

مروری بر روش‌های مدل‌سازی و پیش‌بینی نرخ مرگ‌ومیر

گروه پژوهشی اشخاص

نویسنده:

لیلی نیاکان

- دانشجوی دکتری علوم اقتصادی، دانشگاه تهران،
کارشناس گروه پژوهشی اشخاص

مقدمه

خطر که پیشینه‌ای به قدمت تاریخ بشر دارد و حاصل آن چیزی به جز ویرانی و ضرر نیست، از بدو خلقت انسان پیوسته همراه او بوده است. در آغاز، خطر به دلیل اندک بودن سرمایه، گستره چندانی نداشت، اما با توسعه جوامع بشری و افزایش ثروت و دارایی انسان، مواجهه با «مخاطرات محتمل» یا «ریسک» افزایش یافت. با وقوع انقلاب صنعتی، تواتر و شدت ریسک روز به روز گسترده‌تر شد. امروزه با پیشرفت تکنولوژی و ظهور انواع فراورده‌های صنعتی در زندگی بشر، با وجود تسهیلات فراوانی که برای رفاه انسان به‌دنبال داشته، ریسک‌های جدیدی را با خود وارد اجتماع کرده است.

با توجه به ماهیت ریسک، به روش‌های متعددی می‌توان با آن برخورد کرد. بیمه یکی از مهم‌ترین ابزار مکانیزم‌های انتقال ریسک در دسترس افراد، شرکت‌ها و دولت‌هاست. بیمه نه تنها ریسک را حذف می‌کند، بلکه رشد تولید ناخالص داخلی بالقوه را شتاب می‌بخشد.

با توجه به انواع ریسک، انواع متعددی از قراردادهای بیمه وجود دارد. بیمه در دو حوزه کلی بیمه‌های اجتماعی و بیمه‌های بازرگانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در بیمه‌های اجتماعی یا اجباری، دولت قشر

کارگر و طبقات کم‌درآمد جامعه را مورد حمایت قرار می‌دهد. در بیمه‌های بازرگانی یا اختیاری، بیمه‌گذار به میل و اختیار خود به تهیه انواع پوشش‌های بیمه بازرگانی می‌پردازد. برای تقسیم‌بندی انواع بیمه‌های بازرگانی روش‌های مختلفی ارائه شده است: بیمه‌های دریایی و غیردریایی، بیمه‌های اموال و اشخاص، بیمه‌های زندگی و غیرزندگی. بیمه عمر یکی از مهم‌ترین رشته‌های بیمه‌های اشخاص است. ایده اصلی در بیمه عمر آن است که بیمه‌گذار در این بیمه‌نامه حق بیمه می‌پردازد و در عوض، شرکت بیمه سرمایه مشخصی را در صورت فوت بیمه‌شده یا زنده ماندن او در زمان معینی به بیمه‌گذار یا شخص ثالث تعیین شده از طرف وی می‌پردازد. بنابراین، تعهدات بیمه عمر تابعی از طول عمر انسان است.

این بیمه‌نامه به ظاهر ساده، در درون خود مسائل و مشکلاتی دارد که حل آن بر عهده اکچوئر^۱ است. اکچوئر با ارزیابی و تحلیل وقایع سر و کار دارد که وقوع آنها یا زمان وقوع آنها نامشخص است. اکچوئر با استفاده از تجارب سال‌های قبل -آمارهای پیشین- نسبت به ایجاد مدل‌های ریاضی که به وسیله آنها بتوان

۱. دانش اکچوئرال، ریاضیات و آمار را به یکدیگر پیوند می‌زند تا ریسک‌های موجود در صنعت بیمه و بازارهای مالی را بررسی و ارزیابی کند و اکچوئر متخصصی است که به ارزیابی این ریسک‌ها می‌پردازد و سرمایه مورد نیاز برای پوشش این ریسک‌ها را محاسبه می‌کند.

