6.2	8.1	0.75
7	6.9	11	5.44
8	7	7.2	0.415
9	9	11	14.029
10	10	11	18.119
میانگین	5.57	6.91	8.58

شکل ۱-۲ تابع Y بر حسب X را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش X ، Y نیز افزایش می‌یابد:



شکل ۱-۲ رابطه‌ی بین متغیرهای X و Y

مادام که ضریب همبستگی بین دو متغیر ۱ $\pm$ است، آن دو متغیر با یک خط به همدیگر متصل هستند. ضریب همبستگی یک متغیر X با خودش یک خواهد بود. اما ضریب همبستگی بین X و X - برابر با ۱- خواهد بود. این نتایج با جایگذاری ساده در رابطه‌ی ۲-۷ به وضوح به دست خواهد آمد.

۸-۲ نظریه‌ی احتمال، آزمایش‌های تصادفی و متغیرهای پنهان

کتاب‌های درسی غالباً آزمایش‌های تصادفی را با مثال‌های پرتاب سکه و تاس توضیح می‌دهند. این مثال‌ها برای دانشجویان علوم اجتماعی اغلب غیرکاربردی است. داده‌هایی که علوم اجتماعی با آن سروکار دارد از مکانیزم‌های مبهم و پیچیده‌ای به دست آمده است. مطمئناً یک نوزاد دختر پس از تولد، سرانجام بلوغ، ازدواج و فرزندآوری را تجربه خواهد کرد. پیچیدگی‌های این فرآیند (بیولوژیکی، جامعه‌شناختی و روان‌شناختی) فراتر از پرتاب سکه و یا تاس است.

آلبرت انیشتین (۱۸۷۹-۱۹۵۵) می‌گوید که "خداوند تاس بازی نمی‌کند". از دید او، طبیعت ماهیتی جبرگرایانه دارد و زمانی که نمی‌توان پیش‌بینی کاملی انجام داد به دلیل وجود متغیرهای پنهانی است که امکان کنترل آن برای ما فراهم نیست.

در علوم اجتماعی، عقیده‌ی عمومی حاکی از آن است که آگاهی بیشتر، امکان پیش‌بینی‌های دقیق و مطمئن را فراهم می‌سازد. این عقیده اغلب با شواهد تجربی در تناقض است. برای مثال،

آزمایش پرتاب دو سکه را در شرایطی که سکه پس از پرتاب از دو موقعیت ۱ متری و ۲ متری رها می‌شود، در نظر بگیرید. اگر این دو آزمایش برای سکه‌های مشابه انجام شود، پیامدهای پیش آمده از لحاظ آماری قابل تمیز نیست. در حقیقت، در این شرایط، ما از دو نتیجه آزمایش بحث به میان می‌آوریم که به صورت مستقل و دو جمله‌ای با احتمال موفقیت مشابه توزیع شده‌اند. از این آزمایش می‌توان نتیجه گرفت که اطلاع از ارتفاع پرتاب سکه، دقت پیش‌بینی پیامدهای آتی پرتاب سکه را بالا نمی‌برد. اگر به جای تغییر ارتفاع پرتاب سکه، دمای هوا تغییر یابد، همان نتیجه حاصل می‌شود. در ادامه می‌توان چنین استدلال کرد که کاربرد متغیرهای متفاوت که قابلیت اندازه‌گیری دقیق دارد، حتی اگر تا حدودی با آزمایشات در ارتباط باشد، نمی‌تواند دقت پیش‌بینی‌ها را بالا ببرد. در پرتاب سکه، به نظرمی‌رسد شناسایی متغیرهایی که پیامدهای این پرتاب را هدایت می‌کند، غیرممکن بوده است. علت ناکارآمدی پیش‌بینی‌های جمعیتی در این است که درک کامل و منسجمی از فرایندهای موثر بر تغییرات جمعیت وجود ندارد (ناتوانی در شناخت متغیرهای پنهان).

فصل ۳

میزان

۱-۳ مفهوم میزان

مفهوم میزان پیوند تنگاتنگی با زمان دارد. با یک مثال ساده، می‌توان مفهوم میزان را به خوبی تشریح کرد. اگر میزان اقامت در یک هتل، شبی ۱۰۰ دلار باشد. هزینه‌ی اقامت دوشب ۲۰۰ دلار خواهد بود. به عبارت دیگر، برای هر ۲۴ ساعت اقامت در هتل بایستی ۱۰۰ دلار پرداخت کرد. اگر امکان پرداخت هزینه ساعتی هتل فراهم باشد، برای فردی که قصد اقامت ۵۸ ساعت در هتل را داشته باشد قیمت برای این مدت با در نظر گرفتن ۱۰۰ دلار برای ۲۴ ساعت برابر با

$$242 = 100 \times \frac{58}{24}$$

اگر به جای زمان اقامت در هتل، زمان در معرض را در نظر بگیریم (قرار گرفتن در معرض پرداخت ۱۰۰ دلار برای اقامت ۲۴ ساعته در هتل)، هزینه اقامت در هتل حاصل ضرب زمان در معرض در هزینه‌ی هتل خواهد بود. در مثال فوق تعریف ساده‌ای از میزان ارائه شد. برای نیل به این هدف، مفهوم طرح مطالعاتی نیز ارائه می‌شود. پر واضح است که برای انجام یک طرح، باید چگونگی اتمام آن را بیان کنیم.

یک طرح مطالعاتی را در نظر بگیرید که در آن بقا ۱۰ نوزاد متولد شده در یک زمان معین را در طول سال اول زندگیشان مورد بررسی قرار می‌دهد. مشاهدات حاکی از این بوده که ۹ نوزاد

زنده ماندند و یک نوزاد دقیقاً یک هفته پس از تولد فوت کرد. کل زمان در معرض زندگی برای ۹ کودک زنده مانده در طول دوره مشاهده برابر با ۹ سال است. زمان زنده ماندن برای نوزاد مرده برابر با $\frac{1}{53}$ سال و یا ۰/۰۱۹ است. بنابراین، کل زمان در معرض برابر با ۹/۰۱۹ سال خواهد بود. از این رو می‌توان استدلال کرد که تقریباً برای وقوع مرگ یک نوزاد به ۹/۰۱۹ سال نیاز است. به عبارت دیگر به ازاء هر یک سال پس از تولد، $\frac{1}{9/0.19} = 0.1109$ مرگ انتظار می‌رود. با قطعیت بخشیدن به این استدلال، می‌توان به تعریف زیر دست یافت:

«میزان از حاصل تقسیم تعداد وقایع بر زمان در معرض واقعه به دست می‌آید».

بنابراین، در صورتی که موضوع طرح مطالعاتی مبتنی بر مطالعه‌ی واقعه‌ی A باشد که D مرتبه در طول طرح مطالعاتی روی دهد و قرار گرفتن در معرض واقعه برابر با R باشد فرمول میزان رخداد واقعه‌ی A برابر است با:

$$\mu = \frac{D}{R} \quad (1-3)$$

عبارت $D = \mu R$ (فرمول ۳-۲) حاکی از این است که تعداد وقایع مورد انتظار در بین افراد در معرض واقعه (R) برابر با D است. می‌توان از این فرمول به منظور محاسبه‌ی هزینه‌ی اقامت هتل که در بالا بدان اشاره شد، استفاده کرد. اگر هزینه ۲۴ ساعت اقامت در هتل ۱۰۰ دلار باشد، هزینه ۱ ساعت اقامت برابر با ۴/۱۷ دلار خواهد بود. هزینه اقامت ۵۸ ساعت در هتل با فرض هزینه ۴/۱۷ برای ۱ ساعت (D) ۲۴۲ دلار است.

۲-۳ رابطه‌ی بین میزان و احتمال

یک طرح مطالعاتی طولی را در نظر بگیرید که در آن ۱۰۰۰ کودک متولد شده به مدت یک سال پیگیری شده‌اند. در پایان مطالعه ۹۷۰ نوزاد زنده مانده و ۳۰ نفر فوت کرده‌اند. فرض کنید که ۳۰ نوزاد فوت شده به طور متوسط نصف هفته زنده باشند. این بدین معنی است زمان در معرض واقعه (سال) برای نوزادان فوت شده برابر است با:

$$30 \cdot \frac{1}{2 \cdot 52} = 0.29 \quad (3-3)$$

زمان در معرض عبارتست از ۹۷۰،۲۹ و میزان مرگ و میر نوزادان به ترتیب زیر است:

$$\hat{\mu} = \frac{30}{970.29} = 0.031$$

به عبارت دیگر، از بین ۱۰۰۰ نوزاد متولد شده ۳۰ نفر از آن‌ها در نوزادی فوت کرده‌اند. بنابراین، احتمال مرگ در طول دوره‌ی نوزادی برابر است با:

$$\hat{q} = \frac{30}{1000} = 0/03 \quad (4-3)$$

دو برآورد مذکور اگرچه به همدیگر نزدیکند ولی مشابه همدیگر نیستند در برآورد میزان مرگ‌ومیر (۳-۳) مخرج کسر ۹۷۰/۲۹ است حال آنکه در احتمال مرگ‌ومیر (۳/۴) مخرج کسر ۱۰۰۰ نوزاد است.