اکچوئر با استفاده از تجارب سال‌های قبل -آمارهای پیشین- نسبت به ایجاد مدل‌های ریاضی که به وسیله آنها بتوان ریسک‌های موجود در هر بیمه‌نامه و حق بیمه متناسب با آن را محاسبه کرد، اقدام می‌کند.

ریسک‌های موجود در هر بیمه‌نامه و حق بیمه متناسب با آن را محاسبه کرد، اقدام می‌کند. ریسک موجود در بیمه‌نامه عمر، نااطمینانی نسبت به طول زمانی است که فرد، زنده خواهد ماند. بنابراین، اکچوئر برای قیمت‌گذاری بیمه‌نامه‌های عمر به مدلی از نرخ مرگ و میر^۱ نیاز دارد. چنین مدلی برای تخمین احتمال پرداخت حق بیمه در زمان مقرر یا احتمال فوت بیمه‌گذار در هر سال مشخص مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱. مدل‌سازی و پیش‌بینی

مدل‌سازی مرگ و میر تاریخیچه طولانی دارد. از زمان انتشار قانون گومپرتز^۲ در سال ۱۳۸۵ تاکنون، مدل‌های بسیاری پیشنهاد شده است. تا دو دهه قبل، روش‌های مورد استفاده برای پیش‌بینی مرگ و میر نسبتاً ساده بوده و تا حدی براساس قضاوت‌های ذهنی انجام می‌شد و پس از آن بود که روش‌های پیچیده‌تر توسعه یافته و به کار گرفته شدند. اکچوئرها و جمعیت‌شناسان غالباً از روش‌های آماری استاندارد استفاده می‌کنند. استفاده از روش‌های آماری، مزیت ایجاد یک توزیع احتمال پیش‌بینی به جای پیش‌بینی نقطه‌ای معین را به همراه دارد.

برخلاف مدل‌سازی مرگ و میر، پیش‌بینی آن پیشینه چندان طولانی ندارد. لازمه پیش‌بینی مرگ و میر، تصریح یک مدل پایه از داده‌ها و تصریح مدلی برای پیش‌بینی است. این مدل‌ها ممکن است مجزا از هم بوده یا در یک چهارچوب منفرد یکپارچه شوند. سه متغیر یا عامل سن^۳، دوره^۴ (یا زمان) و گروه^۵ برای طبقه‌بندی مدل پایه به صورت صفر، یک، دو یا سه عاملی به کار می‌روند (Tabeau, 2001). مدل‌های صفر فاکتوری یک اندازه کلی یا یک نرخ ویژه سنی^۶ است و از این رو، مدل پایه صفر عاملی خاصی وجود ندارد. مدل‌های یک عاملی، نرخ مرگ و میر را به عنوان تابعی از سن در نظر می‌گیرند و این

1. Mortality Rate
2. Gompertz
3. Age
4. Period
5. Cohort
6. Age Specific Rate





باشند، پیش‌بینی بهتری حاصل خواهد شد. تفسیر معنادار پارامترها به ارزیابی اعتبار روند پارامتر و تداوم آن در آینده کمک می‌کند. علاوه بر این، در مدل‌سازی می‌توان از تبدیل داده‌ها استفاده کرد: استفاده از لگاریتم نرخ‌ها در مدل‌سازی مرگ‌ومیر متداول است که این مزیت را به دنبال دارد که ضرورتاً نرخ‌ها مثبت خواهد بود.

دقت پیش‌بینی نیز یک ملاحظه اساسی است. در این ارتباط باید میان خوبی برازش^۶ مدل و دقت پیش‌بینی تفاوت قائل شد. برای پیش‌بینی بلندمدت، انتخاب مدل نمی‌تواند مبتنی بر خوبی برازش مدل باشد. در حقیقت، خطاهای پیش‌بینی خارج از نمونه نیز باید با استفاده از داده‌های تاریخی آزمون شوند. پس از انتخاب مدل پارامترها تخمین زده می‌شوند. تخمین پارامترها با استفاده از خود داده‌ها یا با استفاده از رویکرد بیزین^۷ و ایجاد توزیع‌های قبلی^۸ از داده‌ها انجام می‌شود.