توجه به فرض‌های حاکم در برآورد میزان مرگ‌ومیر (۳/۳) و احتمال مرگ‌ومیر (۳/۴)، از اهمیت بسزایی برخوردار است. هم‌چنان که در بحث آزمایش‌های تصادفی مطرح شد، احتمال رویداد یک واقعه در طول آزمایش‌ها ثابت می‌ماند و این مهم برای رابطه‌ی (۴-۳) نیز صادق است. در برآورد احتمال مرگ‌ومیر ۱۰۰۰ نوزاد مورد مطالعه، فرض بر این است که همه‌ی نوزادان دارای احتمال مرگ مشترکی هستند (احتمال مشاهده نشده‌ای که قرار است برآورد شود) و این مهم برای رابطه‌ی (۳-۳) نیز صادق است. در برآورد میزان مرگ‌ومیر نوزادان، فرض بر این است که همه نوزادان مورد مطالعه دارای میزان نظری یکسانی هستند. میزانی که در یک فاصله‌ی سنی ثابت باقی می‌ماند، «میزان ثابت قطعه‌ی» نامیده می‌شود.

زمانی که میزان مرگ و میر نوزادان ثابت است (ثابت در سال اول پس از تولد) احتمال متناظر مرگ‌ومیر نوزادان برابر است با:

$$q = 1 - e^{-\mu} \quad (5-3)$$

قابل توجه است که بسط فرمول بالا رابطه‌ی $\mu \approx \frac{\mu - \mu^2}{2} \approx q$ را نتیجه می‌دهد. اگر در

رابطه‌ی (۵-۳) مقدار μ را ۰/۰۳۰۹۱۹ = $\frac{30}{970.29}$ جایگزین کنیم، مقدار q برابر با ۰/۰۳۰ خواهد بود. رابطه‌ی (۵-۳) در بخش‌های بعدی مورد اثبات قرار گیرد.

۳-۳ اصطلاحات و نمادهای استاندارد

در جمعیت‌شناسی احتمالی نظیر q در رابطه (۴-۳)، تحت عنوان میزان مرگ‌ومیر خوانده می‌شود. در ادبیات مربوط به بیمه، معمولاً میزان ارائه شده در رابطه‌ی (۳-۳) با عناوین میزان مرگ مرکزی، میزان مرگ‌ومیر ویژه‌ی سنی، شدت و مخاطره‌ی مرگ‌ومیر مطرح می‌شود. کاربرد این اصطلاحات در بین نویسندگان مختلف، متفاوت است. اغلب اوقات، q در رابطه (۴-۳) میزان

مرگ‌ومیر (اگرچه این شاخص یک احتمال شرطی است) و μ تحت عنوان میزان مرگ مرکزی به کار برده می‌شود. افزون بر این، تمایز بین کمیت‌های نظری و برآورد شده منطقی به نظر می‌رسد. در شرایط واقعی یک برآورد، میزان برآورد شده به صورت $\hat{\mu} = \frac{\bar{D}}{\bar{R}}$ و میزان نظری به صورت $\mu = \frac{D}{R}$ نمایش داده می‌شود. این امر تا حدودی جنبه‌ی موشکافی فضل‌فروشانه دارد و اغلب نویسندگان بین آن‌ها تمایزی قائل نمی‌شوند. نکته قابل ذکر این است که در ادبیات جمعیت‌شناختی عبارت نفر-سال به معنی زمان در معرض است.