۲. رویکردهای پیش‌بینی

به‌طور کلی، پیش‌بینی مرگ‌ومیر در مطالعات جمعیتی و اکچوئرال مبتنی بر سه رویکرد است: رویکرد مبتنی بر تجربه^۹ (ذهنی)، رویکرد مبتنی بر برون‌یابی^{۱۰} و رویکرد مبتنی بر علت^{۱۱}. در عمل تمایز میان این سه رویکرد همیشه آشکار نیست (Booth and Tickle, 2008).

مزیت را دارند که الگوهای سنی در طول زمان پایدار^۱ می‌مانند. اغلب روش‌های جدید پیش‌بینی مرگ‌ومیر از مدل‌های دو عاملی با دو عامل سن و دوره استفاده می‌کنند. البته در مدل دو عاملی، سن و گروه نیز می‌توانند مدل‌سازی شوند. مدل‌های سه فاکتوری نرخ مرگ‌ومیر را به‌عنوان تابعی از سن، دوره و گروه در نظر می‌گیرند. به هر حال، انتخاب مدل پایه ارتباط نزدیکی با تعیین رویکرد و روش خاص پیش‌بینی دارد. این انتخاب به معیارهای متعددی از قبیل دسترس‌پذیری داده‌ها، هدف پیش‌بینی و افق پیش‌بینی بستگی پیدا می‌کند.

مسئله اصلی در پیش‌بینی ویژه سنی، ابعاد بالای^۲ داده‌هاست، به‌ویژه زمانی که سال‌های منفرد سنی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این زمینه با استفاده از مدل‌های پارامتریک و ناپارامتریک می‌توان داده‌ها را به‌صورت خلاصه^۳ استفاده کرده و ابعاد داده‌ها را کاهش داد. مدل‌های پارامتریک شامل توابع پارامتری نظیر قوانین مرگ‌ومیر و مدل‌هایی در چهارچوب مدل‌سازی خطی تعمیم‌یافته^۴ می‌شوند. روش‌های ناپارامتریک نظیر تحلیل مؤلفه‌های اصلی^۵ مشکل ابعاد داده‌ها را با استخراج الگوهای سنی از داده‌ها حل می‌کنند.

یک معیار مهم در انتخاب مدل پایه، قابلیت تفسیر پارامترهاست: اگر پارامترهای مدل به‌سادگی قابل تفسیر

6. Good of Fitness
7. Bayesian
8. Prior Distributions
9. Expectation
10. Extrapolation
11. Explanation

1. Stable
2. Dimensionality
3. Parsimoniously
4. Generalized Linear Modeling (GLM)
5. Principal Components Analysis

پیش‌بینی مرگ‌ومیر در مطالعات جمعیتی و اکچوئرال مبتنی بر سه رویکرد است: رویکرد مبتنی بر تجربه (ذهنی)، رویکرد مبتنی بر برون‌یابی و رویکرد مبتنی بر علت.

۱-۲. رویکرد مبتنی بر تجربه (ذهنی)

به کار می‌رود (Polard, 1987). معمولاً روش‌های سری زمانی در رویکرد برون‌یابی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Box et al., 1994). مزیت مدل‌های سری زمانی، تصادفی بودن آن و امکان محاسبه بازه پیش‌بینی احتمالی برای مقدار پیش‌بینی است. روش سری زمانی برای پیش‌بینی بلندمدت مرگ‌ومیر به کار رفته و لازم است که سری داده‌ها طولانی‌تر از افق پیش‌بینی و ترجیحاً دو تا سه برابر باشد (Alho and Spencer, 2005). روش‌های جدید پیش‌بینی از برون‌یابی سری زمانی استفاده می‌کنند که با توجه به اینکه کمترین قضاوت ذهنی در آن وارد می‌شود، در بیان الگوی داده‌ها دقت بالاتری دارد.