۴-۳ میزان خام مرگ‌ومیر، موالید و میزان رشد طبیعی

میزان خام موالید عبارت است از حاصل تقسیم تعداد کل موالید زنده متولد شده در طول یک سال بر جمعیت میانه‌ی همان سال. همچنین میزان خام مرگ‌ومیر عبارت است از حاصل تقسیم تعداد مرگ‌ومیر یک سال تقویمی بر جمعیت میانه همان سال. میزان‌های موالید و مرگ‌ومیر برای هر دو جنس محاسبه می‌شود. زمانی که سخن از جمعیت میانه‌ی سال به میان می‌آید، اشاره به جمعیت ساکن در میانه‌ی سال دارد که برآوردی از نفر-سال‌هایی است (زمان در معرض) که با تعداد کل مرگ‌ومیر و موالید نیز مرتبط است. میزان خام موالید عبارت است از:

$$CBR = \frac{B}{P} \quad (۶-۳)$$

B تعداد موالید اتفاق افتاده در یک سال تقویمی و P جمعیت متناظر میانه‌ی سال است. میزان خام مرگ‌ومیر عبارت است از:

$$CDR = \frac{D}{P} \quad (۷-۳)$$

D تعداد مرگ‌ومیر اتفاق افتاده در یک سال تقویمی و P جمعیت میانه متناظر در میانه سال می‌باشد. میزان‌های خام موالید و مرگ‌ومیر، معمولاً به ازای هزار نفر جمعیت محاسبه می‌شود. میزان طبیعی رشد جمعیت از تفاضل بین میزان خام مرگ‌ومیر و موالید به دست می‌آید که اغلب با نماد r نشان داده می‌شود.

$$r = CBR - CDR \quad (۸-۳)$$

۵-۳ میزان فرسایش و طول عمر

اگر نسبت دادن "میزان فرسایش" به یک شی معنادار است آنگاه نسبت دادن آن به مفهوم طول عمر نیز معنادار است. یک بطری را در نظر بگیرید که حاوی یک لیتر آب است و به ازای هر

ساعت، $\frac{1}{۱۰}$ لیتر از آب بطری مورد استفاده قرار می‌گیرد. سؤال این است که بطری چه زمانی به طور کامل خالی خواهد شد؟ پاسخ ساده است، پس از ۱۰ ساعت. واضح است که طول عمر بطری برابر با نسبت ۱ بر میزان آب استفاده شده است. می‌توان بر این امر توافق کرد که، میزان خروج آب از بطری در هر ساعت، همان «میزان فرسایش» است.

جسمی را در نظر بگیرید که میزان فرسایش آن مقدار ثابت m است (مستقل از زمان). زمان مورد انتظار T برای از بین رفتن کامل جسم مورد نیاز است که عبارت است از $mT=۱$.

بنابراین، $T = \frac{1}{m}$ امید زندگی و یا عمر آن جسم تلقی می‌شود. در فرمول (۳-۳) میزان مرگ و میر برآورد شده نوزادان برابر با $\mu = ۰/۰۳۱$ بود. اگر این میزان برای کل دوران کودکی فرض شود، امید زندگی دوران کودکی برابر خواهد بود با: $e_0 = ۳۲/۳$ سال.

در حاشیه‌ی مطلب لازم است یادآوری شود که میزان واژه‌ایست که به طور قطع فقط و فقط در زبان انگلیسی وجود دارد. هم‌چنان که اشاره شد، مفهوم میزان، شاخصی برای بیان تغییرات و بالاخص سرعت ایجاد تغییرات در طول زمان است. در زبان‌های فرانسوی، اسپانیایی، آلمانی، عربی و اسکاندیناوی لغت دقیقی برای مفهوم میزان وجود ندارد. در ادبیات جمعیت‌شناختی فرانسوی، معمولاً میزان به عنوان نسبت یا کسر بین دو عدد تعریف می‌شود. در ادبیات جمعیت‌شناختی اگرچه نحوه‌ی محاسبه‌ی میزان تشریح می‌شود ولیکن معنای عمیق معناشناسانه‌ی این مفهوم ارائه نمی‌شود و درک آن به خواننده واگذار می‌شود. به هر تقدیر اگر از تعاریفی استفاده کنیم که نه تنها به توضیح «چگونگی»، بلکه به توضیح و محاسبه‌ی «چرایی» یک پدیده نیز بپردازد یقیناً باعث افزایش بینش ما نیز خواهد شد. آن‌چه که بایستی بدان توجه شود این است که میزان باروری کل (تعداد فرزندان مورد انتظار یک زن با فرض بقا تا پایان دوره فرزندآوری و دارای باروری ویژه‌ی سنی معین) بر اساس منطق بحث شده در این فصل، میزان محسوب نمی‌شود.