۳-۲. رویکرد مبتنی بر علت

رویکرد مبتنی بر علت در پیش‌بینی مرگ‌ومیر، از مدل‌های اپیدمیکی ساختاری یا علی^۳ براساس علت‌های معین فوت و با توجه به فرایند بیماری و عوامل ریسک شناخته‌شده، استفاده می‌کند. در این مدل‌ها دانش پزشکی و اطلاعات در مورد تغییرات رفتاری و محیطی وارد می‌شود. مزیت این رویکرد آن است که مکانیزم‌های بازخوردی و فاکتورهای محدودکننده را می‌توان در مدل وارد کرد؛ در عین حال، درک ناقص از روابط میان عوامل ریسک و مرگ‌ومیر، استفاده از این رویکرد را با نااطمینانی همراه می‌کند. کاربرد اصلی این مدل‌ها در شبیه‌سازی اثرات تغییرات سیاستی بر مرگ‌ومیر و شیوع بیماری است.

در این مدل‌ها متغیرهای توضیحی یا عوامل ریسک به صورت باوقفه وارد می‌شوند؛ در نتیجه، افق پیش‌بینی به کوتاه‌ترین زمان وقفه محدود شده و این مدل‌ها برای پیش‌بینی کوتاه‌مدت مناسب‌اند.

۳. جمع‌بندی

محاسبات بیمه عمر نیازمند مدل سازی نرخ مرگ‌ومیر و پیش‌بینی آن است. این مهم را جمعیت‌شناسان و گاهی

در رویکرد مبتنی بر تجربه، تجربیات به صورت نظرات خبره^۱ در پیش‌بینی مرگ‌ومیر به کار می‌روند. در این رویکرد، یک پیش‌بینی یا سناریوی فرضی به همراه سناریوهای جایگزین حدی آن تصریح می‌شود. اغلب سازمان‌های آمار دولتی از این رویکرد استفاده می‌کنند (Waldron, 2005). اکچوئرها نیز به شدت بر این رویکرد متکی بوده‌اند، هرچند اخیراً به سمت روش‌های برون‌یابی متمایل شده‌اند.

مزیت این رویکرد، وارد کردن دانش جمعیت‌شناسی، بیماری‌های اپیدمیکی و سایر دانش‌های مرتبط در یک روش کیفی است. کاستی این رویکرد، ذهنی بودن قضاوت‌ها و در نتیجه، تورش بالقوه پیش‌بینی است. در ایالات متحده نشان داده شده که نظرات خبره به‌طور سیستماتیک نسبت به روش‌های دیگر، کاهش کمتری در مرگ‌ومیر را پیش‌بینی می‌کند (Waldron, 2005). متوسط‌گیری از نظرات چندین خبره با استفاده از روش پیش‌بینی دلفی^۲ تا حدودی این تورش را برطرف می‌کند.

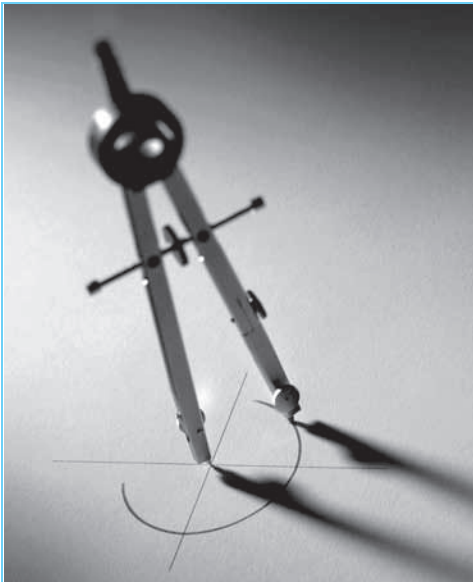
۲-۲. رویکرد مبتنی بر برون‌یابی

رویکرد اغلب روش‌های پیش‌بینی مرگ‌ومیر، برون‌یابی است؛ به عبارتی، این روش‌ها از نظم موجود در الگوهای سنی و روندها در طول زمان استفاده می‌کنند. روش برون‌یابی فرض می‌کند که روندهای آتی، استمرار گذشته است. در پیش‌بینی مرگ‌ومیر، به دلیل وجود نظم تاریخی در داده‌ها این یک فرض منطقی است، هرچند استثنائاتی نظیر افزایش موقت در مرگ‌ومیر مردان جوان ناشی از بیماری ایدز و افزایش موقت در نرخ مرگ‌ومیر ناشی از اپیدمی‌هایی مانند وبا و تیفوس و بلایای طبیعی و جنگ نیز رخ می‌دهد.

این رویکرد از برون‌یابی خطی ساده تا روش‌های مبتنی بر مدل‌های دو عاملی (سن و دوره) را شامل می‌شود. روند مستمر خطی برای پیش‌بینی کوتاه‌مدت

1. Expert Opinion
2. Delphi

3. Structural or Causal Epidemiological Models



منابع:

1. Alho, J. M. and Spencer, B. D., 2005. *Statistical demography and forecasting*. New York: Springer
2. Booth, H. and Tickle, 2008. *Mortality modeling and forecasting: A Review of methods*. ADSRI Working Paper, No. 3.
3. Box, G.E.P., 1994. *Time series analysis: forecasting and control (3rd ed.)*. Prentice Hall: Englewood, NJ.
4. Pollard, J. H., 1987, Projection of age-specific mortality rates. *Population Bulletin of the United Nations*, 21-22, pp. 55-69.
5. Tabeau, E., 2001. A review of demographic forecasting models for mortality. In E. Tabeau, A. Van Den Berg Jeths & C. Heathcote (Eds.), *Forecasting mortality in developed countries: insights from a statistical, demographic and epidemiological perspective*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1, 32.
6. Waldron, H., 2005. Literature review of long-term mortality projections. *Social Security Bulletin*, 66(1), 16-30.

اکچوئر‌ها انجام می‌دهند. لازمه پیش‌بینی مرگ‌ومیر، تصریح یک مدل پایه از داده‌ها و تصریح مدلی برای پیش‌بینی است. انتخاب مدل پایه، ارتباط نزدیکی با تعیین رویکرد و روش خاص پیش‌بینی دارد. این انتخاب به معیارهای متعددی از قبیل دسترس‌پذیری داده‌ها، هدف پیش‌بینی و افق پیش‌بینی بستگی پیدا می‌کند. به‌طور کلی، پیش‌بینی مرگ‌ومیر در مطالعات جمعیتی و اکچوئرال مبتنی بر سه رویکرد است: رویکرد مبتنی بر تجربه (ذهنی)، رویکرد مبتنی بر برون‌یابی و رویکرد مبتنی بر علت. رویکرد اغلب روش‌های پیش‌بینی مرگ‌ومیر، برون‌یابی است؛ به عبارتی، این روش‌ها از نظم موجود در الگوهای سنی و روندها در طول زمان استفاده می‌کنند. در رویکرد مبتنی بر علت از مدل‌های مرگ‌ومیر ساختاری یا همه‌گیر ناشی از علت‌های مرگ مشخص (به‌عنوان مثال، وابستگی سرطان ریه به استعمال تنباکو) استفاده می‌شود و متغیرهای برون‌زای کلیدی، شناخته شده و قابل اندازه‌گیری هستند. در رویکرد مبتنی بر تجربه، پیش‌بینی مبتنی بر دیدگاه‌های ذهنی خبرگان است و در نتیجه از درجات مختلف رسمیت برخوردار خواهد بود. روش‌های جدید پیش‌بینی از برون‌یابی سری زمانی استفاده می‌کنند که با توجه به اینکه کمترین قضاوت ذهنی در آن وارد می‌شود، در بیان الگوی داده‌ها دقت بالاتری دارد.